

FITOTOXICIDADE DE HERBICIDAS INIBIDORES DA ENZIMA ACETOLACTATO SINTASE EM CANOLA CLEARFIELD®

Miria Rosa Durigon¹, Franciele Mariani², Aline Scolaro Camera³,
Gilberto Omar Tomm⁴, Leandro Vargas⁵, Geraldo Luiz Chavarria Lamas Junior⁶

¹Doutora em Agronomia, Universidade de Passo Fundo (UPF); ²Doutora em Fitossanidade, Professora do Instituto Federal de Santa Catarina, Campus São Miguel do Oeste; ³Bióloga, UPF; ⁴Doutor em Crop Science, Pesquisador da Embrapa Trigo; ⁵Doutor em Fitotecnia, Pesquisador da Embrapa Trigo; ⁶Doutor em Fitotecnia, Professor Titular da UPF.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) sobre plantas de canola resistentes a imidazolinonas (Clearfield®), sob os aspectos visual, fisiológico e produtivo. O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, no delineamento blocos casualizados, com três repetições. Os tratamentos consistiram de herbicidas aplicados na dose, dentro do intervalo recomendado pela empresa fabricante para as culturas registradas, e no dobro da dose. Foram utilizados os híbridos de canola Hyola 571CL (resistente a imidazolinonas) e Hyola 61, sendo aplicados os tratamentos: testemunha; nicossulfurom; clorimurom-etílico; metsulfurom-metílico; iodossulfurom-metílico-sódico; imazetapir; imazapique + imazapir. Foram avaliados a fitotoxicidade dos herbicidas, os parâmetros fotossintéticos e a produção de matéria seca de parte aérea (MSPA). Aos 21 dias após a aplicação (DAA), considerando a dose recomendada, causaram fitotoxicidade ao híbrido Hyola 571CL os tratamentos nicossulfurom e metsulfurom-metílico. Os tratamentos clorimurom-etílico e iodossulfurom-metílico-sódico, causaram aumento da fluorescência total (F_t) aos 29 DAA. Não houve redução da MSPA de canola do híbrido Hyola 571CL pela aplicação de herbicidas imidazolinonas e do herbicida iodossulfurom-metílico-sódico. Herbicidas do grupo das sulfonilureias, no geral, comprometem o processo fotossintético em plantas de canola do híbrido Hyola 571CL. Herbicidas do grupo das imidazolinonas e o herbicida iodossulfurom-metílico-sódico não causam redução de MSPA de plantas de canola do híbrido Hyola 571CL.

Palavras-chave: *Brassica napus* L., imidazolinonas, sulfonilureias, fluorescência da clorofila, matéria seca de parte aérea.

INTRODUÇÃO

Os nichos ocupados pelas plantas daninhas e culturas geralmente não são grandes o suficiente para permitir a máxima produtividade da cultura sem intervenção humana no controle das invasoras, pois ambas retiram recursos para seu crescimento e desenvolvimento que estão limitados no ecossistema comum (AGOSTINETTO et al., 2008). Em função disso, há necessidade de um manejo adequado das plantas daninhas presentes nas culturas, para que haja expressão do máximo potencial de rendimento. O controle seletivo de plantas daninhas em diversas culturas tem sido facilitado pela utilização de cultivares/híbridos com resistência a herbicidas. No Brasil, existem dois híbridos de canola com resistência a herbicidas do grupo das imidazolinonas (Clearfield®) com registro junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (CULTIVARWEB, 2017), que são os híbridos Hyola 571CL e Hyola 575CL. O desenvolvimento de tais híbridos tem facilitado o manejo de plantas daninhas na cultura da canola.

Os herbicidas do grupo das imidazolinonas possuem como mecanismo de ação a inibição da enzima acetolactato sintase (ALS), responsável pela síntese dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina, interrompendo a síntese proteica, síntese de DNA e crescimento celular e ocasionando paralização do crescimento em plantas sensíveis (RIZZARDI et al., 2008). Herbicidas imidazolinonas são utilizados para controle de plantas daninhas em pré e pós-emergência de diversas culturas. Em canola, o seu uso em pós-emergência somente é possível quando as plantas apresentam resistência a tais grupos de herbicidas. Em culturas resistentes a imidazolinonas, somente é utilizado o grupo de compostos imidazolinonas com o anel piridina em sua segunda estrutura cíclica, compreendidos pelos ingredientes ativos imazapir, imazapique, imazetapir e imazamoxi (TAN et al., 2005). Para uso em canola Clearfield®, atualmente, encontra-se registrado o produto comercial Raptor® 70 DG (ingrediente ativo: imazamoxi).

Visando gerar recomendações adequadas para o cultivo de canola Clearfield®, é importante conhecer os efeitos da aplicação de herbicidas com diferentes ingredientes ativos sobre as plantas no que se refere à fitotoxicidade, fisiologia e produção. O estudo do potencial de fitotoxicidade e da resposta de parâmetros fisiológicos em função da aplicação de herbicidas pode auxiliar na compreensão de seus efeitos nas plantas. Vários métodos têm sido utilizados com esse propósito, incluindo a análise da fluorescência da clorofila *a* e as medições de trocas de gases (SOUSA et al., 2014). Este trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito de herbicidas sobre plantas de canola resistentes a imidazolinonas, sob os aspectos visual, fisiológico e produtivo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa-de-vegetação, no delineamento blocos casualizados, com três repetições. Foram utilizados os híbridos de canola Hyola 571CL (resistente a imidazolinonas) e Hyola 61 (convencional), que foram semeados em copos plásticos de 0,5 L, preenchidos com substrato de turfa. Foi realizado o desbaste das plantas após a emergência, mantendo-se duas plântulas de canola por copo.

Visando avaliar a fitotoxicidade dos herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) nas plantas de canola dos híbridos Hyola 571CL e Hyola 61, foram aplicados os tratamentos (Tabela 1), aos 16 dias após a emergência. Nos tratamentos contendo herbicidas, foi utilizada a dose do produto comercial, dentro do intervalo recomendado pela empresa fabricante para as culturas as quais o mesmo possui registro, e o dobro da dose.

A avaliação de fitotoxicidade dos herbicidas foi realizada aos sete, 14 e 21 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos, por meio de avaliação visual dos sintomas, atribuindo-se nota zero na ausência de efeito fitotóxico e, nota 100, para a morte das plantas. Os sintomas das plantas sob efeito de herbicidas inibidores da ALS incluem a paralisação do crescimento, amarelecimento dos meristemas, folhas cloróticas e necróticas (RIZZARDI et al., 2008).

Nos tratamentos constituídos pela dose do produto comercial, dentro do intervalo recomendado pela empresa fabricante, em um, 15 e 29 DAA, foi avaliado o metabolismo primário das plantas de canola do híbrido Hyola 571CL, determinando-se a fluorescência terminal (F_t) da clorofila, rendimento quântico (Q_y) do fotossistema II (F_v'/F_m'), condutância estomática (g_s – mol H₂O/m²/s), assimilação máxima de carbono (A_{max} – μmol CO₂/m²/s) e transpiração (E – mol H₂O/m²/s). Para todos os tratamentos e híbridos de canola, aos 29 DAA, foi determinada a matéria seca de parte aérea (MSPA) das plantas.

Para a avaliação das variáveis F_t e Q_y , foi utilizado fluorômetro (Marca: Fluorpen, Modelo: FP-100). As variáveis g_s , A_{max} e E foram avaliadas com analisador de gases por radiação infravermelha (Marca: LI-COR, Modelo: LI-6400 XT), com densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos de 1.600 μmol/m²/s, utilizando câmara de luz (Marca: LI-COR, Modelo: LI-6400-2B), em concentração ambiente de CO₂ (aproximadamente 400 ppm). A MSPA foi determinada por meio da secagem da parte aérea das plantas em estufa, a 60 °C, até massa constante, e posterior pesagem.

Tabela 1. Tratamentos com herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase utilizados no ensaio de fitotoxicidade de herbicidas em plantas de canola dos híbridos Hyola 571CL e Hyola 61. Passo Fundo, RS, 2014.

Trat. ¹	Grupo químico	Ingrediente ativo (i.a.)	Produto comercial (p.c.)	Dose (p.c.)	Dose (i.a.)
1	-	-	Testemunha	-	-
2	sulfonilureia	nicossulfurom	Sanson 40 SC	1 L/ha	40,00 g/ha
3				2 L/ha	80,00 g/ha
4	sulfonilureia	clorimurom-etílico	Classic ²	75 g/ha	18,75 g/ha
5				150 g/ha	37,50 g/ha
6	sulfonilureia	metsulfurom-metílico	Ally ²	5 g/ha	3,00 g/ha
7				10 g/ha	6,00 g/ha
8	sulfonilureia	iodossulfurom-metílico-sódico	Hussar ³	100 g/ha	5,00 g/ha
9				200 g/ha	10,00 g/ha
10	imidazolinona	imazetapir	Pivot ⁴	1 L/ha	100,00 g/ha
11				2 L/ha	200,00 g/ha
12	imidazolinona	imazapique + imazapir	Onduty ⁴	140 g/ha	73,50 g/ha + 24,50 g/ha
13				280 g/ha	147,00 g/ha + 49,00 g/ha

¹Trat.: tratamentos; ²adição de adjuvante Assist® (0,25%); ³adição de espalhante adesivo Hoefix® (0,50%); ⁴adição de adjuvante Dash HC® (0,25%).

Foram testados os pressupostos do modelo matemático e, quando necessário, foi realizada transformação dos dados. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância e foi realizada a comparação das médias dos tratamentos para cada híbrido avaliado. Para a variável fitotoxicidade de herbicidas foi utilizada a transformação raiz ($x+0,5$) e teste de comparação de médias Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Para as variáveis referentes ao metabolismo primário das plantas – F_t , Q_y , g_s , A_L e E – não houve necessidade de transformação dos dados, sendo realizado o teste de Tukey ($p \leq 0,05$) para comparação das médias. Para a MSPA, também foi utilizado o teste de comparação de médias Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação de fitotoxicidade observou-se diferença entre tratamentos contendo herbicidas e o tratamento testemunha para os híbridos de canola avaliados, aos sete, 14 e 21 DAA (Tabela 2).

Tabela 2. Fitotoxicidade (%) em plantas de canola dos híbridos Hyola 571CL e Hyola 61, aos sete, 14 e 21 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos testemunha e herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase. Passo Fundo, RS, 2014.

Trat. ¹	Hyola 571CL						Hyola 61					
	7 DAA		14 DAA		21 DAA		7 DAA		14 DAA		21 DAA	
1	0,0	b*	0,0	e	0,0	c	0,0	c	0,0	c	0,0	c
2	81,3	a	71,7	a	48,3	a	64,0	b	95,7	a	99,3	a
3	81,7	a	91,7	a	78,3	a	74,0	a	93,3	a	100,0	a
4	4,7	b	10,0	d	6,7	c	55,0	b	98,7	a	100,0	a
5	1,3	b	48,3	b	25,0	b	51,7	b	94,0	a	100,0	a
6	2,3	b	21,7	c	20,0	b	69,0	a	99,3	a	100,0	a
7	1,0	b	10,7	d	5,0	c	53,3	b	96,0	a	100,0	a
8	1,7	b	6,7	d	3,3	c	61,7	b	96,0	a	99,3	a
9	1,3	b	10,0	d	0,0	c	77,0	a	94,7	a	100,0	a
10	0,0	b	6,7	d	8,3	c	55,7	b	81,7	b	95,7	b
11	1,3	b	3,3	e	3,3	c	71,0	a	81,7	b	96,0	b
12	1,0	b	8,3	d	3,3	c	75,0	a	96,7	a	100,0	a
13	1,7	b	26,7	c	10,0	c	83,0	a	99,3	a	100,0	A
C.V. ² (%)	16,6		21,1		37,2		10,1		1,6		0,4	

¹Trat.: Tratamentos: 1) Testemunha; 2 e 3) nicossulfurom (Sanson 40 SC), 1 L/ha e 2 L/ha; 4 e 5) clorimurum-etílico (Classic), 75 g/ha e 150 g/ha; 6 e 7) metsulfurom-metílico (Ally), 5 g/ha e 10 g/ha; 8 e 9) iodossulfurom-metílico-sódico (Hussar), 100 g/ha e 200 g/ha; 10 e 11) imazetapir (Pivot), 1 L/ha e 2 L/ha; 12 e 13) imazapique + imazapir (Onduty), 140 g/ha e 180 g/ha. ²C.V.: coeficiente de variação. *Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p<0,05).

Para o híbrido Hyola 61, todos os tratamentos contendo herbicidas apresentaram fitotoxicidade acima de 50% aos 7 DAA, havendo diferença em relação à testemunha. Aos 14 DAA, a maioria dos tratamentos apresentou valores de fitotoxicidade acima de 90%, com exceção do T10 e T11, ambos com 81,7% de fitotoxicidade. Aos 21 DAA, todos os tratamentos apresentaram fitotoxicidade acima de 95%.

Aos 7 DAA, para o híbrido Hyola 571CL, somente os tratamentos T2 e T3 foram diferentes da testemunha, apresentando valores de 81,3% e 81,7% de fitotoxicidade. Aos 14 DAA, os tratamentos diferiram em relação à testemunha, apresentando fitotoxicidade às plantas, com exceção do T11. Apesar de diferirem da testemunha, os tratamentos T4, T7, T8, T9, T10, T11 e T12 apresentaram valores de fitotoxicidade de até 10% aos 14 DAA. Porém, aos 21 DAA, somente diferiram da testemunha os tratamentos T2, T3, T5 e T6, com 48,3%, 78,3%, 25,0% e 20,0% de fitotoxicidade, respectivamente.

Os tratamentos T2 e T3 correspondem ao ingrediente ativo (i.a.) nicossulfurom, pertencente ao grupo das sulfonilureias, na dose recomendada e o dobro desta, respectivamente. Os tratamentos T5 e T6 também são sulfonilureias, sendo o primeiro deles o i.a. clorimurum-etílico, no dobro da dose, e o segundo o i.a. metsulfurom-metílico, na dose recomendada. Pode-se constatar que a sensibilidade das plantas a herbicidas do grupo das sulfonilureias é variável e depende do i.a. e da dose utilizada. Em todas as épocas de avaliação, o herbicida nicossulfurom é o que apresenta maior fitotoxicidade. Dentre as sulfonilureias, constata-se que o herbicida iodossulfurom-metílico-sódico é o que apresenta menor fitotoxicidade às plantas de canola do híbrido Hyola 571CL.

Plantas do híbrido Hyola 571CL, submetidas aos tratamentos com herbicidas pertencentes ao grupo das imidazolinonas, aos 7 e 21 DAA, não apresentaram fitotoxicidade significativa, ou seja, não diferiram da testemunha. Aos 14 DAA, foi constatada fitotoxicidade significativa para os herbicidas

imazetapir (T10), na dose recomendada, e imazapique + imazapir na dose recomendada (T12) e dobro da dose (T13). O uso de imazapique + imazapir no dobro da dose causou uma fitotoxicidade de 26,7% nas plantas de canola resistentes aos 14 DAA, evidenciado que essas possuem bastante sensibilidade ao aumento da dose do herbicida.

As imidazolinonas e as sulfonilureias, embora sejam diferentes quimicamente, apresentam o mesmo sítio de ação, inibindo a enzima acetolactato-sintase (ALS), que atua na formação dos aminoácidos de cadeia ramificada valina, leucina e isoleucina (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011). A não formação desses aminoácidos interrompe a síntese proteica e interfere no balanço hormonal, na síntese de DNA e no crescimento celular, ocorrendo a paralisação do crescimento das plantas, as quais morrem em um prazo de 7 a 10 dias (RIZZARDI et al., 2008).

Apesar dos herbicidas do grupo das imidazolinonas e das sulfonilureias atuarem no mesmo sítio de ação, as plantas podem apresentar resistência a somente um desses grupos de herbicidas. Em plantas daninhas, observou-se que substituições no gene ALS de alanina no códon 122 para treonina (Ala122Thr) ou serina no códon 653 para treonina/asparagina (Ser653Thr ou Asn) conferiram resistência a imidazolinonas, no entanto, não a sulfonilureias (TRANSEL; WRIGHT, 2002).

Todas as cultivares de *B. napus* foram desenvolvidas com base nos mutantes PM1 e PM2 e são atualmente comercializadas como canola Clearfield (TAN et al., 2005). Os mesmos autores citam que o mutante PM1 é resistente a imidazolinonas somente e tem a mutação de serina para asparagina no códon 653 (Ser653Asn) do locus AHAS1; já, o PM2 tem resistência cruzada a imidazolinonas e sulfonilureias, apresentando a mutação triptofano para leucina no códon 574 (Trp574Leu) do locus AHAS3.

Na etapa fotoquímica, foram observadas diferenças entre os tratamentos aplicados em plantas de canola do híbrido Hyola 571CL para as variáveis F_t e Q_y (Tabela 3). Para a variável F_t , em 1 DAA, os tratamentos T2, T4 e T6 apresentaram maiores valores, diferindo da testemunha, no entanto, aos 15 DAA, somente o T2 foi diferente da testemunha. Aos 29 DAA, o T4 e T8 apresentaram valores maiores de F_t , sendo diferentes da testemunha.

Tabela 3. Fluorescência terminal (F_t) da clorofila e rendimento quântico (Q_y) do fotossistema II para o híbrido de canola Hyola 571CL, em, 15 e 29 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos. Passo Fundo, RS, 2014

Trat. ¹	F_t						Q_y					
	1 DAA		15 DAA		29 DAA		1 DAA	15 DAA	29 DAA			
1	5.073,08	c*	5.886,65	b	4.181,56	b	0,74	a	0,69	ns	0,76	ns
2	9.584,67	a	7.982,07	a	4.692,93	ab	0,14	c	0,63		0,75	
4	8.139,37	ab	7.467,32	ab	4.970,95	a	0,58	b	0,67		0,74	
6	8.203,47	ab	7.061,47	ab	4.652,25	ab	0,60	ab	0,62		0,74	
8	7.110,47	abc	6.004,93	ab	4.821,55	a	0,60	ab	0,66		0,73	
10	5.789,60	bc	5.863,30	b	4.729,47	ab	0,70	ab	0,68		0,75	
12	6.426,17	bc	5.751,20	b	4.565,01	ab	0,67	ab	0,67		0,75	
C.V. ² (%)	14,65		10,97		4,60		8,90		4,39		4,45	

¹Trat.: Tratamentos: 1) Testemunha; 2) nicossulfurom (Sanson 40 SC), 1 L/ha; 4) clorimurom-etílico (Classic), 75 g/ha; 6) metsulfurom-metílico (Ally), 5 g/ha; 8) iodossulfurom-metílico-sódico (Hussar), 100 g/ha; 10) imazetapir (Pivot), 1 L/ha; 12) imazapique + imazapir (Onduty), 140 g/ha. ²C.V.: coeficiente de variação. *Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ns - não significativo.

A variável Q_y somente diferiu entre os tratamentos em 1 DAA. Nessa época, o T2 apresentou um valor muito baixo de Q_y , sendo 81,1% menor que a testemunha. O T4 diferiu da testemunha, sendo 21,6% menor que essa. A testemunha apresentou o maior valor, que foi de 0,74, nessa época. Aos

15 e 29 DAA os tratamentos não diferiram entre si, havendo variação de 0,62 a 0,69 e de 0,73 a 0,76, respectivamente, para essas épocas de avaliação.

A energia luminosa absorvida pelas plantas pode ter como destino final a etapa fotoquímica (redução de NADPH e formação de ATP), emissão de fluorescência pelas clorofilas, transferência de energia entre as clorofilas ou perda de energia na forma de calor (TAIZ; ZEIGER, 2013). A fluorescência da clorofila *a* (F_t) representa a dissipação de energia por emissão de luz fluorescente, com comprimento de onda situado na região do vermelho, independentemente de qual comprimento de onda tenha excitado as moléculas (KERBAUY, 2013). O aumento da emissão de fluorescência e, portanto, decréscimo no rendimento quântico efetivo, caracteriza uma diminuição da capacidade fotossintética total da planta (BLOCH et al., 2006).

Quando os valores de rendimento quântico são inferiores a 0,60, considera-se que as plantas se encontram em situação de estresse (RITCHIE, 2006). Com base nessa afirmação, no presente trabalho pode-se afirmar que a condição de estresse somente existiu para a época 1 DAA quando foram aplicados os tratamentos T2 e T4, em que os valores foram menores que 0,60. Nas demais épocas, todos os valores foram maiores, não indicando condição de estresse nas plantas.

Com relação às variáveis do metabolismo primário, houve diferenças entre os tratamentos para as variáveis g_s e A_{max} , mas não houve para a E (Tabela 4). Aos 29 DAA, apesar de não ter ocorrido diferença dos tratamentos em relação à testemunha, o T6 obteve maior valor de g_s que os tratamentos T8, T10 e T12 para essa variável.

A A_{max} foi diferente entre os tratamentos para as épocas 1 e 29 DAA (Tabela 4). Na avaliação de 1 DAA, o T2 apresentou o menor valor de A_{max} diferindo da testemunha, T1, e dos tratamentos T4, T8, T10 e T12. Nessa época, o T2 mostrou redução na A_{max} de 86,4% em relação à testemunha. Aos 29 DAA, não houve diferenças em relação à testemunha, porém o T6 apresentou maior valor, diferente do T12, que foi 29,1% menor.

Os herbicidas do grupo das sulfonilureias, em especial o i.a. nicossulfurom, ocasionaram inibição da enzima ALS, havendo reflexos sobre a taxa fotossintética no híbrido Hyola 571CL. A assimilação líquida de CO_2 , condutância estomática e transpiração possuem relação estreita com a produtividade das culturas. Maior condutância estomática aumenta a difusão de CO_2 nas folhas e, portanto, aumenta as taxas fotossintéticas, levando a um maior acúmulo de biomassa e rendimento (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Apesar da enzima ALS não estar diretamente relacionada com a fotossíntese, é a enzima responsável pela catalisação da reação de formação de três importantes aminoácidos nas plantas. A não formação de tais aminoácidos leva a uma interrupção da síntese proteica. O consumo do ATP e NADPH, formados na etapa fotoquímica, está ligado a reações em que a redução do CO_2 a carboidratos é catalisada por diversas enzimas (proteínas) que se encontram no estroma (TAIZ; ZEIGER, 2013). Assim, a interrupção na síntese proteica pode afetar o processo fotossintético, não só as reações de carboxilação, mas também a etapa fotoquímica, que depende do consumo de seus produtos para continuar ocorrendo.

Tabela 4. Condutância estomática (g_s – mol H₂O/m²/s), assimilação máxima de CO₂ (A_{max} – μ mol CO₂/m²/s) e transpiração (E – mol H₂O/m²/s) para o híbrido de canola Hyola 571CL, um, 15 e 29 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos. Passo Fundo, RS, 2014.

Condutância estomática (mol H ₂ O/m ² /s)						
Trat. ¹	1 DAA		15 DAA		29 DAA	
T1	0,46	ns	0,55	ns	0,43	ab*
T2	0,42		0,54		0,42	ab
T4	0,44		0,45		0,42	ab
T6	0,47		0,58		0,51	a
T8	0,57		0,57		0,32	b
T10	0,63		0,51		0,38	b
T12	0,45		0,58		0,32	b

Assimilação máxima de CO ₂ (μ mol CO ₂ /m ² /s)						
Trat.	1 DAA		15 DAA		29 DAA	
T1	16,64	ab	19,14	ns	20,31	ab
T2	2,27	c	14,36		17,46	ab
T4	14,07	ab	13,96		17,23	ab
T6	9,96	bc	16,86		20,97	a
T8	17,88	ab	18,85		16,61	ab
T10	19,62	a	18,95		16,81	ab
T12	12,91	ab	19,65		14,86	b

Transpiração (mol H ₂ O/m ² /s)						
Trat.	1 DAA		15 DAA		29 DAA	
T1	13,37	ns	12,77	Ns	7,93	ns
T2	10,74		14,08		8,10	
T4	10,39		8,87		7,96	
T6	10,43		13,39		8,18	
T8	12,89		14,04		6,12	
T10	13,00		12,95		7,87	
T12	12,83		14,04		6,25	

¹Trat.: Tratamentos: 1) Testemunha; 2) nicossulfurom (Sanson 40 SC), 1 L/ha; 4) clorimuro-metílico (Classic), 75 g/ha; 6) metsulfurom-metílico (Ally), 5 g/ha; 8) iodossulfurom-metílico-sódico (Hussar), 100 g/ha; 10) imazetapir (Pivot), 1 L/ha; 12) imazapique + imazapir (Onduty), 140 g/ha. *Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ns não significativo.

A produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) do híbrido Hyola 61 foi reduzida significativamente por todos os tratamentos contendo herbicidas inibidores da ALS, sendo observados valores de 0,10 (T13) a 0,40 g/planta (T10), correspondendo a reduções de 92,1% e 68,2%, respectivamente (Tabela 5). Para o híbrido Hyola 571CL, também houve diferença entre os tratamentos para a MSPA (Tabela 5). Os tratamentos T2, T3, T4 e T6 apresentaram valores menores de MSPA que a testemunha, com redução de 36,8%, 62,3%, 18,9% e 20,8%, respectivamente. Considerando a dose recomendada, dentre as sulfonilureias, somente o tratamento T8 não ocasionou redução na produção de biomassa de parte aérea.

Tabela 5. Matéria seca de parte aérea (MSPA, g/planta) das plantas de canola dos híbridos Hyola 571CL e Hyola 61, 29 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos testemunha e herbicidas inibidores da enzima acetolactato-sintase. Passo Fundo, RS, 2014.

Trat.	Hyola 571CL	Hyola 61
1	1,06 a*	1,26 a
2	0,67 b	0,12 c
3	0,40 b	0,12 c
4	0,86 b	0,12 c
5	1,10 a	0,18 c
6	0,84 b	0,14 c
7	1,14 a	0,14 c
8	1,27 a	0,19 c
9	1,30 a	0,14 c
10	1,24 a	0,40 b
11	1,36 a	0,39 b
12	1,37 a	0,14 c
13	1,03 a	0,10 c
C.V. ² (%)	23,46	35,12

¹Trat.: Tratamentos: 1) Testemunha; 2 e 3) nicossulfurom (Sanson 40 SC), 1 L/ha e 2 L/ha; 4 e 5) clorimurrom-etílico (Classic), 75 g/ha e 150 g/ha; 6 e 7) metsulfurom-metílico (Ally), 5 g/ha e 10 g/ha; 8 e 9) iodossulfurom-metílico-sódico (Hussar), 100 g/ha e 200 g/ha; 10 e 11) imazetapir (Pivot), 1 L/ha e 2 L/ha; 12 e 13) imazapique+imazapir (Onduty), 140 g/ha e 180 g/ha.
²C.V.: coeficiente de variação. *Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

CONCLUSÕES

Nas plantas de canola do híbrido Hyola 571CL, herbicidas do grupo das sulfonilureias, no geral, aumentam a dissipação de energia via fluorescência da clorofila *a* e o ingrediente ativo nicossulfurom reduz a assimilação máxima de carbono um dia após a aplicação.

Dentre as sulfonilureias, na dose recomendada, o ingrediente ativo iodossulfurom-metílico-sódico é o único que não reduz a matéria seca de parte aérea de plantas de canola do híbrido Hyola 571CL.

Herbicidas do grupo das imidazolinonas não reduzem a matéria seca de parte aérea de plantas de canola do híbrido Hyola 571CL, apesar de alguns tratamentos ocasionarem sintomas visuais de fitotoxicidade.

REFERÊNCIAS

AGOSTINETTO, D.; RIGOLI, R. P.; SCHAEDELER, C. E.; TIRONI, S. P.; SANTOS, L. S. Período crítico de competição de plantas daninhas com a cultura do trigo. **Planta Daninha**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 271-278, 2008.

BLOCH, D.; HOFFMANN, C. M.; MÄRLÄNDER, B. Impact of water supply on photosynthesis, water use and carbon isotope discrimination of sugar beet genotypes. **European Journal of Agronomy**, Montpellier, v. 24, n. 3, p. 218-225, 2006.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013. 431p.

CULTIVARWEB: gerenciamento de informação. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2017. Disponível em:

<http://extranet.agricultura.gov.br/php/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php>. Acesso em: 17 ago. 2017.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S. Mecanismos de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Ompipax, 2011. Cap. 7, p. 141-192.

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

RIZZARDI, M. A.; VARGAS, L.; ROMAN, E. S.; KISSMANN, K. Aspectos gerais do manejo e controle de plantas daninhas. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Ed.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. Cap. 5, p. 107-131.

SOUSA, C. P. de; FARIAS, M. E.; SCHOCK, A. A.; BACARIN, M. A. Photosynthesis of soybean under the action of a photosystem II-inhibiting herbicide. **Acta Physiologia e Plantarum**, Warszawa, v. 36, n. 11, p. 3051-3062, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

TAN, S.; EVANS, R. R.; DAHMER, M. L.; SINGH, B. K.; SHANER, D. L. Imidazolinone-tolerant crops: history, current status and future. **Pest Management Science**, Sussex, v. 61, n. 3, p. 246-257, 2005.

TRANSEL, P. J.; WRIGHT, T. R. Resistance of weeds to ALS-inhibiting herbicides: what have we learned? **Weed Science**, Lawrence, v. 50, n. 6, p. 700-712, 2002.