

Características fisiológicas de *Crambe abyssinica* sob aplicação de herbicidas

Physiological traits of *Crambe abyssinica* under herbicide application

Germani Concenço¹, Evander A. Ferreira², Rodolpho F. Marques³, Tiago C. Nunes³, Sabrina A. Santos¹, Waggner G. Palharini¹, Ilce R. Marschall¹, Maxwell E.S. Alves¹ e Cristiane G. Mendonça⁴

¹ Manejo Sustentável de Plantas Espontâneas, Embrapa Agropecuária Oeste, C. Postal 449, 79804-970, Dourados, MS, Brasil.
E-mails: germani.concenço@embrapa.br; sabrinak3001@gmail.com; palharini@agronomo.eng.br; ilce_rmarschall@hotmail.com; maxwell-27@hotmail.com

² Depto. Produção Vegetal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 39100-000, Diamantina, MG, Brasil,
E-mail: evanderalves@gmail.com

³ Depto. Produção Vegetal, Universidade Federal da Grande Dourados, C. Postal 237, 18603-979, Dourados, MS, Brasil,
E-mails: rodphfm@hotmail.com, author for correspondence; tiago-calves@hotmail.com

⁴ Depto. Produção Vegetal, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, C. Postal 351, 79200-000, Aquidauana, MS, Brasil,
E-mail: cgmendonca@uem.br

Recebido/Received: 2014.03.18

Aceitação/Accepted: 2014.06.23

RESUMO

O cultivo de *Crambe abyssinica* é recente no Brasil, existindo carência de informações sobre a sua gestão no que concerne à obtenção de elevada produtividade com o mínimo de risco económico e ambiental. O objetivo deste trabalho consistiu em avaliar o efeito dos herbicidas aplicados em doses crescentes, nas características fisiológicas de crambe. Os ensaios foram conduzidos em blocos casualizados com quatro repetições, no arranjo fatorial 5x4+1, onde o fator A representou cinco herbicidas e o fator B as doses testadas, além de uma testemunha sem aplicação. Foram avaliados os seguintes herbicidas e doses: fluzifope-p-butilo 0,25; 0,75; 1,0 e 1,5 L ha⁻¹; cletodime 0,1; 0,3; 0,4 e 0,6 L ha⁻¹; bentazona+imazamoxi 0,25; 0,75; 1,0 e 1,5 L ha⁻¹; s-metolacoloro 0,38; 1,13; 1,5 e 2,25 L ha⁻¹; e setoxidime 0,25; 0,75; 1,0 e 1,5 L ha⁻¹. As plantas de crambe apresentaram respostas diferenciadas à aplicação dos herbicidas. Todas as substâncias activas estudadas causaram efeitos negativos nas características fisiológicas da cultura; a mistura bentazona+imazamoxi promoveu a morte das plantas na dose de rótulo. Os herbicidas fluzifope-p-butilo, s-metolacoloro e setoxidime provocaram redução drástica na taxa fotossintética nas maiores doses, e a eficiência no uso da água foi afetada por todos os herbicidas testados.

Palavras-chave: crambe, fitotoxicidade, fotossíntese, oleaginosa.

ABSTRACT

The cultivation of *Crambe abyssinica* is relatively recent in Brazil, and crop management data aiming to high yields with minimal economic and environmental risk is scarce. We aimed with this study to evaluate the effect of herbicides at varying doses on physiological traits. The experiment was installed in completely randomized blocks design with four replications, in factorial scheme 5x4+1, being factor A the five herbicides and factor B its doses, plus a control treatment with no herbicide. The following herbicides and doses were tested: fluzifop-p-butyl 0,25; 0,75; 1,0 e 1,5 L ha⁻¹; clethodim 0,1; 0,3; 0,4 e 0,6 L ha⁻¹; bentazon+imazamox 0,25; 0,75; 1,0 e 1,5 L ha⁻¹; s-metolachlor 0,38; 1,13; 1,5 e 2,25 L ha⁻¹; and sethoxydim 0,25; 0,75; 1,0 e 1,5 L ha⁻¹. Crop plants presented differential behaviour to herbicides, causing all crop injuries at some degree; bentazon+imazamox promoted plant death at the label dose. Fluzifop-p-butyl, s-metolachlor and sethoxydim promoted great reductions in photosynthesis rate at the highest doses; on the other hand, water use efficiency was reduced by all herbicides.

Keywords: crambe, photosynthesis, phytotoxicity, oilseed.

Introdução

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) é uma espécie pertencente à família *Brassicaceae*, originária da região do Mediterrâneo e com relatos de ocorrência de algumas espécies na Etiópia (Weiss, 2000). É tolerante ao frio, com grande potencial para produção industrial de biocombustíveis, pelo elevado efeito lubrificante e teor de óleo, com valores entre 30 e 45% da semente (Toebe *et al.*, 2010). Como matéria-prima para produção de biodiesel, a espécie produz em média 1507 kg ha⁻¹ de sementes, as quais têm 34% de óleo (Jasper *et al.*, 2010).

A cultura de crambe é relativamente recente no Brasil, existindo pouca informação sobre a sua gestão para a obtenção de elevada produtividade com o mínimo de risco econômico e ambiental. Entre os fatores abióticos e bióticos que interferem na produtividade do crambe, destaca-se a interferência das plantas daninhas. Por se tratar de uma espécie de crescimento inicial lento, as plantas de crambe durante o período inicial podem sofrer interferência negativa da comunidade infestante e ter o seu crescimento e desenvolvimento vegetativo comprometido, bem como a produção de sementes e de óleo, (Endres e Schatz, 1993). Embora o período crítico de prevenção à interferência com as infestantes para a cultura do crambe ainda não esteja definido, Glaser (1996) afirma que a cultura deve ser mantida livre de infestantes por quatro semanas a partir da emergência. Na maioria das culturas de interesse econômico, a aplicação de herbicidas é o método mais utilizado para controle de infestantes. Isso ocorre porque esse método é geralmente eficiente e rápido, e mais econômico, tornando possível o cultivo de grandes áreas, com pouca dependência de mão-de-obra (Rocha *et al.*, 2010). Todavia, a fim de utilizar o método químico de controle de infestantes, são necessários estudos para selecionar herbicidas seletivos à cultura. A seletividade dos herbicidas é a base para o sucesso do controle químico das infestantes, sendo considerada a resposta diferencial de diversas espécies de plantas a determinado herbicida (Oliveira Jr., 2001; Das *et al.*, 2003; Rizzard *et al.*, 2003). A competição das infestantes leva ao menor fornecimento de alguns recursos para as culturas (Vidal *et al.*, 2004; Galon *et al.*, 2007; Rigoli *et al.*, 2008), levando a deficiências que culminam em alterações em características fisiológicas, que podem ocasionar interferência nas variáveis associadas à fotossíntese (Sharkey e Raschke, 1981; Floss, 2008).

A atividade fotossintética pode sofrer alterações ainda devido à aplicação de agroquímicos, principalmente herbicidas, que afetem direta ou indireta-

mente o ciclo fotossintético (Concenço *et al.*, 2012). Herbicidas inibidores da fotossíntese como paraquate e atrazina, por exemplo, por atuarem diretamente na rota fotossintética ocasionam efeitos de grande magnitude sobre os parâmetros associados à fotossíntese. Outros, como os inibidores da enzima Protox, embora não atuem diretamente na rota fotossintética, dependem da luz para exercer ação. Um terceiro grupo compreende aqueles herbicidas cuja ação na planta ocasiona desregulação no metabolismo, com menor reflexo sobre a taxa fotossintética do vegetal (Concenço *et al.*, 2012).

Nestes pressupostos, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito dos herbicidas fluazifope-p-butilo, cletodimee, bentazona+imazamoxi, s-metolaclo e setoxidimee aplicados em diferentes doses em características fisiológicas de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), designadamente, trocas gasosas, taxa fotossintética e eficiência no uso da água.

Material e Métodos

Os estudos foram realizados em estufa, na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, unidade Agropecuária Oeste, localizada em altitude média de 452 metros, latitude 22° 14' S e longitude 54° 49' W no Município de Dourados/MS, entre os meses de setembro e outubro de 2012.

Os ensaios foram delineados em blocos casualizados com quatro repetições no arranjo fatorial 5x4+1, onde o fator A representou os cinco herbicidas testados e o fator B as doses dos respectivos herbicidas, além de uma testemunha sem aplicação. Foram avaliados os seguintes herbicidas e doses: (Fusilade®) fluazifope-p-butilo 0,25; 0,75; 1,0 e 1,5 L ha⁻¹; (Select®) cletodimee 0,1; 0,3; 0,4 e 0,6 L ha⁻¹; (Ampló®) bentazona+imazamoxi 0,25; 0,75; 1,0 e 1,5 L ha⁻¹; (Dual Gold®) s-metolaclo 0,38; 1,13; 1,5 e 2,25 L ha⁻¹; e (Poast®) setoxidimee 0,25; 0,75; 1,0 e 1,5 L ha⁻¹. As doses testadas correspondem a 25%, 75% 100% e 150% da dose de rótulo de cada produto, respectivamente.

As unidades experimentais consistiam em vasos de polietileno com capacidade de 5 L, sendo as sementes da cultivar de crambe 'FMS Brillhante' uniformemente distribuídas a 2 cm de profundidade, num total de 20 sementes por vaso.

A aplicação dos tratamentos em pós-emergência foi realizada nas primeiras horas da manhã, 15 dias após a emergência do crambe, quando a cultura estava com 4 folhas. Para ambas as aplicações, utilizou-se pulverizador de dorso da marca Herbicat, modelo universal pressurizado a CO₂, com pressão

constante de 30 kPa, equipado com duas pontas de jato plano Teejet XR 110.02, o que proporcionou volume de calda de 140 L ha⁻¹. As condições ambientais no momento da aplicação eram favoráveis: temperatura ca. 27 °C, umidade relativa do ar ca. 70%, vento de 4 km h⁻¹ e céu limpo.

As unidades experimentais foram mantidas agrupadas e equidistantes, de forma que a área de superfície disponível para o desenvolvimento das plantas correspondesse à área da unidade experimental. Aos 30 dias após a emergência (DAE) foram realizadas as avaliações, no terço médio da primeira folha completamente expandida das plantas de *C. abyssinica*. Foi utilizado um analisador de gases no infravermelho (IRGA), marca ADC, modelo LCA PRO-SD (Analytical Development Co. Ltd, Hoddesdon, UK), em estufa aberta, permitindo livre circulação do ar. Cada bloco foi avaliado, entre as 8 e 10 horas da manhã, de modo a que as condições ambientais fossem homogêneas durante a avaliação de cada bloco. As variáveis avaliadas foram a condutância estomática de vapores de água (g_s - mol m⁻¹ s⁻¹), taxa de transpiração (E - mol H₂O m⁻² s⁻¹), temperatura da folha (°C), concentração interna de CO₂ (C_i - μmol mol⁻¹), CO₂ consumido (ΔC - μmol mol⁻¹), taxa fotossintética (A - μmol m⁻² s⁻¹) e eficiência no uso da água (WUE - mol CO₂ mol H₂O⁻¹).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F; quando significativos, os dados qualitativos foram agrupados pelo Critério de Scott-Knott a 5% de probabilidade; enquanto o efeito de doses foi apresentado em gráficos com erros-padrão.

Resultados e Discussão

Na menor dose dos herbicidas testados constatou-se que apenas a substância activa s-metolaclopro apresentaram decréscimo no CO₂ consumido (ΔC); os demais tratamentos não diferiram da testemunha sem herbicidas. Nas doses 75%, 100% e 150% houve decréscimo do ΔC , quando as plantas de *C. abyssinica* foram tratadas com fluazifope-p-butilo, s-metolaclopro e setoxidimee. Nas doses 100% e 150%, foram observados valores nulos de ΔC , devido à morte das plantas, quando essas foram tratadas com bentazona+imazamoxi (Quadro 1).

Constatou-se que as plantas de *C. abyssinica* se apresentaram como altamente sensíveis à mistura bentazona+imazamoxi; o bentazona é um herbicida inibidor do fotossistema II que atua na proteína D-1, interrompendo o fluxo de elétrons entre os fotossistemas (Silva, 2007). Já o imazamoxi é um inibidor da enzima acetolactato sintase, cuja ação paralisa a

síntese de três aminoácidos leucina, isoleucina e valina e conseqüentemente a síntese de proteínas (Silva, 2007), e os sintomas das plantas sob efeito dos herbicidas inibidores da ALS incluem paralisação do crescimento, amarelecimento dos meristemas, redução do sistema radicular e a morte devido a paralisação da produção dos aminoácidos essenciais (Oliveira Jr., 2001). Dessa forma, pode-se afirmar que a bentazona tem ação direta no aparelho fotossintético e o imazamoxi age indiretamente no sistema. É esperado, no entanto, que a bentazona também interfira de forma indireta na taxa de transpiração (E) devido à sua interdependência do aparelho fotossintético (Concenço *et al.*, 2012). A presença do herbicida reduz a condutância estomática nas plantas sensíveis e, muitas vezes, em plantas tolerantes. Isso, geralmente, ocorre devido ao fecho dos estomas, o qual é influenciado por diversos fatores, como disponibilidade hídrica, luz e energia, poluição e herbicidas usados no controle de plantas daninhas (Torres *et al.*, 2012). Nessas mesmas dosagens as plantas tratadas com S-metolaclopro e setoxidimee mostraram redução do ΔC em relação aos tratamentos isentos do produto (Quadro 1).

Não foi observada variação no carbono interno (C_i) das plantas de *C. abyssinica* tratadas com os diferentes herbicidas nas doses de 25% e 75%, já nas doses 100% e 150%, as plantas tratadas com a mistura de herbicidas bentazona+imazamoxi apresentaram valores nulos de C_i (Quadro 1).

A menor dose dos herbicidas não afetou a taxa transpiratória do crame; com relação à dose 75%, constatou-se acréscimo na E das plantas quando estas foram tratadas com a mistura bentazona+imazamoxi, diferindo dos outros tratamentos. Na dose de rótulo, observou-se que plantas tratadas com s-metolaclopro apresentaram decréscimo nos valores de E . Deve-se destacar que na dose 150% os herbicidas cletodime e s-metolaclopro afetaram a E das plantas tratadas (Quadro 1).

Ao se considerar a dose de 25%, observou-se que fluazifope-p-butilo, cletodime e a mistura bentazona+imazamoxi promoveram incremento nos valores da condutância estomática (g_s) de *C. abyssinica*; entretanto, na dose de 75% constatou-se acréscimos nos valores de g_s das plantas tratadas com a mistura bentazona+imazamoxi em relação aos demais tratamentos.

Os herbicidas fluazifope-p-butilo, setoxidimee e cletodime são produtos com ação específica como graminicidas, cujo mecanismo de ação é a inibição da enzima ACCase (Acetil coenzima A carboxilase), que provoca a paralisação da biossíntese de lipídios, que são constituintes essenciais das membranas

plasmáticas das células e organelas. Agem de forma indireta no aparato fotossintético, promovendo redução na absorção de água e minerais, bem como, na sua translocação e promovendo o fechamento dos estomas (Silva, 2007)

A condutância foliar é composta por uma pequena parte pela condutância cuticular da epiderme e, pela g_s (condutância estomática) quando os estomas estão abertos, que é controlada pelas células-guarda dos estomas. Na dose recomendada dos herbicidas observou-se que plantas tratadas com cletodimee e setoxidime mostraram incremento na g_s em relação aos demais tratamentos. A g_s é influenciada por características que dependem também de fatores endógenos e ambientais (Brodrigg e Holbrook, 2003), influenciando diretamente a transpiração (E). Assim, embora os inibidores da ACCase sejam considerados seletivos às espécies de folhas largas, nossos resultados inferem que esta seletividade não é total e as características fisiológicas de plantas de folhas largas são afetadas pela aplicação de inibidores da ACCase (Quadro 1).

Com relação à taxa fotossintética (A), constatou-se que a menor dose de s-metolaclopro promoveu redução significativa dessa variável em relação aos demais tratamentos (Quadro 1). Sabe-se que estresses causados por agentes químicos, como os herbicidas, podem afetar a condutância estomática (Centritto *et al.*, 2003; Redondo-Gómez *et al.*, 2008). Fuchs *et al.* (2002) observaram que o decréscimo na g_s foi o maior fator para a redução da A causada por glyphosate em *Myriophyllum aquaticum*, sendo que esse padrão de redução na g_s refletiu em menor C_i . Ferrell *et al.* (2003) também encontraram alta correlação entre A e g_s .

Vários são os fatores que influenciam a fotossíntese das plantas direta ou indiretamente, como deficiência hídrica, estresse térmico e herbicidas utilizados para o controle de plantas daninhas (Loreto e Bonghi, 1989). Além desses fatores, a concentração interna e externa de gases (Kirschbaum e Pearcy, 1988) e a composição e intensidade da luz (Sharkey e Raschke, 1981) podem estar associadas a danos causados por herbicidas (Ferreira *et al.*, 2005). A taxa fotossintética está diretamente relacionada com a radiação fotossinteticamente ativa (composição da luz), aos fatores de disponibilidade hídrica e às trocas gasosas (Naves-Barbiero *et al.*, 2000), altamente dependentes da abertura estomática, podendo assim ser boa indicadora da resposta de plantas a herbicidas (Concenço *et al.*, 2012).

Os herbicidas fluazifop-p-butilo, s-metolaclopro e setoxidime promoveram redução na A na dose 75%; já na dose recomendada, observou-se a forma-

ção de quatro grupos de herbicidas segundo o critério de agrupamento de Scott-Knott, sendo que a testemunha e as plantas sob aplicação de cletodimee apresentaram os maiores valores de A ; o fluazifop-p-butilo promoveu leve redução nos valores dessa variável e maiores decréscimos foram observados para os herbicidas s-metolaclopro e setoxidime, comportamento semelhante foi observado para a maior dose recomendada dos produtos. Destacando-se que valores nulos para a A foram observados para a mistura bentazona+imazamoxi (Quadro 1).

Embora os herbicidas inibidores da ACCase não controlem plantas de folhas largas (Silva, 2007), eles afetam outros processos fisiológicos das plantas que, em cultura, poderiam resultar em menor produtividade. Assim, os parâmetros fisiológicos despontam como adequados para aferição de danos de herbicidas às plantas (Concenço *et al.*, 2012), principalmente em casos onde o dano não é visível externamente. *C. abyssinica* apresentou-se tolerante aos três herbicidas avaliados (fluazifop-p-butilo, s-metolaclopro e setoxidime), independente de dose; no entanto, foram observados decréscimos na A devido a prováveis efeitos indiretos dos herbicidas no metabolismo do vegetal, que resultou em prejuízos ao funcionamento do aparelho fotossintético. Este efeito pode advir da própria molécula herbicida, ou dos demais componentes presentes na formulação do produto como adjuvantes, geralmente há necessidade de adição na calda de pulverização.

A eficiência no uso da água (WUE) das plantas de *C. abyssinica* foi afetada na presença dos herbicidas fluazifop-p-butilo, cletodimee, s-metolaclopro e setoxidime já na primeira dose. A partir da dose 75%, todas as parcelas tratadas apresentaram decréscimo nos valores de WUE em relação à testemunha (Quadro 1).

Culturas mais eficientes no uso da água podem produzir quantidade maior de matéria seca por grama de água transpirada. O uso mais eficiente da água está diretamente relacionado ao tempo de abertura estomática, pois, enquanto a planta absorve CO_2 para a fotossíntese, a água é perdida por transpiração, com intensidade variável, dependendo do gradiente de potencial entre a superfície foliar e a atmosfera, seguindo uma corrente de potenciais hídricos (Concenço *et al.*, 2007). Dessa forma, como a maior parte dos herbicidas testados promoveram decréscimo na g_s e conseqüentemente redução na E , daí a redução na WUE .

Ao avaliar o efeito das doses nas características fisiológicas de *C. abyssinica*, constatou-se que as plantas tratadas com o fluazifop-p-butilo apresentaram tendência de redução nos valores de ΔC , A e WUE

Quadro 1 – CO₂ consumido (ΔC - $\mu\text{mol mol}^{-1}$), carbono interno (C_i - $\mu\text{mol mol}^{-1}$), taxa transpiratória (E - $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s - $\text{mol m}^{-1}\text{s}^{-1}$), taxa fotossintética (A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) e eficiência no uso da água (WUE - $\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$) em plantas de *Crambe abyssinica* sob aplicação de herbicidas, em doses variáveis. Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados-MS, 2013.

Tratamentos	Doses				Doses			
	25%	75%	100%	150%	25%	75%	100%	150%
	(C - $\mu\text{mol mol}^{-1}$)				(C_i - $\mu\text{mol mol}^{-1}$)			
Testemunha	63,25 a	63,25 a	63,25 a	63,25 a	237,7 a	237,7 a	237,7 a	237,7 a
Fluazifope-p-butilo	61,75 a	49,50 b	53,75 a	55,25 a	259,2 a	257,5 a	254,5 a	259,0 a
Cletodime	60,25 a	59,25 a	65,50 a	51,33 a	257,5 a	258,0 a	248,0 a	272,0 a
Bentazona+Imazamoxi	77,66 a	72,50 a	0,00 c	0,00 c	254,0 a	276,7 a	0,0 b	0,0 b
S-metolacoloro	43,50 b	42,50 b	34,00 b	40,50 b	269,5 a	268,7 a	279,2 a	256,2 a
Setoxidime	60,25 a	42,50 b	45,25 b	44,75 b	248,0 a	276,5 a	259,2 a	266,2 a
CV (%)	21,11				7,60			
	(E - $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$)				(g_s - $\text{mol m}^{-1}\text{s}^{-1}$)			
Testemunha	6,83 a	6,83 b	6,83 a	6,83 a	0,46 b	0,46 b	0,46 b	0,46 a
Fluazifope-p-butilo	7,38 a	6,33 b	6,55 a	6,97 a	0,58 a	0,39 b	0,44 b	0,50 a
Cletodime	7,18 a	7,12 b	7,44 a	5,81 b	0,59 a	0,56 b	0,60 a	0,48 a
Bentazona+Imazamoxi	7,53 a	8,11 a	0,00 c	0,00 c	0,73 a	0,75 a	0,00 c	0,00 b
S-metolacoloro	6,19 a	5,97 b	5,09 b	5,32 b	0,37 b	0,34 b	0,30 b	0,29 a
Setoxidime	6,97 a	6,67 b	7,16 a	6,54 a	0,59 b	0,41 b	0,54 a	0,42 a
CV (%)	13,82				26,57			
	(A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)				(WUE- $\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$)			
Testemunha	20,42 a	20,42 a	20,42 a	20,42 a	3,03 a	3,03 a	3,03 a	3,03 a
Fluazifope-p-butilo	19,99 a	16,06 b	17,37 b	17,92 b	2,75 b	2,55 b	2,64 b	2,61 b
Cletodime	19,45 a	19,08 a	21,13 a	16,54 b	2,69 b	2,68 b	2,84 b	2,67 b
Bentazona+Imazamoxi	24,66 a	23,29 a	0,00 d	0,00 d	3,49 a	2,34 b	0,00 c	0,00 c
S-metolacoloro	14,13 b	13,72 b	11,15 c	13,11 c	2,27 b	2,26 b	2,00 b	2,43 b
Setoxidime	19,46 a	13,81 b	18,89 c	14,64c	2,81 b	2,07 c	2,64 b	2,23 b
CV (%)	21,06				12,53			

*Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem pelo critério de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade. As doses de 25, 50, 75 e 100% do herbicida fluazifope-p-butilo correspondem a 0,25; 0,75; 1,0 e 1,5 L ha⁻¹ respectivamente, como o cletodime a 0,1; 0,3; 0,4 e 0,6 L ha⁻¹, como o bentazona+imazamoxi a 0,25; 0,75; 1,0 e 1,5 L ha⁻¹, o s-metolacoloro a 0,38; 1,13; 1,5 e 2,25 L ha⁻¹, o setoxidime a 0,25; 0,75; 1,0 e 1,5 L ha⁻¹.

com o aumento da dose desse herbicida; os valores de g_s e E apresentaram incremento na dose 25% em relação a dose 0 (testemunha), sendo que as demais doses não difeririam da testemunha, ou seja, foi observado pico de elevação das variáveis g_s e E da testemunha para a dose de 25%. O fluazifope-p-butilo não promoveu alterações no C_i com o incremento na dose (Fig. 1).

A fotossíntese, e conseqüentemente a respiração, dependem de vários fatores, entre os quais o 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 maioritária do fluxo

de gases (Taylor Jr. e Gunderson, 1986; Messinger *et al.*, 2006). Essa, por sua vez, é em grande parte controlada pela turgescência tanto das células-guarda (que controlam a abertura dos estomas) como das células epidérmicas anexas aos estomas (Humble e Hsiao, 1970). Desse modo, qualquer efeito do herbicida que leve à menor absorção ou translocação de água, pode afetar primeiramente a condutância estomática e, ou, mesofílica, contribuindo indiretamente para a redução da taxa fotossintética.

O herbicida cletodime promoveu decréscimo nos valores de ΔC , E e A na maior dose do produto em relação às demais; C_i e g_s mostraram leve tendência de acréscimo com o aumento das doses do cletodi-

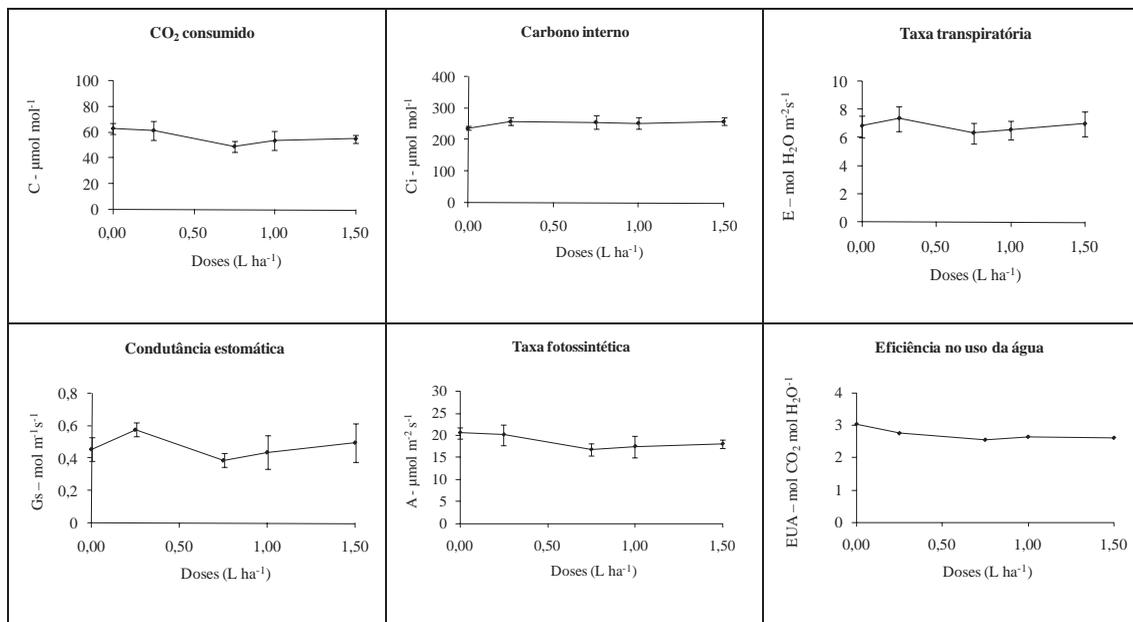


Figura 1 – Parâmetros fisiológicos em plantas de *Crambe abyssinica* sob doses crescentes de fluzifope-p-butilo correspondentes a 0,25; 0,75; 1,0 e 1,5 L ha⁻¹.

me; e a *WUE* apresentou redução já na primeira dosagem em relação a testemunha (Fig. 2).

Todas as plantas tratadas com bentazona+imazamoxi apresentaram tendência de acréscimo nos valores das variáveis ΔC , C_i , E e g_s da testemunha para a dose 75% do produto; já para A e WUE observou-se tendência de acréscimo nos valores dessas variáveis

da testemunha para a dose 25%, seguido de decréscimo na dose 75%; entretanto, todas as variáveis estudadas apresentaram valores nulos nas doses recomendadas e na maior dose da mistura (Fig. 3).

O s-metolacloro promoveu redução nos valores de todas as variáveis avaliadas em plantas de *C. abyssinica* comparativamente à testemunha, exceto com

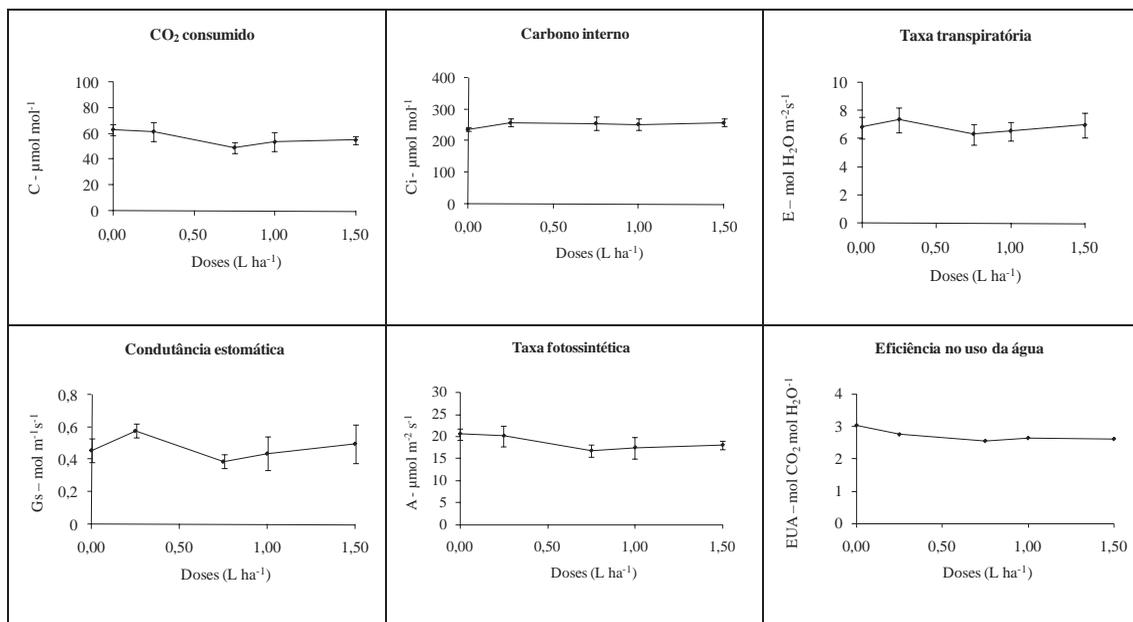


Figura 2 – Parâmetros fisiológicos em plantas de *Crambe abyssinica* sob doses crescentes de cletodime, correspondentes a 0,1; 0,3; 0,4 e 0,6 L ha⁻¹.

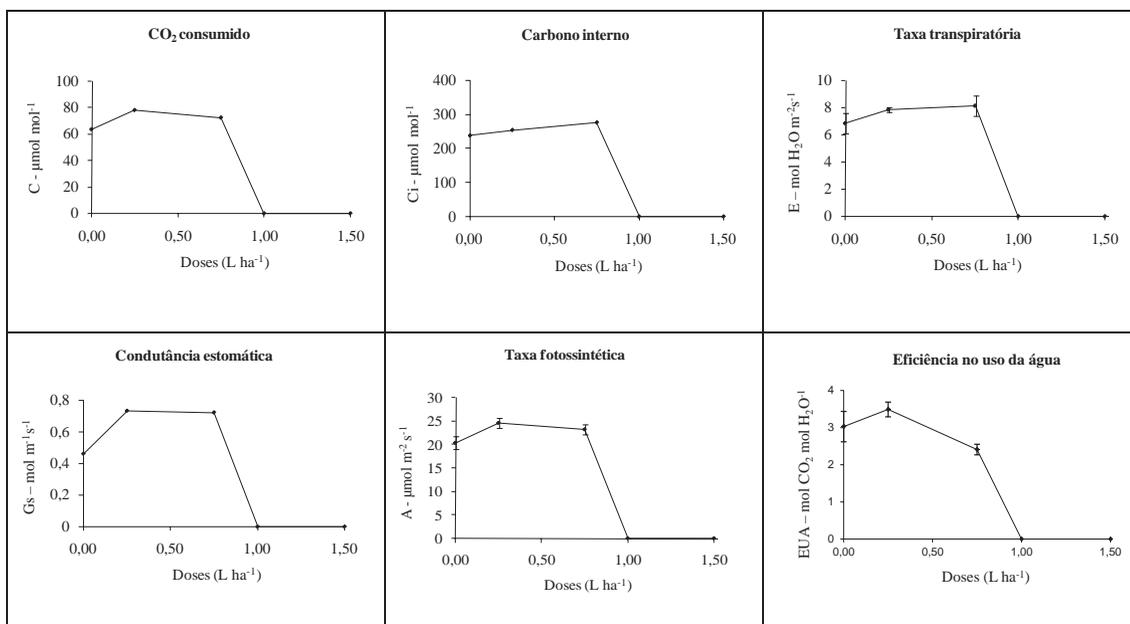


Figura 3 – Parâmetros fisiológicos em plantas de *Crambe abyssinica* sob doses crescentes de Bentazon+Imazamoxi a correspondente 0,25; 0,75; 1,0 e 1,5 L ha⁻¹.

relação a C_i onde não foi observada alteração (Fig. 4). O s-metolaclo pertence ao grupo das cloroacetamidas, sendo que o provável sítio de ação do mesmo seja a inibição dos ácidos graxos de cadeias muito longas, ocasionando uma gama de efeitos variados nos processos bioquímicos das plantas tratadas

com este produto. Assim pode-se presumir efeito indireto deste produto nas variáveis fisiológicas das plantas sensíveis (Silva, 2007). Nas maiores doses, o setoxidime promoveu redução no ΔC , A e WUE , sendo observado também incremento nos valores de C_i nas maiores doses do herbicida (Fig. 5).

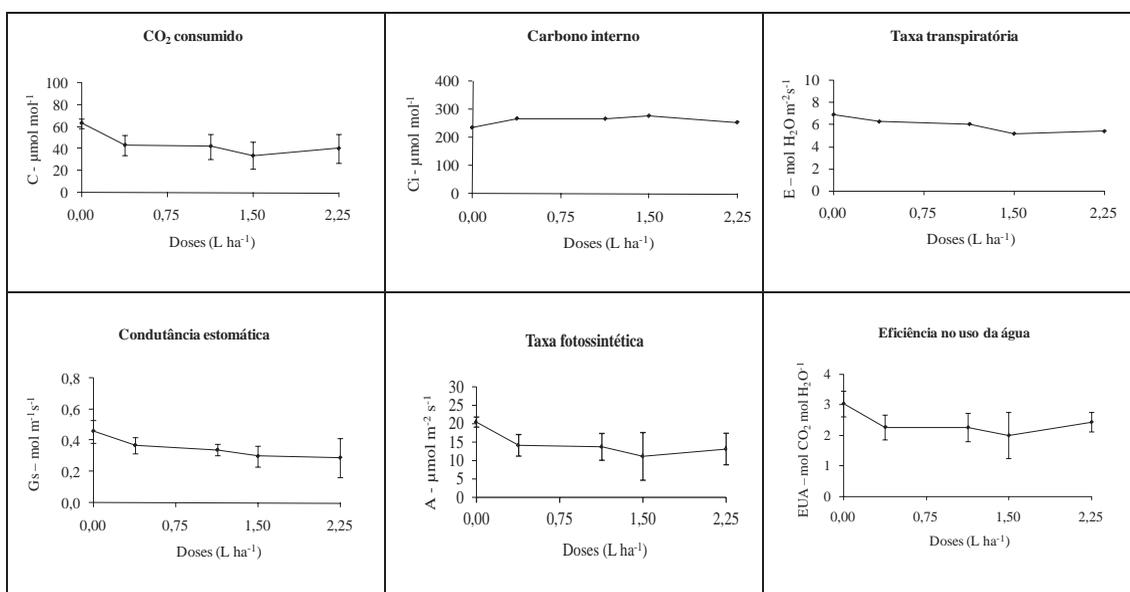


Figura 4 – Parâmetros fisiológicos em plantas de *Crambe abyssinica* sob doses crescentes de s-metolaclo, correspondentes a 0,38; 1,13; 1,5 e 2,25 L ha⁻¹.

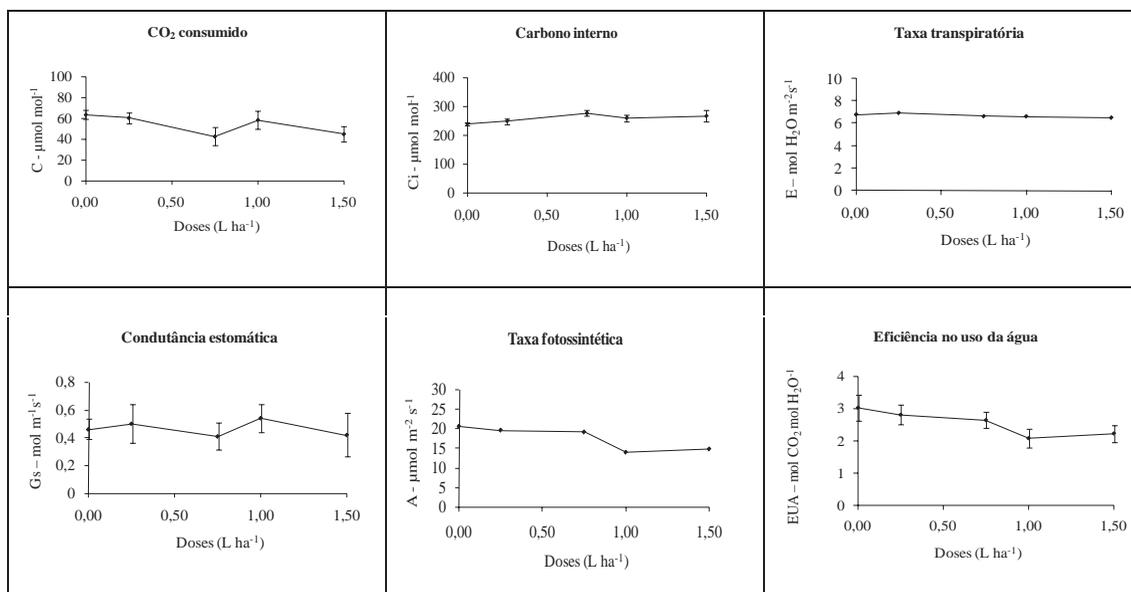


Figura 5 – Parâmetros fisiológicos em plantas de *Crambe abyssinica* sob doses crescentes de setoxidime, correspondentes a 0,25; 0,75; 1,0 e 1,5 L ha⁻¹.

Conclusões

Plantas de *C. abyssinica* pulverizadas com os herbicidas fluazifope-p-butilo, cletodimee, bentazona + imazamoxi, s-metolacoloro, setoxidimee no estado fenológico de 4 folhas, apresentaram respostas diferenciadas. Todos os herbicidas causaram efeitos negativos nas características fisiológicas; a eficiência no uso da água foi afetada pelos herbicidas testados; fluazifope-p-butilo, s-metolacoloro e setoxidimee provocaram redução drástica na taxa fotossintética em altas doses, e a mistura bentazona+imazamoxi na dose de rótulo provocou a morte das plantas de crambe.

Referências bibliográficas

Brodribb, T.J. e Holbrook, N.M. (2003) - Stomatal closure during leaf dehydration, correlation with other leaf physiological traits. *Plant Physiology*, vol. 132, n. 4, p. 2166-2173.

Centritto, M.; Loreto, F. e Chartzoulakis, K. (2003) - The use of low [CO₂] to estimate diffusional and non-diffusional limitations of photosynthetic capacity of salt-stressed olive saplings. *Plant, Cell & Environment.*, vol. 26, n. 4, p. 585-594.

Concenço, G.; Aspiazú, I.; Ferreira, E.A.; Galon, L. e Silva, A.F. (2012) - Physiology of crops and weeds under biotic and abiotic stresses. In: Najafpour, N.; Najafpour, M. M. (Eds.) - *Applied photosyn-*

thesis. Rijeka, Croatia: InTech. p. 257-280. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/932172/1/Germani.pdf>>.

- Concenço, G.; Ferreira, E.A.; Silva, A.A.; Ferreira, F.A.; Viana, R.G.; D'Antonino, L.; Vargas, L. e Fialho, C.M.T. (2007) - Uso da água em biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) em condição de competição. *Planta Daninha*, vol. 25, n. 3, p. 449-455.
- Das, A.C.; Debnath A. e Mukherjee D. (2003) - Effect of the herbicides oxadiazon and oxyfluorfen on phosphates solubilizing microorganisms and their persistence in rice fields. *Chemosphere*, vol. 53, n. 5, p. 217-221.
- Endres, G.; Schatz, B. (1993) - Crambe Production. Disponível em: <<http://www.ag.ndsu.edu/pubs/plantsci/crops/a1010w.htm#weed>>.
- Ferreira, E.A.; Santos, J.B.; Silva, A.A.; Ventrella, M.C.; Barbosa, M.H.P.; Procópio, S.O. e Rebello, V.P.A. (2005) - Sensibilidade de cultivares de cana-de-açúcar à mistura trifloxy-sulfuron-sodium + ametryn. *Planta Daninha*, vol. 23, n. 1, p. 93-99.
- Ferrell, J.A.; Witt, W.W. e Vencill, W.K. (2003) - Sulfentrazone absorption by plant roots increases as soil or solution pH decreases. *Weed Science*, vol. 51, n. 5, p. 826-830.
- Floss, E. (2008) - *Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo que está por trás do que se vê*. 4 ed. Passo Fundo: UPF. 733 p.
- Fuchs, M.A.; Geigera, D.R.; Reynolds, T.L. e Bourque, J.E. (2002) - Mechanisms of glyphosate to-

- xicity in velvetleaf (*Abutilon theophrasti medikus*). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, vol. 74, n. 1, p. 27-39.
- Galon, L.; Agostinetto, D.; Moraes, P.V.D.; Dal Magro, T.; Panozzo, L.E.; Brandolt, R.R. e Santos, L.S. (2007) - Níveis de dano econômico para decisão de controle de capim-arroz (*Echinochloa* spp.) em arroz irrigado (*Oryza sativa*). *Planta Daninha*, vol. 25, n. 4, p. 709-718.
- Glaser, L.K. (1996) - Crambe: and economic assessment of the feasibility of providing multiple-peril crop insurance. Washington: RMA-USDA. 50 p. Disponível em < www.rma.usda.gov/pilots/feasible/pdf/crambe.pdf>.
- Humble, G.D. e Hsiao, T.C. (1970) - Light-dependent influx and efflux of potassium of guard cells during stomatal opening and closing. *Plant Physiology*, vol. 46, n. 3, p. 483-487.
- Jasper, S.P.; Biaggioni, M.A.M.; Silva, P.R.A.; Seki, A.S. e Bueno, O.C. (2010) - Análise energética da cultura do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst.) produzida em plantio direto. *Engenharia Agrícola*, vol. 30, n. 3, p. 395-403.
- Kirschbaum, M.U. e Pearcy, R.W. (1988) - Gas exchange analysis of the fast phase of photosynthetic induction in *Alocasia macrorrhiza*. *Plant Physiology*, vol. 87, n. 4, p. 818-821.
- Loreto, F. e Bonghi, G. (1989) - Combined low temperature-high light effects on gas exchange properties of jojoba leaves. *Plant Physiology*, vol. 91, n. 4, p. 1580-1585.
- Messinger, S. M.; Buckley, T.N. e Mott, K.A. (2006) - Evidence for involvement of photosynthetic processes in the stomatal response to CO₂. *Plant Physiology*, vol. 140, n. 2, p. 771-778.
- Naves-Barbiero, C.C.; Franco, A.C.; Bucci, S.J. e Goldstein, G. (2000) - Fluxo de seiva e condutância estomática de duas espécies lenhosas sempre-verdes no campo sujo e cerrado. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, vol. 12, n. 2, p. 119-134.
- Oliveira JR., R.S. (2001) Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. In: Oliveira JR, R.S. e Constantin, J. (Orgs.). - *Plantas daninhas e seu manejo*. Guaíba: Agropecuária. p. 291-314.
- Redondo-Gómez, S.; Mateos-Naranjo, E.; Cambrollé, J.; Luque, T.; Figueroa, M.E. e Davy, A.J. (2008) - Carry-over of differential salt tolerante in plants grown from dimorphic seeds of *Suaeda splendens*. *Annals of Botany*, vol. 102, n. 1, p. 103-112.
- Rigoli, R.P. Agostinetto, D.; Schaedler, C.E.; Dal Magro, T. e Tironi, S. (2008) - Habilidade competitiva relativa do trigo (*Triticum aestivum*) em convivência com azevém (*Lolium multiflorum*) ou nabo (*Raphanus raphanistrum*). *Planta Daninha*, vol. 26, n. 1, p. 93-100.
- Rizzardi, M.A.; Fleck, N.G.; Agostinetto, D. e Alvadi Antônio Balbinot JR., A.A. (2003) - Ação de herbicidas sobre mecanismos de defesa das plantas aos patógenos. *Ciência Rural*, vol. 33, n. 5, p. 957-965.
- Rocha, P.R.R, Silva, A.F, Faria, A.T, Galon, L, Ferreira, E.A, Felipe, R.S, Silva, A.A, e Dias, L.A.S. (2010). Seletividade de herbicidas pré-emergentes ao pinhão-manso (*Jatropha curcas*). *Planta Daninha*, vol. 28, n. 4, p. 801-806.
- Sharkey, T.D. e Raschke, K. (1981) - Effect of light quality on stomatal opening in leaves of *Xanthium strumarium* L. *Plant Physiology*, vol. 68, n. 5, p. 1170-1174.
- Silva, A.A. (2007) - Herbicidas: classificação e mecanismos de ação. In: Silva, A.A. da; Silva, J.F. da (Eds.) - *Tópicos em manejo de plantas daninhas*. Viçosa, MG: Ed. UFV. p. 63-148.
- Taylor JR., G.E. e Gunderson, C.A. (1986) - The response of foliar gas exchange to exogenously applied ethylene. *Plant Physiology*, vol. 82, n. 3, p. 653-657.
- Toebe, M.; Lopes, S.J.; Storck, L.; Silveira, T.R. da; Milani, M. e Casarotto, G. (2010) - Estimativa de plastocrono em crambe. *Ciência Rural*, vol. 40, n. 4, p. 793-799.
- Torres, L.G.; Ferreira, E.A.; Rocha, P.R.R.; Faria, A.T.; Gonçalves, V.A.; Galon, L.; Silva, A.F. e Silva, A.A. (2012) - Alterações nas características fisiológicas de cultivares de cana-de-açúcar submetida à aplicação de herbicidas. *Planta Daninha*, vol. 30, n. 3, p. 581-587.
- Vidal, R.A. Spader, V.; Fleck, N.G. e Merotto JR., A. (2004) - Nível de dano econômico de *Brachiaria plantaginea* na cultura de milho irrigado. *Planta Daninha*, vol. 22, n. 1, p. 63-69.
- Weiss, E.A. (2000) - *Oilseed crops*. London: Blackwell Science. 364 p.