

Déficit hídrico na eficiência de herbicidas e nas características bioquímicas de *Euphorbia heterophylla*

Water stress on the performace of herbicides and biochemical characteristics of *Euphorbia heterophylla*

Hermeson dos Santos Vitorino^{1*}; Dagoberto Martins²; Saulo Ítalo de Almeida Costa¹; Guilherme Sasso Ferreira de Souza¹; Caio Ferraz de Campos³

Resumo

O estudo teve como objetivo avaliar a eficiência de herbicidas inibidores da acetolactato sintase (ALS) e protoporfirínogênio oxidase (PROTOX) no controle de *Euphorbia heterophylla* sob duas condições hídricas, bem como determinar a ação destes sob o conteúdo de carboidratos e proteínas solúveis e aminoácidos livres da planta daninha. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 4x2, sendo quatro herbicidas do solo (fomesafen, lactofen, chlorimuron-ethyl e imazethapyr, na dose recomendada pelo fabricante) e duas condições hídricas (-0,5 MPa e -0,01 MPa). Aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos foi avaliada de forma visual a eficiência de controle dos herbicidas. Para a determinação dos solutos orgânicos foram coletadas plantas às 24, 48, 72 e 96 horas após a aplicação (HAA), exceto para os aminoácidos livres que foram analisados as 48, 72 e 96 HAA. Os herbicidas fomesafen e lactofen foram eficientes no controle de *E. heterophylla*, enquanto os inibidores da ALS (chlorimuron-ethyl e imazethapyr) proporcionaram controle insatisfatório. O déficit hídrico alterou a eficiência dos herbicidas testados, principalmente do chlorimuron-ethyl. O herbicida lactofen proporcionou menor conteúdo de carboidratos solúveis, da mesma forma, os teores de proteínas oscilaram as 72 HAA, observando o menor valor para o imazethapyr e lactofen, respectivamente. O herbicida lactofen proporcionou aumento na concentração aminoácidos livre. O déficit hídrico reduziu os teores de proteínas solúveis e as concentrações de aminoácidos solúveis, enquanto que a imposição do déficit hídrico proporcionou aumento no conteúdo de carboidratos solúveis.

Palavras-chave: Carboidratos, proteínas, aminoácidos, leiteiro, estresse hídrico

Abstract

The objective of this work was to evaluate conditions the effectiveness of acetolactate synthase (ALS) and protoporphyrinogen oxidase (PROTOX) inhibitors in the *Bidens pilosa* control under two water deficit conditions, as well as to determine the action under the content of soluble carbohydrates and protein and free amino acids of weed. The experimental design was randomized completely design, with four replications, with the treatments setup in a factorial scheme 4x2, with four herbicides (fomesafen lactofen, chlorimuron-ethyl and imazethapyr), and two soil water conditions (-0.5 MPa and -0.01MPa). At 7, 14, 21 and 28 days after application (DAA), was assessed visually control efficiency of herbicides. For the determination of organic solutes plants were collected at 24, 48, 72 and 96 hours after application (HAA), except for the amino acids were analyzed 48, 72 e 96 HAA. Herbicides fomesafen and lactofen

¹ Discente(s) de Doutorado da Universidade Estadual Paulista, UNESP/FCA, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, SP. E-mail: vitorinohermeson@gmail.com; sauloagro@gmail.com; guisasso@hotmail.com

² Prof. Dr. da UNESP/FCA, Botucatu, SP. E-mail: dmartins@fca.unesp.br

³ Discente de Mestrado da UNESP/FCA, Botucatu, SP. E-mail: caio.agro@hotmail.com

* Autor para correspondência

were efficient to control *E. heterophylla*, while the ALS inhibitors (chlorimuron-ethyl e imazethapyr) provided an unsatisfactory control. Water deficit altered the efficiency of herbicides, mainly chlorimuron-ethyl. Lactofen provided a smaller content of soluble carbohydrates, in the same way, the protein ranged in the 72 HAA, the lower value observed for imazethapyr e lactofen respectively. Herbicide lactofen increased the concentration of free amino acids, while the imposition of water deficit caused an increase in soluble carbohydrate content.

Key words: Carbohydrates, protein, amino acids, wild poinsettia, water stress

Introdução

As plantas daninhas constituem-se em importante componente biótico do agroecossistema das grandes culturas, por interferirem no desenvolvimento e produtividade destas e, por competir pelos recursos do meio, tais como água, luz e nutrientes. Ainda, essas espécies podem liberar substâncias alelopáticas prejudiciais ao crescimento das culturas, bem como atuar como hospedeiras de pragas e doenças comuns à cultura, além de prejudicar as práticas na colheita (PITELLI, 1985).

A espécie *Euphorbia heterophylla* conhecida como leiteiro ou amendoim-bravo, cujo centro de origem está compreendido em regiões tropicais e subtropicais do continente americano, está amplamente distribuída num cinturão ao norte e ao sul da linha do Equador, avançando para regiões subtropicais (KISSMANN; GROTH, 1999). As plântulas de *E. heterophylla* desenvolvem-se rapidamente (WILSON, 1981) aumentando sete vezes, aproximadamente, a sua fitomassa seca num intervalo entre 10 e 20 dias após a emergência (ASCENIO, 1997).

É considerada uma planta daninha de grande importância, que pode causar consideráveis perdas na produtividade das culturas, tais como amendoim e soja (BRIDGES; BRICK.; BARBAUS, 1992; WILLARD; GRIFFIN, 1993). Bridges, Brick e Barbaus (1992) verificaram que a cultura de soja apresenta reduções de produtividade de 30 e 50%, respectivamente para densidades de infestação do leiteiro de 12 e 32 plantas m⁻².

O controle desta planta daninha dá-se principalmente pela ação de herbicidas como o fomesafen e lactofen que são herbicidas utilizados na cultura da soja, pertencendo ao grupo químico

dos difeniléteres e tendo como mecanismo de ação a inibição da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX) (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). Por outro lado, os herbicidas chlorimuron-ethyl e imazethapyr, apesar de pertencerem a grupos químicos diferentes, possuem o mesmo mecanismo de ação, atuando na inibição da enzima acetolactato sintase (ALS), que atua na rota da síntese de aminoácidos ramificados (OLIVEIRA JUNIOR, 2011).

Roman, Vargas e Ribeiro (2005), observaram que plantas de *E. heterophylla* quando submetidas a aplicação de carfentrazone-ethyl e estavam sob déficit hídrico apresentavam um menor controle, enquanto aquelas aplicadas em condições adequadas de umidade do solo houve um maior controle. De acordo com Pereira et. al (2012), plantas de *Urochloa decumbens* pulverizadas com sethoxydim quando irrigadas adequadamente apresentavam controle de 93,5%, enquanto que plantas submetidas a estresse hídrico apresentaram controle reduzido para 78,2%.

A aplicação de herbicidas proporciona um distúrbio na formação de carboidratos e proteínas em correlação com um distúrbio no perfil de aminoácidos em resposta as doses desses herbicidas (SCARPONI et al., 1997). Assim, torna-se importante saber como o déficit hídrico pode influenciar a ação de herbicidas no controle e teores de solutos orgânicos de plantas daninhas.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi estudar o efeito de herbicidas inibidores da ALS e PROTOX aplicados em pós-emergência em plantas de *Euphorbia heterophylla* L. quando submetidas a déficit hídrico, bem como determinar a ação destes sob o conteúdo de carboidratos e proteínas solúveis e aminoácidos livres da planta daninha.

Material e Métodos

O experimento foi instalado e conduzido em casa de vegetação no Departamento de Produção Vegetal, Setor Agricultura, da Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, no município de Botucatu – SP, cujas coordenadas geográficas são 22°51'03" de latitude sul e 48°25'37" de longitude oeste, com altitude de 786 m.

A espécie utilizada foi *E. heterophylla*, cultivada em vasos plásticos de 2 L e semeadas 10 sementes por vaso, deixando uma planta por vaso com um posterior desbaste. Foi realizada adubação do solo de acordo com a análise química (Tabela 1). A textura do solo foi classificada como média pela análise granulométrica (65,6% de areia, 6,7% de silte e 27,7% de argila).

Tabela 1. Análise química do solo Latossolo Vermelho-escuro Distrófico utilizado no experimento. Botucatu/SP, 2010.

Análise química									
pH	M.O.	P _{resina}	H+Al ³⁺	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----			-----%-----			
4,1	22	2	56	0,2	2	1	3	60	6

Fonte: (RAIJ et al., 2001).

O solo, antes da semeadura, foi seco ao ar, revolvido duas vezes por semana até peso constante, com o objetivo de reduzir ao mínimo a umidade no solo, que foi de 3%, para realização dos cálculos de reposição de água, de acordo com a curva de

retenção. As relações entre os potenciais de água e porcentagem de umidade do solo podem ser observados na Tabela 2. Para obtenção da curva de retenção de água foi utilizada a placa de pressão de Richards (RICHARDS, 1947; KLAR, 1984).

Tabela 2. Relações entre teores e potenciais de água do solo utilizado no estudo. Botucatu/SP, 2010.

Umidade Base Massa Seca (%)	Água Retida (dm ³ dm ⁻³)							
	Tensão (MPa)							
	Saturado	-0,01	-0,03	-0,05	-0,07	-0,1	-0,5	-1,5
	39	14	13	11	10	10	9	8

Fonte: (RICHARDS, 1947).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso com os tratamentos dispostos em um esquema fatorial 4x2, sendo quatro herbicidas: fomesafen (250 g i.a. ha⁻¹), lactofen (180 g i.a. ha⁻¹), chlorimuron-ethyl (80 g i.a. ha⁻¹) e imazethapyr (100 g i.a. ha⁻¹) e, duas condições hídricas do solo, com quatro repetições. As condições hídricas utilizadas no experimento foram: 1) Solo sem déficit hídrico: capacidade de campo, umidade de 14% (-0,01 MPa)

e 2) solo com déficit hídrico, umidade de 9% (-0,5 MPa).

Um tratamento controle (sem aplicação dos herbicidas) foi incluído como comparação para cada umidade de solo e para cada herbicida. A aplicação dos herbicidas foi realizada aos 30 DAE, sendo que no momento da aplicação as plantas daninhas apresentavam-se com 4 a 6 pares de folhas definitivas.

Os tratamentos químicos foram aplicados utilizando-se um pulverizador costal, pressurizado a CO₂, equipado com um reservatório de calda de 2,0 L. O equipamento foi regulado para proporcionar um consumo de calda de 200,0 L ha⁻¹. A barra de aplicação estava munida de duas pontas tipo jato plano “Teejet” XR 11002VS, distanciadas 50 cm entre si.

As avaliações visuais de controle foram realizadas aos 7, 14, 21 e 28 DAA, utilizando-se de uma escala de percentual de notas, na qual 0 (zero) correspondeu a nenhuma injúria demonstrada pelas plantas e 100 (cem) a morte das plantas, segundo a Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD, 1995).

As coletas para as análises bioquímicas (carboidratos solúveis, proteínas solúveis e aminoácidos livres) foram realizadas às 24, 48, 72 e 96 horas após a aplicação (HAA) dos herbicidas, exceto para as análises de aminoácidos que não foram realizadas as 24 HAA. Para essas análises foram retiradas apenas as folhas de uma planta de cada repetição, sendo estas coletas realizadas nas primeiras horas da manhã. As testemunhas foram determinadas a partir de plantas submetidas ao déficit hídrico e sem a aplicação de herbicidas.

As análises de carboidratos e proteínas solúveis foram realizadas a partir de 20,0 mg do material liofilizado das plantas de *E. heterophylla*. Os carboidratos solúveis foram determinados pelo método da reação sulfúrica com fenol a 5% de acordo com Dubois et al. (1956), enquanto as determinações de proteínas solúveis foram realizadas com o reagente Coomassie Brilliant Blue G-250 para ligação dessas proteínas ao corante foram realizadas (BRADFORD, 1976). Os aminoácidos livres segundo a metodologia proposta por (YEMM; COCKING, 1955), portanto, todas as amostras foram dosadas em duplicata e os resultados expressos em mg g⁻¹ massa seca.

Todos os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste “F” e as suas médias

comparadas pelo teste de Tukey com $p \leq 0,05$, utilizando o programa estatístico SISVAR 5.0.

Resultados e Discussão

Os herbicidas proporcionaram um controle das plantas daninhas apenas com os inibidores da PROTOX, enquanto que os inibidores da ALS não controlaram as plantas de *E. heterophylla* (Tabela 3). Aos 7 DAA, os herbicidas apresentaram controle abaixo de 80%, porém o fomesafen apresentou um decréscimo significativo em seu controle com a imposição do déficit hídrico. Roman, Vargas e Ribeiro (2005) trabalhando com plantas de *E. heterophylla* observaram um decréscimo no controle quando o herbicida carfentrazone-ethyl foi aplicado no tratamento não irrigado. De acordo com Botha e Botha (1979), plantas sob estresse hídrico apresentam menores taxas de crescimento e podem produzir menores quantidades de clorofila, dessa forma, reduzem a produção de protoporfirina IX no citoplasma, reduzindo, assim, a produção de singletos de oxigênio e, assim, a destruição de membranas celulares.

Quando os herbicidas estavam submetidos ao déficit hídrico, aos 14 DAA, apenas o chlorimuron-ethyl apresentou uma redução no controle. Dessa forma, o fomesafen e o lactofen proporcionaram controles maiores que os inibidores da ALS sem serem afetados pelo déficit hídrico. Trezzi et al. (2009) observaram que fomesafen aplicado em pós-emergência em plantas de *E. heterophylla* na dose de 200 g ha⁻¹ (valor próximo ao utilizado neste estudo), exerceu cerca de 80% de controle aos 14 DAA. A influência de fatores do ambiente na atividade de herbicidas relaciona-se, também, às mudanças morfológicas impostas às plantas, por isso, plantas em estresse hídrico podem apresentar cutículas desidratadas que podem reduzir a absorção de fomesafen, resultando, assim, em menor eficiência do produto ao controle das plantas daninhas (PEREGOY et al., 1990).

Tabela 3. Controle de *Euphorbia heterophylla* em diferentes épocas de avaliação, sob interação entre herbicidas e condição hídrica do solo. Botucatu/SP, 2010.

Herbicida	Doses (g i.a. ha ⁻¹)	Controle (%)							
		7 DAA		14 DAA		21 DAA		28 DAA	
		Condição hídrica (MPa)							
		-0,01	-0,5	-0,01	-0,5	-0,01	-0,5	-0,01	-0,5
fomesafen ⁽¹⁾	250	77,3 aA	46,0 aB	76,2 abA	65,4 aA	82,2 aA	67,0 abA	87,7 aA	68,8 aA
lactofen	180	54,7 bA	67,5 aA	80,8 aA	79,6 aA	83,6 aA	57,1 bA	86,2 abA	62,9 aA
chlorimuron-ethyl ⁽²⁾	80	27,0 cA	12,3 bA	57,7 bA	20,7 bB	62,7 bA	33,2 cA	72,0 bcA	48,0 bA
imazethapyr	100	24,2 cA	25,3 bA	55,0 bA	54,0 aA	59,0 bA	72,2 aA	65,0 cA	56,7 abA
C.V.(%)	-	14,0		19,7		11,0		11,1	

¹ Adicionou-se Agral (0,1% v/v); ² Adicionou-se Assist (0,5% v/v). Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha dentro de uma mesma época de avaliação não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05). Legenda: -0,01 – sem déficit hídrico; -0,5 – com déficit hídrico; DAA – Dias após a aplicação.

Fonte: (VITORINO, 2011).

Contudo, aos 21 DAA, o controle sem déficit hídrico foi eficiente para os herbicidas inibidores da PROTOX, enquanto os inibidores da ALS proporcionaram controle insatisfatório. No entanto, não houve interação entre os herbicidas e o déficit hídrico. Aos 28 DAA, os herbicidas fomesafen e lactofen proporcionaram controle das plantas daninhas com um nível mínimo aceitável, que é de 80% segundo a SBCPD (1995). Contudo, chlorimuron-ethyl e imazethapyr apresentaram controle insatisfatório.

Não houve interferência do déficit hídrico para os herbicidas aplicados, corroborando com os resultados observados por Zhang, Webster e Selim (2001), no qual o herbicida imazethapyr aplicado em pós-emergência em plantas de *Oryza sativa* L., aos 14 DAA, não diferiram entre os controles sem e com déficit hídrico.

Os valores dos solutos orgânicos analisados foram influenciados pela condição hídrica, sugerindo um aumento da quantidade de solutos nas células para o ajuste osmótico, devido ao déficit hídrico. De

acordo com Morgan (1984), um dos mecanismos de adaptação à seca é o acúmulo de solutos orgânicos osmoticamente ativos na célula, em relação às plantas bem hidratadas, fenômeno esse chamado de ajuste osmótico, o que permite a manutenção da turgescência, crescimento e fotossíntese, com baixos valores de potencial hídrico.

O conteúdo de carboidratos solúveis não foi influenciado pelos herbicidas testados durante os períodos de avaliação de 24, 48 e 72 horas após a aplicação (HAA), porém apenas às 96 HAA a influência desses sobre os carboidratos foi significativa, sendo que o lactofen proporcionou um decréscimo no conteúdo desse soluto (Tabela 4).

O déficit hídrico do solo alterou significativamente os valores de carboidratos solúveis nas plantas de *E. heterophylla* (Tabela 5). Segundo Bray (1997), isto se deve ao fato de que com a diminuição do nível de água do solo, a planta responde osmoticamente com o aumento dos conteúdos desses carboidratos, no sentido de adaptar-se ou ajustar-se ao ambiente com falta de água.

Tabela 4. Carboidratos solúveis em plantas de *Euphorbia heterophylla* após a aplicação de alguns herbicidas em diferentes épocas de avaliação. Botucatu/SP, 2010.

Herbicida	Doses (g i.a. ha ⁻¹)	Carboidratos Solúveis (mg g ⁻¹ massa seca)			
		24 HAA	48 HAA	72 HAA	96 HAA
testemunha	-	1,26 a	2,41 a	1,86 a	1,69 ab
fomesafen ⁽¹⁾	250	0,84 a	2,62 a	2,06 a	2,12 a
lactofen	180	1,01 a	2,29 a	1,99 a	1,57 b
chlorimuron-ethyl ⁽²⁾	80	1,14 a	2,23 a	2,00 a	1,87 ab
imazethapyr	100	1,27 a	2,25 a	2,15 a	1,68 ab
C.V. (%)	-	28,2	22,3	11,5	19,5

¹ Adicionou-se Agral (0,1% v/v); ² Adicionou-se Assist (0,5% v/v). Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05). HAA – Horas após a aplicação.

Fonte: (VITORINO, 2011).

Tabela 5. Carboidratos solúveis em plantas de *Euphorbia heterophylla* submetidas à aplicação de herbicidas sob duas condições hídricas. Botucatu/SP, 2010.

Condição Hídrica (MPa)	Carboidratos Solúveis (mg g ⁻¹ de massa seca)			
	24 HAA	48 HAA	72 HAA	96 HAA
-0,01	0,93 b	2,18 b	1,89 b	1,65 b
-0,5	1,28 a	2,54 a	2,13 a	1,93 a
C.V. (%)	28,2	22,3	11,5	19,5

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

-0,01 – sem déficit hídrico; -0,5 – com déficit hídrico; HAA – Horas após a aplicação.

Fonte: (VITORINO, 2011).

Às 24, 48, 72 e 96 HAA, o conteúdo de carboidratos solúveis aumentou para aqueles tratamentos com déficit hídrico. Segundo Pimentel (1999), o aumento no conteúdo de carboidratos solúveis pode ocorrer no início do estresse hídrico por dois motivos: em decorrência da paralisação do crescimento com certa manutenção da fotossíntese e com a intensidade do déficit hídrico, em função da hidrólise do amido. Da mesma forma, o acúmulo de certos metabólitos, como os carboidratos, proporciona às plantas uma diminuição do potencial osmótico por meio de um aumento líquido nos solutos intracelular, podendo auxiliar na manutenção do turgor, sustentando a elongação celular e a expansão de regiões de crescimento (SPOLLEN; NELSON, 1994).

O teor de proteína solúvel não foi influenciado pelos diferentes herbicidas testados às 24, 48 e 96 HAA (Tabela 6). Os herbicidas proporcionaram

um decréscimo significativo na concentração de proteínas solúveis dentro das 72 HAA, mostrando o efeito de inibição na síntese de proteínas com uma posterior recuperação do dano. Tal resultado corrobora com o trabalho de Nemat Alla et al. (2008) que observaram um decréscimo no teor de proteínas solúveis após a aplicação dos herbicidas butachlor, chlorimuron-ethyl e metribuzin. Scarponi et al. (1997), trabalhando com plantas de *Vicia faba* L. observou que após a aplicação de chlorimuron-ethyl e imazethapyr os teores de proteínas no tecido foliar destas plantas foram reduzidos.

Os teores mais baixos de proteínas solúveis foram observados em plantas de *E. heterophylla* submetidas a aplicação dos herbicidas imazethapyr e lactofen, o que sugere um efeito negativo desses herbicidas. As testemunhas mantiveram os valores de proteínas solúveis acima dos tratamentos herbicidas, porém não houve diferença significativa

entre esses e os tratamentos aplicados, com exceção a avaliação de 72 HAA.

A inibição induzida por chlorimuron-ethyl e imazethapyr foi esclarecida, demonstrando que inibidores da ALS podem resultar em um decréscimo no teor de proteínas com uma conseqüente redução na formação de valina, leucina e isoleucina (SHANER; REIDER, 1986; MARTINETTI, SCARPONI; NEMAT ALLA, 1995).

O déficit hídrico imposto às plantas de *E. heterophylla* diminui significativamente os teores de proteínas solúveis em todas as épocas de avaliação, exceto às 48 HAA (Tabela 7). Há evidências que o aumento de proteólises em plantas têm sido um indicativo em resposta de estresse biótico e abiótico, na qual reduz o teor de proteínas solúveis (ARANHA, et al., 2007).

Tabela 6. Proteínas solúveis em plantas de *Euphorbia heterophylla* após a aplicação de herbicidas em diferentes épocas de avaliação. Botucatu/SP, 2010.

Herbicida	Doses (g i.a. ha ⁻¹)	Proteínas Solúveis (mg g ⁻¹ massa seca)			
		24 HAA	48 HAA	72 HAA	96 HAA
testemunha	-	6,45 a	4,18 a	6,01 a	5,73 a
fomesafen ⁽¹⁾	250	5,81 a	4,38 a	4,46 ab	5,22 a
lactofen	180	6,59 a	5,67 a	3,91 b	5,75 a
chlorimuron-ethyl ⁽²⁾	80	6,08 a	4,00 a	4,56 ab	6,34 a
imazethapyr	100	6,34 a	5,65 a	3,48 b	4,88 a
C.V. (%)	-	23,1	26,0	25,2	25,7

¹ Adicionou-se Agral (0,1% v/v); ² Adicionou-se Assist (0,5% v/v). Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05). HAA – Horas após a aplicação.

Fonte: (VITORINO, 2011).

Tabela 7. Proteínas solúveis em plantas de *Euphorbia heterophylla* submetidas à aplicação de herbicidas sob duas condições hídricas. Botucatu/SP, 2010.

Condição hídrica (MPa)	Proteínas Solúveis (mg g ⁻¹ massa seca)			
	24 HAA	48 HAA	72 HAA	96 HAA
-0,01	6,73 a	4,99 a	5,05 a	6,32 a
-0,5	5,78 b	4,59 a	3,92 b	4,84 b
C.V.(%)	23,1	26,0	25,2	25,7

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p≤ 0,05). -0,01 – sem déficit hídrico; -0,5 – com déficit hídrico; HAA – Horas após a aplicação.

Fonte: (VITORINO, 2011).

Os resultados de N- α -aminossolúvel nas plantas de *E. heterophylla* demonstraram efeito da aplicação dos diferentes herbicidas testados (Tabela 8). Às 48 HAA, quando se compara os herbicidas com a testemunha nota-se que a concentração de aminoácidos na planta daninha não diferiu, porém entre os herbicidas, observa-se que o chlorimuron-

ethyl proporcionou menor concentração de aminoácidos livres, possivelmente pelos elevados teores de proteínas observados (Tabela 6). Os herbicidas chlorimuron-ethyl e imazethapyr são inibidores da ALS, enzimas que catalisam o primeiro passo da síntese dos aminoácidos de cadeia ramificada: leucina, isoleucina e valina (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2011).

Às 72 HAA, não se registrou nenhuma diferença na concentração de aminoácidos que fosse devido à ação de herbicidas. Já, as 96 HAA, observa-se uma pequena elevação nas concentrações de aminoácidos para o herbicida lactofen. Os demais herbicidas não diferiram da testemunha (Tabela 8). Segundo Nemat

Alla et al. (2008) o aumento de aminoácidos livres pode ser explicado pelo incremento no conteúdo de N-solúvel, então esse acréscimo em aminoácidos livres pode ser devido a um aumento das proteólises nas células.

Tabela 8. N- α -aminossolúvel em plantas de *Euphorbia heterophylla* após a aplicação de herbicidas em diferentes épocas de avaliação. Botucatu/SP, 2010.

Herbicida	Doses (g i.a. ha ⁻¹)	N- α -aminossolúvel (μ mol g ⁻¹ massa seca)		
		48 HAA	72 HAA	96 HAA
testemunha	-	166,13 ab	163,38 a	178,32 b
fomesafen ⁽¹⁾	250	203,13 a	153,54 a	142,19 b
lactofen	180	163,38 ab	125,76 a	231,74 a
chlorimuron-ethyl ⁽²⁾	80	125,75 b	140,59 a	154,79 b
imazethapyr	100	159,25 ab	140,05 a	190,33 ab
C.V. (%)	-	21,2	28,8	20,0

¹ Adicionou-se Agral (0,1% v/v); ² Adicionou-se Assist (0,5% v/v). Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p \leq 0,05). HAA – Horas após a aplicação.

Fonte: (VITORINO, 2011).

O aumento dos aminoácidos foi o resultado da quebra das proteínas após a aplicação dos herbicidas, porém não houve redução na concentração de aminoácidos para os herbicidas inibidores da ALS. Esses aminoácidos são componentes essenciais em proteínas e requeridos para a produção de novas células (MARCHI; MARCHI; GUIMARÃES, 2008). De acordo com Nemat Alla et al. (2008) o aumento de aminoácidos dá-se basicamente com

o decréscimo de proteínas, assim, isto se deve ao aumento dos aminoácidos aromáticos e alifáticos no tecido foliar, pela quebra dessas proteínas.

As concentrações de aminoácidos livres foram reduzidas com a imposição do déficit hídrico do solo as 48 e 72 HAA para as plantas de *E. heterophylla* (Tabela 9). Esse decréscimo na concentração de aminoácidos não foi verificado às 96 HAA.

Tabela 9. N- α -aminossolúvel em plantas de *Euphorbia heterophylla* submetidas à aplicação de herbicidas sob duas condições hídricas. Botucatu/SP, 2010.

Condição hídrica	N- α -aminossolúvel (μ mol g ⁻¹ massa seca)		
	48 HAA	72 HAA	96 HAA
-0,01	184,25 a	169,21 a	176,99 a
-0,5	142,80 b	120,12 b	181,96 a
C.V.(%)			

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey (p \leq 0,05).

0,01 – sem déficit hídrico; -0,5 – com déficit hídrico; HAA – Horas após a aplicação.

Fonte: (VITORINO, 2011).

Conclusões

Os herbicidas inibidores da PROTOX foram eficientes para o controle das plantas de *E. heterophylla*, contudo o déficit hídrico reduziu a eficiência inicial do fomesafen. Os inibidores da ALS não foram eficientes no controle de *E. heterophylla*, no qual o chlorimuron-ethyl foi o mais afetado pelo déficit hídrico imposto. Os teores dos solutos orgânicos foram alterados pela aplicação dos herbicidas e a ação do déficit hídrico, porém observando os fatores isoladamente, pois não houve interação. Por tanto, avaliar as condições hídricas no momento da aplicação de herbicidas torna-se um fator de extrema importância para a eficiência no controle de plantas daninhas.

Referências

ARANHA, M. M.; MATOS, A. R.; MENDES, A. T.; PINTO, V. V.; RODRIGUES, C. M. P.; ARRABAÇA, J. D. Dinitro-o-cresol induces apoptosis-like cell death but not alternative oxidase expression in soybean cells. *Journal of Plant Physiology*, Minneapolis, v. 164, n. 6, p. 675-684, 2007.

ASCENIO, J. Root secreted acids phosphates kinetics as a physiological marker for phosphorus deficiency. *Journal of Plant Nutrition*, Philadelphia, v. 20, n. 1, p. 9-26, 1997.

BOTHA, F. C.; BOTHA, P. J. The effect of water stress on the nitrogen metabolism of two maize lines II: effects on the rate of protein synthesis and chlorophyll II content. *Zeitschrift fur Pflanzenphysiologie*, Stuttgart, v. 1, n. 2, p. 179-183, 1979.

BRADFORD, M. A rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle-dye binding. *Analytical Biochemistry*, Saint Louis, v. 72, n. 1-2, p. 248-254, 1976.

BRAY, E. A. Plant responses to water deficit. *Trends in Plant Science*, Amsterdam, v. 2, n. 2, p. 48-54, 1997.

BRIDGES, D. C.; BRICK, B. J.; BARBAUS, J. C. Wild poinsettia (*Euphorbia heterophylla*) interference with peanut (*Arachis hypogaea*). *Weed Technology*, Champaign, v. 40, n.1, p. 37-42, 1992.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical chemistry*, Chapel Hill, v. 28, n. 3, p. 350-356, 1956.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. *Plantas infestantes e nocivas*. São Paulo: Basf, 1999. 978 p.

KLAR, A. E. Evapotranspiração. In: _____. *A água no sistema solo-planta-atmosfera*. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1984. 408 p.

MARCHI, G.; MARCHI, E. C. S.; GUIMARÃES, T. G. *Herbicidas: mecanismo de ação e uso*. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2008. 34 p. (Documentos, 227).

MARTINETTI, L.; SCARPONI, L.; NEMAT ALLA, M. M. Effect of rimsulfuron and its major degradation product on ALS activity and on protein and starch formation in maize. In: BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE: WEEDS, Brighton, 1., 1995. *Proceedings...* Farnham, United Kingdom: British Crop Protection Council, v. 1, 1995, p. 405-410.

MORGAN, J. M. Osmoregulation and water stress in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, v. 35, n. 1, p. 299-319, 1984.

NEMAT ALLA, M. M.; BADAWI, A. M.; HASSAN, N. M.; EL-BASTAWISY, Z. M.; BADRAN, E. G. Effect of metribuzin, butachlor and chlorimuron-ethyl on amino acid and protein formation in wheat and maize seedlings. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, San Diego, v. 90, n. 1, p. 8-18, 2008.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S. Mecanismo de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Coord.). *Biologia e manejo de plantas daninhas*. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 141-192.

PEREGOY, R.; KITCHEN, L. M.; JORDAN, P. W.; GRIFFIN, J. L. Moisture stress effects on the absorption, translocation, and metabolism of haloxyfop in johnsongrass (*Sorghum halepense*) and large crabgrass (*Digitaria sanguinalis*). *Weed Science*, Lawrence, v. 38, n. 4-5, p. 331-337, 1990.

PEREIRA, M. R. R.; KLAR, A. E.; MARTINS, D.; SILVA, J. I. C.; SOUZA, G. S. F.; VILLALBA, J. Effect of water stress on herbicide efficiency applied to *Urochloa decumbes*. *Ciencia e Investigación Agraria*, Santiago, v. 39, n. 1, p. 211-220, 2012.

PIMENTEL, C. Relações hídricas em dois híbridos de milho sob dois ciclos de deficiência hídrica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 34, n. 11, p. 2021-2027, 1999.

PITELLI, L. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 11, n. 129, p. 16-27, 1985.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. *Análise química para avaliação*

- da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.
- RICHARDS, L. A. Pressure-membrane apparatus, construction and use. *Agronomy Engineering*, Madison, v. 28, p. 451-454, 1947.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. *Guia de herbicidas*. 5. ed. Londrina: Grafmarke, 2005. 591 p.
- ROMAN, E. S.; VARGAS, L.; RIBEIRO, M. C. F. Efeito do teor de umidade do solo na seletividade e na eficácia de carfentrazone-ethyl no controle de plantas daninhas na cultura da soja. *Revista Brasileira de Herbicidas*, Passo Fundo, v. 4, n. 2, p. 114-122, 2005.
- SCARPONI, L.; YOUNIS, M. E.; STANDARDI, A.; HASSAN, N. M.; MARTINETTI, L. Effects of chlorimuron-ethyl, imazethapyr and propachlor on free amino acids e protein formation in *Vicia faba* L. *Journal of Agriculture and Food Chemical*, Davis, v. 45, n. 9, p. 3652-3658, 1997.
- SHANER, D. L.; REIDER, M. L. Physiological responses of corn (*Zea mays*) to AC-243,997 in combination with valine, leucine and isoleucina. *Pesticide Biochemical Physiology*, San Diego, v. 25, n. 2, p. 248-257, 1986.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS – SBCPD. *Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas*. Londrina, 1995. 42 p.
- SPOLEN, W. G.; NELSON, C. J. Response of fructan to water deficit in growing leaves of tall fescue. *Plant Physiology*, Minneapolis, v. 106, n. 1, p. 329-336, 1994.
- TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A.; KRUSE, N. D.; SILVA, R. P.; GUSTMANN, M. S.; FRANCHIN, E. Local de absorção de fomesafen como mecanismo de resistência em biótipo de *Euphorbia heterophylla* resistente aos inibidores da PROTOX. *Planta Daninha*, Viçosa, MG, v. 27, n. 1, p. 139-148, 2009.
- VITORINO, H. S. *Eficiência de herbicidas inibidores da ALS e PROTOX sob condições de déficit hídrico no comportamento bioquímico de plantas daninhas*. 2011. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- WILLARD, T. S.; GRIFFIN, J. L. Soybean (*Glycine max*) yield and quality responses associated with wild poinsettia (*Euphorbia heterophylla*) control programs. *Weed Technology*, Champaign, v. 7, n. 1, p. 118-122, 1993.
- WILSON, A. K. *Euphorbia heterophylla*: a review of distribution, importance and control. *Tropical Pest Management*, Florida, v. 27, n. 1, p. 32-38, 1981.
- YEMM, E. W.; COCKING, E. F. The determination of amino acids with ninhydrin. *Analyst*, Westminster, v. 80, n. 948, p. 209-213, 1955.
- ZHANG, W.; WEBSTER, E. P.; SELIM, H. M. Effect of soil moisture on efficacy of imazethapyr in greenhouse. *Weed Technology*, Champaign, v. 15, n. 2, p. 355-359, 2001.