

POTENCIAIS HÍDRICOS NO SOLO SOBRE A EFICÁCIA DE HERBICIDAS EM *Cenchrus echinatus* L.

ANTONIO EVALDO KLAR¹; MARIA RENATA ROCHA PEREIRA² E
DAGOBERTO MARTINS³

1.Prof. Emérito, Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônômicas - FCA, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Botucatu, SP, klar@fca.unesp.br

2.Engenheira Florestal, Professora, Doutora, Faculdade de Tecnologia de Capão Bonito - FATEC, Capão Bonito, SP, mariarenatarp@hotmail.com;

3.Professor Livre-Docente, Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrônômicas - FCA, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Jaboticabal, SP, dmartins@fca.unesp.br

1 RESUMO

Este trabalho objetivou relacionar a eficiência de controle de herbicidas inibidores da ACCase, aplicados em pós-emergência em plantas de *Cenchrus echinatus* submetidas a diferentes teores de água no solo, conduzido em casa-de-vegetação com a aplicação de três diferentes herbicidas (fluazifop-p-butyl, haloxyfop-methyl e sethoxydim + óleo mineral Assist). O delineamento experimental utilizado para cada herbicida foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, constituído de um fatorial 3 x 4, sendo a combinação de três potenciais mínimos de água do solo ($\Psi = -0,03$; $-0,07$ e $-1,5$ MPa) e quatro doses destes produtos (100, 50, 25 e 0% da dose recomendada). A aplicação dos herbicidas foi efetuada no estágio vegetativo de 4-6 folhas e os manejos hídricos foram iniciados no estágio de desenvolvimento de duas folhas, repondo-se a água quando o solo atingia os Ψ mínimos até o solo atingir o Ψ de $-0,01$ MPa para os três níveis citados. As avaliações visuais de fitotoxicidade foram realizadas semanalmente, dos 7 aos 28 dias após a aplicação e a matéria seca das plantas ao final destas. A eficiência de controle dos diferentes herbicidas foi influenciada pelos manejos hídricos, sendo menor em plantas mantidas em potencial mínimo de água no solo de $-1,5$ MPa, para todos os herbicidas estudados.

Palavras-chave: capim-carrapicho, controle químico, restrição hídrica, planta daninha.

KLAR, A. E.¹; PEREIRA, M. R. R.²; MARTINS, D.³

WATER POTENTIAL IN THE SOIL ON THE EFFECTIVENESS OF HERBICIDES
IN *Cenchrus echinatus* L

2 ABSTRACT

This study aimed at relating the efficiency of ACCase-inhibiting herbicides applied to post-emergence *Cenchrus echinatus* plants with three different herbicide applications (fluazifop-p-butyl, haloxyfop-methyl and sethoxydim + Assist mineral oil). The plants were under different water levels in the soil, and the experiment was conducted in a greenhouse using a completely randomized experimental design with four replicates and a 3 x 4 factorial design with three minimum soil water potential ($\Psi = -0.03$; -0.07 and -1.5 MPa) and four doses of the products (100, 50, 25 and 0% recommended dose). Herbicide application was performed

at the 4-6-leaf vegetative stage and water management was initiated at the 2 leaf-development stage. Water was replaced when the soil reached minimum Ψ of -0.01 MPa for the three levels mentioned. Visual evaluations of phytotoxicity were performed weekly from 7 to 28 days after application and, thereafter, the evaluation of plant dry matter. The efficiency of control of the different herbicides was affected by water management, being lower in plants grown in minimum soil water potential of -1.5 MPa for all study herbicides.

Keywords: sandbur, chemical control, water restriction, weed.

3 INTRODUÇÃO

As plantas daninhas reduzem a produtividade das culturas agrícolas devido a seu alto poder competitivo por espaço, nutrientes, luz e água, além de também causarem prejuízos por obstruírem canais de irrigação e drenagem e depreciarem o valor comercial das sementes e das terras de cultivo (MACHADO, 1991).

O gênero *Cenchrus* é constituído por 23 espécies, sendo *C. echinatus*, comumente conhecido por timbete ou capim-carrapicho, a mais importante, com maior ocorrência na região dos Cerrados (COBUCCI; RABELO; SILVA, 2001). É uma gramínea altamente competitiva com outras culturas em água, nutrientes e luz. Invadem culturas de algodão, amendoim, arroz de sequeiro, café, cana-de-açúcar, feijão, frutíferas, fumo, mandioca, milho, pastagem, soja e sorgo (SANTOS, 2007).

Também é uma das plantas de maior dificuldade de controle na cultura do sorgo (ABIT et al., 2009), e do milheto, além de cultivos de verão e de "safrinha" (DUARTE; SILVA; DEUBER, 2007), constituindo-se num grande problema na região dos cerrados, devido à limitada disponibilidade de herbicidas com ação graminicida registrados e que apresentam seletividade para essas culturas (DAN et al., 2011).

O emprego de herbicidas constitui-se numa prática indispensável e usual em áreas agrícolas, em virtude das extensas áreas de plantio e do elevado custo da mão-de-obra (VIEIRA, 2007). A eficácia de um herbicida depende de diversos fatores, dentre os quais suas características físico-químicas e a dose aplicada, a espécie a ser controlada (características estruturais próprias), o estágio de desenvolvimento e a biologia da planta daninha, as técnicas de aplicação, a umidade do solo e os fatores ambientais no momento da aplicação dos herbicidas, como temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar e ventos (VICTORIA FILHO, 1985; PROCÓPIO et al., 2001).

A maioria dos estresses ambientais como o aumento da intensidade luminosa e baixa umidade do solo pode induzir a uma mudança na composição e estrutura das folhas, e estas mudanças podem influenciar, posteriormente, a penetração, absorção e translocação dos herbicidas, pois tendem a induzir aumento da pilosidade, estômatos afundados na epiderme, aumento do número de células buliformes, envolvidas no mecanismo de enrolamento e desenrolamento das folhas e síntese de cutícula, com um conseqüente aumento do caráter lipofílico da superfície foliar (ROMAN; VARGAS; RIBEIRO, 2005).

Corroborando estes resultados, PEREIRA et al. (2010) verificaram que plantas de *Urochloa plantaginea*, submetidas a estresse hídrico, não foram eficientemente controladas por herbicidas inibidores da ACCase quando em aplicação tardia.

A restrição hídrica pode prejudicar a produtividade da cultura pela competição, bem como a eficácia dos herbicidas sobre comunidades infestantes. Plantas daninhas que se desenvolvem em condições de déficit hídrico apresentam normalmente fitotoxicidade

reduzida, devido à baixa absorção e translocação do produto, que pode estar relacionada com as estratégias de fuga à seca pelas plantas, como orientação mais verticalizada das folhas, espessamento da cutícula, menor área foliar e maior incidência de pelos.

O objetivo deste trabalho foi relacionar a eficiência de controle de herbicidas inibidores da ACCase aplicados em pós-emergência em plantas de *C. echinatus* quando submetidas a estresse hídrico, determinando qual potencial de água no solo pode prejudicar a eficiência de controle dos herbicidas e se há diferenças entre as moléculas testadas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi instalado e conduzido no Departamento de Produção Vegetal, Setor Agricultura, da Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, no município de Botucatu – São Paulo, cujas coordenadas geográficas são 22°51'03" de latitude sul e 48°25'37" de longitude oeste de Greenwich, com altitude de 786 m. No período de condução do trabalho as caracterizações climáticas dentro da casa de vegetação (médias) foram (Figura 1): temperatura mínima de 19,8 °C, temperatura máxima de 29,8 °C, temperatura média de 24,8 °C.; umidades relativas do ar: média de 71,9, mínima de 58,7 e máxima de 85,2 e evapotranspiração (3,1 mm mês⁻¹) conforme consta na Figura 2, por média de dez dias, a qual foi monitorada diariamente através de um Tanque Classe A.

Figura 1. Médias de temperaturas mínimas e máximas e umidade relativa do ar ocorrida durante a condução do estudo.

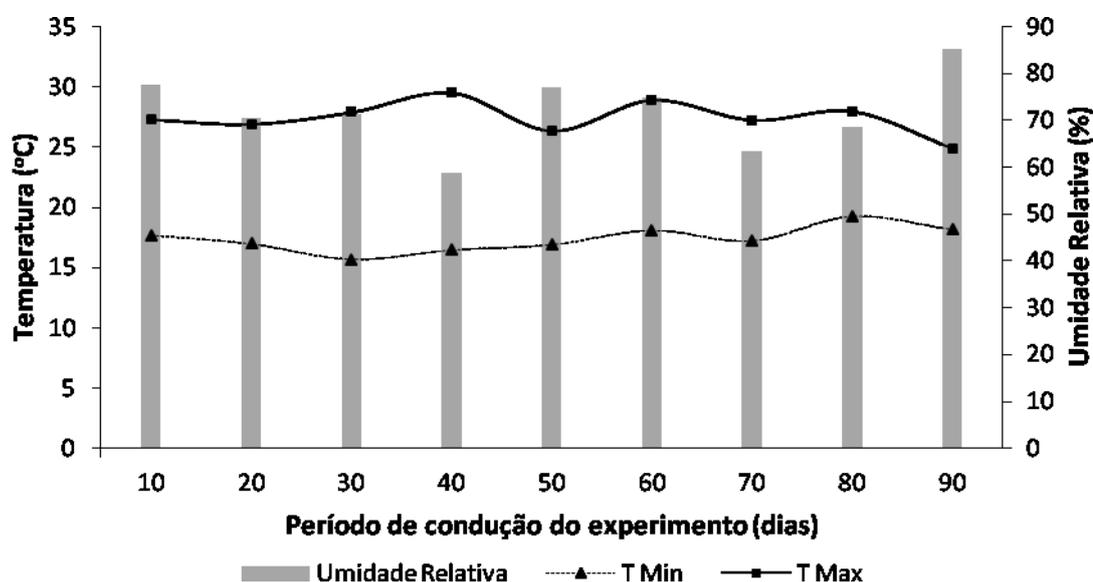
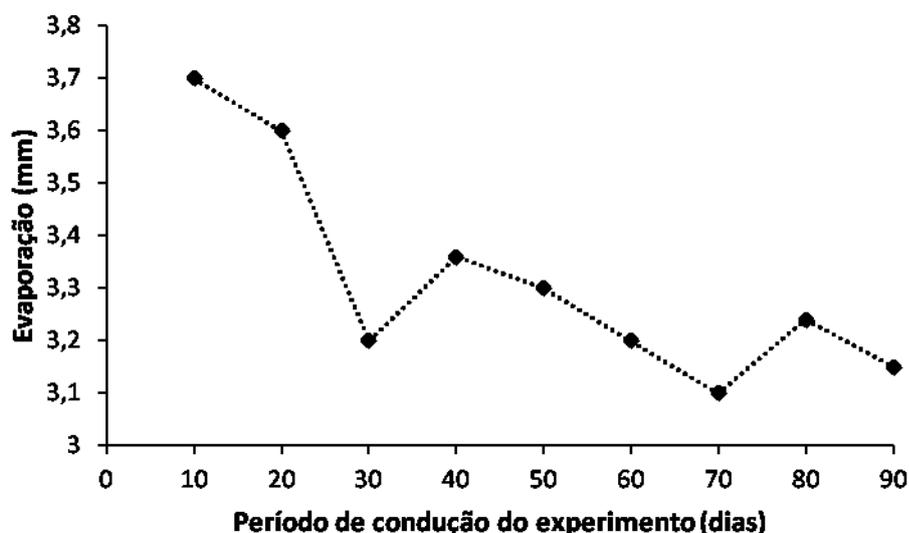


Figura 2. Médias de evaporação de referência ocorridas durante a condução do estudo.

A espécie utilizada foi *C. echinatus*, cultivada em vasos plásticos de 2 L contendo solo de descrição textural: 65,6% de areia, 6,7 de silte, 27,7 de argila, classificado como Barro-Argilo-Arenoso e realizada adubação do solo de acordo com análise química (Tabela 1), segundo metodologia de RAIJ et al. (2001). O solo foi previamente irrigado até que a umidade atingisse a capacidade de campo, de forma a garantir a efetivação do processo de germinação e o desenvolvimento das plântulas. Após a emergência das plântulas foi efetuado um desbaste, deixando duas plântulas por vaso.

Tabela 1. Análise química do solo utilizado nos estudos. Botucatu/SP. 2008/2009.

pH CaCl ₂	M.O g dm ⁻³	P resina mg dm ⁻³	mmolc dm ⁻³						V (%)
			H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	
4,6	7	3	22	0,2	2	2	4	26	15

Antes da sementeira, o solo foi seco ao ar e revolvido duas vezes por semana até atingir o teor de umidade médio de 3%. Para obtenção da curva de retenção de água, foi utilizada a placa de pressão de Richards (KLAR, 1988). A partir dos resultados da curva de retenção, foram estabelecidos três potenciais mínimos de água do solo (Ψ_s): -0,03MPa, -0,07MPa e -1,5MPa, correspondentes 13%, 10% e 8% de umidade do solo, respectivamente, compondo os manejos hídricos, avaliados por meio de pesagem dos vasos. Ao atingir as imediações do potencial definido para cada tratamento, foi feita reposição da água evapotranspirada até alcançar a massa do potencial de água máximo de retenção de água do solo (-0,01 MPa, equivalente a 14% de umidade do solo). Os manejos hídricos foram iniciados no estágio de desenvolvimento de duas folhas em cada planta.

A aplicação dos herbicidas foi realizada na fase de desenvolvimento de 4-6 folhas das plantas daninhas. Foram aplicados três diferentes herbicidas (fluazifop-p-butyl, haloxyfop-methyl e sethoxydim + óleo mineral Assist), sendo o delineamento experimental utilizado para cada produto o inteiramente casualizado, com quatro repetições, constituído de um fatorial 3 x 4, sendo a combinação dos três manejos hídricos (-0,03, -0,07 e -1,5 MPa) e quatro doses desses produtos (100, 50, 25 e 0% da dose recomendada). De acordo com os fabricantes de cada produto, 100% da dose recomendada de cada herbicida, expressa em

gramas de ingrediente ativo por hectare (g i.a. ha⁻¹): sethoxydim: 184; haloxyfop-methyl: 60; e fluazifop-p-butyl: 125.

Para a aplicação foi utilizado um pulverizador costal, equipado com barra de aplicação contendo quatro pontas de pulverização tipo jato plano XR11002VS, com um consumo de calda de 200 L ha⁻¹.

Os efeitos dos tratamentos sobre as plantas foram avaliados visualmente aos 7, 14, 21 e 28 dias após aplicação, por meio de uma escala percentual de notas, na qual “0” consiste em ausência de injúria, “100” em morte das plantas (SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS - SBCPD, 1995). Ao final das avaliações, as plantas foram coletadas e secas em estufa de ventilação forçada de ar a 60 C até atingir peso constante; em seguida, foi determinada a massa seca das amostras.

Os resultados de fitointoxicação foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e as massas secas de plantas foram submetidas aos modelos de regressão polinomial, sendo as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey a 5%.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aos sete dias após aplicação (DAA) as plantas não responderam aos herbicidas, sendo nulo o controle independentemente do nível de tensão de água no solo. Este fato indica que a resposta desta espécie a estes herbicidas foi mais lenta, podendo ser causada por fatores anatômicos e/ou fisiológicos característicos da própria espécie.

Já aos 14 DAA (Tabela 2) verificou-se que os controles nas plantas sem estresse hídrico (manejo hídrico de -0,03 MPa no solo) atingiram 38,75% com o uso de 100% da dose recomendada do herbicida fluazifop-p-butyl. Com a aplicação desta mesma dose o controle das plantas foi prejudicado de acordo com a redução da disponibilidade de água, sendo de 8,5% em condições de estresse severo (manejo hídrico de -1,5 MPa no solo). Mesmo comportamento foi observado com a aplicação de 50% da dose recomendada do herbicida. Não se verificou diferenças nos controles com a aplicação de 25% da dose recomendada, independente do potencial hídrico no qual as plantas foram mantidas.

Tabela 2. Porcentagem de controle em plantas de *C. echinatus* no estágio de 4-6 folhas submetidas a diferentes manejos hídricos, 14 dias após aplicação do herbicida fluazifop-p-butyl.

Manejo Hídrico (MPa)	% da dose de herbicida			
	0	25	50	100
-0,03	0,00 a C	12,25 a B	30,25 a A	38,75 a A
-0,07	0,00 a C	10,00 a B	16,50 b B	28,75 b A
-1,5	0,00 a A	8,50 a A	7,50 c A	8,50 c A
F Manejo Hídrico (M)	35,912**			
F dose (D)	62,979**			
F (M) x (D)	10,122**			
CV (%)	35,3			

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05);

** - valor significativo pelo teste “F” (p≤0,01).

O herbicida haloxyfop-methyl alcançou valores de controle inferiores, como 26,25% nas plantas sem estresse hídrico (Tabela 3), em relação ao herbicida fluazifop-p-butyl (Tabela 2). Em plantas mantidas em solo com tensão mínima de -0,07 MPa não foi verificada diferenças entre os herbicidas sethoxydim e haloxyfop-methyl, atingindo controles de 18,25 (Tabela 3) e 20% (Tabela 4), respectivamente, o que também observado em plantas submetidas a estresse hídrico (tensão mínima de -1,5 MPa) nas aplicações dos três herbicidas estudados, em que a porcentagem de controle manteve-se entre 8,5 e 12,5% que, em média, significou uma redução em mais de quatro vezes em comparação com plantas sem restrição hídrica.

Tabela 3. Porcentagem de controle em plantas de *C. echinatus* no estágio de 4-6 folhas submetidas a diferentes manejos hídricos, 14 dias após aplicação do herbicida haloxyfop-methyl.

Manejo Hídrico (MPa)	% da dose de herbicida			
	0	25	50	100
-0,03	0,00 a C	5,75 b BC	12,50 b B	26,25 a A
-0,07	0,00 a B	20,00 a A	20,00 a A	20,00 a A
-1,5	0,00 a B	5,75 b AB	7,50 b AB	12,50 b A
F Manejo Hídrico (M)	13,470**			
F dose (D)	48,308**			
F (M) x (D)	6,211**			
CV (%)	38,5			

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$);

** - valor significativo pelo teste "F" ($p \leq 0,01$).

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados de controle com a aplicação do herbicida sethoxydim. Com a aplicação de 100% do herbicida, observa-se maior eficiência controle em plantas sem estresse hídrico, sendo de 35%. Ainda com esta mesma dose, verifica-se redução do controle em plantas mantidas em solo com tensão mínima de -0,07 MPa e -1,5 MPa, não sendo observadas diferenças de controle entre esses dois potenciais, fato este também com o fracionamento da dose. Somente em plantas sem estresse hídrico, a redução da dose aplicada influenciou na eficiência de controle, diminuindo de acordo com fracionamento da dose utilizada.

Analisando os resultados com a aplicação dos três herbicidas, pode-se inferir que com fracionamento da dose recomendada dos herbicidas em 50 e 25%, observa-se que não há diferenças na eficiência de controle e o mesmo foi insatisfatório, em plantas submetidas a estresse hídrico (tensão mínima de -1,5 MPa), independente do produto utilizado.

Tabela 4. Porcentagem de controle em plantas de *C. echinatus* no estágio de 4-6 folhas submetidas a diferentes manejos hídricos, 14 dias após aplicação do herbicida sethoxydim.

Manejo Hídrico (MPa)	% da dose de herbicida			
	0	25	50	100
-0,03	0,00 a C	9,75 a BC	16,00 a B	35,00 a A
-0,07	0,00 a B	11,75 a A	14,75 a A	18,25 b A
-1,50	0,00 a A	3,75 a A	7,75 a A	10,25 b A
F Manejo Hídrico (M)	10,347**			
F dose (D)	25,173**			
F (M) x (D)	3,609**			
CV (%)	57,5			

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$);

** - valor significativo pelo teste "F" ($p \leq 0,01$).

Aos 21 DAA a porcentagem de controle das plantas mantidas sem restrição hídrica foi incrementada atingindo 82 e 57%, com a aplicação de 100% da dose do herbicida fluazifop-p-butil e haloxyfop-methyl, respectivamente (Tabelas 5 e 6). Com o uso do herbicida sethoxydim (Tabela 7) também se observou um aumento da fitotoxicidade de 25%.

Nas plantas mantidas em solo com tensão mínima de -0,07 MPa de umidade, verificou-se, em média, com a utilização dos três produtos, um controle de 42%, o que significa uma redução de 50% da fitotoxicidade em comparação com o melhor resultado em plantas sem estresse hídrico. Não se registrou diferenças nos controles, em plantas submetidas à restrição hídrica, entre os produtos aplicados.

O fracionamento da dose reduziu o controle proporcionalmente, com exceção das plantas aplicadas com o herbicida fluazifop-p-butil, que se manteve com resultados mais satisfatórios (Tabela 5).

Tabela 5. Porcentagem de controle em plantas de *C. echinatus* no estágio de 4-6 folhas submetidas a diferentes manejos hídricos, 21 dias após aplicação do herbicida fluazifop-p-butil.

Manejo Hídrico (MPa)	% da dose de herbicida			
	0	25	50	100
-0,03	0,00 a C	19,50 a BC	41,25 a B	82,00 a A
-0,07	0,00 a B	20,25 a AB	41,25 a A	44,50 b A
-1,50	0,00 a B	8,25 a AB	13,25 a AB	39,75 b A
F Manejo Hídrico (M)	5,181*			
F dose (D)	20,851**			
F (M) x (D)	1,765 ^{ns}			
CV (%)	69,4			

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$);

** - valor significativo pelo teste "F" ($p \leq 0,01$).

Tabela 6. Porcentagem de controle em plantas de *C. echinatus* no estágio de 4-6 folhas submetidas a diferentes manejos hídricos, 21 dias após aplicação do herbicida haloxyfop-methyl.

Manejo Hídrico (MPa)	% da dose de herbicida			
	0	25	50	100
-0,03	0,00 a C	7,50 a BC	33,25 a AB	27,50 a A
-0,07	0,00 a B	8,00 a B	29,00 a AB	42,75 ab A
-1,5	0,00 a A	3,50 a A	12,00 a A	57,50 b A
F Manejo Hídrico (M)	3,404*			
F dose (D)	19,100**			
F (M) x (D)	0,917 ^{ns}			
CV (%)	82,8			

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$);

** - valor significativo pelo teste "F" ($p \leq 0,01$).

Tabela 7. Porcentagem de controle em plantas de *C. echinatus* no estágio de 4-6 folhas submetidas a diferentes manejos hídricos, 21 dias após aplicação do herbicida sethoxydim.

Manejo Hídrico (MPa)	% da dose de herbicida			
	0	25	50	100
-0,03	0,00 a C	10,50 a BC	18,75 a B	45,75 a A
-0,07	0,00 a B	20,00 a A	25,00 a A	19,00 b A
-1,5	0,00 a B	6,00 a AB	11,25 a AB	22,50 b A
F Manejo Hídrico (M)	4,327*			
F dose (D)	23,542**			
F (M) x (D)	4,054**			
CV (%)	58,2			

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$);

** - valor significativo pelo teste "F" ($p \leq 0,01$).

Nas Tabelas 8, 9 e 10 estão apresentadas as avaliações de controle realizadas aos 28 DAA. As mais altas porcentagens de controle foram observadas nas plantas sem estresse hídrico (tensão mínima de -0,03 MPa de água no solo), atingindo mais de 95% de eficiência com a aplicação de 100% da dose recomendada dos herbicidas haloxyfop-methyl e fluazifop-p-butyl, mas não se verificaram diferenças significativas nas aplicações com esta mesma dosagem nas plantas submetidas a manejo hídrico de -0,07 MPa, como também com o uso do herbicida sethoxydim em plantas sem estresse hídrico. Em plantas mantidas sob estresse hídrico não se registraram diferenças, independente do produto aplicado.

Em estudo realizado por (ROMAN; VARGAS; RIBEIRO, 2005), foi observado influência negativa do status hídrico do solo no controle de *Euphorbia Heterophylla*, em que reduziu em até 20% a fitotoxicidade quando em estresse hídrico com aplicação de carfentrazone-ethyl +imazethapyr.

Com a aplicação de 50% da dose recomendada, não se observaram diferenças nas aplicações em plantas mantidas em solo com tensão mínima de -0,03 MPa de água, com um

controle em média de 80%. Entre as aplicações dos herbicidas haloxyfop-methyl e fluazifop-p-butyl em plantas submetidas a manejo hídrico de -0,07 MPa também não se verificaram diferenças e também não diferiram dos resultados das plantas sem estresse hídrico. Pode-se assim, inferir que com a aplicação de 50% da dose, a umidade do solo até um mínimo de 10% (manejo hídrico de -0,07 MPa) não influencia na absorção e/ou translocação dos produtos pelas plantas.

Resultado contrário foi observado em plantas submetidas a estresse hídrico severo (manejo hídrico de -1,5 MPa), em que o herbicida sethoxydim provocou 61,25% de controle, enquanto que a média de controle com os herbicidas haloxyfop-methyl e fluazifop-p-butyl foram de 30,5% e 27,75%, respectivamente.

Corroborando os resultados aqui encontrados, PEREIRA et al. (2012) observaram que a aplicação de 50% da dose recomendada dos herbicidas sethoxydim e fluazifop-p-butyl, em plantas de *U. decumbens* em condições normais da água, não teve o controle prejudicado. Já o fracionamento das doses do herbicida haloxyfop-methyl teve sua eficácia reduzida em plantas com e sem estresse hídrico.

Notou-se um baixo controle nas plantas com a aplicação de 25% da dose do herbicida haloxyfop-methyl, em média 2,5%, independentemente do manejo hídrico utilizado. Este fato pode ser explicado com a baixa eficiência de controle deste herbicida nesta espécie, em doses muito reduzidas, facilitando a recuperação das mesmas. Contudo, os resultados do herbicida fluazifop-p-butyl proporcionaram controle em média de 69%, em plantas submetidas aos manejos hídricos de -0,03 e -0,07 MPa, e o sethoxydim um controle de 70% em plantas sem restrição hídrica. As plantas submetidas a estresse hídrico (manejo hídrico de -1,5 MPa) permaneceram com os menores sintomas de injúrias.

Tabela 8. Porcentagem de controle em plantas de *C. echinatus* submetidas a diferentes manejos hídricos, 28 dias após aplicação do herbicida fluazifop-p-butyl.

Manejo Hídrico (MPa)	% da dose de herbicida			
	0	25	50	100
-0,03	0,00 a C	69,50 a B	83,75 a AB	98,75 a A
-0,07	0,00 a C	68,25 a B	80,75 a AB	89,00 ab A
-1,5	0,00 a C	14,50 b BC	27,75 b B	78,25 b A
F Manejo Hídrico (M)	70,682**			
F dose (D)	221,177**			
F (M) x (D)	14,084**			
CV (%)	16,9			

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$);

** - valor significativo pelo teste "F" ($p \leq 0,01$).

Tabela 9. Porcentagem de controle em plantas de *C. echinatus* submetidas a diferentes manejos hídricos, 28 dias após aplicação do herbicida haloxyfop-methyl.

Manejo Hídrico (MPa)	% da dose de herbicida			
	0	25	50	100
-0,03	0,00 a B	2,75 a B	82,00 a A	95,50 a A
-0,07	0,00 a B	1,50 a B	74,00 a A	85,75 a A
-1,5	0,00 a C	3,50 a C	30,50 b B	62,00 b A
F Manejo Hídrico (M)	15,087**			
F dose (D)	158,511**			
F (M) x (D)	5,952**			
CV (%)	31,2			

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$);

** - valor significativo pelo teste "F" ($p \leq 0,01$).

Tabela 10. Porcentagem de controle em plantas de *C. echinatus* submetidas a diferentes manejos hídricos, 28 dias após aplicação do herbicida sethoxydim.

Manejo Hídrico (MPa)	% da dose de herbicida			
	0	25	50	100
-0,03	0,00 a B	70,00 a A	76,25 a A	80,00 a A
-0,07	0,00 a C	37,50 b B	62,50 b A	66,75 b A
-1,5	0,00 a C	23,25 c B	61,25 b A	62,50 b A
F Manejo Hídrico (M)	54,897**			
F dose (D)	401,163**			
F (M) x (D)	12,958**			
CV (%)	12,4			

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$);

** - valor significativo pelo teste "F" ($p \leq 0,01$).

Nas Figuras 3, 4 e 5 estão apresentadas as massas secas das plantas daninhas submetidas aos diferentes manejos hídricos, com e sem aplicação dos herbicidas, aos 28 DAA. Observou-se que as plantas das testemunhas (sem aplicação dos produtos) mantidas em solo com mínimo de umidade de 13% apresentaram maior massa seca, diminuindo sua massa conforme reduziu-se a quantidade de água, sendo de 15,8 e 67,8% em plantas mantidas em solo com mínimo de 10 e 8% de umidade, respectivamente. Esta redução da massa seca, provavelmente, foi devida à redução da área foliar, bem como do número e espessura de raízes e folhas, o que pode explicar os resultados de maior controle em plantas sem estresse hídrico, por apresentarem maior área de contato com o produto, estômatos abertos e cutícula menos espessa.

Em um estudo realizado por ABBOTT & STERLING (2006) com a planta daninha *Peganum harmala*, verificou-se uma redução de 17 a 36% da massa seca em plantas submetidas à restrição hídrica em comparação com as plantas das testemunhas (sem estresse hídrico).

Com a aplicação de $\frac{1}{4}$ da dose recomendada do herbicida fluazifop-p-butyl (Figura 3), observou-se redução de mais de 80% na massa seca das plantas mantidas em solos com

umidade mínima de 13 e 10%. Contudo, em plantas submetidas a estresse hídrico severo (manejo hídrico de 8%), a redução da massa seca das plantas foi de 19,6%, indicando o menor efeito do herbicida, mesmo que em dose reduzida, sobre plantas mantidas com restrição de água. Com a aplicação de 100% da dose a redução da massa seca das plantas sem estresse hídrico foi de 95,5%, a de plantas mantidas a mínimos de 10 e 8% de umidade do solo foi de 90,4 e 83,7% respectivamente.

Nas plantas mantidas em solos com mínimo de 13 e 10% de umidade observaram-se reduções de menos de 4% na massa seca com a aplicação da menor dose do herbicida haloxyfop-methyl e de 11,5% em plantas mantidas em solo com mínimo 8% de umidade, indicando que nesta dosagem, este herbicida é ineficaz na redução da massa da planta, resultando um baixo controle (Figura 4).

Com a aplicação de 50 e 100% da dose recomendada deste herbicida, verifica-se uma redução da massa seca em média de 92 e 87% nas plantas mantidas nos manejos hídricos de 13 e 10%, respectivamente. Entretanto, nas plantas submetidas a estresse hídrico (mínimo de 8% de umidade do solo), a diferença entre a massa seca das plantas com e sem aplicação foi menor, sendo de 77,9 e 66,4%, nas aplicações de 100 e 50% da dose recomendada do produto, respectivamente.

A massa seca das plantas submetidas à aplicação de 25% da dose do herbicida sethoxydím (Figura 5) apresentou o mesmo comportamento quando da aplicação do herbicida fluazifop-p-butílic, em que a redução da massa seca foi acima de 70% nas plantas com manejos hídricos de 13 e 10%. A redução na massa seca das plantas mantidas sob estresse hídrico (mínimo de 8% de umidade do solo) permaneceu menor, sendo de 47%. A redução da massa em todos os tratamentos hídricos foi de mais de 80% com a aplicação de 100 e 50% da dose do produto, não havendo diferença entre as massas secas das plantas sob aplicação destas doses.

Em um estudo realizado por PEREIRA et al. (2010) com a planta daninha *Urochloa plantaginea*, verificou-se uma redução de 24 a 46% da massa seca em plantas submetidas à restrição hídrica em comparação com as plantas sem estresse hídrico.

Figura 3. Massa seca de plantas de *C. echinatus* submetidas a diferentes manejos hídricos com aplicação do herbicida fluazifop-p-butyl, em quatro doses distintas, após 28 dias.

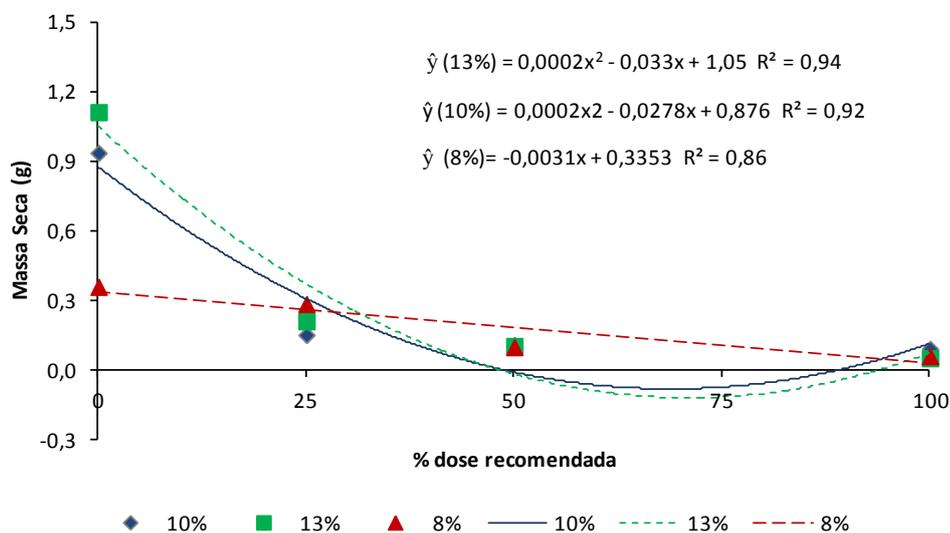


Figura 4. Massa seca de plantas de *C. echinatus* submetidas a diferentes manejos hídricos com aplicação do herbicida haloxyfop-methyl, em quatro doses distintas, após 28 dias.

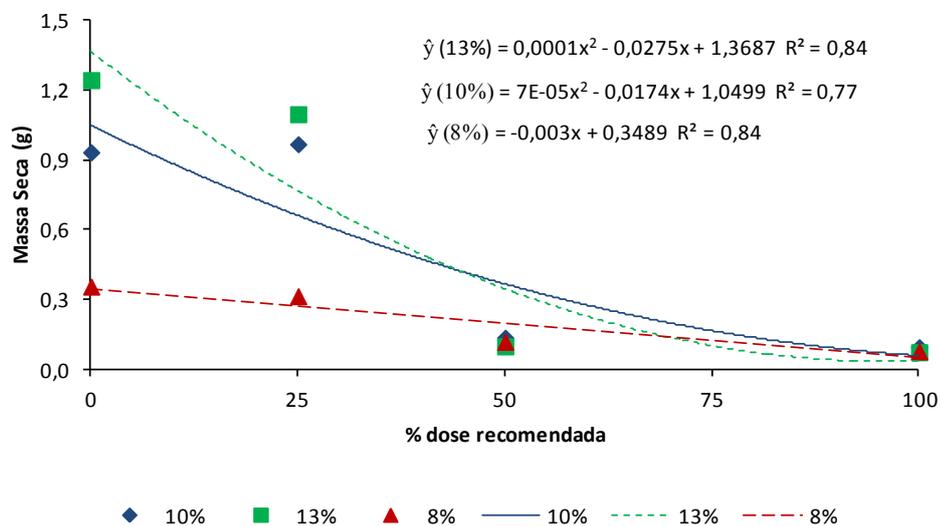
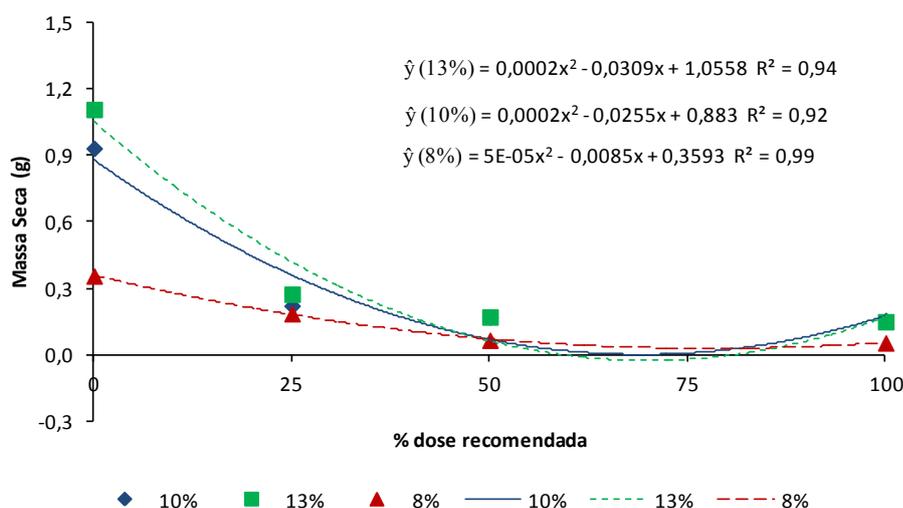


Figura 5. Massa seca de plantas de *C. echinatus* submetidas a diferentes manejos hídricos com aplicação do herbicida sethoxydim, em quatro doses distintas, após 28 dias.



Estudos de (VALLOTTON; ABBOTT; STERLING, 2003) corroboram estes resultados ora encontrados, em que plantas mantidas em solos com boa disponibilidade de água foram mais sensíveis aos herbicidas que as plantas cultivadas sob estresse hídrico severo. Este resultado foi coerente com a literatura que relata que normalmente há redução do desempenho do herbicida nas plantas sob estresse hídrico (BOYDSTON, 1992).

A redução da eficiência de controle dos herbicidas em plantas mantidas em solos com baixos potenciais de água pode ser explicada por diversos fatores, dentre os quais podem ser citados: quando o tecido da folha está bem hidratado, o caminhamento contínuo de água das células da folha para a cutícula facilita a absorção do herbicida através de difusão, porém em tecidos menos hidratados, esta difusão fica comprometida (KOGAN & BAYER, 1996) e, também plantas sob estresse hídrico apresentam menores taxas de crescimento e podem produzir menores quantidades de clorofila.

Além disso, períodos prolongados de seca podem causar o espessamento da folha, o aumento da densidade da cutícula, e maior pubescência da folha (SINOIT & KRAMER, 1976); tais mudanças morfológicas também poderiam diminuir a penetração dos herbicidas, resultando em redução da eficácia (MUZIK, 1976).

Conforme descrito por DAN et al. (2011), as aplicações de atrazine realizadas em pós-emergência nos estádios iniciais de desenvolvimento apresentam maior efeito supressor (controle superior a 90%) sobre *C. echinatus*, porém as aplicações em plantas em estádios mais avançados de desenvolvimento apresentaram baixa eficiência de controle não superando a 50%. De acordo com o mesmo autor o controle satisfatório não foi alcançado devido ao grau de tolerância que a espécie adquire progressivamente. Esse aumento na tolerância aos herbicidas por gramíneas relaciona-se à menor absorção através dos tecidos foliares ou mesmo à existência de compostos, como benzoxazinonas, capazes de proporcionar reações como hidroxilação, de alquilação e até mesmo conjugação, reduzindo a atividade do herbicida (SILVA & SILVA, 2007).

6 CONCLUSÕES

Nas condições em que o presente trabalho foi desenvolvido, pode-se concluir que a eficiência de controle dos diferentes herbicidas foi menor em plantas mantidas em potencial mínimo de água no solo de -1,5 MPa (manejo hídrico de 8%) independente do herbicida utilizado. A aplicação de 50% da dose, a umidade do solo até um mínimo de 10% (potencial mínimo de água no solo de -0,07 MPa) não influencia na absorção e/ou translocação dos produtos pelas plantas.

7 REFERENCIAS

- ABIT, J. M.; AL-KHATIB, K. L.; REGEHR, D.; MITCHELL, R.; TUINSTRA, M. R.; CLAASSEN, M. M.; GEIER, P. W.; STAHLMAN, P. W.; BARNEY, W.; GORDON, B. W.; CURRIE, R. S. Differential response of grain sorghum hybrids to foliar-applied mesotrione. **Weed Technology**, Champaign, v. 23, n. 1, p. 28-33, 2009.
- ABBOTT, L. B.; STERLING, T. M. Recovery of African rue seedlings from water stress: implications for recruitment and invasion. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE ECOLOGY AND MANAGEMENT OF ALIEN PLANT INVASION, 7th, 2003, Fort Lauderdale. **Proceedings ...** Fort Lauderdale/FL: UFL, 2003. p. 3.
- BOYDSTON, R. A. Drought stress reduces fluazifop-P activity on green foxtail (*Setaria viridis*). **Weed Science**, Lawrence, v. 40, p. 20-24, 1992.
- COBUCCI, T.; RABELO, R. R.; SILVA, W. **Manejo de plantas daninhas na cultura do arroz em terras altas**. Santo Antonio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2001. 42 p. (Circular técnica).
- DAN, H. A.; DAN, L. G. M.; BARROSO A. L. L.; OLIVEIRA JR., R. S.; ALONSO, D. G.; FINOTTI, T. R. Influência do estágio de desenvolvimento de *Cenchrus echinatus* na supressão imposta por atrazine. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 179-184, 2011.
- DUARTE, A. P.; SILVA, A. C.; DEUBER, R. Plantas infestantes em lavouras de milho-safrinha, sob diferentes manejos, no médio Paranapanema. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 285-281, 2007.
- KLAR, A. E. Evapotranspiração. In: KLAR, A. E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. 2.ed. São Paulo: Nobel, 1988. 408 p.
- KOGAN, M.; BAYER, D. E. Herbicide uptake as influenced by plant water stress. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 56, p. 174-183, 1996.
- MACHADO, S. L. O. Controle de plantas invasoras. In: ENCONTRO SOBRE OS PRINCIPAIS PROBLEMAS DA LAVOURA DE ARROZ, 1., 1991, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 1991. p. 69-104.

- MUZIK, T. J. Influence of environmental factors on toxicity to plants. In: AUDUS, L. J. **Herbicides, physiology, biochemistry, and ecology**. New York: Academic Press, 1976. v. 2, p. 204-248.
- PEREIRA, M. R. R.; MARTINS, D.; SILVA, J. I. C.; RODRIGUES-COSTA, A.C.P.; KLAR, A. E. Efeito de herbicidas sobre plantas de *Brachiaria plantaginea* submetidas a estresse hídrico. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 1047-1058, 2010.
- PEREIRA, M. R. R.; MARTINS, D.; SOUZA, G. S. F.; RODRIGUES-COSTA, A. C. P.; KLAR, A. E. Effect of water stress on herbicide efficiency applied to *Urochloa decumbens*. **Ciencia e Investigación Agrária**, Santiago, v. 39, n. 1, p. 211-220, 2012.
- PROCÓPIO, S. O.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; MIRANDA, G. V.; SANTOS, J. B.; ARAÚJO, G. A. A. Eficiência do s-metolachlor no controle de *Brachiaria plantaginea* na cultura do feijão sob dois manejos de irrigação. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 427-433, 2001.
- RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2001. 285 p.
- ROMAN, E. S.; VARGAS, L.; RIBEIRO, M. C. F. Efeito do teor de umidade do solo na seletividade e na eficiência 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.
- SANTOS, D. Q. **Potencial herbicida e caracterização química do extrato metanólico de raiz e caule do *Cenchrus echinatus* (timbete)**. 2007. 103 f. Dissertação (Mestrado em Química)-Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina, 1995. 42 p.
- SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em plantas daninhas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 260 p.
- SINOIT, N.; KRAMER, P. J. Water potential and stomatal resistance of sunflower and soybean subjected to water stress during various growth stages. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 58, p. 537-540, 1976.
- VALLOTTON, A. D.; ABBOTT, L. B.; STERLING, T. M. African rue seedling response to herbicides applied under drought stress. **Proceedings of the Western Society of Weed Science**, Newark, v. 56, p. 26, 2003.
- VICTORIA FILHO, R. Controle químico de plantas daninhas. In: _____. **Controle integrado de plantas daninhas**. São Paulo: CREA, 1985. p. 77-102.

VIEIRA, V. C. **Caracterização molecular de acessos de capim-colchão (*Digitaria nuda*) e resposta à ametrina.** 2007. 58 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.