

Crescimento inicial de espécies vegetais na presença dos herbicidas imazapyr + imazapic em água

José Alberto Noldin¹, Fátima Teresinha Rampelotti², Mariane D. Rosenthal³ e Jesus Juarez O. Pinto⁴

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento inicial de espécies vegetais visando selecionar aquelas mais adequadas para uso como indicadores da presença dos herbicidas imazapyr + imazapic, em água. As espécies avaliadas foram rabanete, tomate, pepino, sorgo, feijão e as cultivares de arroz Cypress CL, IRGA 422 CL e IRGA 417. As concentrações de herbicidas foram zero, 1, 10, 100 e 1.000µg/L da formulação WG do herbicida codificado como BAS 714 (imazapyr + imazapic), utilizando o sistema de produção de mudas “floating”. As avaliações foram realizadas aos sete e 14 dias após a semeadura (DAS), sendo determinados a fitomassa seca total e o comprimento do sistema aéreo e da raiz principal das plântulas. Todas as espécies testadas têm o desenvolvimento inicial de plântulas afetado pelo herbicida BAS 714. As melhores bioindicadoras da presença do herbicida em solução são as cultivares de arroz IRGA 417 e IRGA 422 CL, rabanete, tomate, pepino e sorgo, por apresentarem suscetibilidade a partir das concentrações mínimas avaliadas. As variáveis avaliadas (produção de fitomassa seca, comprimento do sistema aéreo e comprimento da raiz principal) são adequadas para a avaliação da presença do herbicida BAS 714 em água. Aos 14 DAS, as plantas expressam de forma mais evidente os sintomas do herbicida.

Termos para indexação: plantas bioindicadoras, imidazolinonas, arroz Clearfield.

Initial growth of different plant species with herbicides imazapyr + imazapic in water solution

Abstract – The objective of this research was to evaluate the initial growth of different plant species in order to select those that can be used as bioindicators of herbicides imazapyr + imazapic in water. The species evaluated were: radish, tomato, cucumber, sorghum, common beans, and rice (Cypress CL, IRGA 422 CL and IRGA 417). The experiment was accomplished using the floating system for seedling production. The following herbicide concentrations were tested: control, 1, 10, 100, and 1,000µg/L of BAS 714 GD (imazapyr + imazapic). The parameters evaluated included dry weight biomass, root length and plant height at seven and 14 days. All the species and rice cultivars tested showed injured symptoms due to the herbicide residue in water. The best species to detect imazapyr + imazapic residue in water were rice, cvs. IRGA 417 and IRGA 422 CL, radish, cucumber, tomato and sorghum. These species are sensitive to the herbicides even at the minimum tested concentrations specially at 14 DAS.

Index terms: bioindicators, imidazolinone, Clearfield rice. ►

Aceito para publicação 9/9/08.

¹Eng. agr., Ph.D., Epagri/Estação Experimental de Itajaí, C.P. 277, 88301-970 Itajaí, SC, fone: (47) 3341-5217, e-mail: noldin@epagri.sc.gov.br.

²Bióloga, M.Sc., Esalq/USP/Departamento de Entomologia, C.P. 09, 13418-900 Piracicaba, SP, fone: (19) 3429-4199, e-mail: frampelotti@hotmail.com.

³Eng. agr., Dra., UFPel/Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel/Departamento de Fitossanidade, C.P. 354, 96010-900 Pelotas, RS, fone: (53) 3275-7383, e-mail: marianer@pop.com.br.

⁴Eng. agr., M.Sc., UFPel/Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel/Departamento de Fitossanidade, e-mail: jesuspinto@terra.com.br.

Introdução

O arroz-vermelho (*Oryza sativa* L.) caracteriza-se como uma das principais plantas daninhas das lavouras de arroz irrigado, especialmente no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina. O controle seletivo dessa planta tem-se apresentado como alternativa para minimizar os prejuízos ocasionados à cultura; isso é possível através do sistema Clearfield (CL) (Fleck et al., 2004), o qual consiste na utilização de uma cultivar portadora do gene de resistência associada ao uso do herbicida Only® (imazethapyr + imazapic) (Croughan, 1994). Até o ano de 2008, o herbicida Only® (imazethapyr + imazapic) era o único registrado no Brasil para uso no sistema CL (Brasil, 2008). No entanto, novas cultivares com maior grau de resistência aos mesmos herbicidas (imidazolinonas) vêm sendo desenvolvidas e, para tanto, novos herbicidas também têm sido avaliados.

Os herbicidas imazapyr e imazapic pertencem ao grupo químico das imidazolinonas e apresentam ação em pré e em pós-emergência sobre mono e dicotiledôneas anuais (Rodrigues & Almeida, 2005; Senseman, 2007). O mecanismo de ação desses herbicidas consiste na inibição da enzima acetolactato sintase (ALS), interferindo na rota de síntese dos aminoácidos de cadeia ramificada (Stidham, 1991; Senseman, 2007).

O efeito residual dos herbicidas do grupo das imidazolinonas, dependendo das condições ambientais, pode ser superior a 1 ano. O principal mecanismo de degradação desses herbicidas é pela ação de microrganismos (Goetz et al., 1990; Ávila, 2005). Além disso, pode ocorrer degradação por fotólise. A ausência de degradação, ou a diminuição desse processo, faz com que o produto permaneça por mais tempo no ambiente, podendo causar injúrias às culturas em rotação ou sucessão (Monks & Banks, 1991) ou culturas vizinhas sob irrigação, quando esses resíduos permanecem em ambientes aquáticos (Felix & Doohan, 2005).

Com a intensificação do uso da

tecnologia CL no manejo do arroz-vermelho, torna-se primordial a condução de estudos mais aprofundados sobre o comportamento ambiental desses herbicidas. Esses estudos podem estar baseados em métodos analíticos, como a cromatografia, ou em bioensaios com espécies bioindicadoras sensíveis e capazes de detectar tanto a presença de resíduos do ingrediente ativo como de seus metabólitos (Zhou & Wang, 2005). Lavy & Santelmann (1986) sugerem o uso de bioensaios com plantas em substrato líquido como indicadores da presença de herbicidas em água.

O uso de plantas como bioindicadoras da presença de herbicidas é citado por Gómez de Barreda et al. (1993), que testaram tomate como indicador da presença de quinclorac e bensulfuron em água. Trabalhos recentes mostram que as plantas podem indicar a presença de herbicida em água (Noldin et al., 2003; Zhou & Wang, 2005), no solo (Gazziero et al., 1997) e em exsudatos de raízes de eucalipto (Silva et al., 2004).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento inicial de espécies vegetais visando selecionar aquelas mais adequadas para uso como indicadoras da presença dos herbicidas imazapyr + imazapic em água.

Material e métodos

O bioensaio foi conduzido em casa de vegetação, pertencente à UFPel/Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, no período de janeiro a fevereiro de 2005. As espécies testadas foram: rabanete (*Rhaphanus sativus*), cultivar Sparkler, tomate (*Lycopersicon esculentum*), cultivar SM 16, pepino (*Cucumis sativus*), cultivar Esmeralda tipo Caipira, sorgo (*Sorghum bicolor*), cultivar BR 304, feijão (*Phaseolus vulgaris*), cultivar Expedito, e três cultivares de arroz (*Oryza sativa*), duas pertencentes ao sistema Clearfield (Cypress CL e IRGA 422 CL) e uma cultivar convencional (IRGA 417).

A semeadura foi realizada em bandejas alveoladas de poliestireno expandido, utilizando-se três se-

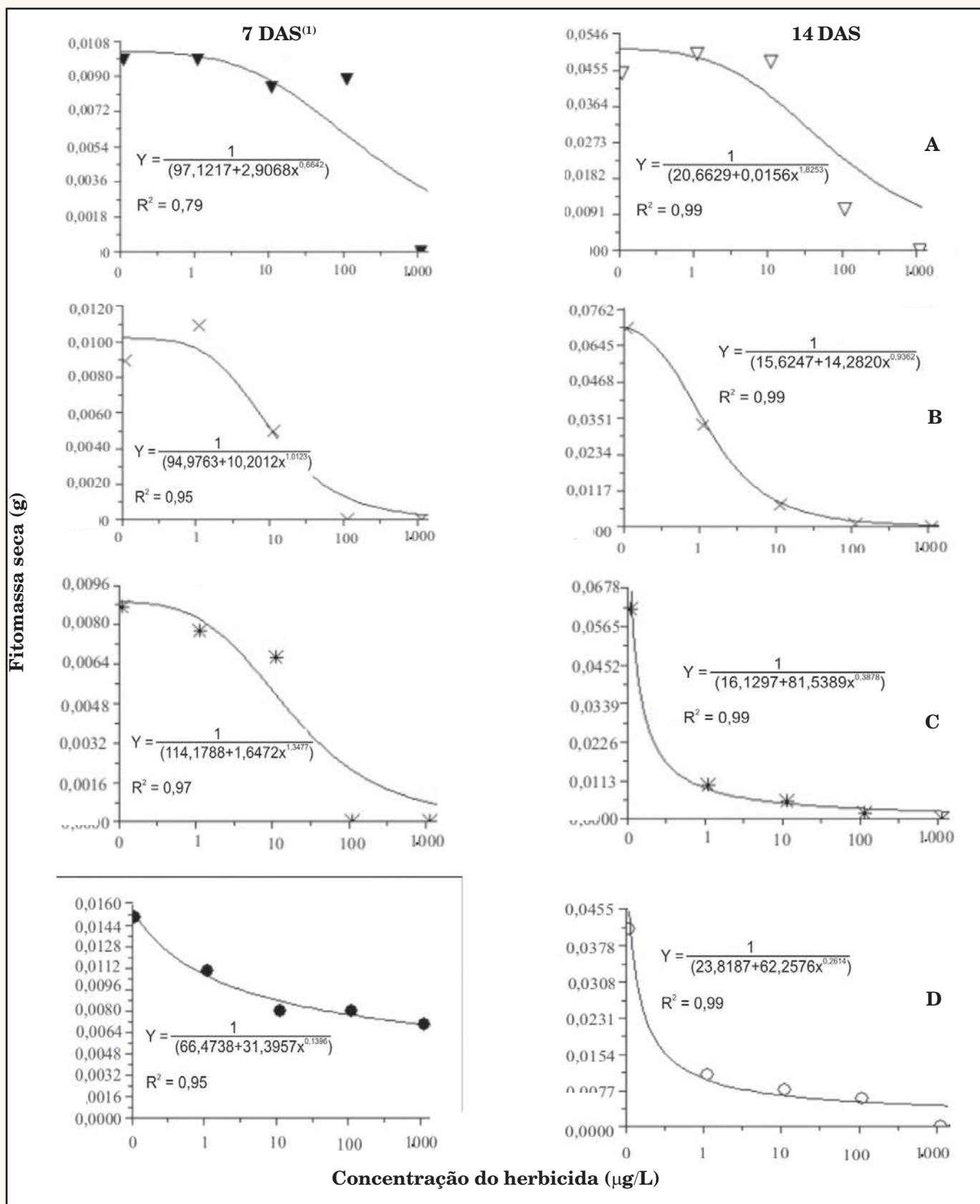
mentes por alvéolo com substrato comercial Plantmax (Hortaliças HT). Após a semeadura, as bandejas foram acondicionadas em caixas plásticas com a solução herbicida, utilizando o sistema de produção de mudas "floating" para condução do bioensaio. Aos 7 DAS, procedeu-se ao desbaste, mantendo-se apenas uma plântula por alvéolo. As concentrações herbicidas avaliadas foram: zero, 1, 10, 100 e 1.000 µg/L, da formulação WG da combinação dos herbicidas imazapyr (525g/L) e imazapic (175g/L), codificada como BAS 714 WG.

As avaliações de crescimento das plântulas foram realizadas por meio da coleta de cinco plântulas, aos 7 e 14 DAS, sendo adotados como variáveis o comprimento da parte aérea e da raiz e a fitomassa seca total de plântulas. A fitomassa seca foi determinada em estufa à temperatura de 70°C até massa constante.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, composto por três repetições para cada concentração. Cada repetição foi composta por pelo menos dez plântulas. A análise de variância foi realizada usando o software estatístico Wintast (versão 2.0) (Machado, 2003). Utilizou-se o modelo de Harris com a equação $Y = 1 / (a + bx^c)$, onde: Y = resposta do parâmetro avaliado (por exemplo fitomassa seca ou crescimento de plântulas), a, b e c = coeficientes de determinação calculados pelo programa e, x = concentração do herbicida. Esse modelo foi adotado para se estimar as regressões não lineares dos parâmetros observados, utilizando-se o software Curve Expert v. 1.3 (Hyams, 2008).

Resultados e discussão

As plântulas de arroz da cultivar Cypress CL apresentaram baixa sensibilidade aos herbicidas imazapyr + imazapic até a concentração de 10 µg/L. Nas avaliações realizadas aos 7 e 14 DAS ocorreu redução acentuada na fitomassa seca a partir da concentração de 10 µg/L (Figura 1A). Para o comprimento do sistema aéreo, observaram-se



⁽¹⁾DAS = dias após a sementeira.

Figura 1. Fitomassa seca de plântulas de (A) arroz das cultivares Cypress CL (▼ e ▽), (B) IRGA 422 CL (X) e (C) IRGA 417 (*) e (D) rabanete (● e ○) aos 7 e 14 DAS, sob o efeito de diferentes concentrações dos herbicidas (imazapyr + imazapic). Pelotas, 2007

reduções a partir das concentrações de 10µg/L e 100µg/L, respectivamente, aos 7 e 14 DAS (Tabela 1). A baixa sensibilidade ao herbicida desta cultivar certamente está relacionada às características da mesma, que foi desenvolvida especificamente como tolerante ao herbicida BAS 714 (Croughan, 1994).

A cultivar IRGA 422 CL, tolerante ao herbicida Only® (imazethapyr + imazapic), também pertencente ao grupo químico das imidazolinonas, mostrou redução na fitomassa seca a partir da concentração de 1µg/L aos 7 DAS. No entanto, aos 14 DAS, a fitomassa seca foi reduzida significativamente já na concentração mínima avaliada de 1µg/L (Figura 1B). O comprimento do sistema aéreo da cultivar IRGA 422 CL foi afetado negativamente a partir da concentração de 1µg/L aos

7 DAS sendo que aos 14 DAS, a concentração mínima avaliada também afetou significativamente o comprimento do sistema aéreo (Tabela 1). A cultivar IRGA 417, de conhecida suscetibilidade ao herbicida, neste caso não foi menos sensível que a cultivar IRGA 422 CL. A IRGA 417 também mostrou, em ambas as avaliações, menor acúmulo de fitomassa seca, e menor comprimento do sistema aéreo e raiz principal, em relação à testemunha sem herbicida, já na concentração de 1µg/L (Figura 1C e Tabela 1).

Para o rabanete, as reduções no acúmulo de fitomassa seca (Figura 1D) e no comprimento do sistema aéreo e raiz principal (Tabela 2) foram evidentes na concentração de 1µg/L na solução em ambas as avaliações. Também foi observado, aos 14 DAS, que o comprimento da raiz

principal das plantas de rabanete foi severamente afetado no tratamento com apenas 1µg/L de herbicida em solução (Tabela 2).

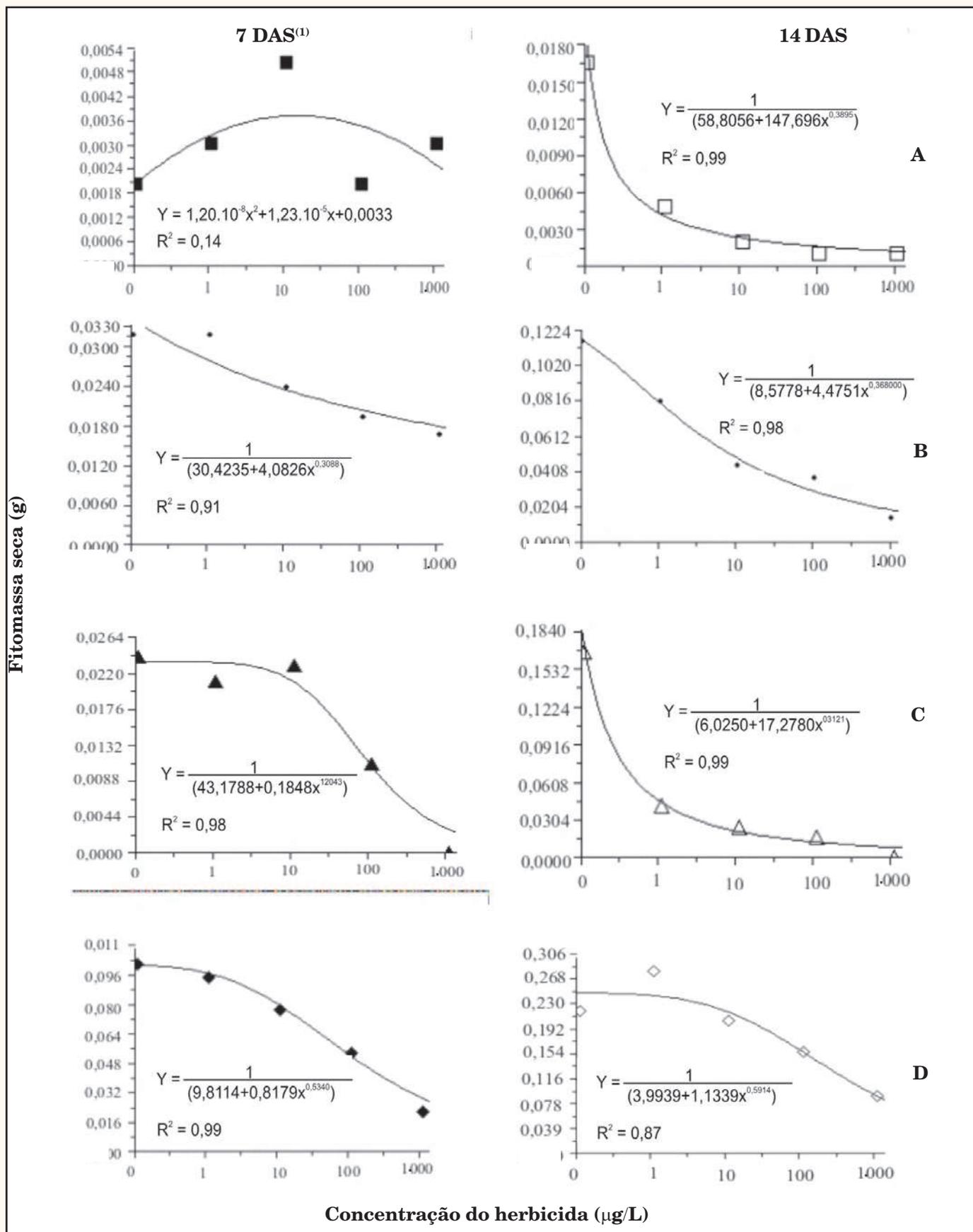
Nos primeiros 7 DAS, através da fitomassa seca e comprimento do sistema aéreo, não foi detectada a interferência do herbicida imazapyr + imazapic no crescimento e desenvolvimento das plantas de tomate. Aos 14 DAS, a fitomassa seca foi reduzida na concentração de 1µg/L do herbicida BAS 714 (Figura 2A). O comprimento da raiz das plântulas de tomate foi reduzido na concentração de 1 e 10µg/L, respectivamente, aos 7 e 14 DAS (Tabela 2). Gómez de Barreda et al. (1993) utilizaram plantas de tomate como bioindicadoras da presença de resíduos de bensulfuron e quinclorac em água, observando efeito negativo a partir de concentrações de 1 e

Tabela 1. Comprimento da parte aérea e raiz das cultivares de arroz Cypress CL, IRGA 422 CL e IRGA 417, aos 7 e 14 DAS, sob diferentes concentrações em solução dos herbicidas imazapyr + imazapic. Pelotas, 2007

Cultivar	Concentração	Comprimento da parte aérea		Comprimento da raiz	
		7 DAS ⁽¹⁾	14 DAS	7 DAS	14 DAS
	mg/L	cm			
Cypress CL	0	7,12	18,06	10,17	17,13
	1	7,82	17,37	10,45	16,15
	10	6,21	17,24	8,08	13,96
	100	4,61	6,16	4,41	5,16
	1.000	0,00	0,00	0,00	0,00
	Regressão ⁽²⁾	$y = -0,757x^2 + 2,80x + 5,082$	$y = 1/(0,056 + 7,031x^{1,5914})$	$y = 1/(0,097 + 0,0023x^{0,926})$	$y = 1,245x^2 - 10,39x + 21,17$
	R ²	0,99	0,99	0,98	0,96
IRGA 422 CL	0	6,85	21,15	12,25	20,91
	1	7,44	11,07	9,80	11,23
	10	2,96	3,69	5,11	4,14
	100	0,00	0,54	0,00	0,80
	1.000	0,00	0,00	0,00	0,00
	Regressão	$y = 1/(0,140 + 0,0001x^{3,2532})$	$y = 1/(0,047 + 0,0427x^{0,7373})$	$y = 1/(0,083 + 0,0147x^{0,9467})$	$y = 1/(0,0478 + 0,041x^{0,6928})$
	R ²	0,99	0,99	0,99	0,99
IRGA 417	0	7,65	21,10	12,67	19,01
	1	3,32	3,82	3,82	4,21
	10	1,05	2,37	2,04	2,10
	100	0,00	0,66	0,00	0,74
	1.000	0,00	0,00	0,00	0,00
	Regressão	$y = 1/(0,131 + 0,1685x^{0,7350})$	$y = 1/(0,047 + 0,2047x^{0,3649})$	$y = 1/(0,079 + 0,1745x^{0,5039})$	$y = 1/(0,053 + 0,1813x^{0,4159})$
	R ²	0,99	0,99	0,99	0,99

⁽¹⁾DAS = dias após a semeadura.

⁽²⁾Equação de regressão não linear segundo modelo de Harris (Hyams, 2008).



⁽¹⁾DAS = dias após a sementeira.

Figura 2. Fitomassa seca de plântulas de (A) tomate (■ e □), (B) pepino (●), (C) sorgo (▲ e △) e (D) feijão (◆ e ◇) aos 7 e 14 DAS, sob o efeito de diferentes concentrações dos herbicidas (imazapyr + imazapic). Pelotas, 2007

Tabela 2. Comprimento da parte aérea e raiz do rabanete, tomate, pepino, sorgo e feijão aos 7 e 14 DAS, sob diferentes concentrações dos herbicidas (imazapyr + imazapic). Pelotas, 2007

Spp	Concentração	Comprimento da parte aérea		Comprimento da raiz	
		7 DAS ⁽¹⁾	14 DAS	7 DAS	14 DAS
	mg/L cm			
Rabanete	0	5,23	5,73	14,42	7,89
	1	3,23	3,08	2,33	3,23
	10	2,81	2,59	1,69	2,56
	100	2,66	2,13	1,50	1,65
	1000	2,13	0,00	0,89	0,00
	Regressão ⁽²⁾	$y = 1/(0,191+0,119x^{0,1159})$	$y = 1/(0,176+0,118x^{0,3149})$	$y = 1/(0,069+0,361x^{0,1380})$	$y = 1/(0,127+0,160x^{0,3044})$
	R ²	0,99	0,92	0,99	0,98
Tomate	0	4,8	7,33	7,40	7,00
	1	5,01	4,83	2,03	9,20
	10	4,62	4,01	1,39	1,91
	100	3,91	4,03	0,93	1,17
	1000	4,49	3,67	1,13	1,55
	Regressão	$y = 1/(0,205+0,0088x^{0,1811})$	$y = 1/(0,136+0,079x^{0,0831})$	$y = 1/(0,135+0,387x^{0,1372})$	$y = 1/(0,1234+0,0001x^{3,549})$
	R ²	0,33	0,98	0,99	0,88
Pepino	0	7,75	12,47	12,69	25,99
	1	6,49	7,16	4,18	4,37
	10	5,07	5,00	2,24	2,23
	100	4,27	4,51	1,07	1,44
	1000	3,59	4,07	0,59	0,89
	Regressão	$y = 1/(0,128+0,034x^{0,2282})$	$y = 1/(0,801+0,0694x^{0,1449})$	$y = 1/(0,079+0,161x^{0,3541})$	$y = 1/(0,038+0,195x^{0,2756})$
	R ²	0,98	0,98	0,99	0,99
Sorgo	0	7,59	18,26	21,61	25,95
	1	5,80	5,89	10,59	11,41
	10	4,19	4,04	6,31	6,67
	100	2,57	3,13	3,78	5,00
	1000	0,00	0,00	0,00	0,00
	Regressão	$y = 1/(0,134+0,032x^{0,5232})$	$y = 1/(0,0547+0,108x^{0,2824})$	$y = 1/(0,046+0,046x^{0,398})$	$y = 1/(0,0385+0,0479x^{0,353})$
	R ²	0,97	0,99	0,99	0,99
Feijão	0	11,79	14,99	15,41	25,29
	1	12,45	15,27	16,49	20,17
	10	10,17	13,59	3,91	6,95
	100	6,53	13,84	2,27	5,83
	1000	3,45	10,03	0,98	3,06
	Regressão	$y = 1/(0,081+0,0043x^{0,58})$	$y = 1/(0,067+0,0004x^{0,5925})$	$y = 1/(0,063+8,5613x^{3,3523})$	$y = 1/(0,038+0,0166x^{0,5639})$
	R ²	0,98	0,92	0,97	0,94

⁽¹⁾DAS = dias após a sementeira.

⁽²⁾Equação de regressão não linear segundo modelo de Harris (Hyams, 2008).

100µg/L, respectivamente. Resultados demonstrando que o tomateiro pode ser uma planta indicadora da presença de herbicidas em água foram reportados por Noldin et al. (2003). Esses autores testaram o tomateiro como planta indicadora da

presença de quinclorac em solução e observaram reduções de fitomassa seca e altura de plantas na concentração de 1µg/L.

O pepino foi uma das espécies que se mostrou altamente sensível ao herbicida. O aumento da concen-

tração do herbicida reduziu a fitomassa seca, o comprimento do sistema aéreo e o comprimento da raiz nas duas épocas de avaliação (Figura 2B e Tabela 2). Na avaliação realizada aos 14 DAS foi constatada elevada redução na fitomassa

seca, comprimento do sistema aéreo e comprimento da raiz também nas plântulas submetidas à concentração de 1µg/L da solução herbicida. Os resultados deste trabalho concordam com Gazziero et al. (1997), que estudaram o efeito de resíduo de imazethapyr, aplicado em pós-emergência no solo, e identificaram a sua presença no solo através da redução na altura da planta e na fitomassa seca de plântulas de pepino. Silva et al. (2004) testaram as espécies pepino e sorgo como indicadoras da presença de imazapyr em exsudatos de raízes de eucalipto (*Eucalyptus grandis*) e observaram que plantas de pepino são sensíveis à presença de resíduos de imazapyr no solo. Como o herbicida imazapyr é também um dos ingredientes ativos que compõem o herbicida avaliado neste estudo, pode-se observar esse efeito sobre plântulas de pepino, as quais absorvem o produto diretamente da solução.

A sensibilidade das plântulas de sorgo ao herbicida BAS 714 foi observada já aos 7 DAS. Na primeira avaliação houve redução na fitomassa seca, porém manifestada somente a partir da concentração de 100µg/L. No entanto, aos 14 DAS, essa redução ocorreu de forma acentuada já na concentração de 1µg/L (Figura 2C). Adicionalmente, constatou-se que os parâmetros comprimento do sistema aéreo e da raiz também foram afetados pelo herbicida. Assim, as plantas de sorgo mostraram-se boas bioindicadoras da presença do herbicida BAS 714 em água, tanto na avaliação realizada aos 7 como aos 14 DAS (Figura 2C 2 Tabela 2).

O feijão mostrou-se sensível ao herbicida BAS 714. A fitomassa seca foi reduzida a partir da concentração de 1µg/L, tanto aos 7 como aos 14 DAS (Figura 2D). O comprimento do sistema aéreo e da raiz também foi reduzido com o aumento na concentração herbicida de forma significativa a partir da concentração de 1µg/L (Tabela 2). No entanto, proporcionalmente, o comprimento da raiz principal foi mais afeto-

tado que o comprimento do sistema aéreo.

Conclusões

- Todas as espécies testadas têm o desenvolvimento inicial de plântulas afetado pelo herbicida BAS 714 (imazapyr + imazapic).
- As melhores bioindicadoras da presença do herbicida BAS 714 em solução são as cultivares de arroz IRGA 417 e IRGA 422 CL, rabanete, tomate, pepino e sorgo, especialmente por apresentarem suscetibilidade a partir das concentrações mínimas avaliadas.
- As variáveis avaliadas produção de fitomassa seca, comprimento do sistema aéreo e comprimento da raiz principal são adequadas para a avaliação da presença do herbicida BAS 714 em água.
- A avaliação realizada aos 14 DAS é a mais indicada, pois as plantas expressam melhor os sintomas do herbicida.

Literatura citada

1. ÁVILA, L.A. de. *Imazethapyr: Red rice control and resistance, and environmental fate*. 2005. 81p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Texas A&M University, College Station, Texas, USA, 2005.
2. BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários* (Agrofit). Disponível em: <www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 4 set. de 2008.
3. CROUGHAN, T.P. Application of tissue culture techniques to the development of herbicide resistant rice. *Louisiana Agriculture*, Baton Rouge, v.37, p.25-26, 1994.
4. FELIX, J.; DOOHAN, D.L. Response of five vegetable crops to isoxaflutole soil residues. *Weed Technology*, Lawrence, v.19, n.2, p.391-396, 2005.
5. FLECK, N.G.; NOLDIN, J.A.; MENEZES, V.G. et al. Manejo e controle de plantas daninhas em arroz irrigado. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. (Eds.). *Manual de manejo e controle de plantas daninhas*. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p.251-321.
6. GAZZIERO, D.I.P.; KARAN, D.; VOLL, E. et al. Persistência dos herbicidas imazaquin e imazethapyr no solo e os efeitos sobre plantas de milho e pepino. *Planta Daninha*, Viçosa, v.15, n.2, p.162-169, 1997.
7. GÓMEZ DE BARREDA, D.; LORENZO, E.; CARBONELL, E.A. et al. Use of tomato (*Lycopersicon esculentum*) seedlings to detect bensulfuron and quinclorac residues in water. *Weed Technology*, Lawrence, v.7, p.376-381, 1993.
8. GOETZ, A.J.; LAVY, T.L.; GBUR, E.E. Degradation and field persistence of imazethapyr. *Weed Science*, Lawrence, v.38, n.6, p.421-428, 1990.
9. HYAMS, D. Curve expert 1.3. Disponível em: <http://www.ebicom.net/~dhyams/cvxpt.htm> Acesso em: 16 abr. 2008.
10. LAVY, T.L.; SANTELMANN, P.W. Herbicide bioassay as a research tool. In: CAMPER, N.D. *Research Methods in Weed Science*. 3.ed., Champaign, IL, USA: SWSS, 1986. p.201-217.
11. MACHADO, A. *Winstat 2.0*. Pelotas, RS: UFPel/Departamento de Física e Matemática, 2003.
12. MONKS, C.D.; BANKS, P.A. Rotational crop response to chlorimuron, clomazone, and imazaquin applied the previous year. *Weed Science*, Lawrence, v.39, n.4, p.629-633, 1991.
13. NOLDIN, J.A.; RAMPELOTTI, F.T.; EBERHARDT, D.S. et al. Plantas indicadoras do resíduo do herbicida Facet em água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3 e REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25., 2003. *Anais...*, Balneário Camboriú: Epagri, 2003. p.403-405.
14. RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. de. *Guia de Herbicidas*. 5.ed., Londrina: Edição dos Autores, 2005. 592p.
15. SENSEMAN, S.A. *Herbicide Handbook*, 9.ed. Lawrence, Weed Science Society of America, 2007. p.82-86.
16. SILVA, C.M.M.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F.A. et al. Root exudation of imazapyr by eucalypt cultivated in soil. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 22, n.1, p.109-116, 2004.
17. STIDHAM, M.A. Herbicides that inhibit acetohydroxyacid synthase. *Weed Science*, Lawrence, v.39, n.3, p.428-434, 1991.
18. ZHOU, X.; WANG, C. Biological and biochemical detection techniques for glufosinate. *Weed Science*, Lawrence, v.54, n.3, p.413-418, 2005. ■