

Seletividade dos herbicidas setoxidim, isoxaflutol e bentazon a espécies arbóreas nativas

Pedro Henrique Santin Brancalion⁽¹⁾, Ingo Isernhagen⁽¹⁾, Ronan Pereira Machado⁽²⁾,
Pedro Jacob Christoffoleti⁽²⁾ e Ricardo Ribeiro Rodrigues⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade de São Paulo (USP), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq), Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal, Avenida Pádua Dias, nº 11, Caixa Postal 9, CEP 13418-900 Piracicaba, SP. E-mail: pedrohsb@yahoo.com.br, ingoise@gmail.com, rrr@esalq.usp.br ⁽²⁾USP, Esalq, Departamento de Produção Vegetal. E-mail: pjchrist@esalq.usp.br, ronan.m@uol.com.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar a sensibilidade de espécies nativas usadas em recuperação de áreas degradadas aos herbicidas setoxidim, isoxaflutol e bentazon. As espécies estudadas foram *Senna multijuga*, *Guazuma ulmifolia* e *Croton urucurana*. Os tratamentos de herbicida consistiram de uma testemunha (sem aplicação) e aplicação de um quarto, metade, uma vez, duas vezes e quatro vezes a dose recomendada. As doses recomendadas são 184 g ha⁻¹ de setoxidim, 37,5 g ha⁻¹ de isoxaflutol e 720 g ha⁻¹ de bentazon. Avaliaram-se os sintomas de fitotoxicidade, crescimento em altura, acréscimo no número de folhas e massa de matéria seca de folhas. Em outros experimentos, as doses recomendadas dos mesmos herbicidas foram aplicadas em outras 22 espécies arbóreas nativas, nas quais avaliou-se a massa de matéria seca de folhas. O delineamento experimental dos experimentos foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. Cada parcela experimental se constituiu de uma muda em estágio inicial de desenvolvimento. Os herbicidas não provocaram a morte das mudas, embora todas tenham apresentado sintomas de fitotoxicidade. A aplicação de isoxaflutol reduziu a massa de matéria seca das folhas em 20% das espécies, a aplicação de bentazon, em uma espécie, e a aplicação de setoxidim não reduziu a massa de matéria seca das folhas de nenhuma espécie.

Termos para indexação: fitotoxicidade, herbicidas seletivos, recuperação de áreas degradadas, reflorestamentos, restauração florestal.

Selectivity of the herbicides sethoxydim, isoxaflutole and bentazon on native tree species

Abstract – The objective of this work was to evaluate the sensitivity of native tree species used in the recovery of degraded land to the herbicides sethoxydim, isoxaflutole and bentazon. The species studied were *Senna multijuga*, *Guazuma ulmifolia* and *Croton urucurana*, and the treatment applied comprised one control sample (no herbicides were applied) and the application of the herbicides at one fourth, half, one, two and fourfold the recommended dose (sethoxydim: 184 g ha⁻¹, isoxaflutole: 37.5 g ha⁻¹, bentazon: 720 g ha⁻¹). Phytotoxicity symptoms, growth in length, increase in leaf number, and leaf dry mass were evaluated. In another experiments, the recommended doses of the same herbicides were applied to other 22 native tree species, for which the leaf dry mass was evaluated. The experiments were carried out in completely randomized design with four replicates. Each experimental plot comprised one sapling in initial developmental stage. The herbicides did not cause saplings death, even though all of them showed phytotoxicity symptoms. Herbicide application reduced the leaf dry mass as follows: isoxaflutole, 20% of the species; bentazon, one of the species; and sethoxydim did not reduce leaf dry mass in any of the species.

Index terms: phytotoxicity, selective herbicides, recuperation of degraded lands, reforestation, forest restoration.

Introdução

Entre os diferentes métodos de restabelecimento da vegetação nativa, o aproveitamento do potencial de autorrecuperação local se destaca por aumentar as chances de sucesso (Rodrigues et al., 2007). Entretanto, muitas das áreas objeto dessas ações encontram-

se tão alteradas que perderam a capacidade de se autorrecuperar, o que torna necessária a introdução de espécies nativas por meio do plantio de mudas (Kageyama, 1992; Souza & Batista, 2004) ou da semeadura direta (Engel & Parrota, 2001; Camargo et al., 2002).

Os custos envolvidos na implantação e manutenção dos projetos de restauração florestal geralmente são elevados (Melo, 2005), o que desestimula a recuperação de ambientes naturais em larga escala. Parte significativa desse custo está relacionada ao uso de métodos pouco eficientes e onerosos de controle de plantas daninhas e aos prejuízos causados por esse grupo de plantas, que reduz o crescimento das espécies nativas plantadas (Gonçalves et al., 2003). Embora não sejam conhecidos estudos que quantifiquem os prejuízos associados à infestação de plantas daninhas nos reflorestamentos com espécies nativas, a dificuldade de controle dessas plantas tem sido considerada como um dos principais entraves ao sucesso dos projetos de recuperação de áreas degradadas (Gonçalves et al., 2003; Doust et al., 2006).

Além de reduzir o crescimento das mudas, várias espécies de plantas daninhas podem causar desequilíbrio ecológico por colonizar áreas remanescentes de vegetação nativa e dificultar a regeneração natural (Hooper et al., 2005), o que causa degradação ambiental e ameaça a conservação da biodiversidade (Nepstad et al., 1990; D'Antonio & Meyerson, 2002). Assim, mesmo que as espécies exóticas invasoras não venham a competir diretamente por recursos com os indivíduos plantados, elas devem ser controladas, pois ameaçam a integridade do ecossistema e a sobrevivência das espécies nativas (Ogden & Rejmánek, 2005; Regan et al., 2006).

Atualmente, as principais técnicas de controle de plantas daninhas utilizadas em reflorestamentos com espécies nativas são a capina mecânica, que apresenta baixo rendimento operacional, e a aplicação de glifosato (Wilkins et al., 2003; Cornish & Burgin, 2005). No caso particular do uso de glifosato, a ausência de seletividade faz com que a aplicação seja realizada de forma dirigida, o que reduz o rendimento e dificulta o controle de plantas daninhas na linha de plantio, havendo ainda riscos de deriva (Yamashita et al., 2006).

Como tentativa de melhoria dos métodos de controle de plantas daninhas em reflorestamentos florestais, herbicidas com conhecida ação seletiva para algumas culturas agrícolas têm sido empiricamente utilizados (Doust et al., 2006), embora ainda sejam escassos os estudos dos prejuízos potenciais que a aplicação desses produtos possa trazer ao desenvolvimento das espécies nativas (Rokich & Dixon, 2007).

A identificação de herbicidas seletivos às espécies arbóreas nativas possibilitaria a utilização de métodos mais práticos de controle de plantas daninhas, com potencial uso tanto na restauração florestal como em plantios comerciais de espécies nativas e em sistemas agroflorestais.

Este trabalho teve o objetivo de avaliar a sensibilidade de algumas espécies arbóreas nativas usadas em recuperação de áreas degradadas aos herbicidas setoxidim, isoxaflutol e bentazon, visando à redução de custos da restauração por meio do aumento da eficiência do controle de espécies competidoras.

Material e Métodos

Este trabalho foi desenvolvido no viveiro comercial de produção de mudas florestais nativas Bio Flora, localizado no município de Piracicaba, São Paulo (22°42'30"S, 47°38'0"W e a 546 m de altitude), entre setembro e dezembro de 2007. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. Cada parcela experimental se constituiu de uma muda em estágio inicial de desenvolvimento (30 cm de altura), cultivada em tubetes de polipropileno de 56 cm³, preenchidos com substrato comercial (casca de pinus bioestabilizada) fertilizado com 5 g de Osmocote (formulado 14-14-14). Os tratos culturais recebidos pelas mudas ao longo do experimento foram os mesmos utilizados para a produção comercial de mudas, constituídos por três irrigações diárias e exposição das mudas a pleno sol.

Os herbicidas utilizados foram setoxidim (Poast), isoxaflutol (Fordor 750WG) e bentazon (Basagran 600). Esses herbicidas apresentam eficácia de controle das principais plantas daninhas presentes em áreas submetidas às ações de restauração ecológica (Lorenzi, 2000).

Aspulverizações foram realizadas em pós-emergência das mudas, em câmara de aplicação fechada, com uso de ponta do tipo leque, com jato plano (Teejet XR 80.02) posicionado a 0,50 m da superfície do alvo e com volume de calda equivalente à aplicação de 200 L ha⁻¹. As mudas foram transportadas de volta ao viveiro após 24 horas da aplicação dos herbicidas.

A primeira fase do estudo teve nove experimentos independentes, resultantes da aplicação dos três herbicidas (setoxidim, isoxaflutol e bentazon) sobre mudas de três espécies: *Senna multijuga* (Rich.) Irwin

et Barn., *Guazuma ulmifolia* Lam. e *Croton urucurana* Baill. Os tratamentos de herbicida consistiram de uma testemunha (sem aplicação) e aplicação de um quarto, metade, uma vez, duas vezes e quatro vezes a dose recomendada (Brasil, 2008), o que totalizou seis tratamentos. As doses recomendadas são 184 g ha⁻¹ de setoxidim, 37,5 g ha⁻¹ de isoxaflutol e 720 g ha⁻¹ de bentazon.

Nesta fase, avaliaram-se sintomas de fitotoxicidade dos herbicidas aos 15 dias após aplicação (DAA), acréscimo na altura das mudas aos 28 DAA, acréscimo no número de folhas aos 35 DAA e massa de matéria seca de folhas aos 35 DAA. Os dados de altura inicial e final das mudas foram utilizados para o cálculo da taxa de crescimento relativo (TCR) com base em altura, de acordo com a fórmula: $TCR = (\ln H_0 - \ln H_1)/(T_1 - T_0)$, sendo H0 e H1 a altura no tempo 0 e no tempo 1 (28 DAA), respectivamente, e T1 - T0 a diferença, em dias, entre o tempo 1 e o tempo 0. As notas de fitotoxicidade foram atribuídas com adaptação dos índices da escala European Weed Research Council (1964), em que se considerou: 0, ausência de fitotoxicidade; 1, fitotoxicidade leve; 2, fitotoxicidade média; 3, fitotoxicidade severa e 4, morte. O crescimento em altura foi obtido pela diferença entre o comprimento da muda na instalação do experimento e em cada avaliação. Mediu-se com régua a distância entre o colo da planta e a inserção da última folha expandida. O acréscimo do número de folhas foi obtido pela diferença entre o número de folhas completamente expandidas na muda na instalação do experimento e aos 35 DAA.

A segunda fase teve por objetivo avaliar a suscetibilidade de 22 espécies arbóreas nativas à aplicação dos mesmos princípios ativos. Foram considerados 22 experimentos independentes com quatro tratamentos cada, sendo estes: setoxidim, a 184 g ha⁻¹; isoxaflutol, a 37,5 g ha⁻¹; bentazon, a 720 g ha⁻¹ e testemunha, sem aplicação. As espécies utilizadas foram: *Acacia polyphylla* DC. (monjoleiro), *Cedrela fissilis* Vell. (cedro), *Ceiba speciosa* A. St.-Hil. (paineira), *Citharexylum myrianthum* Cham. (pau-viola), *Colubrina glandulosa* Perkins (saguaraji), *Cordia ecalyculata* Vell. (café-de-bugre), *Cordia superba* Cham. (baba-de-boi), *Croton floribundus* Spreng. (capixingui), *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (orelha-de-negro), *Euterpe edulis* Mart. (palmiteiro), *Inga laurina* (Sw.) Willd. (ingá),

Lafoensia pacari A. St.-Hil. (dedaleiro), *Luehea divaricata* Mart. (açoita-cavalo), *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. (canafistula), *Psidium guajava* L. (goiabeira), *Rapanea guianensis* Aubl. (capororoca), *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira-pimenteira), *Solanum granuloso-leprosum* D. Don (fumo-bravo), *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (jerivá), *Tabebuia avellanadae* Lorentz ex Griseb (ipê-roxo), *Tibouchina sellowiana* Cogn. (quaresmeira) e *Trema micrantha* (L.) Blume (crindiúva).

Nessa segunda fase, avaliou-se a massa de matéria seca das folhas aos 35 DAA. Em ambas as fases, a massa de matéria seca das folhas foi obtida por meio de secagem do material em estufa com temperatura constante de 80°C por 72 horas.

Todos os dados que apresentaram distribuição normal foram submetidos à aplicação do teste F na análise da variância. Na primeira fase, constatou-se ausência de adequação dos dados ao modelo tradicional de curvas dose-resposta (Seefeldt et al., 1995). Assim, quando significativos, em ambas as fases os tratamentos foram comparados por meio do teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

A utilização de até quatro vezes a dose recomendada dos herbicidas setoxidim, isoxaflutol e bentazon não provocou a morte de mudas das espécies *Senna multijuga*, *Guazuma ulmifolia* e *Croton urucurana*, e o uso da dose recomendada dos mesmos herbicidas também não provocou a morte das mudas das outras 22 espécies arbóreas testadas.

Todos os tratamentos herbicidas tiveram algum nível de fitotoxicidade nas mudas avaliadas no primeiro experimento (Tabela 1). A manifestação de sintomas de fitotoxicidade foi maior quando foram aplicados os herbicidas bentazon e isoxaflutol, embora não tenha havido aumento gradual dos sintomas com o aumento das doses dos herbicidas. Os sintomas mais evidentes de fitotoxicidade foram a clorose, com a aplicação de setoxidim e bentazon, e a necrose foliar, com a aplicação de isoxaflutol. Com a emissão de novas folhas, principalmente a partir de 15 DAA, parte das folhas com sintomas de fitotoxicidade foram gradualmente substituídas com a continuidade do desenvolvimento das mudas.

A aplicação dos herbicidas não inibiu a emissão de novas folhas e não promoveu a reposição daquelas

afetadas pela fitotoxicidade, de forma que não houve diferença significativa de acréscimo no número de folhas entre os tratamentos avaliados (Tabela 2). Apenas a espécie *S. multijuga* emitiu um número maior de folhas quando se aplicou um quarto da dose recomendada do herbicida setoxidim.

Mesmo tendo ocorrido sintomas de fitotoxicidade, os herbicidas não afetaram negativamente a TCR das mudas (Tabela 2). O herbicida setoxidim foi, inclusive, favorável ao crescimento das mudas de *S. multijuga* e *G. ulmifolia*, o que indica um potencial efeito estimulante desse ingrediente ativo. A espécie *G. ulmifolia* apresentou maior TCR em todos os tratamentos com herbicida, nos quais as mudas apresentaram incremento em altura superior ao observado nas testemunhas. Contudo, são desconhecidas as causas fisiológicas desse estímulo ao crescimento das mudas conferido pela aplicação desses herbicidas.

Na primeira fase, não foi observada relação proporcional entre a redução da massa de matéria seca das folhas de *S. multijuga*, *G. ulmifolia* e *C. urucurana* e o aumento da dose dos herbicidas, o que impossibilitou a elaboração de uma curva de resposta em função das doses (Tabela 2). Embora não tenha reduzido o crescimento em altura, verificou-se que o herbicida isoxaflutol reduziu a matéria seca de folhas das mudas de *S. multijuga* e de *G. ulmifolia*, independentemente

da dose utilizada. O herbicida setoxidim também resultou em redução da massa de matéria seca de folhas de *S. multijuga* quando foi aplicada duas vezes a dose recomendada, embora a massa de matéria seca de folhas das mudas em que se aplicou quatro vezes a dose recomendada não tenha diferido significativamente daquela da testemunha.

Quando foi realizada a avaliação da seletividade em outras 22 espécies arbóreas nativas, novamente verificou-se a tolerância das mudas ao herbicida setoxidim (Tabela 3). O herbicida setoxidim é seletivo para dicotiledôneas, portanto era de se esperar que o mesmo resultasse na morte ou prejuízo do crescimento de palmeiras, como no caso de *E. edulis* e de *S. romanzoffiana*. De forma semelhante, a aplicação de bentazon, seletivo para monocotiledôneas, não prejudicou o desenvolvimento das mudas da maioria das espécies de dicotiledôneas, exceto para *Rapanea guianensis*. Tais constatações aumentam a potencialidade de uso desses herbicidas nas ações de recuperação de áreas degradadas, dada a vasta diversidade de espécies e famílias utilizadas nessa atividade.

No caso do setoxidim, a seletividade pode estar relacionada à insensibilidade enzimática, que constitui o principal mecanismo de seletividade aos inibidores da acetil-coenzima A carboxilase (ACCCase) (López Ovejero et al., 2008). De forma semelhante, a seletividade do herbicida bentazon pode estar relacionada à metabolização rápida da molécula até formas não tóxicas, o que evita a morte da planta (Roman et al., 2007).

Já a aplicação de isoxaflutol reduziu a massa de matéria seca das folhas das mudas em 20% das espécies estudadas (Tabelas 2 e 3), o que evidencia o potencial risco de uso desse herbicida nas ações de recuperação de áreas degradadas e em plantios comerciais de espécies arbóreas nativas. Entretanto, a maioria das espécies mostrou-se tolerante a esse herbicida. Nesse caso, a seletividade também pode estar relacionada à metabolização desse herbicida pelas plantas, como já foi observado em cana-de-açúcar e milho, que convertem a diquetonitrila, molécula que possui ação herbicida e que se converte posteriormente em gás carbônico (Oliveira Júnior et al., 2006).

Dessa forma, a presença de sintomas de fitotoxicidade e a ausência de redução do desenvolvimento das mudas

Tabela 1. Fitotoxicidade em mudas de espécies florestais nativas submetidas à aplicação de diferentes doses dos herbicidas setoxidim, isoxaflutol e bentazon, aos 15 dias após a aplicação⁽¹⁾.

Espécie	Doses dos herbicidas ⁽²⁾				
	D/4	D/2	D	2D	4D
	Setoxidim				
<i>Senna multijuga</i>	1,00	0,75	0,75	1,00	1,25
<i>Guazuma ulmifolia</i>	0,75	0,50	0,75	1,50	1,50
<i>Croton urucurana</i>	1,00	0,75	0,25	0,75	0,50
	Isoxaflutol				
<i>Senna multijuga</i>	1,75	2,25	2,5	2,25	2,00
<i>Guazuma ulmifolia</i>	2,25	2,25	2,00	2,00	1,75
<i>Croton urucurana</i>	0,75	1,50	2,00	1,50	2,00
	Bentazon				
<i>Senna multijuga</i>	0,75	0,75	1,0	0,75	1,25
<i>Guazuma ulmifolia</i>	2,00	2,00	1,50	2,25	2,25
<i>Croton urucurana</i>	1,25	1,25	2,25	2,25	1,75

⁽¹⁾Médias de quatro mudas por tratamento, avaliadas pelo índice proposto por European Weed Research Council (1964): 0, sem fitotoxicidade; 1, fitotoxicidade leve; 2, fitotoxicidade média; 3, fitotoxicidade severa; 4, morte.

⁽²⁾D/4, D/2, D, 2D e 4D representam um quarto, metade, dose recomendada, duas vezes e quatro vezes a dose recomendada (D) dos herbicidas; as doses recomendadas são 184 g ha⁻¹ de setoxidim, 37,5 g ha⁻¹ de isoxaflutol e 720 g ha⁻¹ de bentazon.

Tabela 2. Número de folhas emitidas, massa de matéria seca de folhas e taxa de crescimento relativo (TCR) de mudas das espécies arbóreas nativas aos 35 dias após aplicação de diferentes dosagens dos herbicidas setoxidim, isoxaflutol e bentazon⁽¹⁾.

Herbicida	Dose (g ha ⁻¹)	<i>Senna multijuga</i> (Rich.) Irwin et Barn.			<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.			<i>Croton urucurana</i> Baill.		
		Número de folhas emitidas	Matéria seca de folhas (g planta ⁻¹)	TCR (cm cm ⁻¹ dia ⁻¹)	Número de folhas emitidas	Matéria seca de folhas (g planta ⁻¹)	TCR (cm cm ⁻¹ dia ⁻¹)	Número de folhas emitidas	Matéria seca de folhas (g planta ⁻¹)	TCR (cm cm ⁻¹ dia ⁻¹)
Setoxidim (Poast)	0	1,00b	1,043ab	0,009d			0,005b			
	46	5,25a	1,287a	0,026a			0,013a			
	92	3,25ab	1,096ab	0,017bc			0,014a			
	184	2,75b	0,998ab	0,017bc	F=1,45 ^{ns}	F=1,37 ^{ns}	0,010ab	F=0,18 ^{ns}	F=0,41 ^{ns}	F=1,87 ^{ns}
	368	2,25b	0,812b	0,021ab			0,013a			
736	1,75b	0,921ab	0,014cd			0,014a				
CV (%)		39	18	15	84	19	17	105	24	16
Isoxaflutol (Fordor 750WG)	0,0		1,180a			1,153A	0,006b			
	9,4		0,612b			0,821B	0,016a			
	18,8	F=0,31 ^{ns}	0,708b	F=1,58 ^{ns}	F=1,64 ^{ns}	0,714B	0,014a	F=0,26 ^{ns}	F=1,33 ^{ns}	F=0,65 ^{ns}
	37,5		0,629b			0,691B	0,010ab			
	75,0		0,630b			0,637B	0,013ab			
150,0		0,579b			0,722B	0,012ab				
CV (%)		94	26	19	113	17	40	101	30	15
Bentazon (Basagran 600)	0						0,008b			
	180						0,011ab			
	360	F=0,54 ^{ns}	F=1,39 ^{ns}	F=0,64 ^{ns}	F=0,65 ^{ns}	F=1,33 ^{ns}	0,015a	F=0,61 ^{ns}	F=1,49 ^{ns}	F=2,11 ^{ns}
	720						0,012ab			
	1.440						0,014a			
2.880						0,013a				
CV (%)		96	28	28	82	18	14	198	29	18

⁽¹⁾Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ^{ns}Não-significativo.

Tabela 3. Massa de matéria seca das folhas (g) de 22 espécies arbóreas nativas submetidas à aplicação de doses recomendadas dos herbicidas setoxidim, isoxaflutol e bentazon, avaliadas aos 35 dias após a aplicação.

Espécie	Família ⁽¹⁾	CV (%)	Herbicida/dose ⁽²⁾			
			Setoxidim 184 g ha ⁻¹ de i.a.	Isoxaflutol 37,5 g ha ⁻¹ de i.a.	Bentazon 720 g ha ⁻¹ de i.a.	Testemunha
<i>Acacia polyphylla</i> DC.	Fabaceae – Mimosoideae	23,750	0,708ab	0,505b	0,877ab	0,901a
<i>Cordia ecalyculata</i> Vell.	Boraginaceae	29,010	1,054a	0,344b	1,117a	1,386a
<i>Cordia superba</i> Cham.	Boraginaceae	24,001	1,698ab	0,966b	1,539ab	2,042a
<i>Luehea divaricata</i> Mart.	Malvaceae	22,191	1,569a	1,069ab	0,845b	1,390ab
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Fabaceae - Caesalpinoideae	14,528	1,349a	0,852b	1,170ab	1,127ab
<i>Rapanea guianensis</i> Aubl.	Myrsinaceae	26,057	2,223ab	1,765ab	1,263b	2,425a
<i>Tabebuia avellanadae</i> Lorentz ex Griseb	Bignoniaceae	21,164	1,098a	0,611b	1,136a	0,888ab
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Meliaceae	23,216		F=3,28 ^{ns}		
<i>Chorisia speciosa</i> A. St.-Hil.	Malvaceae	26,110		F=1,47 ^{ns}		
<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	Verbenaceae	37,150		F=2,48 ^{ns}		
<i>Colubrina glandulosa</i> Perkins	Rhamnaceae	18,573		F=0,31 ^{ns}		
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	Euphorbiaceae	23,498		F=0,24 ^{ns}		
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	Fabaceae - Mimosoideae	43,295		F=0,89 ^{ns}		
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	Arecaceae	23,745		F=0,84 ^{ns}		
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	Fabaceae-Mimosoideae	17,824		F=0,19 ^{ns}		
<i>Lafloensia pacari</i> A. St.-Hil.	Lythraceae	28,231		F=3,49 ^{ns}		
<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae	18,931		F=0,35 ^{ns}		
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Anacardiaceae	31,276		F=2,46 ^{ns}		
<i>Solanum granuloso-leprosum</i> D. Don	Solanaceae	57,658		F=0,60 ^{ns}		
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Arecaceae	16,678		F=0,16 ^{ns}		
<i>Tibouchina sellowiana</i> Cogn.	Melastomataceae	29,609		F=0,73 ^{ns}		
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Cannabaceae	35,969		F=1,17 ^{ns}		

⁽¹⁾Conforme sistema de classificação botânica APGII (Angiosperm Phylogeny Group, 2003). ⁽²⁾Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ^{ns}Não-significativo.

são indícios de que a seletividade dos herbicidas testados às espécies florestais nativas se deve à metabolização dos princípios ativos, o que reduz progressivamente a ação fitotóxica dos mesmos e permite a continuidade do desenvolvimento normal das plantas.

Quando avaliada a seletividade do isoxaflutol em diferentes espécies do mesmo gênero, foram encontradas tanto espécies tolerantes (por exemplo, *Croton urucurana* e *C. floribundus*) como sensíveis (por exemplo, *Cordia ecalyculata* e *C. superba*). Esse fato ressalta a dificuldade de generalização de métodos de controle de plantas daninhas em reflorestamentos com elevada diversidade de espécies nativas, o que justifica a necessidade de proteção adicional de espécies de algumas famílias e gêneros vegetais, caso se opte pelo uso desses herbicidas.

Além da variação de resposta entre diferentes famílias e espécies vegetais, a fitotoxicidade de herbicidas a espécies arbóreas nativas também pode ser observada dentro de uma mesma espécie, como consequência da variabilidade genética (Ferreira et al., 2005). O uso de um número reduzido de repetições por tratamento pode ser uma das causas do elevado coeficiente de variação verificado no presente experimento (Tabela 3).

Por não haver outras pesquisas que tenham avaliado a seletividade desses herbicidas nas espécies

testadas ou mesmo em outras espécies utilizadas em reflorestamentos de espécies nativas, nem experimentos de campo que tenham avaliado a aplicabilidade do uso desse método na prática, a utilização desses herbicidas deve ser feita com ressalvas e restrita à experimentação.

Conclusão

O herbicida setoxidim é seletivo para 25 espécies arbóreas nativas testadas, o bentazon é seletivo para 24 e o isoxaflutol é seletivo para 20 dessas espécies.

Agradecimentos

A Ana Carolina Ribeiro Dias e Livia Weyand Marcolini, pelo auxílio na aplicação dos produtos; a Saul Jorge Pinto de Carvalho, pela revisão crítica do manuscrito; ao Viveiro Florestal Bio Flora, pela cessão das mudas e espaço para a realização do experimento.

Referências

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.141, p.399-436, 2003.

- BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 18 jul. 2000.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 10 ago. 2008.
- CAMARGO, J.L.C.; FERRAZ, I.D.K.; IMAKAWA, A.M. Rehabilitation of degraded areas of Central Amazonia using direct sowing of forest tree seeds. **Restoration Ecology**, v.10, p.636-644, 2002.
- CORNISH, P.S.; BURGIN, S. Residual effects of glyphosate herbicide in ecological restoration. **Restoration Ecology**, v.13, p.695-702, 2005.
- D'ANTONIO, C.; MEYERSON, L.A. Exotic plant species as problems and solutions in ecological restoration: a synthesis. **Restoration Ecology**, v.10, p.703-713, 2002.
- DOUST, S.J.; ERSKINE, P.D.; LAMB, D. Direct seeding to restore rain forest species: microsite effects on the early establishment and growth of rainforest tree seedlings on degraded land in the wet tropics of Australia. **Forest Ecology and Management**, v.234, p.333-343, 2006.
- ENGEL, V.L.; PARROTA, J.A. An evaluation of direct seeding for reforestation of degraded lands in central São Paulo state, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.152, p.169-181, 2001.
- EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL. Committee of methods in weed research. **Weed Research**, v.4, p.88, 1964. (Report of 3rd and 4th meetings).
- FERREIRA, R.A.; DAVIDE, A.C.; ALCÂNTARA, E.N. de; MOTTA, M.S. Efeito de herbicidas de pré-emergência sobre o desenvolvimento inicial de espécies arbóreas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.4, p.133-145, 2005.
- GONÇALVES, J.L.M.; NOGUEIRA JÚNIOR, L.R.; DUCATTI, F. Recuperação de solos degradados. In: KAGEYAMA, P.Y.; OLIVEIRA, R.E. de; MORAES, L.F.D. de; ENGEL, V.L.; GANDARA, F.B. (Ed.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 2003. p.111-163.
- HOOOPER, E.; LEGENDRE, P.; CONDIT, R. Barriers to forest regeneration of deforested and abandoned land in Panama. **Journal of Applied Ecology**, v.42, p.1165-1174, 2005.
- KAGEYAMA, P.Y. Recomposição da vegetação com espécies arbóreas nativas em reservatórios de usinas hidrelétricas de CESP. **IPEF Série Técnica**, v.8, p.1-43, 1992.
- LÓPEZ OVEJERO, R.F.; CARVALHO, S.J.P.; VARGAS, L. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas inibidores da ACCase (Grupo A). In: CHRISTOFFOLETI, P.J. (Ed.). **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 3.ed. Piracicaba: Associação Brasileira de Ação à Resistência de Plantas Daninhas, 2008. p.50-61.
- LORENZI, H. **Manual de identificação e de controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 5.ed. Nova Odessa: Plantarum, 2000. 339p.
- MELO, A.C.G. de. A legislação como suporte a programas de recuperação florestal no Estado de São Paulo. **Florestar Estatístico**, v.8, p.9-15, 2005.
- NEPSTAD, D.; UHL, C.; SERRÃO, E.A.S. Surmounting barriers to forest regeneration in abandoned, highly degraded pastures: a case study from Paragominas, Pará, Brazil. In: ANDERSON, A.B. (Ed.). **Alternatives to the deforestation: steps toward sustainable use of the Amazon Rain Forest**. New York: Columbia University Press, 1990. p.215-229.
- OGDEN, J.A.E.; REJMÁNEK, M. Recovery of native plant communities after the control of a dominant invasive plant species, *Foeniculum vulgare*: implications for management. **Biological Conservation**, v.125, p.427-439, 2005.
- OLIVEIRA JÚNIOR, R.S.; MARCHIORI JÚNIOR, O.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. Influência do período de restrição hídrica na atividade residual de isoxaflutol no solo. **Planta Daninha**, v.24, p.733-740, 2006.
- REGAN, T.J.; MCCARTHY, M.A.; BAXTER, P.W.J.; PANETTA, F.D.; POSSINGHAM, H.P. Optimal eradication: when to stop looking for an invasive plant. **Ecology Letters**, v.9, p.759-766, 2006.
- RODRIGUES, R.R.; MARTINS, S.V.; GANDOLFI, S. **High diversity forest restoration in degraded areas: methods and projects in Brazil**. New York: Nova Science Publishers, 2007. 286p.
- ROKICH, D.P.; DIXON, K.W. Recent advances in restoration ecology, with a focus on the *Banksia* woodland and the smoke germination tool. **Australian Journal of Botany**, v.55, p.375-389, 2007.
- ROMAN, E.S.; BECKIE, H.; VARGAS, L.; HALL, L.; RIZZARDI, M.A.; WOLF, T.M. **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação**. Passo Fundo: Berthier, 2007. 158p.
- SEEFELDT, S.S.; JENSEN, J.E.; FUERST, E.P. Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationships. **Weed Technology**, v.9, p.218-227, 1995.
- SOUZA, F.M. de; BATISTA, J.L.F. Restoration of seasonal semideciduous forests in Brazil: influence of age and restoration design on forest structure. **Forest Ecology and Management**, v.191, p.185-200, 2004.
- WILKINS, S.; KEITH, D.A.; ADAM, P. Measuring success: evaluating the restoration of a grassy eucalypt woodland on the Cumberland Plain, Australia. **Restoration Ecology**, v.11, p.489-496, 2003.
- YAMASHITA, O.M.; VIEIRA, R.G.; SANTI, A.; RONDON NETO, R.M.; ALBERGUINI, S.E. Resposta de varjão (*Parkia multijuga*) a subdoses de glyphosate. **Planta Daninha**, v.24, p.527-531, 2006.