

## Influência do glyphosate e 2,4-D sobre o desenvolvimento inicial de espécies florestais

Influence of glyphosate and 2,4-D in initial development of forest species

Oscar Mitsuo Yamashita<sup>1</sup>, José Rafael Betoni<sup>2</sup>,  
Sebastião Carneiro Guimarães<sup>3</sup> e Mariano Martinez Espinosa<sup>4</sup>**Resumo**

O manejo químico de plantas daninhas em áreas de reflorestamento tem sido realizado de forma crescente, pela sua rapidez, economia e controle. O glyphosate tem sido muito utilizado em sistemas florestais, mas por não apresentar efeito residual no solo, para aumentar sua eficiência, frequentemente é misturado em tanque com 2,4-D. Entretanto, ambos os herbicidas não são seletivos para a maioria das espécies florestais, com especial atenção para a possibilidade de riscos de deriva acidental nas áreas de floresta plantada. O objetivo da pesquisa foi avaliar os efeitos da aplicação de glyphosate e 2,4-D isolados e em mistura nas espécies florestais *Schizolobium amazonicum* e *Ceiba pentandra*. Foram estudados sete tratamentos: testemunha, glyphosate 180 e 360 g e.a. ha<sup>-1</sup>, 2,4-D amina 335 e 670 g e.a. ha<sup>-1</sup>, glyphosate + 2,4-D amina 90 + 167 e 180 + 335 g e.a. ha<sup>-1</sup>. Foram avaliados a fitotoxicidade, a altura relativa de plantas e o número de folhas aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação; e na última avaliação, determinou-se massa seca e comprimento de raízes. Ambas as espécies apresentaram tolerância ao glyphosate na dose de 180 g e.a. ha<sup>-1</sup>. *C. pentandra* mostrou-se mais sensível aos herbicidas. No decorrer das avaliações, a fitotoxicidade mostrou-se mais evidente, havendo redução na altura e do número de folhas. Para ambas as espécies, a quantidade de massa seca e comprimento de raiz foi reduzida pela ação dos herbicidas, tanto isolados como misturados. Apesar da tolerância de ambas as espécies à menor dose de glyphosate, ambos herbicidas provocam danos significativos, sugerindo-se a aplicação em jato dirigido para evitar prejuízos no desenvolvimento das plantas.

**Palavras-Chave:** Seletividade, Fitotoxicidade, *Schizolobium amazonicum*, *Ceiba pentandra*

**Abstract**

The chemical management of weeds in reforestation areas has been carried out increasingly due to its speed, economy and control. Glyphosate has been widely used in forest ecosystems, due to the absence of a residual effect in the soil. In order to increase its efficiency, it is often mixed with 2,4-D. However, both herbicides are not selective for most forest species, with particular attention to the possibility of the risk of an accidental drift in the areas in the planted forest areas. The purpose of this study was to evaluate the effects of glyphosate and 2,4-D alone and in combination on plants of *Schizolobium amazonicum* and *Ceiba pentandra*. Seven treatments were applied: control, glyphosate 180 and 360 g e.a. ha<sup>-1</sup>, 2,4-D amina 335 and 670 g e.a. ha<sup>-1</sup>, glyphosate + 2,4-D amina 90 + 167 and 180 + 335 g e.a. ha<sup>-1</sup>. Phytotoxicity, plant height and relative number of leaves were evaluated at 7, 14, 21 and 28 days after application. In the last evaluation, dry mass and length of roots were also evaluated. Both species showed tolerance to glyphosate at 180 g e.a. ha<sup>-1</sup>. *C. pentandra* was more sensitive to herbicides than *Schizolobium amazonicum*. During the evaluations, the phytotoxicity was more evident, with a reduction in height and the number of leaves. For both species, the amount of dry weight and root length were reduced by the action of herbicides, both alone and mixed. Despite the tolerance of both species to the lower dosis of glyphosate, both herbicides caused considerable damage; suggesting that the application be done with a jet directed at the target in order to avoid damage to the plant development.

**Keywords:** Selectivity, Phytotoxicity, *Schizolobium amazonicum*, *Ceiba pentandra*

<sup>1</sup>Professor do Departamento de Agronomia da Universidade do Estado de Mato Grosso – Campus Universitário de Alta Floresta – Rodovia MT 208 - km 147 – Jardim Tropical - Alta Floresta, MT - 78580-000 – E-mail: [yama@unemat.br](mailto:yama@unemat.br)

<sup>2</sup>Graduando no Departamento de Agronomia da Universidade do Estado de Mato Grosso – Campus Universitário de Alta Floresta – Rodovia MT 208 - km 147 – Jardim Tropical - Alta Floresta, MT - 78580-000 – E-mail: [miyaf10@hotmail.com](mailto:miyaf10@hotmail.com)

<sup>3</sup>Professor Doutor do Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade da Universidade do Estado de Mato Grosso – Av. Fernando Correa da Costa, s/n - Coxipó - Cuiabá, MT - 78060-900 – E-mail: [sheep@cpd.ufmt.br](mailto:sheep@cpd.ufmt.br)

<sup>4</sup>Professor Doutor do Departamento de Estatística do Instituto de Ciências Exatas e da Terra da Universidade Federal de Mato Grosso – Av. Fernando Correa da Costa, s/n - Coxipó - Cuiabá, MT - 78060-900 – E-mail: [marianom@cpd.ufmt.br](mailto:marianom@cpd.ufmt.br)

## INTRODUÇÃO

O Brasil possui a flora arbórea mais diversificada do mundo, e a falta de direcionamento técnico e conscientização ecológica na exploração dos recursos florestais tem acarretado prejuízos econômicos irreparáveis. A demanda por madeira, tanto como fonte de energia quanto para construções e mobiliário tem crescido continuamente, sendo necessário suprir essa necessidade com madeiras oriundas de florestas plantadas, reduzindo, dessa forma, a derrubada de árvores nativas (AMS, 2008).

A área de floresta plantada para fins de produção no Brasil é atualmente superior a 620 mil de hectares (SBS, 2008). O manejo de plantas daninhas é um componente muito importante nesta atividade, desde a fase inicial do ciclo até o estabelecimento do novo povoamento florestal, onde estas passam a dominar a vegetação espontânea do local (TOLEDO *et al.*, 2003; PITELLI e MARCHI, 1991).

O manejo das plantas daninhas, outrora realizado predominantemente por meios manuais e mecanizados, recentemente passou a empregar o método químico de forma expressiva. Essa forma de manejo é considerada uma alternativa eficiente, visto que alguns herbicidas controlam uma série de plantas daninhas, além da rapidez e economicidade da prática (TOLEDO *et al.*, 1996; CHRISTOFOLLETI, 1998).

O glyphosate é um herbicida aplicado em pós-emergência das plantas daninhas, largamente utilizado nos manejos químicos em áreas de reflorestamento (VICTÓRIA FILHO, 1987), apresentando vantagens sobre os demais herbicidas, pois possui amplo espectro de ação e baixo custo de aplicação (MALIK *et al.*, 1989; TOLEDO *et al.*, 2003). Entretanto, esse produto não apresenta poder residual no solo, por ser fortemente adsorvido pelas partículas coloidais (PRATA, 2002; RODRIGUES e ALMEIDA, 2005), exigindo aplicações repetidas no controle de plantas daninhas durante o período de formação da floresta (TOLEDO, 1998).

Para aumentar a eficiência na eliminação das plantas daninhas, tem-se tornado freqüente a mistura de dois ou mais ingredientes ativos. Dentre eles, comumente observa-se a mistura entre glyphosate e 2,4-D (CARVALHO *et al.*, 1991; RAMOS e DURIGAN, 1996).

O 2,4-D é um herbicida hormonal do grupo químico das auxinas sintéticas, muito eficiente no controle de plantas daninhas de folhas

largas (RODRIGUES e ALMEIDA, 2005), e em mistura com glyphosate, pode aumentar o espectro de ação herbicida, agindo também em pré-emergência, controlando gramíneas anuais (DEUBER, 1992). A calda, com a mistura dos dois herbicidas, favorece o controle das mais variadas espécies de plantas daninhas de ocorrência em áreas de reflorestamento.

Porém, tanto glyphosate quanto 2,4-D não são seletivos para a maioria das espécies florestais, sendo necessária a aplicação dirigida da calda na área de reflorestamento. A deriva destes pode provocar danos nas plantas, atrasos no desenvolvimento da floresta, ou, até mesmo, matar as plantas.

Dada a existência de poucas informações referentes à fitotoxicidade de herbicidas em espécies amazônicas com potencial de reflorestamento, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito negativo da aplicação de glyphosate e 2,4-D isolados e em mistura, sobre o desenvolvimento de plantas jovens de pinho-cuiabano (*Schizobium amazonicum*) e sumaúma (*Ceiba pentandra*), pertencentes às famílias Leguminosae-Caesalpinioideae e Malvaceae, respectivamente.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em viveiro experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Campus Universitário de Alta Floresta-MT, no período compreendido entre março e maio de 2007. O viveiro é coberto com tela de redução de luminosidade de 30% na face superior e laterais.

As mudas de espécie florestais utilizadas foram *S. amazonicum* e *C. pentandra*, ambas com idade de seis meses, formadas em viveiro comercial, as quais foram escolhidas de forma padronizada em relação ao tamanho, espessura do caule e aptas a serem transplantadas em campos de reflorestamento. Cada unidade experimental foi representada por um vaso plástico com 8 L de substrato. Foi utilizado o Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, apresentando textura areno-argilosa, coletado em área de barranco. O pH do solo foi corrigido para 7,0 através da aplicação de calcário dolomítico filler 3 meses antes da sua utilização. O substrato foi peneirado e a fertilidade corrigida, utilizando-se 10 kg m<sup>-3</sup> da formulação 04-26-14 + micronutrientes, no momento do transplante das mudas. A irrigação era realizada diariamente visando manter disponibilidade de água próxima à capacidade de campo.

Foram realizados dois experimentos com as espécies florestais *S. amazonicum* e *C. pentandra*, submetidas a sete tratamentos, em delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco repetições (Tabela 1), totalizando 35 plantas de cada espécie.

As pulverizações com herbicidas sobre as mudas das espécies florestais foram realizadas no dia 28/03/2007, utilizando pulverizador costal com pressão constante mantida por CO<sub>2</sub> comprimido, e barra contendo quatro bicos com pontas de pulverização tipo leque SF110.02, operando a 240 kPa, com consumo de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>. A aplicação dos tratamentos foi realizada no final do período vespertino. No momento da aplicação não havia vento, a temperatura era de 26 °C e umidade relativa do ar em 80%, mensuradas a partir da leitura em termohigrômetro digital Instrutherm HT210.

Após a aplicação dos herbicidas foram realizadas avaliações aos 7, 14, 21 e 28 dias, sendo avaliadas as seguintes características: notas de fitotoxicidade visual (porcentagem visual de danos, quanto a lesões necróticas,

deformadoras e cloróticas, conforme Tabela 2); altura das plantas e contagem do número de folhas por planta. Com os dados de altura, calculou-se a porcentagem de redução em relação à testemunha.

Aos 28 dias após a aplicação, as plantas foram retiradas dos recipientes e lavadas, determinando-se o comprimento de raízes e massa seca das plantas, após secagem em estufa de circulação forçada de ar (65 °C) por 72 horas.

Os dados de fitotoxicidade, altura relativa de planta, número de folhas, comprimento de raiz e massa seca de planta foram submetidos a teste de normalidade e, posteriormente, à análise da variância, com as médias comparadas entre si pelo do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a variável fitotoxicidade, observaram-se efeitos tóxicos dos herbicidas em ambas as espécies, cujos sintomas foram caracterizados pelo amarelecimento progressivo das folhas das plantas, por ocasião da aplicação de glyphosate, resultando em maiores notas (Tabelas 3 e 4).

**Tabela 1.** Tratamentos utilizados no experimento com herbicidas em *Schizolobium amazonicum* e *Ceiba pentandra*, e respectivas doses do equivalente ativo e produto comercial por hectare.

**Table 1.** Treatments used in the experiment with herbicides on *Schizolobium amazonicum* and *Ceiba pentandra*; and doses of the active equivalent and commercial product per hectare.

Tratamentos	Dose do herbicida	
	g e.a. ha <sup>-1</sup>	L p.c. ha <sup>-1</sup>
T0 - Testemunha	0	0,00
T1 - Glyphosate <sup>1</sup>	180	0,50
T2 - Glyphosate	360	1,00
T3 - 2,4-D amina <sup>2</sup>	335	0,50
T4 - 2,4-D amina	670	1,00
T5 - Glyphosate + 2,4-D amina	90+167	0,25+0,25
T6 - Glyphosate + 2,4-D amina	180+335	0,50+0,50

i.a.= equivalente ativo do herbicida contido na fórmula comercial;

p.c.= produto comercial;

<sup>1</sup>Glyphosate= nome comum do equivalente ativo contido no herbicida Round Up Original®;

<sup>2</sup>2,4-D amina= nome comum do equivalente ativo contido no herbicida DMA 806 BR®.

**Tabela 2.** Escala de notas para avaliação visual de fitotoxicidade de herbicidas sobre as plantas de *Schizolobium amazonicum* e *Ceiba pentandra*, após tratamento com herbicidas.

**Table 2.** Grading scale for visual assessment of herbicide phytotoxicity on plants of *Schizolobium amazonicum* and *Ceiba pentandra*, after treatment with herbicides.

Conceito	Notas	Observação
Muito leve	0-5	Sintomas fracos ou pouco evidentes. Nota zero quando não se observam quaisquer alterações na planta.
Leve	6-10	Sintomas nítidos, entretanto de baixa intensidade.
Moderada	11-20	Sintomas nítidos, mais intensos que na classe anterior.
Aceitável	21-35	Sintomas pronunciados, mas totalmente tolerados pela planta.
Preocupante	36-45	Sintomas mais drásticos que na categoria anterior, mas ainda passíveis de recuperação.
Alta	46-60	Danos irreversíveis, com redução drástica no desenvolvimento da planta.
Muito alta	61-100	Danos irreversíveis muito severos. Nota 100 para morte da planta.

Adaptado de SBCPD (1995)

**Tabela 3.** Notas de fitotoxicidade, altura relativa de planta e número de folhas de *Schizolobium amazonicum* tratado com glyphosate, 2,4-D e suas misturas.

**Table 3.** Phytotoxicity grades, plant height and leaf number of *Schizolobium amazonicum* treated with glyphosate, 2,4-D and their mixtures.

Tratamento	Características											
	Fitotoxicidade				Altura de planta (% em relação a T0)				Número de folhas			
	Época de avaliação (dias após a aplicação)											
	7	14	21	28	7	14	21	28	7	14	21	28
T0	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	5,6 a	5,6 a	6,0 a	6,0 a
T1	6,0 b	7,2 b	9,0 b	10,0 b	91,0 a	91,2 a	91,4 ab	91,4 ab	5,0 ab	4,6 ab	4,4 b	4,2 b
T2	16,4 cd	40,0 e	44,0 e	46,2 d	94,8 a	87,6 a	80,6 b	77,0 b	3,6 b	3,0 c	2,4 c	2,0 cd
T3	12,6 c	22,0 c	25,0 c	30,6 c	100,6 a	98,4 a	95,6 ab	95,6 a	4,0 b	3,6 bc	3,4 bc	3,4 bc
T4	24,8 e	29,2 d	33,0 c	49,6 d	98,0 a	94,4 a	92,2 ab	91,0 ab	4,2 ab	3,2 c	2,4 c	1,8 d
T5	18,6 d	27,0 cd	31,0 cd	32,6 c	86,8 a	95,4 a	94,6 ab	97,6 a	4,8 ab	4,6 ab	4,4 b	4,4 b
T6	26,0 e	32,0 d	33,2 d	35,6 c	90,4 a	92,8 a	95,0 ab	97,4 a	4,6 ab	3,6 bc	3,2 bc	3,0 bcd
DMS	5,501	6,586	6,898	6,608	17,502	14,373	16,433	15,769	1,479	1,125	1,246	1,517
C.V.	18,38	14,60	13,73	11,27	9,23	7,60	8,83	8,46	16,22	13,92	16,59	21,34

T0: testemunha; T1: 180 g ha<sup>-1</sup> glyphosate; T2: 360 g ha<sup>-1</sup> glyphosate; T3: 335 g ha<sup>-1</sup> 2,4-D; T4: 670 g ha<sup>-1</sup> 2,4-D; T5: 90 g ha<sup>-1</sup> glyphosate + 167 g ha<sup>-1</sup> 2,4-D; T6: 180 g ha<sup>-1</sup> glyphosate + 335 g ha<sup>-1</sup> 2,4-D.

Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Tabela 4.** Notas de fitotoxicidade, altura relativa de planta e número de folhas de *Ceiba pentandra* tratado com glyphosate, 2,4-D e suas misturas.

**Table 4.** Phytotoxicity grades, plant height and leaf number of *Ceiba pentandra* treated with glyphosate, 2,4-D alone and in mixtures.

Tratamento	Características											
	Fitotoxicidade				Altura de planta (% em relação a T0)				Número de folhas			
	Época de avaliação (dias após a aplicação)											
	7	14	21	28	7	14	21	28	7	14	21	28
T0	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	100,0 a	100,0 ab	100,0 abc	100,0 bc	4,8 a	4,8 a	5,4 a	5,6 a
T1	14,0 b	17,4 b	18,8 b	20,8 b	105,2 a	107,6 ab	110,0 ab	112,0 ab	4,8 a	4,8 a	5,2 a	5,2 ab
T2	11,6 b	35,0 cd	35,0 c	35,6 c	104,4 a	100,8 ab	96,2 bc	94,0 cd	3,8 a	3,4 bc	3,0 bc	3,0 cd
T3	17,4 b	30,0 c	34,6 c	38,6 c	105,8 a	118,2 a	115,6 a	119,8 a	4,4 a	4,4 ab	3,8 b	3,8 bc
T4	49,8 d	76,0 f	91,0 f	96,0 f	100,6 a	92,8 b	84,2 c	81,8 d	4,4 a	3,2 bc	2,0 c	1,4 d
T5	26,6 c	40,6 d	55,0 d	64,0 d	104,6 a	105,6 ab	106,6 ab	106,6 abc	3,6 a	2,6 c	1,8 c	1,8 d
T6	30,2 c	53,0 e	65,0 e	80,0 e	114,6 a	111,6 ab	104,4 ab	104,4 bc	4,2 a	3,6 abc	2,4 c	1,6 d
DMS	5,816	9,627	8,665	10,559	18,681	19,530	18,185	17,756	1,246	1,269	1,357	1,609
C.V.	13,56	13,33	10,09	10,99	8,86	9,25	8,85	8,62	14,49	16,52	20,05	25,6

T0: testemunha; T1: 180 g ha<sup>-1</sup> glyphosate; T2: 360 g ha<sup>-1</sup> glyphosate; T3: 335 g ha<sup>-1</sup> 2,4-D; T4: 670 g ha<sup>-1</sup> 2,4-D; T5: 90 g ha<sup>-1</sup> glyphosate + 167 g ha<sup>-1</sup> 2,4-D; T6: 180 g ha<sup>-1</sup> glyphosate + 335 g ha<sup>-1</sup> 2,4-D.

Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Esses sintomas foram mais evidentes a partir dos 7 dias da aplicação, havendo murcha e amarelimento das folhas do ápice de *C. pentandra* na maior dose de glyphosate. Sintomas semelhantes foram observados em outras culturas como algodão (MILLER *et al.*, 2004; YAMASHITA e GUIMARÃES, 2005) e eucalipto (TUFFI SANTOS *et al.*, 2006; TUFFI SANTOS *et al.*, 2007). Esse amarelimento é resultado da degeneração dos cloroplastos e inibição da formação de clorofila (CAMPBELL *et al.*, 1976; COLE *et al.*, 1983). Para 2,4-D, foram observados sintomas característicos de fitotoxicidade por herbicidas auxínicos, ou seja, epinastia das folhas e deformações de ramos jovens e de folhas (DEUBER, 1992; SILVA *et al.*, 2007), progredindo para necrose e queda de folhas, mesmo na menor dose. De forma similar, esses sintomas foram observa-

dos em culturas como uva (OLIVEIRA JÚNIOR *et al.*, 2007), fumo (CONSTANTIN *et al.*, 2007a), algodão (CONSTANTIN *et al.*, 2007b), *Glechoma hederaceae* (KÖHLER *et al.*, 2004) e cana-de-açúcar (SIEBERT *et al.*, 2004). Esses sintomas foram evidentes, mesmo nos tratamentos cujo herbicida foi misturado ao glyphosate em menores concentrações, sendo que *C. pentandra* mostrou-se mais sensível a esse produto. O herbicida 2,4-D causa estrangulamento do câmbio e inibição do crescimento do ramo principal, a qual resulta na diminuição da formação e alongação de nós (DEUBER, 1992; GUEVARA, 1998).

Apesar dos danos visíveis provocados pela aplicação de glyphosate, na menor dose estudada observaram-se para ambas as espécies notas relativamente baixas, sendo caracterizadas como de baixa intensidade, com possibilidade de re-

cuperação das plantas. Esse quadro sintomático manteve-se até a última avaliação, demonstrando tolerância das espécies estudadas a essa dose do herbicida. Culturas não-alvo, quando atingidas por deriva de herbicidas tem sido amplamente estudadas. Destas, estudos com espécies florestais mostram que doses até 240 g ha<sup>-1</sup> de glyphosate não foram suficientes para provocar injúrias em eucalipto (TUFFI SANTOS *et al.*, 2006) e até 144 g ha<sup>-1</sup> em pinus (QUEIROZ *et al.*, 2002), demonstrando que as plantas se recuperam quando são atingidas por doses reduzidas desse herbicida.

Avaliando-se altura relativa de plantas, não foram observadas reduções em *S. amazonicum* em relação à testemunha, exceto para o tratamento com glyphosate (360 g e.a. ha<sup>-1</sup>). Nessa dose, a espécie sofreu forte redução na altura, observada desde a primeira até a última avaliação. Também foram observadas em *C. pentandra* alterações significativas por ocasião da aplicação de glyphosate e 2,4-D isolados nas maiores doses. A mistura de ambos os herbicidas, na maior dose, provocou redução na altura relativa das plantas para esta espécie, até os 21 dias, havendo posterior estabilização. O herbicida 2,4-D, na dose de 335 g e.a. ha<sup>-1</sup> provocou aumento significativo na altura de plantas. Essa alteração morfológica, caracterizada pela concentração de auxina nos ramos mais jovens, é um efeito característico dos herbicidas auxínicos (DEUBER, 1992). Os demais tratamentos não provocaram significativas alterações na altura de planta.

Quanto ao número de folhas, em ambas as espécies estudadas, foram observadas reduções em todos os tratamentos, exceto quando *C. pentandra* foi tratada com glyphosate na menor

dose, em que o número de folhas manteve-se significativamente semelhante ao da testemunha. Nos demais tratamentos, a ação herbicida provocou reduções significativas nessa característica, já a partir da segunda avaliação; e essa redução continuou até os 28 DAA. Após a absorção de doses reduzidas de glyphosate, a senescência das folhas é um sintoma característico relatado em trabalhos com espécies florestais sob deriva desse produto (TUFFI SANTOS *et al.*, 2005; TUFFI SANTOS *et al.*, 2006; YAMASHITA *et al.*, 2006).

Os tratamentos influenciaram significativamente ( $p < 0,05$ ) a massa seca e o comprimento de raiz de *C. pentandra*. Para *S. amazonicum*, houve efeito apenas para a massa seca de planta (Tabela 5).

Para *S. amazonicum*, todos os tratamentos provocaram redução na massa seca de planta, sendo observado pelo menos 26% de redução por ocasião da aplicação de 2,4-D, na menor dose. Entretanto, o comprimento de raiz não foi influenciado. Já para *C. pentandra*, o efeito do glyphosate na menor dose testada não diferiu da testemunha. Os demais tratamentos provocaram reduções significativas, principalmente na dose de 670 g e.a. ha<sup>-1</sup> de 2,4-D e as misturas, caracterizando o efeito fitotóxico do herbicida auxínico, isolado ou misturado ao glyphosate. Também se observou redução significativa no comprimento e volume do sistema radicular em relação à testemunha, exceto na maior dose de glyphosate e na menor dose de 2,4-D, ambos isolados. Possivelmente, isso se deva ao aumento da enzima celulase nas raízes, levando à rápida destruição do sistema radicular (ZIMDAHL, 1999; THILL, 2003).

**Tabela 5.** Massa seca e comprimento de raiz de *Schizolobium amazonicum* e *Ceiba pentandra* submetidas a tratamentos com glyphosate, 2,4-D e suas misturas, aos 28 dias após a aplicação.

**Table 5.** Dry weight and length of roots of *Schizolobium amazonicum* and *Ceiba pentandra* treated with glyphosate, 2,4-D and their mixtures, at 28 days after application.

Tratamento	<i>Schizolobium amazonicum</i>		<i>Ceiba pentandra</i>	
	Massa seca (g)	Comprimento de raiz (cm)	Massa seca (g)	Comprimento de raiz (cm)
T0	5,3 a	25,8 a	3,1 a	21,7 ab
T1	3,6 b	26,4 a	2,6 ab	17,3 bcd
T2	3,3 b	30,6 a	2,0 b	20,6 abc
T3	3,9 b	31,1 a	2,3 b	25,7 a
T4	3,0 b	28,8 a	0,5 c	15,2 cd
T5	3,7 b	30,0 a	0,8 c	18,0 bcd
T6	3,0 b	26,7 a	0,7 c	12,9 d
DMS	0,952	6,982	0,689	5,931
C.V.	12,87	12,22	20,03	15,75

T0: testemunha; T1: 180 g ha<sup>-1</sup> glyphosate; T2: 360 g ha<sup>-1</sup> glyphosate; T3: 335 g ha<sup>-1</sup> 2,4-D; T4: 670 g ha<sup>-1</sup> 2,4-D; T5: 90 g ha<sup>-1</sup> glyphosate + 167 g ha<sup>-1</sup> 2,4-D; T6: 180 g ha<sup>-1</sup> glyphosate + 335 g ha<sup>-1</sup> 2,4-D.

Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O mecanismo de ação do herbicida glyphosate baseia-se na interrupção da rota do ácido chiquímico, impedindo a produção de aminoácidos essenciais para a síntese protéica e divisão celular em regiões meristemáticas da planta (COLE *et al.*, 1983; FOLEY *et al.*, 1983; KRUSE *et al.*, 2000; AMARANTE JÚNIOR e SANTOS, 2002). Assim, esse herbicida provoca distúrbios nas principais rotas metabólicas das plantas, levando ao comprometimento do desenvolvimento normal da planta (TUFFI SANTOS *et al.*, 2006). A amplitude desses danos é variável de acordo com a tolerância da espécie ao glyphosate.

Os herbicidas auxínicos, como 2,4-D, induzem mudanças no metabolismo de ácidos nucléicos e proteínas, interferindo na ação da enzima RNA-polimerase (THILL, 2003). Segundo Silva *et al.* (2007), estes herbicidas induzem uma intensa divisão celular em tecidos, causando epinastia de folhas e caule. Também interrompem o fluxo normal de fotoassimilados das folhas para o sistema radicular. Maiores concentrações desses herbicidas provocam crescimento desorganizado da planta, além de retorcimento do caule e formação de calos e engrossamento das gemas terminais (DEUBER, 1992; ZIMDAHL, 1999).

No presente estudo, as espécies apresentaram tolerância à deriva simulada de 180 g e.a. ha<sup>-1</sup> de glyphosate. Entretanto, os danos com os demais tratamentos demonstram a importância do cuidado no manejo químico de plantas daninhas em áreas de reflorestamento. A aplicação em jato dirigido, normalmente realizada na prática para espécies florestais, permite que glyphosate e 2,4-D, isolados e/ou em misturas, possam ser uma alternativa no controle da flora infestante. Contudo, faz-se necessário o cuidado para que a deriva ou mesmo a aplicação não atinja a cultura, uma vez que pode causar prejuízos substanciais no desenvolvimento normal das espécies florestais.

Como o presente estudo acompanhou o desenvolvimento das plantas durante 28 dias após a aplicação dos herbicidas, estudos futuros, sobre a resposta diferencial de espécies florestais quanto à deriva de herbicidas, durante seu crescimento até atingirem a fase adulta, incluindo várias derivas, poderiam fornecer maiores subsídios para o desenvolvimento de práticas de manejo eficientes e econômicas para o combate às plantas daninhas.

## CONCLUSÃO

A aplicação de glyphosate em dose acima de 180 g ha<sup>-1</sup> e 2,4-D, isolados ou em mistura, prejudica o desenvolvimento inicial de plantas de *Schilozobium amazonicum* e *Ceiba pentandra*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARANTE JUNIOR, O.P.; SANTOS, T.C.R. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Química Nova**, São Paulo, v.25, n.4, p.589-593, 2002.

AMS - ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE SILVICULTURA. **O balanço do setor florestal**. Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <http://www.ams.org.br/>. Acesso em: 10 nov. 2008.

CAMPBELL, W.F.; EVANS, J.O.; REED, F.C. Effect of glyphosate on chloroplast ultrastructure of quack grass mesophyll cell. **Weed Science**, Champaign, v.24, p.22-25, 1976.

CARVALHO, J.E.B.; REZENDE, G.O.; PEIXOTO, C.P. Avaliação da eficiência do produto 2,4-D + glyphosate no controle de plantas daninhas na cultura de cacau. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 18., 1991, Brasília. **Resumos...** Brasília: SBHED, 1991. p.95-96.

CHRISTOFOLLETTI, P.J. Controle de plantas daninhas em *Pinus taeda* através do herbicida Imazapyr. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba, n.187, p.1-13, 1998.

COLE, D.J.; CASELEY, J.C.; DODGE, A.D. Influence of glyphosate on selected plant process. **Weed Research**, Oxford, v.23, p.173-183, 1983.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.S.; BRANDÃO FILHO, J.U.T.; CALLEGARI, O.; PAGLIARI, P.H.; ARANTES, J.G.Z. Efeito de subdoses de 2,4-D na produtividade de fumo e suscetibilidade da cultura em função de seu estágio de desenvolvimento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.esp., p.30-34, 2007a.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.S.; FAGLIARI, J.R.; PAGLIARI, P.H.; ARANTES, J.G.Z.; CAVALIERI, S.D.; FRAMESQUI, V.P.; GONÇALVES, D.A. Efeito de subdoses de 2,4-D na produtividade do algodão e suscetibilidade da cultura em função de seu estágio de desenvolvimento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.esp., p.24-29, 2007b.

- DEUBER, R. **Ciência das plantas daninhas: fundamentos**. São Paulo: Funep, 1992. p.291-330.
- FOLEY, M.E.; NAFZIGER, E.D.; SLIFE, F.W.; WAX, L.M. Effect of glyphosate on protein and nucleic acid synthesis and ATP levels in common cocklebur (*Xanthium pensylvanicum*) root tissue. **Weed Science**, Champaign, v. 31, p.76-80, 1983.
- GUEVARA, G. **Efecto del 2,4-D sobre el algodón**. Saenz Peña: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuária, 1998. 12 p. (Boletim Técnico, 12).
- KOHLER, E.A.; THROSSELL, C.S.; REICHER, Z.J. 2,4-D rate response, absorption, and translocation of two ground ivy (*Glechoma hederacea*) populations. **Weed Technology**, Lawrence, v.18, n.917-923, 2004.
- KRUSE, N.D.; TREZZI, M.M.; VIDAL, R.A. Herbicidas inibidores da EPSPs: revisão de literatura. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Passo Fundo, v.1, p.139-146, 2000.
- MALIK, J.; BARRY, G.; KISHORE, G. The herbicide glyphosate. **Biofactores**, v.2, p.17-25, 1989.
- MILLER, D.K.; DOWNER, R.G.; LEONARD, R.B.; HOLMAND, E.M.; KELLY, S.T. Response of non glyphosate resistant cotton to reduced rates of glyphosate. **Weed Science**, Champaign, v.52, p.178-182, 2004.
- OLIVEIRA JÚNIOR, R.S.; CONSTANTIN, J.; BRANDÃO FILHO, J.U.T.; CALLEGARI, O.; PAGLIARI, P.H.; CAVALIERI, S.D.; FRAMESQUI, V.P.; CARREIRA, S.A.M.; ROSO, A.C. Efeito de subdoses de 2,4-D na produtividade de uva Itália e suscetibilidade da cultura em função de seu estágio de desenvolvimento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.esp., p.35-40, 2007.
- PITELLI, R.A.; MARCHI, S.R. Interferência das plantas invasoras nas áreas de reflorestamento. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS E O USO DE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTO, 3, 1991, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 1991. p.1-11.
- PRATA, F. **Comportamento do glifosato no solo e deslocamento miscível de atrazina**. 2002. 149p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- QUEIROZ, C.A.S.; VELINI, E.D.; CORREA, T.M.; ALVES, E. Avaliação da deriva de glyphosate em eucalipto e pinus. In: REUNIÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 9, Botucatu, 2002. **Resumos...** Botucatu, 2002. (1 CD).
- RAMOS, H.H.; DURIGAN, J.C. Avaliação da eficiência da mistura pronta de glyphosate + 2,4-D no controle da *Commelina virginica* L. em citros. **Planta Daninha**, Viçosa, v.14, p.33-41, 1996.
- RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 5.ed. Londrina: Edição dos Autores, 2005. 592p.
- SBCPD – SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina, 1995. 42p.
- SBS – SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. **O setor florestal brasileiro: estatísticas**. São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www.sbs.org.br/estatisticas.htm>. Acesso em: 28 out 2008.
- SIEBERT, J.D.; GRIFFIN, J.L.; JONES, C.A. Residual effect of 2,4-D on whole-stalk and billet-planted sugarcane. **Weed Technology**, Lawrence, v.18, p.304-309, 2004.
- SILVA, A.A.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L.R. Herbicidas: classificação e mecanismos de ação. In: SILVA, A.A.; SILVA, J.F. (Eds). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: Editora UFV, 2007. 367p.
- THILL, D. Growth regulator herbicides. In: THILL, D. **Herbicide action course**. West Lafayette: Purdue University, 2003. p.267-291.
- TOLEDO, R.E.B. **Efeitos da faixa de controle e dos períodos de controle e de convivência de *Brachiaria decumbens* Stapf no desenvolvimento inicial de plantas de *Eucalyptus urograndis***. 1998. 71p. Tese (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.
- TOLEDO, R.E.B.; ALVES, P.L.C.A.; VALLE, C.; ALVARENGA, S.F. Comparação dos custos de quatro métodos de manejo de *Brachiaria decumbens* Stapf em área de implantação de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v.20, n.3, p.319-330, 1996.

- TOLEDO, R.E.B.; VICTORIA FILHO, R.; ALVES, P.L.C.A.; PITELLI, R.A.; LOPES, M.A.F. Faixas de controle de plantas daninhas e seus reflexos no crescimento de plantas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.64, p.78-92, 2003.
- TUFFI SANTOS, L.D.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L.R.; DUARTE, W.M.; TIBURCIO, R.A.S.; SANTOS, M.V. Intoxicação de espécies de eucalipto submetidas à deriva do glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v.24, n.2, p.359-364, 2006.
- TUFFI SANTOS, L.D.; FERREIRA, F.A.; MEIRA, R.M.S.A.; BARROS, N.F.; FERREIRA, L.R.; MACHADO, A.F.L. Crescimento e morfoanatomia foliar de eucalipto sob efeito de deriva de glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v.23, n.1, p.133-142, 2005.
- TUFFI SANTOS, L.D.; MACHADO, A.F.L.; VIANA, R.G.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F.A.; SOUZA, G.V.R. Crescimento do eucalipto sob efeito da deriva de glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v.25, n.1, p.133-137, 2007.
- VICTÓRIA FILHO, R. Tipos de herbicidas para uso em florestas. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.4, n.12, p.36-44, 1987.
- YAMASHITA, O.M.; GUIMARÃES, S.C. Resposta de cultivares de algodoeiro a subdoses de glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v.23, n.4, p.627-633, 2005.
- YAMASHITA, O.M.; VIEIRA, R.G.; RONDON NETO, R.M.; SANTI, A.; ALBERGUINI, S.E. Resposta de varjão (*Parkia multijuga*) a subdoses de glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v.24, n.3, p.527-531, 2006.
- ZIMDAHL, R.L. Auxin-like herbicides. In: ZIMDAHL, R.L. **Fundamentals of weed science**. Fort Collins: Colorado State University, 1999. p.324-332.

Recebido em 08/04/2009  
Aceito para publicação em 17/08/2009