

## Crescimento inicial de *Jatropha curcas* L. sob doses de fósforo e deriva de glyphosate

Neumárcio Vilanova da Costa<sup>1</sup>, Silvio Douglas Ferreira<sup>1</sup>, Sheila Cordeiro da Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Oeste do Paraná/Conselho de Ensino, Pesquisa e Extensão/Centro de Ciências Agrárias. Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil. E-mail: neumarciovc@hotmail.com (ORCID: 0000-0003-2576-7470); agrosilvio@outlook.com (ORCID: 0000-0002-8989-4498); sheila428@hotmail.com (ORCID: 0000-0002-4721-2129)

**RESUMO:** Objetivou-se com este trabalho avaliar o crescimento inicial de plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) sob efeito de adubação fosfatada e simulação de deriva de glyphosate. O experimento foi conduzido utilizando-se vasos plásticos, acondicionados em condições de campo. O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 3 x 5 três doses de fósforo (0, 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e cinco doses de glyphosate (0; 1,1; 3,3; 10 e 30 g ha<sup>-1</sup>), com quatro repetições. Foram avaliados: área foliar, matéria seca total, teor de lignina e celulose, teor de fosforo foliar, e as trocas gasosas. Concluiu-se que adubações a partir de 40 kg ha<sup>-1</sup> apresentaram em média os maiores incrementos em: área foliar; matéria seca total; teor de fósforo e para a fotossíntese líquida. As doses de simulação de deriva de glyphosate acima de 30 g ha<sup>-1</sup> podem prejudicar o crescimento de plantas de pinhão manso considerando-se as variáveis: matéria seca total, conteúdo de lignina e celulose e proteína. A adubação fosfatada pode tornar as plantas de pinhão manso tolerantes às doses de simulação de deriva de glyphosate.

**Palavras-chave:** adubação; fotossíntese; pinhão manso

## Initial growth of *Jatropha curcas* L. under phosphorus doses and glyphosate drift

**ABSTRACT:** The objective of this study was to evaluate the initial growth of jatropha (*Jatropha curcas* L.) plants under the effect of phosphate fertilization and simulation of glyphosate drift. The experiment was conducted using plastic vessels, conditioned under field conditions. A randomized block design, in a 3 x 5 factorial scheme, three doses of phosphorus (0, 40 and 80 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) and five doses of glyphosate (0, 1.1, 3.3, 10 e 30 g ha<sup>-1</sup>) with four replicates. Leaf area, total dry matter, lignin and cellulose content, foliar phosphorus content, and gas exchange were evaluated. It was concluded that fertilizations from 40 kg ha<sup>-1</sup> presented on average the largest increases in: leaf area; total dry matter; phosphorus content and for liquid photosynthesis. The simulation doses of glyphosate drift above 30 g ha<sup>-1</sup> may impair the growth of jatropha plants considering the following variables: total dry matter, lignin content and cellulose and protein. Phosphate fertilization may render jatropha plants tolerant to glyphosate drift simulation doses.

**Key words:** fertilization; photosynthesis; jatropha

## Introdução

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) apresenta um grande potencial sócio econômico, pois o seu óleo pode ser utilizado na produção de biodiesel reduzindo a dependência do país em relação aos combustíveis fósseis (Koh & Ghazi, 2011).

Contudo, para conseguir alta produtividade de frutos, a planta exige solos férteis e com boas condições físicas (Parawira, 2010). Logo, a adubação do solo pode ser decisiva para alcançar o sucesso e lucratividade da cultura. Assim, ainda existe a necessidade de estudos para avaliar o efeito da adubação fosfatada no crescimento inicial do pinhão manso (Silva, 2010).

No Brasil, a produção do pinhão manso surgiu como consignaço do Plano Nacional de Produção de Biodiesel, que divulgaram esta oleaginosa como uma cultura que possui potencial para atender o programa, por possuir um potencial de rendimento de grãos e óleo, além da possibilidade de consórcio durante a fase inicial com outras culturas de interesse alimentar e econômico (Nery et al., 2009).

Entretanto, no Brasil o plantio comercial ainda baseia-se na implantação e domesticação de espécies, todavia, criou-se a expectativa de que a cultura deixe de ser um potencial e passe a ser uma das matérias prima para o mercado de biodiesel (Andréo-Souza et al., 2010).

As informações sobre recomendações técnicas de manejo, principalmente às referentes ao controle de plantas daninhas na cultura do pinhão manso ainda são escassas (Costa et al., 2009). Porém, para se obter boas produções, faz-se necessário o manejo das plantas daninhas, pois, estas plantas, competem com as culturas por água, luz e nutrientes prejudicando assim o seu desenvolvimento.

Dentre os principais métodos de controle de plantas daninhas, se destaca o controle químico, sendo o glyphosate (N-fosfometilglicina) o herbicida mais utilizado como dessecante no Brasil e no mundo (Bastos & Simoni, 2010).

Ao ser depositado na planta, o glyphosate chegar ao local de ação e inibe a via do ácido chiquimico, prejudicando a síntese de aminoácidos, proteínas e hormônios vegetais, causando a morte da planta (Velini, 2010). Entretanto, quando utilizada em subdoses, pode ocorrer um estímulo na fotossíntese das plantas, e o estímulo do desenvolvimento vegetal (Cedergreen & Olesen, 2010).

Além do mais, outros estudos têm demonstrado que o uso de glyphosate, em pequenas doses, pode vir a estimular o acúmulo de massa seca de plantas, a produção de tirosina e caroteno, além da absorção de fósforo (Godoy, 2007).

Durante a aplicação do glyphosate existe a possibilidade de ocorrer deriva acidental no campo. Portanto, vários estudos com simulação de deriva foram realizados em espécies como café, eucalipto e jenipapo, que apresentaram diversas reações, tais como: estímulo ao crescimento e área foliar, na altura e diâmetro e na produção vegetal (Gusmão et al., 2011; Rodrigues-Costa et al., 2012; Yamashita et al., 2013). Isto posto, não se tem informação da deriva do glyphosate sobre a cultura do pinhão manso.

Logo, as hipóteses do presente trabalho basearam-se no fato de que a adubação fosfatada pode tornar as plantas de pinhão manso tolerantes à ação da deriva de glyphosate. Bem como, as subdoses do glyphosate pode favorecer ou não o crescimento inicial do pinhão manso.

Desta forma, o objetivo foi avaliar o crescimento inicial de plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) sob o efeito de níveis de adubação fosfatada e simulação de deriva de glyphosate.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido em vasos, que foram acondicionados em condições de campo (área livre de proteção). As sementes utilizadas foram obtidas no Distrito de Itahum, Dourados, Mato Grosso do Sul, (22°05'45" S) e (55°18'50" W).

O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso (DBC), em esquema fatorial (3 x 5), referente a três doses de fósforo P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0, 40, 80 kg ha<sup>-1</sup>) e cinco doses de simulação de deriva de glyphosate (0; 1,1; 3,3; 10 e 30 g ha<sup>-1</sup>), com quatro repetições. Cada repetição foi constituída por um vaso com uma planta.

As plantas foram conduzidas em vasos de 20 litros contendo solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico, previamente adubado, que apresentaram as seguintes características: pH=5,5 (CaCl<sub>2</sub>); 3,73 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de H<sup>+</sup> Al; 4,79 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>+2</sup>; 0,91 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg<sup>+2</sup>; 0,15 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K<sup>+</sup>; 1,75 mg dm<sup>-3</sup> de P; 6,84 g dm<sup>-3</sup> de MO; 5,85 % de SB; 9,58 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de CTC e V de 65,97%.

A adubação química utilizada para semeadura baseou-se nos resultados de análise do solo e na cultura da mamoneira, por ser da mesma família do pinhão manso. Com base nisto, foi utilizando 0,15 g por vaso de nitrogênio (N), na forma de uréia (45% N) e 0,3 g por vaso de potássio (KCl), na forma de cloreto de potássio (60% K<sub>2</sub>O). Não foi necessário realizar a calagem. A fonte de fósforo utilizada foi o superfosfato simples (18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

Tal procedimento foi adotado devido às dificuldades de recomendações de adubação específicas para a cultura do pinhão manso. A adubação de cobertura foi realizada aos 45 dias após a semeadura (DAS), utilizando-se 10 g de uréia por vaso.

Foram semeadas quatro sementes por vaso, sete dias após emergência (DAE) realizou-se o raleamento deixando apenas uma planta por vaso. Aos 30 DAE quando as plantas apresentaram altura média de 30 cm, aplicou-se as doses de simulação de deriva com glyphosate.

A pulverização das doses do glyphosate foi realizada com auxílio de um pulverizador costal, pressurizado a CO<sub>2</sub> equipado com barra de quatro pontas, espaçadas 50 cm entre si, disposta a 50 cm de altura em relação às plantas, munido com ponta Jacto F110/0-8/3 (110/LD/02), com de pressão de 22 Lb pol<sup>-2</sup> e volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>. As condições ambientais no momento das aplicações foram: temperatura de 23 °C, umidade relativa do ar de 70% e velocidade do vento de 6 Km h<sup>-1</sup>.

Após 35 dias da aplicação da simulação de deriva foi realizada a determinação das trocas gasosas, utilizando-se o medidor portátil de fotossíntese, IRGA LI-6400XT (Licor Inc. Lincoln, NE). Também foram medidas as seguintes características: eficiência do uso da água ( $\mu\text{mol mmol}^{-1}$ ), fotossíntese ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condutância estomática (gs) ( $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), transpiração (E) ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e concentração interna  $\text{CO}_2$  (Ci), ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$ ).

Todas as plantas foram avaliadas no mesmo dia, entre 9 e 11 horas da manhã, com céu limpo e iluminação natural. As medidas foram feitas sempre na região mediana com as folhas completamente expandidas, totalmente expostas à radiação solar, sem sinais de ataques de insetos-praga ou doenças.

Após o término do período do experimento, aos 56 dias após aplicação, as plantas foram retiradas dos vasos e separadas em partes (raiz, caule e folhas), dimensionado a área foliar com auxílio do medidor de área Licor Instruments (*modelo LI 3100*), que realiza a medição da folha em  $\text{cm}^2$ , depois embaladas as partes em sacos de papel e colocadas para seca em estufa de circulação forçada de ar a  $65 \text{ }^\circ\text{C}$  por 72 h, para determinação da matéria seca. Determinou-se também o conteúdo de lignina, celulose e teor de fósforo foliar, de acordo as metodologias propostas por Ferraz et al., (2000), Santos (2000) e Tedesco et al., (1995), respectivamente.

Os dados foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade. Quando se constatou efeito significativo, as médias foram comparadas pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

## Resultados e Discussão

Não foram verificados sintomas visíveis de fitotoxidez nas plantas pinhão manso, durante a condução do experimento, com nenhuma dose do herbicida. Estes resultados são diferentes dos observados por Rodrigues-Costa et al. (2012), que trabalhou com simulação de deriva nas plantas de eucalipto e verificou intoxicação visual na planta inteira (+10%), até os 20 DAE, com sub dose de  $30 \text{ g ha}^{-1}$  de glyphosate.

Já Tuffi-Santos et al. (2006), ao simular deriva com doses de glyphosate ( $43,2$  a  $345,6 \text{ g ha}^{-1}$ ) em clones de eucalipto, observaram sintomas de fitointoxicação de até 85%, além do mais, as plantas apresentaram murcha, cloroses e necroses. Os autores relacionaram grau dos sintomas a quantidade com as subdoses em contato com as plantas.

Deste modo, o não aparecimento da fitointoxicação de ter relação com a pequena quantidade de glyphosate utilizada, ou pela rusticidade da planta. Contudo, tem que se realizar mais experimento para que se possa obter uma melhor informação sobre a dose glyphosate que pode prejudicar a planta de pinhão manso.

Verificou-se interação significativa entre a adubação fosfatada e as doses de glyphosate (Tabela 1). O aumento dos níveis de fósforo proporcionou aumento da área foliar.

**Tabela 1.** Médias da área foliar ( $\text{cm}^2$ ) de plantas de pinhão manso submetidas a diferentes níveis de fósforo e doses de simulação de deriva de glyphosate aos 56 dias após a aplicação.

Glyphosate ( $\text{g ha}^{-1}$ )	Fósforo $\text{kg ha}^{-1}$ ( $\text{P}_2\text{O}_5$ )		
	0	40	80
0	4609,78 Bab	5918,02 Aa	6659,75 Aa
1,1	4516,85 Aab	5029,28 Ab	5117,42 Ac
3,3	5309,75 Ba	5504,74 ABab	6110,70 Aab
10	4960,38 Ba	5458,51 ABab	5794,40 Abc
30	3860,20 Cb	5852,78 Bab	6386,36 Aa
F Fósforo (F)	33,280**		
F glyphosate (G)	17,849**		
F (F)*(G)	2,804**		
F Bloco	1,216 <sup>ns</sup>		
CV	10,73		

Médias seguidas de letras maiúsculas na linha, e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste LSD ( $p \geq 0,05$ ).

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns – não significativo

Em relação às doses de glyphosate, a dose de simulação de deriva de  $30 \text{ g ha}^{-1}$ , no tratamento sem adubação foi a que mais reduziu, com 16,3% menos área foliar. No entanto, o tratamento com de  $80 \text{ g ha}^{-1}$  da adubação, e dose de simulação de deriva de  $30 \text{ g ha}^{-1}$ , reduziu apenas, a área foliar em 4,1%.

Estes resultados corroboram França et al. (2013), que trabalharam com doses de simulação de deriva em cafeeiro, e observaram que doses a partir de  $57,6 \text{ g ha}^{-1}$  de glyphosate proporcionaram redução na área foliar, todavia, quando utilizaram doses de  $230,4$  e  $460,8 \text{ g ha}^{-1}$ , as reduções variam de 6,9 e 11,9%, respectivamente.

Contudo, Carbonari et al. (2007) observaram que doses de ( $1,8$  a  $36 \text{ g ha}^{-1}$ ) aumentaram 45% da área foliar em relação a testemunha, porém, a partir de  $72 \text{ g ha}^{-1}$  ocorreram significativas reduções na área foliar das plantas de eucalipto.

A matéria seca total das plantas de pinhão manso obteve diferença estatística nas doses de fósforo e doses de simulação de deriva de glyphosate (Tabela 2). O aumento da média da matéria seca das plantas, com a dose de  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de fósforo foi de 10,4% maior, que a média da testemunha sem adubação.

A maior redução na média da matéria seca das plantas foi observado com a deriva da dose de  $30 \text{ g ha}^{-1}$  de glyphosate, sendo 11,7% inferior a testemunha sem deriva.

Em trabalho com sub doses de glyphosate em plantas de café Yamashita et al., (2013) não verificaram alteração da altura das plantas em relação a testemunha. Já Silva et al., (2009) verificaram estímulos nas características de crescimento e no desenvolvimento em cana-de-açúcar aos 25 dias após aplicação, com a dose de simulação de deriva que variaram  $1,8$  a  $720 \text{ g ha}^{-1}$ . Os autores ainda citaram que a doses  $1,8$  a  $720 \text{ g ha}^{-1}$ , promoveu a maior altura em comparação a testemunha.

A análise do conteúdo de lignina apresentou diferença para as doses de fósforo e glyphosate (Tabela 3). Deste modo, à medida que se aumenta as doses de fósforo, há um

**Tabela 2.** Médias da matéria seca total (g) de plantas de pinhão manso submetidas a diferentes doses de fósforo e simulação de deriva de glyphosate aos 56 dias após a aplicação.

Glyphosate (g ha <sup>-1</sup> )	Fósforo kg ha <sup>-1</sup> (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )			Médias
	0	40	80	
0	98,20	102,60	106,00	102,26 ab
1,1	99,20	102,60	107,40	103,6 ab
3,3	104,05	104,80	110,60	106,46 a
10	89,80	98,00	104,20	97,33 b
30	82,00	89,60	99,80	90,46 c
Médias	94,64 C	99,52 B	105,60 A	
F Fósforo (F)	10,758**			
F glyphosate (G)	8,260**			
F (F)*(G)	0,472 <sup>ns</sup>			
F Bloco	1,367 <sup>ns</sup>			
CV (%)	8,38			

Médias seguidas de letras maiúsculas na linha, e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste LSD ( $p \geq 0,05$ ).

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns – não significativo

**Tabela 3.** Conteúdo de lignina (%) nas folhas de plantas de pinhão manso 56 dias após a simulação de deriva com glyphosate.

Glyphosate (g ha <sup>-1</sup> )	Fósforo kg ha <sup>-1</sup> (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )			Médias
	0	40	80	
0	16,90	18,12	18,93	17,98 ab
1,1	16,70	16,86	18,06	17,21 bc
3,3	17,59	18,77	19,62	18,66 a
10	15,52	16,04	17,01	16,19 cd
30	14,46	15,22	16,11	15,26 d
Médias	16,48 B	17,39 B	18,64 A	
F Fósforo (F)	8,002**			
F glyphosate (G)	18,739**			
F (F)*(G)	0,527 <sup>ns</sup>			
F Bloco	0,342 <sup>ns</sup>			
CV (%)	10,97			

Médias seguidas de letras maiúsculas na linha, e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste LSD ( $p \geq 0,05$ ).

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns – não significativo

aumento no conteúdo de lignina. A dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> obteve a maior média 18,64, sendo este valor 13,1% maior que a testemunha sem adubação fosfatada.

Com relação ao uso do glyphosate na simulação de deriva o aumento das doses até 3,3 g ha<sup>-1</sup> apresentou conteúdo de lignina crescente, no entanto, para as doses de 10 e 30 g ha<sup>-1</sup>, respectivamente, este valor foi diminuindo.

Segundo Meschede et al. (2012) a aplicação de glyphosate altera os níveis de lignina no crescimento da planta. De acordos com os autores citados esta alteração foi verificada em ensaio de simulação de deriva, onde 72 g ha<sup>-1</sup> de glyphosate proporcionou as menores reduções nos teores de lignina em plantas de cana-de-açúcar.

Logo, Rizzard et al. (2003), relatam que o glyphosate pode facilitar o ataque de pragas e doenças, pois as doses de simulação de deriva do herbicida podem causar redução do

acúmulo tanto de lignina quanto de fitoalexinas, deixando as plantas mais vulneráveis.

Constatou-se que não houve efeito significativo para as adubações fosfatadas (Tabela 4). No entanto, as doses de simulação de deriva de glyphosate proporcionaram diferença, destacando a média da testemunha com 23,9% mais celulose, que a média das demais doses.

Os resultados observados neste experimento difere dos efeitos encontrados por Meschede et al. (2011), em que, as doses de simulação de deriva de 36 a 720 g ha<sup>-1</sup> de glyphosate em plantas de *Brachiaria*, promoveram incremento de 8,95% nos teores de celulose, aos 60 dias após aplicação.

Para avaliação do fósforo foliar, ficou evidente que o aumento nas doses de fósforo aplicada proporcionou aumento no acúmulo de fósforo na folha (Tabela 5). Entre as doses de fósforo, a que obteve a maior média foi a de 80 kg ha<sup>-1</sup> superando em 204,9 e 52,4%, as médias das doses de 40 e 0 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

**Tabela 4.** Conteúdo de celulose (%) em folhas de plantas de pinhão manso 56 dias após a simulação de deriva com glyphosate.

Glyphosate (g ha <sup>-1</sup> )	Fósforo kg ha <sup>-1</sup> (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )			Médias
	0	40	80	
0	34,99	33,16	34,07	34,07 a
1,1	27,73	29,40	29,92	29,02 b
3,3	27,81	29,03	31,05	28,96 b
10	27,08	27,08	27,26	27,13 bc
30	24,91	24,70	24,94	24,85 c
F Fósforo (F)	0,526 <sup>ns</sup>			
F glyphosate (G)	11,534**			
F (F)*(G)	0,422 <sup>ns</sup>			
F Bloco	0,851			
CV (%)	13,47			

Médias seguidas de letras maiúsculas na linha, e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste LSD ( $p \geq 0,05$ ).

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns – não significativo

**Tabela 5.** Análise foliar de fósforo (g kg) de plantas de pinhão manso aos 56 dias após a simulação de deriva com glyphosate.

Glyphosate (g ha <sup>-1</sup> )	Fósforo kg ha <sup>-1</sup> (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )			Médias
	0	40	80	
0	0,18	0,50	1,50	0,72 b
1,1	0,50	1,25	2,00	1,25 ab
3,3	0,50	1,00	1,25	0,91 b
10	0,75	1,50	2,25	1,50 a
30	0,75	1,00	1,00	0,91 b
Médias	0,53 C	1,05 B	1,60 A	
F Fósforo (F)	13,075**			
F glyphosate (G)	2,645*			
F (F)*(G)	0,808 <sup>ns</sup>			
F Bloco	0,532 <sup>ns</sup>			
CV (%)	61,97			

Médias seguidas de letras maiúsculas na linha, e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste LSD ( $p \geq 0,05$ ).

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns – não significativo

Em relação às doses de simulação de deriva de glyphosate, a dose que obteve a maior média numérica foi a de 10 g ha<sup>-1</sup> de glyphosate, superando a testemunha em 108%. Este resultado pode ser muito importante, devido às dificuldades que se tem para aproveitar plantas aproveitar as adubações fosfatadas.

Além disso, Godoy (2007) relatou que utilização de doses de simulação de deriva de glyphosate como um estimulante da expressão de transportadores de fósforo, tornaria viável a exploração de solos deficientes nesse mineral, além de promover uma utilização racional de adubos, visando à conservação do ambiente.

Carbonari et al. (2007), observaram efeito positivo no crescimento, aumento da biomassa, desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular das plantas de eucalipto, bem como incrementos na absorção e acúmulo de fósforo nas folhas, quando submetidas a doses de simulação de deriva de glyphosate.

O mecanismo de ação do glyphosate está relacionado principalmente a inibição da enzima EPSPs, além de causar reduções nas sínteses de clorofila, síntese de fitoalexinas e de lignina, síntese de proteínas, fotossíntese, respiração e transpiração (Castro, 2007; Carvalho et al., 2014). Já, Pereira (2016) verificou que a absorção e a translocação do <sup>14</sup>C-glyphosate aplicado via foliar ou radicular em plantas de *Eucalyptus grandis* foi maior nas plantas submetidas à deficiência de fosfato. Desta maneira, a adubação fosfatada pode minimizar as injúrias do glyphosate, por meio da redução da absorção e translocação, do estímulo na ativação dos mecanismos de defesa da planta e do aumento da atividade da enzima EPSPs (Perim et al., 2011).

A fotossíntese foi influenciada pela interação das doses de adubação e doses de simulação de deriva (Tabela 6). Assim, à medida que se elevou a dose da adubação fosfatada, observou-se aumento na fotossíntese. Para as doses de simulação de deriva, as maiores doses de glyphosate (10 e 30 g ha<sup>-1</sup>) com adubação fosfatada de 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup>, apresentaram fotossíntese menor que a testemunha.

Zobiole et al. (2010) também verificaram efeito negativo da aplicação de glyphosate sobre o processo fotossintético em plantas de soja, as quais obtiveram uma redução de 12% na taxa fotossintética.

Resultados semelhantes foram encontrados por Cedergreen & Olesen (2010) que verificaram estímulo na fotossíntese de plantas de cevada quando expostas à doses de simulação de deriva de glyphosate. Os autores destacaram que o efeito persistiu até a colheita. Outro resultado idêntico foi observado por Machado et al. (2010), inferindo estímulo na taxa de fotossíntese em plantas de eucalipto, com dose de 43,2 g ha<sup>-1</sup> de glyphosate.

Para a transpiração e eficiência do uso da água, não houve diferença significativa. Avaliação da concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) apresentou efeito significativo apenas com o uso doses de fósforo. Deste modo, o uso da dose de 40 e 80 kg ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, reduziu a Ci, na ordem de 0,4 e 4,2%, respectivamente, em relação à testemunha.

Pereira et al. (2010), trabalharam com plantas jovens de eucalipto, e verificaram que a transpiração foliar nas plantas aumentou em até 18% quando submetida à dose de 30 g ha<sup>-1</sup> de glyphosate, no entanto, ao utilizar a dose de 120 g ha<sup>-1</sup>, obteve uma redução de até 22% em comparação à testemunha.

Machado et al. (2010) encontraram resultados significativos para a eficiência no uso de água e na taxa de fotossíntese por plantas de eucalipto submetidas à aplicação de doses de simulação de deriva de glyphosate. O mesmo autor cita que a eficiência no uso da água foi alterada pelo incremento nas doses do herbicida, nas doses de 43,2 e 86,4 g ha<sup>-1</sup> de glyphosate, e que houve incremento na produção de matéria seca por unidade de água transpirada, e a partir da dose de 86,4 g ha<sup>-1</sup> de glyphosate.

De modo geral, nos tratamentos que apresentaram menor Ci pode indicar maior eficiência da taxa fotossintética, enquanto que maior Ci pode indicar menor eficiência, resposta provável a um acúmulo de CO<sub>2</sub> no mesófilo foliar por prejuízos relacionados à produção de energia metabólica (ATP) e NADPH, necessários para a síntese orgânica.

**Tabela 6.** Trocas gasosas de plantas de pinhão manso aos 35 dias após a aplicação de glyphosate.

Glyphosate (g ha <sup>-1</sup> )	Fósforo kg ha <sup>-1</sup> (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )																	
	0			40			80			0			40			80		
	Fotossíntese líquida μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>			Transpiração mol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>			Eficiência fisiológica do uso da água mol CO <sub>2</sub> mol H <sub>2</sub> O <sup>-1</sup>			Concentração interna CO <sub>2</sub> (Ci) μmol CO <sub>2</sub> mol ar <sup>-1</sup>			Condutância estomática (gs) mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>					
0	16,93 Bc	19,42 Aba	21,18 Aab	4,28	4,53	4,90	3,95	4,31	4,35	216,65	231,97	219,7	0,20 Ab	0,23 Aab	0,24 Aab			
1,1	18,15 Bbc	20,97 Aba	23,06 Aa	4,69	4,83	4,48	3,89	5,04	4,81	225,43	213,42	202,44	0,24 Aab	0,25 Aab	0,22 Aab			
3,3	20,61 Aab	19,95 Aa	18,15 Ab	4,77	5,30	4,04	4,38	3,81	4,63	212,73	231,63	208,48	0,25 Aba	0,28 Aa	0,22 Bab			
10	22,58 Ba	18,25 Aa	22,74 Aa	5,18	4,32	4,85	4,36	4,29	4,61	215,8	209,22	202,7	0,28 Aa	0,20 Ba	0,26 ABa			
30	18,66 Abc	18,29 Aa	21,05 Aab	4,85	4,50	5,16	4,27	4,09	4,09	224,46	221,98	215,54	0,22 Aab	0,23 Aab	0,26 Aa			
Médias										219,01 A			218,04 AB			209,78 B		
F <sub>Fósforo</sub> (F)	3,827*			0,001 <sup>ns</sup>			1,574 <sup>ns</sup>			3,013*			0,08 <sup>ns</sup>					
F <sub>glyphosate</sub> (G)	1,618 <sup>ns</sup>			0,183 <sup>ns</sup>			1,243 <sup>ns</sup>			1,312 <sup>ns</sup>			0,415 <sup>ns</sup>					
F (F)*(G)	2,537*			2,179 <sup>ns</sup>			1,151 <sup>ns</sup>			1,330 <sup>ns</sup>			2,432*					
F <sub>Bloco</sub>	2,289 <sup>ns</sup>			11,864 <sup>ns</sup>			1,605 <sup>ns</sup>			2,194 <sup>ns</sup>			3,863*					
C.V. (%)	12,24			13,14			67,58			6,06			18,44					

Médias seguidas de letras maiúsculas na linha, e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste LSD (p ≥ 0,05).

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns – não significativo

Para a variável condutância estomática (gs), houve interação significativa entre os fatores, na dose 0 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a dose de simulação de deriva de 10 g ha<sup>-1</sup> de glyphosate foi diferente estatisticamente da testemunha, sendo esta 39,60% maior. Para as doses de 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, todos os tratamentos foram iguais a testemunha.

Carvalho (2011) verificou que plantas expostas ao glyphosate aos 10 dias após a aplicação apresentaram maior condutância estomática (0,32 mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) na dose de 262 g ha<sup>-1</sup> e que aos 15 DAA o Ci mostrou-se diferenciado para cada dosagem, elencando redução do Ci, com o aumento da dosagem.

Todavia, são necessários ainda mais estudos em relação às aplicações de simulação de deriva do glyphosate em plantas de pinhão manso, pois devido ao curto prazo de avaliação não foi possível observar o efeito de crescimento nas plantas com o aumento das doses de simulação de deriva.

Igualmente, devem-se avaliar as plantas até o seu período reprodutivo para constatarem um possível efeito hormese e seus possíveis resultados benéficos na produção da planta, tanto em crescimento, como na produtividade e nos seus teores de óleo.

## Conclusões

No crescimento inicial as adubações fosfatadas a partir de 40 kg ha<sup>-1</sup> apresentaram em média os maiores incrementos em: área foliar; matéria seca de folhas, caule e matéria seca total; teor de fósforo e para a fotossíntese líquida.

Doses de simulação de deriva de glyphosate acima de 30 g ha<sup>-1</sup> podem prejudicar o crescimento de plantas de pinhão manso considerando-se as variáveis: matéria seca total, conteúdo de lignina e celulose e proteína.

A adubação fosfatada tende a tornar as plantas de pinhão manso tolerantes as doses de simulação de deriva de glyphosate.

## Literatura Citada

- Andréo-Souza, Y.; Pereira, L.A.; Silva, F.F.S.; Riebeiro-Reis, R.C.; M.R.V.; Castro, R.D.; Dantas, B.F. Effect of salinity on physic nut (*Jatropha curcas* L.) seed germination and seedling initial growth. *Revista Brasileira de Sementes*, v.32, n.2, p.83-92, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0101-3122010000200010>.
- Bastos, A.B.; Simoni, J.A. Determinação da variação de entalpia da interação entre o herbicida glifosato e os íons cálcio, cobre, zinco e alumínio em solução aquosa por calorimetria por titulação isotérmica. *Augmdomus*, v.2, n.1, p.60-71, 2010. <http://revistas.unlp.edu.ar/index.php/domus/issue/current/showtoc>. 22 Jan. 2017.
- Carbonari, C.; Meschede, D.K.; Velini, E.D. Efeitos da aplicação de glyphosate no crescimento inicial de mudas de eucalipto submetidas a dois níveis de adubação fosfatada. In: Simpósio Internacional sobre GLYPHOSATE, 1., 2007, Botucatu. Anais. Botucatu: FEPAF, 2007. p. 68-70.
- Carvalho, F. P. D.; França, A. C.; Souza, B. P. D.; Fialho, C. M. T.; Santos, J. B. D.; Silva, A. A. D. Water use efficiency by coffee arabica after glyphosate application. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 36, n. 3, p. 373-377, 2014. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v36i3.17830>.
- Carvalho, L. B. Interferência de *digitaria insularis* em *coffea arabica* e respostas destas espécies ao glyphosate. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2011. 119p. Tese Doutorado. <http://hdl.handle.net/11449/105209>, 22 Jan. 2017.
- Castro, P. R. C. A rota do ácido shiquímico e suas implicações na defesa das plantas. *Informações Agronômicas*, n. 119, p. 26-38, 2007.
- Cedergreen, N.; Olesen, C.F. Can glyphosate stimulate photosynthesis. *Pesticide Biochemistry Physiology*, v.96, n.3, p.140-148, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2009.11.002>.
- Costa, N.V.; Erasmo, E.A.L.; Queiroz, P.A.; Dornelas, D.F.E.; Dornelas, B.F. Efeito da deriva simulada de glyphosate no crescimento inicial de plantas de pinhão-manso. *Planta Daninha*, v.27, n.especial, p.105-110, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582009000500024>.
- Ferraz, A.; Mendonça, R.; Silva, F. T. Organosolv delignification of white-and brown-rotted *Eucalyptus grandis* hardwood. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, v.75, n.1, p.18-24, 2000. [https://doi.org/10.1002/1097-4660\(200012\)75:12<1190::AID-JCTB342>3.0.CO;2-K](https://doi.org/10.1002/1097-4660(200012)75:12<1190::AID-JCTB342>3.0.CO;2-K).
- França, A.C.; Carvalho, F.P.; Fialho, C.M.T.; D'Antonino, L.; Silva, A.A.; Santos, J.B.; Ferreira, L.R. Deriva simulada do glyphosate em cultivares de café Acaia e Catucaí. *Planta Daninha*, v.31, n.2, p.443-451, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582013000200023>.
- Godoy, M.C. Efeitos do glyphosate sobre o crescimento e absorção de fósforo pela soja. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 2007. 42p. Dissertação Mestrado. <http://hdl.handle.net/11449/86362>. 18 Jan. 2017.
- Gusmão, G.A.; Neto, R.M.R.; Yamashita, O.M. Deriva simulada de glyphosate em plantas jovens de jenipapo (*Genipa americana* L.). *Revista Brasileira de Herbicidas*, v.10, n.1, p.13-19, 2011. <https://doi.org/10.7824/rbh.v10i1.91>.
- Koh, M.Y.; Ghazi, T.I.M. A review of biodiesel production from *Jatropha curcas* L. oil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.15, n.5, p.2240-2251, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.02.013>.
- Machado, A.F.L.; Ferreira, L.R.; Santos, L.D.T.; Ferreira, F.A.; Viana, R.G.; Machado, M.S.; Freitas, F.C.L. Eficiência fotossintética e uso da água em plantas de eucalipto pulverizadas com glyphosate. *Planta Daninha*, v.28, n.2, p.319-327, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582010000200011>.
- Meschede, D.K.; Velini, E.D.; Carbonari, C.A.; Trindade, M.L.B.; Cotrick Gomes, G.L.G.C. Efeitos do glyphosate nos teores de lignina, celulose e fibra em *brachiaria decumbens*. *Revista Brasileira de Herbicidas*, v.10, n.1, p.57-63, 2011. <https://doi.org/10.7824/rbh.v10i1.77>.
- Meschede, D.K.; Velini, E.D.; Carbonari, C.A.; Moraes, C.P. Teores de lignina e celulose em plantas de cana-de-açúcar em função da aplicação de maturadores. *Planta Daninha*, v.30, n.1, p.121-127, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582012000100014>.

- Nery, A.R.; Rodrigues, M.L.N.; Silva, M.B.R.; Fernandes, P.D.; Chaves, L.H.G.; Dantas Neto, J.; Gheyi, H.R. Crescimento do pinhão-mansão irrigado com águas salinas em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.13, n.5, p.551-558, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000500007>.
- Parawira, W. Biodiesel production from *Jatropha curcas*: a review. *Scientific Research and Essays*, v.5, n.14, p.1796-1808, 2010. [http://www.academicjournals.org/article/article1380634226\\_Parawira.pdf](http://www.academicjournals.org/article/article1380634226_Parawira.pdf). 22 Jan. 2017.
- Pereira, F.C.M. Efeito do glyphosate e do fósforo em eucalipto. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016. 183p. Tese Doutorado. <http://hdl.handle.net/11449/141525>. 15 Jan. 2017.
- Pereira, R.M.R.; Peres, A.C.R.; Costa, N.V.; Dagoberto, A.E.K.; Silva, M.R. Efeito da deriva de glyphosate sobre algumas características fisiológicas em plantas de eucalipto. *Interiencia* v.35, n.4, p.279-283, 2010. <http://hdl.handle.net/11449/5596>. 10 Jan. 2017.
- Perim, L.; Prando, M. B.; Rosolem, C. A. Cinética de absorção de fósforo em soja transgênica após a aplicação de glyphosate. *Revista Brasileira de Herbicidas*, v.10, n.1, p. 143-150, 2011. <https://doi.org/10.7824/rbh.v10i2.111>.
- Rizzardi, M.A.; Fleck, N.G.; Agostinetto, D.; Balbinot, Jr. A.A. Ação dos herbicidas sobre o mecanismo de defesa das plantas e dos patógenos. *Ciência Rural*, v.33, n.5, p.957-965, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000500026>.
- Rodrigues-Costa, A.C.P.; Costa, N.V.; Pereira, M.R.R.; Martins, D. Efeito da deriva simulada de glyphosate em diferentes partes da planta de *Eucalyptus grandis*. *Semina: Ciências Agrárias*, v.33, n.5, p.1663-1672, 2012. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n5p1663>.
- Santos, C. R. Métodos não-convencionais para determinação de celulose como parâmetro de seleção de árvores matrizes visando a produção de polpa kraft-AQ. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2000. 117p. Dissertação Mestrado. [http://bdpi.usp.br/single.php?\\_id=001135600](http://bdpi.usp.br/single.php?_id=001135600). 16 Jan. 2017.
- Silva, A.N. Produção de Pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função da adubação, de níveis de água e da seletividade de herbicidas. Piracicaba: USP; Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2010. 87p. Dissertação Mestrado. <https://doi.org/10.11606/D.11.2011.tde-08022011-090824>.
- Silva, M.A.; Aragão, N.C.; Barbosa M.A.; Jeronimo E.M.; Carlin S.D. Efeito hormótico de glyphosate no desenvolvimento inicial de cana-de-açúcar. *Bragantia*, v.68, n.4, p.973-978, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052009000400017>.
- Tedesco, M. J.; Gianello, C.; Bissani, C. A.; Bohnen, H.; Volkweiss, S. J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Solos, 1995. 174p.
- Tuffi-Santos, L.D.; Ferreira, L.R.; Ferreira, F.A.; Duarte, W.M.; Tiburcio, R.A.S.; Machado, A.F.L. Intoxicação de eucalipto submetido à deriva simulada de diferentes herbicidas. *Planta Daninha*, v.24, n.3, p.521-526, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582006000300014>.
- Velini, E.D.; Trindade, M.L.B.; Barberis, L.R.M. Duke, S.O. Growth regulation and other secondary effects of herbicides. *Weed Science*, v.58, n.3, p.351-354, 2010. <https://doi.org/10.1614/WS-D-09-00028.1>.
- Yamada, T.; Castro, P. R. C. Efeitos do glifosato nas plantas: implicações fisiológicas e agronômicas. *Informações Agronômicas*, n. 119, p. 1-32, 2007.
- Yamashita, O. M.; Orsi, J.V.N.; Resende, D.D.; da Silva Mendonça, F.; Campos, O.R.; Massaroto, J.A.; Carvalho, M.A.C.; Koga, P.S.; Peres W.M.; Alberguini, A.L. Deriva simulada de herbicidas em mudas de *Coffea canephora*. *Scientia Agraria Paranaensis*, v.12, n.2, p.148-156, 2013. <https://doi.10.18188/1983-1471/sap.v12n2p148-156>.
- Zobiolo, L.H.S.; Oliveira Jr, R.S.; Constantin, J.; Biffe, D.F.; Kremer, R.J. Uso de aminoácido exógeno na prevenção de injúrias causadas por glyphosate na soja RR. *Planta Daninha*, v.28, n.3, p.643-653, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582010000300022>.