

# DESEMPENHO FOTOSSINTÉTICO E MICORRIZAÇÃO EM PLANTAS DE SOJA ROUNDUP READY TRATADAS COM DIFERENTES FORMULAÇÕES DE GLYPHOSATE

## PHOTOSYNTHETIC PERFORMANCE AND MYCORRHIZATION IN ROUNDUP READY SOYBEAN PLANTS TREATED WITH DIFFERENT FORMULATIONS OF GLYPHOSATE

Ronaldo Matias REIS<sup>1</sup>; Wellington Luiz ALMEIDA<sup>2</sup>; Marcelo Rodrigues dos REIS<sup>3</sup>; Cláudio Pagotto RONCHI<sup>4</sup>; Daniel Valadão SILVA<sup>5</sup>

1. Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa, MG, Brasil. [ronaldo.reis@ufv.br](mailto:ronaldo.reis@ufv.br); 2. Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal – UFV, Rio Paranaíba, MG, Brasil; 3. Professor Adjunto, UFV, Rio Paranaíba, MG, Brasil; 4. Professor Adjunto, UFV, Florestal, MG, Brasil. 5. Pós-doutorando no Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal – UFV, Rio Paranaíba, MG, Brasil.

**RESUMO:** Com a expansão do cultivo de soja resistente ao glyphosate, observa-se aumento considerável tanto do uso desse herbicida como do número de formulações comerciais à base deste princípio ativo. Objetivou-se, portanto, avaliar o efeito de seis formulações de glyphosate (Roundup Original<sup>®</sup>, Trop<sup>®</sup>, Roundup Ultra<sup>®</sup>, Roundup WG<sup>®</sup>, Roundup Transorb R<sup>®</sup> e Zapp Qi<sup>®</sup>) em parâmetros fotossintéticos, colonização micorrízica e produtividade de soja (TMG 125 Roundup Ready), na região do Alto Paranaíba. Utilizou-se do delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Uma única aplicação dos herbicidas (720 g e.a. ha<sup>-1</sup>) foi realizada entre os estádios V<sub>2</sub>-V<sub>3</sub>. Aos 3 e 7 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), foram feitas avaliações instantâneas de trocas gasosas entre 08:00 e 9:00 h, em folíolos completamente expandidos. Em seguida, o desempenho fotossintético foi avaliado por meio de curvas de luz (taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> vs irradiância). A colonização micorrízica, altura de plantas e massa seca da parte aérea foram avaliadas quando as plantas de soja atingiram o estágio R<sub>2</sub>. Além disso, avaliaram-se o peso de sementes e produtividade de soja. As diferentes formulações de glyphosate não afetaram as trocas gasosas das plantas de soja, nem a eficiência dessas plantas na utilização da irradiância, razão pela qual também não se observou diferenças significativas na massa seca da parte aérea, colonização micorrízica e produtividade de soja.

**PALAVRAS CHAVE:** Soja transgênica. Herbicidas. Fotossíntese. *Glycine max*. Micorrização. Rendimento quântico.

## INTRODUÇÃO

No Brasil são cultivados 50,83 milhões de hectares de soja aproximadamente 85 % dessa área corresponde a soja transgênica resistente ao glyphosate (CONAB, 2012). Nesta modalidade de cultivo, o glyphosate é aplicado em pós-emergência da cultura no controle das plantas daninhas nos estágios que a competição seria extremamente negativa para a cultura (SANTOS et al., 2007). Atualmente são disponibilizados no mercado diversas formulações de glyphosate, formuladas à base de três diferentes sais (sal isopropilamina, sal potássico e sal amônio). Muitas destas formulações, mesmo sem registro, estão sendo utilizadas nas regiões produtoras de soja do país.

O glyphosate atua na rota do ácido chiquímico, especificamente, sobre a enzima EPSPs (5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase), evitando a transformação do chiquimato em corismato. Os principais produtos que derivam do corismato são os aminoácidos aromáticos tirosina, fenilalanina e triptofano. No caso da soja resistente ao glyphosate,

a tolerância ao herbicida foi obtida pela inserção de um gene (AroA) oriundo do genoma da *Agrobacterium* sp., estirpe CP4, que codifica uma enzima alvo-insensível ao glyphosate (CP4-EPSPs). Na planta, a CP4-EPSPs proporciona um “by-pass” na rota do chiquimato o que permite a rota funcionar normalmente, mesmo quando a enzima nativa é inibida pelo glyphosate (DILL et al., 2008; VELINI et al., 2009).

A soja transgênica, apesar de resistente ao glyphosate, pode sofrer danos no seu metabolismo, quando é submetida ao herbicida, mesmo nas doses recomendadas. Sintomas de clorose e necroses foliares, redução do crescimento da soja e maior susceptibilidade a estresses hídricos após a aplicação de glyphosate foram evidenciados em alguns trabalhos (REDDY; ZABLOTOWICZ, 2003; FOLONI et al., 2005; ZABLOTOWICZ; REDDY, 2007). Provavelmente, esses sintomas podem ser a causa ou mesmo consequência de alterações no metabolismo fotossintético. Recentemente, em estudo realizado com doses crescente de glyphosate (produto comercial Roundup Ready<sup>®</sup>), Zobiolo et al.

(2010a) demonstraram que com o aumento das doses de glyphosate, a fotossíntese, eficiência do uso da água e produção de biomassa da soja transgênica foram afetados de maneira drástica pelo herbicida. Todavia, existem poucos estudos sobre o efeito do glyphosate na fisiologia da soja transgênica, especialmente, relacionados às trocas gasosas e à eficiência na utilização da energia luminosa, que são processos básicos na produção de biomassa.

O impacto do glyphosate sobre os microrganismos simbioses radiculares tem sido questionado, devido à grande importância desses agentes biológicos na nutrição e sanidade da cultura da soja. Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA), por meio da micorriza arbuscular, podem aumentar a absorção de nutrientes do solo, como o fósforo. Essa contribuição é particularmente importante nos solos ácidos e de baixa fertilidade, como os do Cerrado (MIRANDA et al., 2002). Embora o efeito do glyphosate sobre associação micorrízica da soja já tenha sido estudado por Morandi (1989), Mujica et al. (1999), Maly et al. (2006) e Reis et al. (2010), os resultados são controversos e não elucidam se este efeito pode

estar ligado as diferentes formulações comerciais do produto. Além disso, a maioria dos trabalhos mencionados foram conduzidos *in vitro* ou em casa de vegetação, podendo, portanto, não retratar as condições de campo.

Deste modo, objetivou-se estudar o efeito de diferentes formulações de glyphosate sobre o desempenho fotossintético, colonização micorrízica, crescimento e produtividade da cultivar de soja Roundup Ready (RR) TMG 125.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nas condições de campo, durante os meses de novembro a março (ano agrícola 2010/11), no município de Rio Paranaíba (longitude 46° 09' 46" W, latitude 19° 12' 26" S e altitude de 1.159 m), sob clima Cwa segundo classificação de Köppen e Geiger (1928) citado por Sá Júnior (2009). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, com textura argilosa e relevo plano (EMBRAPA, 2006). As características químicas do solo na camada de 0-20 cm de profundidade se encontram na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características químicas do solo da área experimental antes do cultivo da soja.

pH	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	T	V	m	M.O
	mg dm <sup>-3</sup>		-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					%		dag kg <sup>-1</sup>
5,9	12,4	129	2,6	0,8	0,0	2,81	6,54	57,0	0,0	1,5

Extratores: pH: H<sub>2</sub>O; P e K: Mehlich -1; Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>: HCl 1 mol L<sup>-1</sup>; H+Al: Ca(OAc)<sub>2</sub> 0,5 mol L<sup>-1</sup>.

As sementes da cultivar de soja TMG 125 RR foram tratadas com o fungicida thiophanate-methyl (0,625 g kg<sup>-1</sup> de sementes) e inoculadas com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* SEMIA 5079 e SEMIA 5080 (9 x 10<sup>9</sup> células viáveis kg<sup>-1</sup> de sementes). Aos 15 dias antes da semeadura da soja, a área experimental foi dessecada com aplicação de uma mistura de glyphosate + 2,4 D (1.440 + 470 g ha<sup>-1</sup>). A adubação mineral foi realizada no sulco de plantio, de forma semelhante aos cultivos comerciais da região, constituindo-se de 300 kg ha<sup>-1</sup> do formulado NPK 2-20-20.

A semeadura foi realizada no dia 19 de novembro de 2010, no espaçamento de 50 cm, com densidade de 14 plantas por metro, a uma profundidade de 5 cm. As parcelas experimentais constaram de 5 linhas de soja com 5 m de comprimento, sendo a área útil perfazendo as 3 linhas centrais descontadas 0,5 m em cada borda da parcela (1,5 x 4,0m). Foram utilizadas as formulações Roundup Original<sup>®</sup>, Trop<sup>®</sup>, Roundup

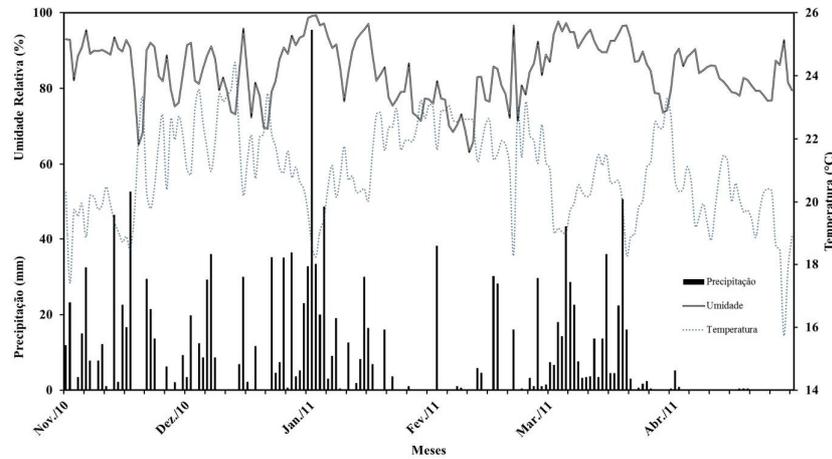
Ultra<sup>®</sup>, Roundup WG<sup>®</sup>, Roundup Transorb R<sup>®</sup> e Zapp Qi<sup>®</sup>, todas aplicadas na dose de 720 g e.a. ha<sup>-1</sup> de glyphosate. Além disso, foram mantidas duas testemunhas (capinada e não capinada). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições.

Fez-se apenas uma aplicação dos herbicidas, aos 25 dias após a semeadura da soja (estádio V<sub>2</sub>-V<sub>3</sub>). Utilizou-se de um pulverizador costal pressurizado a CO<sub>2</sub>, operando à pressão constante de 3,0 kgf cm<sup>-2</sup>, equipado com barra de quatro pontas tipo "leque" 110.03, espaçadas de 50 cm, a uma altura de 60 cm em relação ao solo e volume de calda de 150 L ha<sup>-1</sup>. A aplicação foi realizada entre 06:00 e 08:00 h, sob temperatura e umidade relativa do ar de 21°C e 64 %, respectivamente.

Os dados climáticos diários de precipitação, umidade relativa e temperatura durante o experimento foram adquiridos da estação meteorológica da Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba, localizada próximo da área

experimental (Figura 1). No manejo de pragas da cultura utilizaram-se os inseticidas flubendiamide ( $24 \text{ g ha}^{-1}$ ) beta-cyfluthrin ( $10 \text{ g ha}^{-1}$ ) + imidacloprid ( $80 \text{ g ha}^{-1}$ ) e novaluron ( $5 \text{ g ha}^{-1}$ ) para o controle da lagarta da soja (*Anticarsia gemmatalis*) e os

percevejos (*Nezara viridula*, *Piezodorus guildinii* e *Euschistus heros*). No controle da ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) utilizou-se o fungicida cyproconazole + picoxystrobin ( $24 + 60 \text{ g ha}^{-1}$ ).



**Figura 1.** Precipitação, umidade relativa e temperatura durante os meses de condução do experimento (novembro/2010 a abril/2011).

No terceiro e sétimo dias após a aplicação dos herbicidas (DAH), foram feitas avaliações instantâneas de trocas gasosas, entre 08:00 e 09:00 h, na parte mediana do primeiro folíolo completamente expandido a partir do ápice das plantas. As taxas de assimilação líquida de  $\text{CO}_2$  ( $A$ ), a condutância estomática ( $g_s$ ), a taxa transpiratória ( $E$ ), a razão entre as concentrações interna e externa de  $\text{CO}_2$  ( $C_i:C_a$ ) e a eficiência instantânea no uso da água ( $A/E$ ) foram medidas em sistema aberto, sob luz saturante artificial ( $1.500 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), concentração de  $\text{CO}_2$  ambiente, com um analisador de gás a infravermelho portátil (LICOR 6400XT, Li-COR, Lincoln, EUA).

Imediatamente após as medições instantâneas de trocas gasosas, portanto entre 09:00 e 12:00 h, apenas no 3º DAH, o desempenho fotossintético foi também avaliado por meio de curvas de luz ( $A$  vs radiação fotossinteticamente ativa - RFA). Durante o procedimento, a temperatura da folha foi mantida constante e próxima à temperatura do ar ( $\sim 23^\circ\text{C}$ ), e a concentração de  $\text{CO}_2$  e de vapor d'água foram aquelas do ambiente. Os dados foram ajustados ao modelo da hipérbole não retangular, utilizando-se do método dos mínimos quadrados através do programa *light response curve fitting 1.0* for Windows. Estimaram-se o rendimento quântico aparente ( $\phi$ ), o ponto de compensação luminoso (PCL), a taxa assimilatória líquida máxima sob luz saturante ( $A_{\text{max}}$ ), a respiração no escuro ( $R_d$ ) e a irradiância de saturação ( $I_s$ ). Considerou-se  $I_s$  como

sendo aquela capaz de promover 90 % da taxa assimilatória líquida, estimada após ajuste dos parâmetros da curva de luz.

Quando a soja atingiu o estágio  $R_2$  (florescimento pleno), avaliou-se a altura de plantas e coletaram-se quatro plantas de cada parcela para a determinação da matéria seca da parte aérea e colonização micorrízica das raízes. A colonização radicular por fungos micorrízicos foi avaliada pelo método da intersecção em placa reticulada (GIOVANNETTI; MOSSE, 1980), após as raízes serem descoradas em solução KOH 10 % e coradas com azul de tripano 0,05 % em lactoglicerol (BRUNDRETT et al., 1996). Os resultados foram expressos em porcentagem do comprimento de raízes colonizadas por fungos micorrízicos arbusculares. Na avaliação da matéria seca, as plantas amostradas foram secas em estufa de circulação forçada de ar, a temperatura de  $72^\circ\text{C}$ , até atingirem massa constante. Avaliaram-se o peso de mil sementes e a produtividade da soja, corrigindo-se o teor de umidade para 13 %.

Os dados após tabulados foram submetidos à análise de variância pelo teste  $F$ , e, quando necessário, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As trocas gasosas das plantas de soja, avaliadas aos 3 e 7 DAH, pela medição de  $A$ ,  $g_s$ ,  $E$ ,

$C_i:C_a$  e  $A/E$ , não foram afetadas pelo tratamento das plantas com 720 g e.a. ha<sup>-1</sup> de glyphosate, aplicado em diferentes formulações (Tabela 2). Os valores gerais médios encontrados para  $A$  (17 a 19  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , aos 3 DAH, e de 21 a 24  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , aos 7 DAH) estão coerentes com os observados por Da Matta et al. (2001) para a cultura. Esses resultados indicam que, independente da formulação de glyphosate usada, uma única aplicação de glyphosate em dose relativamente baixa (mas suficiente para controlar as plantas daninhas) pode não alterar as trocas gasosas da soja. No entanto,

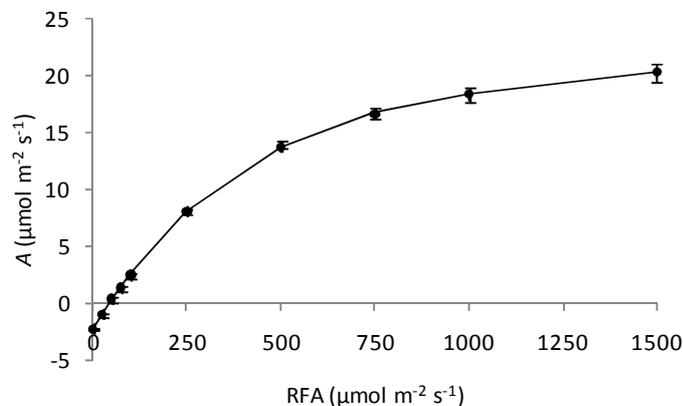
outros trabalhos indicam que o aumento da dose do herbicida pode provocar reduções da  $A$  (ZOBIOLE et al., 2010ab) e na  $E$  e  $g_s$  (ZOBIOLE et al., 2010b). Esses últimos autores constaram ainda reduções das trocas gasosas, na primeira e segunda geração de soja RR, quando aplicadas doses de 800 a 2400 g e.a. ha<sup>-1</sup> do glyphosate na formulação à base de sal potássio. Todavia, Albrecht et al. (2011) ressaltam que os efeitos de glyphosate sobre a soja resistente depende do estágio da planta em que o herbicida é aplicado.

**Tabela 2.** Taxa de assimilação líquida de  $\text{CO}_2$  ( $A$ ), condutância estomática ao vapor d'água ( $g_s$ ), taxa transpiratória ( $E$ ), relação entre as concentrações interna e externa de  $\text{CO}_2$  ( $C_i:C_a$ ) e eficiência instantânea no uso da água ( $A/E$ ) em folhas de soja, aos 3 e 7 dias após a aplicação (DAH) de diferentes formulações de glyphosate. Média geral dos tratamentos  $\pm$  erro padrão da média

Parâmetros Fotossintéticos	Médias gerais	
	3 DAH	7 DAH
$A$ ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	18,01 $\pm$ 0,256	23,66 $\pm$ 0,300
$g_s$ ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	799,41 $\pm$ 17,097	1281,31 $\pm$ 18,134
$E$ ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	5,46 $\pm$ 0,033	8,56 $\pm$ 0,054
$A/E$ ( $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ de H}_2\text{O}$ )	3,37 $\pm$ 0,066	2,77 $\pm$ 0,031
$C_i:C_a$	0,78 $\pm$ 0,002	0,76 $\pm$ 0,003

As diferentes formulações de glyphosate também não afetaram os parâmetros fotossintéticos obtidos pela curva de luz em folhas de soja, sendo, portanto, apresentadas as médias gerais na Figura 2 e Tabela 3. A cultura da soja, quando submetida a baixas intensidades luminosas ou a fatores que

reduzam a eficiência do aparato fotossintético, como os herbicidas, pode apresentar menores taxas de fitomassa, de crescimento, de assimilação líquida e, no entanto, um elevado estiolamento, condicionando o acamamento em condições de campo (CASAROLI et al., 2007).



**Figura 2.** Respostas fotossintéticas à radiação fotossinteticamente ativa (RFA) em folhas de plantas de soja, aos 3 dias após a aplicação de diferentes formulações de glyphosate. Média geral dos tratamentos  $\pm$  erro padrão da média ( $n = 21$ ).

**Tabela 3.** Rendimento quântico aparente ( $\phi$ ), ponto de compensação luminoso (PCL), taxa assimilatória líquida máxima sob luz saturante ( $A_{\max}$ ), respiração no escuro ( $R_d$ ) e irradiância de saturação ( $I_s$ ) em folhas de plantas de soja, aos três dias após a aplicação de diferentes formulações de glyphosate. Média geral dos tratamentos  $\pm$  erro padrão da média (n = 21)

Parâmetros	Média geral
$\phi$ (mol CO <sub>2</sub> mol fótons <sup>-1</sup> )	0,053 $\pm$ 0,0005
PCL ( $\mu$ mol fótons m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	46,1 $\pm$ 0,61
$A_{\max}$ ( $\mu$ mol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	26,49 $\pm$ 0,202
$R_d$ ( $\mu$ mol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	2,31 $\pm$ 0,027
$I_s$ ( $\mu$ mol fótons m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	965,7 $\pm$ 6,26

A colonização micorrízica das plantas de soja (MIC) não foi afetada pelas diferentes formulações, na dose de 720 g e.a. ha<sup>-1</sup> de glyphosate (Tabela 4). Em trabalho realizado por Reis et al. (2010), em condições de campo, a aplicação única de glyphosate e a aplicação sequencial aos 15, 30 e 45 DAE (1080 g e.a. ha<sup>-1</sup>) não afetaram a colonização micorrízica da soja tratada ou não com a mistura endossufan + tebuconazole. Dentre os poucos trabalhos citados na literatura sobre os efeitos do glyphosate sobre FMAs (MORANDI 1989, MUJICA et al. 1999, MALTY et al. 2006, REIS et al. 2010), apenas

Malty et al. (2006) demonstraram que o glyphosate afeta espécies de FMA (*Gigaspora margarita*, *Glomus etunicatum* e *Scutellospora heterogama*) em meio de cultura. Verificaram que com o aumento das doses do equivalente ácido de glyphosate de 0,0 a 409,0  $\mu$ mol L<sup>-1</sup>, houve redução na germinação e no crescimento dos tubos germinativos das espécies de FMAs avaliadas. No entanto, tais concentrações são muito superiores à concentração esperada no solo para doses recomendadas de glyphosate que, conforme Moorman (1986), é cerca de 7  $\mu$ mol L<sup>-1</sup>.

**Tabela 4.** Altura de plantas (AP), matéria seca da parte aérea (MS), colonização micorrízica (MIC), produtividade de grãos (PS) e peso de mil sementes (PMIL) de soja transgênica tratada com diferentes formulações comerciais de glyphosate<sup>(1)</sup>

Tratamentos	AP cm	MS %	MIC %	PS kg ha <sup>-1</sup>	PMIL g
Testemunha com capina	45,2a	7,4a	83,4a	2612,8a	174,1ab
Testemunha sem capina	43,7a	9,2a	77,4a	1536,1b	158,2b
Roundup Original <sup>®</sup>	44,7a	9,2a	84,6a	2971,7a	176,6ab
Trop <sup>®</sup>	45,3a	9,2a	81,2a	3246,7a	173,6ab
Roundup Transorb R <sup>®</sup>	42,5a	8,6a	87,0a	2968,9a	171,7ab
Zapp Qi <sup>®</sup>	41,6a	9,2a	83,4a	2927,2a	177,7a
Roundup Ultra <sup>®</sup>	43,0a	8,1a	83,5a	3107,8a	181,3a
Roundup WG <sup>®</sup>	44,6a	8,2a	87,6a	3010,0a	170,0ab
CV % <sup>(1)</sup>	7,0	12,6	6,83	9,6	4,8

<sup>(1)</sup> Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; <sup>(2)</sup> Coeficiente de variação.

O crescimento das plantas de soja, medido por meio da altura de plantas e da matéria seca da parte aérea (Tabela 4), não foi influenciado pelas diferentes formulações de glyphosate. Isso era esperado uma vez que o metabolismo fotossintético e a capacidade de absorção de nutrientes minerais do solo (via micorrização), responsáveis diretos pelo crescimento das plantas, também não foram

afetados pelo herbicida. Resultados semelhantes foram encontrados por Correia e Durigan (2007), no qual a aplicação de oito diferentes formulações comerciais de glyphosate (sete sais de isopropilamina e um sal de amônio), na dose de 1200 g e.a. ha<sup>-1</sup>, não afetaram o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas de soja. Do mesmo modo, Vidrine et al. (2002), utilizando sal

de isopropilamina de glyphosate (p.c. Roundup Ultra®), nas doses de 420 a 840 g e.a. ha<sup>-1</sup>, não verificaram intoxicação visual nas plantas de soja tratadas com o herbicida, logo, a produtividade de soja não foi alterada.

Constataram-se reduções superiores a 42 % na PS da cultura na ausência do controle das plantas daninhas quando comparada aos demais tratamentos. A aplicação dos produtos Zapp Qi® Roundup Ultra® aumentou em aproximadamente 12 % o PMIL em relação à testemunha não capinada, mas sem diferir dos outros tratamentos. Os valores de redução da produtividade da cultura são próximos aos observados por Nepomuceno et al. (2007) confirmando a sensibilidade da soja a competição com as plantas daninhas principalmente na fase inicial de crescimento.

A PS e o PMIL não foram afetados pelas formulações de glyphosate. Nos trabalhos de Vidrine et al. (2002), Correia e Durigan (2007) e Reis et al. (2010) os resultados foram similares, para doses abaixo de 1200 g e.a. ha<sup>-1</sup> de glyphosate. No

entanto, Santos et al. (2007) observaram redução no rendimento de sementes de plantas de soja tratadas com o herbicida Roundup Transorb® (sal isopropilamina), na dose de 2.000 g e.a. ha<sup>-1</sup>.

## CONCLUSÕES

A aplicação do glyphosate na dose de 720 g e.a. ha<sup>-1</sup> não altera o metabolismo fotossintético.

O crescimento, a produção e a colonização micorrízica das plantas de soja, independente da formulação utilizada, nas condições do Alto Paranaíba.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro, e à COOPADAP, por disponibilizar a área experimental.

---

**ABSTRACT:** The expansion of soybean resistant to glyphosate has caused considerable increase in the use of this herbicide as well as the number of formulations based on this active ingredient. The aim is evaluate the effect of six formulations of glyphosate (Roundup Original®, Trop®, Roundup Ultra®, Roundup WG®, Roundup Transorb R® e Zapp Qi®) in photosynthetic parameters, mycorrhizal colonization and soybean yield (TMG 125 Roundup Ready), in the Alto Paranaíba. It was used a randomized block design with four replications. A single application of herbicides (780 g a.e ha<sup>-1</sup>) was performed between stages V<sub>2</sub>-V<sub>3</sub>. At 3 and 7 days after application of the treatments were evaluated instantaneous gas exchange between 08:00 and 9:00 am, in fully expanded leaflets. Then, the photosynthetic performance was evaluated by means of light curves (CO<sub>2</sub> assimilation rate vs. irradiance). The mycorrhizal colonization, plant height and shoot dry matter were assessed when the soybean plants reached the stage R<sub>2</sub>. In addition, we evaluated the weight of seeds and soybean yield. The different formulations of glyphosate did not affect gas exchange of soybean plants and the efficiency of these plants in the use of irradiance, therefore also no observed significant differences in shoot dry weight, mycorrhizal colonization and soybean yield.

**KEYWORDS:** Transgenic soybeans. Herbicide. Photosynthesis. *Glycine max*. Mycorrhization. Quantum yield.

---

## REFERÊNCIAS

- ALBRECHT, L. P.; BARBOSA, A. P.; SILVA, A. F. M.; MENDES, M. A.; MARASCHI-SILVA, L. M.; ALBRECHT, A. J. P. Desempenho da soja roundup ready sob aplicação de glyphosate em diferentes estádios. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 585-590, 2011.
- BRUNDRETT, M.; BOUGHER, N.; DELL, B.; GROVE, T.; MALAJCZUK, N. **Working with mycorrhizas in forest and agriculture**. 1. ed. Camberra: Pirie, 1996. 374 p.
- CASAROLI, D.; FAGAN, E. B.; SIMON, J. MEDEIROS, S. P.; MANFRON, P. A.; NETO, D. D.; VAN LIER, Q. J.; MULLER, L; MARTIN, T. N. Radiação solar e aspectos fisiológicos na cultura de soja (Revisão). **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 14, n. 2, p. 102-120. 2007.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safras brasileiras: Décimo levantamento julho 2012/ Companhia Nacional de Abastecimento**, Brasília: Conab, 2012.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Seletividade de diferentes herbicidas à base de glyphosate a soja RR. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 375-379, 2007.

DA MATTA, F. M.; LOOS, R. A.; RODRIGUES, R.; BARROS, R. S. Actual and potential photosynthetic rates of tropical crop species. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 13, n. 1, p. 24-32, 2001.

DILL, G. M.; CAJACOB, C. A.; PADGETTE, S. R. Glyphosate-resistant crops: adoption, use and future considerations. **Pest Management Science**, West Sussex, v.64, p.326-331, 2008.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Cnpso, 2006. 306p.

FOLONI, L. L.; RODRIGUES, D.; FERREIRA, F.; MIRANDA, R.; ONO, E. O. Aplicação de glifosato em pós-emergência, em soja transgênica cultivada no cerrado. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Passo Fundo, n. 3, p. 47-58, 2005.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, London, v. 84, n. 3, p. 489-490, 1980.

MALTY, J. S.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Efeitos do glifosato sobre microrganismos simbiotróficos de soja, em meio de cultura e casa de vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 285-291, 2006.

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N.; VILELA, L.; VARGAS, M. A.; CARVALHO, A. M. Importância da micorriza arbuscular para o cultivo da soja na região do cerrado. **Embrapa Cerrado**. Comunicado Técnico 75. Planaltina, p. 5, 2002.

MOORMAN, T. B. Effects of herbicides on the survival of *Rhizobium japonicum* strains. **Weed Science**, Urbana, v. 34, p. 628-633, 1986.

MORANDI, D. Effect of xenobiotics on endomycorrhizal infection and isoflavonoid accumulation in soybean roots. **Plant Physiology Biochemistry**, Amsterdam, v. 27, n. 5, p. 697-701, 1989.

MUJICA, M.; FRACCHIA, S.; OCAMPO, J. A.; GODEAS, A. Influence of the herbicides chlorsulfuron and glyphosate on mycorrhizal soybean intercropped with the weeds *Brassica campestris* or *Sorghum halepensis*. **Symbiosis**, Philadelphia, v. 27, n. 1, p. 73-81, 1999.

NEPOMUCENO, M.; ALVES, P.L.C.A.; DIAS, T.C.S.; PAVANI, M.C.M.D. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da soja nos sistemas de semeadura direta e convencional. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 43-50, 2007.

REDDY, K. N.; ZABLOTOWICZ, R. M. Glyphosate-resistant soybean response to various salts of glyphosate and glyphosate accumulation in soybean nodules. **Weed Science**, Urbana, v. 51, n. 4, p. 496-502, 2003.

REDDY, K. N.; RIMANDO, A. M.; DUKE, S.O. Aminomethylphosphoc acid, a metabolite of glyphosate, causes injury in glyphosate-treated, glyphosate-resistant soybean. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 52, n. 16, p. 5139-5143, 2004.

REIS, M. R.; SILVA, A. A.; PEREIRA, J. L.; FREITAS, M. A. M.; COSTA, M. D.; SILVA, M. C. S.; SANTOS, E. A.; FRANÇA, A. C.; FERREIRA, G. L. Impactos do glyphosate associado com endossulfan e tebuconazole sobre microrganismos endossimbiontes da soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 113-121, 2010.

SÁ JÚNIOR, A. **Aplicação da classificação de Koppen para o Zoneamento Climático do Estado de Minas Gerais**. 2009. 57 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) –Universidade Federal de Lavras, 2009.

SANTOS, J. B.; FERREIRA, E. A.; REIS, M. R.; SILVA, A. A.; FIALHO, C. M. T.; FREITAS, M. A. M. Avaliação de formulações de glyphosate sobre soja Roundup Ready. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 165-171, 2007.

VELINI, E. D.; MESCHEDÉ, D. K.; CARBONARI, C. A.; TRINDADE, M. L. B. **Glyphosate**. 1. ed. Botucatu: FEPAF, 2009. 496 p.

VIDRINE, P. R.; GRIFFIN, J. L.; BLOVIN, D. C. Evaluation of reduced rates of glyphosate and chlorimuron in glyphosate-resistant soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, Champaign, v. 16, n. 4, p. 731-736, 2002.

ZABLOTOWICZ, R. M.; REDDY, K. N. Nitrogenase activity, nitrogen content, and yield responses to glyphosate in glyphosate-resistant soybean. **Crop Protection**, Amsterdam, v. 26, p. 370-276, 2007.

ZOBIOLE, L. H. S.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; KREMER, R. J.; MUNIZ, A. S.; OLIVEIRA JUNIOR, A. Nutrient accumulation and photosynthesis in glyphosate-resistant soybeans is reduced under glyphosate use. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 33, n. 12, p. 1860-1873, 2010a.

ZOBIOLE, L. H. S.; KREMER, R. J.; OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J. Glyphosate affects photosynthesis in first and second generation of glyphosate-resistant soybeans. **Plant Soil**, Dordrecht, v. 265, p. 336-251, 2010b.