

CRESCIMENTO DE CULTIVARES DE CAFÉ ARÁBICA SUBMETIDOS A DOSES DO GLYPHOSATE¹

Growth of Arabica Coffee Cultivars Submitted to Glyphosate Doses

FRANÇA, A.C.², FREITAS, M.A.M.³, FIALHO, C.M.T.⁴, SILVA, A.A.⁵, REIS, M.R.⁶, GALON, L.⁷ e VICTORIA FILHO, R.⁸

RESUMO - Avaliaram-se, neste trabalho, os efeitos do glyphosate sobre o crescimento de três cultivares de café arábica. Utilizou-se o esquema fatorial (3 x 5) em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, sendo os tratamentos compostos por três cultivares de café: Catucaí Amarelo (2 SL), Oeiras (MG-6851) e Topázio (MG-1190) e cinco doses de glyphosate (0; 57,6; 115,2; 230,4; e 460,8 g ha⁻¹). O herbicida foi aplicado quando as plantas de café se apresentavam com 21 pares de folhas e de forma que não atingisse o terço superior delas. Aos 45 e 120 dias após a aplicação do glyphosate (DAA), avaliaram-se os incrementos na altura, na área foliar, no diâmetro do caule, no número de folhas e nos ramos plagiotrópicos, sendo eles mensurados inicialmente no dia da aplicação do herbicida; aos 10, 45 e 120 DAA, avaliou-se a porcentagem de intoxicação das plantas. A massa da matéria seca de folhas, raízes e caule, a densidade e o comprimento radicular foram avaliados aos 120 DAA. Os sintomas de intoxicação das plantas de café causados pelo glyphosate foram semelhantes nos diferentes cultivares, sendo caracterizados por clorose e estreitamento do limbo foliar. Os incrementos no número de folhas e ramos plagiotrópicos e no diâmetro do caule, independentemente do cultivar, não foram alterados pelo glyphosate. O cultivar Topázio foi o mais sensível ao glyphosate quanto a acúmulo de área foliar, de massa de matéria seca e densidade radicular.

Palavras-chave: *Coffea arabica*, deriva, EPSPs, herbicida, seletividade.

ABSTRACT - This study evaluated the effects of glyphosate on the growth of three arabica coffee cultivars. A factorial (3 x 5) was arranged in a randomized block design with four replications, with treatments consisting of three coffee varieties: Catucaí Amarelo (2 SL), Oeiras (MG-6851) and Topázio (MG-1190) and five glyphosate doses (0, 57.6, 115.2, 230.4 and 460.8 g ha⁻¹). The herbicide was applied when the coffee plants reached 21 pairs of leaves, before reaching their upper third ones. At 45 and 120 days after glyphosate application (DAA), increase in leaf area, stem diameter, number of leaves and plagiotropic branches was evaluated, being initially measured on the day the herbicide was applied, and plant intoxication rate at 10, 45 and 120 DAA. Dry matter of leaves, roots and stem, and root length and density were measured at 120 DAA. Symptoms of coffee plant intoxication caused by glyphosate were similar in different cultivars, being characterized by chlorosis and leaf narrowing. Increase in the number of leaves, plagiotropic branches and stem diameter, regardless of the cultivar, was not affected by glyphosate. Cultivar Topázio was the most sensitive to glyphosate, in terms of accumulation of leaf area, root dry matter and root density.

Keywords: *Coffea arabica*, drift, EPSPs, herbicide, selectivity.

¹ Recebido para publicação em 14.9.2009 e na forma revisada em 3.9.2010.

² Eng^o-Agr^o, D.Sc., Professor da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, 39100-000 Diamantina-MG, <cabralfranca@yahoo.com.br>; ³ Eng^o-Agr^o - Estudante de Mestrado em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa – DFT/UFV, Viçosa-MG; ⁴ Eng^a-Agr^a, M.Sc., Estudante de Doutorado em Fitotecnia – DFT/UFV, Viçosa-MG; ⁵ Eng^o-Agr^o, D.Sc., Professor, Dep. de Fitotecnia – DFT/UFV, Viçosa-MG; ⁶ Eng^o-Agr^o, D.Sc., Professor, Universidade Federal de Viçosa – UFV, Campus Rio Paranaíba-MG; ⁷ Eng^o-Agr^o, D.Sc., Professor, Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA-RS; ⁸ Professor Titular, Dep. de Produção Vegetal, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz – ESALQ/USP, <rvictoria@carpa.ciagri.usp.br>.



INTRODUÇÃO

O café apresenta grande importância para a economia brasileira, principalmente pelas divisas internacionais que proporciona, além da possibilidade de emprego para grande número de trabalhadores (Caixeta et al., 2008). Em virtude da forma de exploração, a cultura do café permitiu grandes avanços tecnológicos para otimizar seu produto final. Atualmente, a fim de garantir a competitividade e a permanência na atividade, o cafeicultor brasileiro tem de se esforçar para tornar a lavoura mais produtiva, rentável e lucrativa. Contudo, a maior lucratividade pode ser alcançada com aumento da produtividade ou redução nos custos de produção, ou pela otimização das atividades da cadeia produtiva, como, por exemplo, o adequado manejo das plantas daninhas (Ronchi et al., 2001).

As plantas daninhas, ao crescerem juntamente com as culturas agrícolas, podem interferir no desenvolvimento, reduzindo a produção (Lorenzi, 2000). O cafeeiro não é diferente de outras culturas quanto à competição exercida pelas plantas daninhas, pois esta promove efeitos adversos no crescimento e na produção, devido à competição por água, luz e nutrientes. Além disso, as plantas daninhas são hospedeiras de insetos e doenças que podem atacar as lavouras de café e também interferem nas práticas de manejo, como fertilizações, colheitas, entre outras (Ronchi et al., 2003; Silva et al., 2006).

Plantas jovens de café são muito sensíveis à interferência de plantas daninhas que ocorrem na linha de plantio, podendo ter seu crescimento e ciclo reprodutivo comprometidos caso o controle não seja efetuado em tempo hábil (Ronchi & Silva, 2003). No entanto, o manejo das plantas daninhas na linha de plantio do café torna-se dispendioso quando se usa o controle manual, pelo baixo rendimento operacional e alto custo por área. Uma alternativa a esse problema é o controle químico, mas poucos são os produtos registrados com comprovada seletividade à cultura (Ronchi & Silva, 2003).

A aplicação de herbicidas não seletivos é uma opção no manejo das plantas daninhas na linha de plantio, porém há necessidade de

se utilizar proteção, como barreiras físicas, evitando o contato das gotas aspergidas com a planta da cultura e pontas com indução de ar. Também devem ser tomados cuidados com a pressão de trabalho do pulverizador, bem como com a altura da barra, velocidade de operação e do vento na hora da aplicação (Freitas et al., 2005; Costa et al., 2007; Ferreira et al., 2007). Todavia, apesar de vários estudos sobre essa tecnologia de aplicação, são constatados muitos casos de intoxicação de plantas devido à dispersão das gotas para as plantas não alvo, intoxicando-as – esse fenômeno é identificado como deriva (Rodrigues et al., 2003; Ronchi & Silva, 2004).

Entre os herbicidas não seletivos utilizados no manejo das plantas daninhas em lavouras de café, destaca-se o glyphosate, devido às suas características físico-químicas, econômicas e ambientais favoráveis, como: baixo custo por aplicação, alta sorção no solo, baixa pressão de vapor e flexibilidade de aplicação. Além disso, o glyphosate controla grande número de espécies de plantas daninhas, mono e dicotiledôneas (anuais e perenes), e tem baixa toxicidade para mamíferos e organismos aquáticos (Green, 2007).

Diversos estudos têm evidenciado os efeitos negativos da deriva de glyphosate em: eucalipto (Tuffi Santos et al., 2005, 2007, 2009), algodoeiro (Yamashita & Guimarães, 2006), soja (Ellis & Griffin, 2002), milho (Magalhães et al., 2001), arroz irrigado (Ferreira et al., 2006), varjão (*Parkia multijuga*) (Yamashita et al., 2006), citros (Gravena et al., 2009), amendoim (Lassiter et al., 2007), tomate (Figueredo et al., 2007; Santos et al., 2007), coqueiro (Procópio et al., 2009) e pêssego (Tuffi Santos et al., 2006). Nesses trabalhos foram constatadas mudanças morfológicas e anatômicas nas folhas, causando diminuição na absorção de nutrientes e favorecendo a incidência de doenças, além de, em muitos casos, provocar menor crescimento e produtividade das culturas. Entretanto, existe carência de pesquisas que elucidam os efeitos da deriva do glyphosate em plantas de café, principalmente, no estágio vegetativo da cultura, até dois anos pós-plantio. Nessa fase observa-se maior utilização desse herbicida no controle de plantas daninhas na linha de plantio do café.

Objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos do glyphosate sobre o crescimento de três cultivares de café arábica.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizaram-se três cultivares de café (*Coffea arabica*) de porte baixo: Catucaí Amarelo (2 SL), Oeiras (MG-6851) e Topázio (MG-1190). As mudas foram produzidas por semeadura direta em sacolas de polietileno. No estágio de cinco pares de folhas completamente expandidas, as plantas foram transplantadas em vasos contendo 10 L de substrato composto por solo peneirado e esterco de curral curtido (3:1). Para fornecimento de P_2O_5 , utilizou-se de superfosfato simples (100 g por vaso), além de calcário dolomítico, a fim de elevar a saturação por bases a 60% (Guimarães et al., 1999). Os resultados das análises física e química do solo utilizado encontram-se na Tabela 1. Após o transplante das mudas, os vasos permaneceram em casa de vegetação, sob sistema de irrigação por aspersão, até a aplicação dos tratamentos. Adicionaram-se cloreto de potássio (31,48 g por vaso) e ureia (10 g por vaso) aos vasos, sendo parcelados aos 30 e 60 dias após o transplante (Guimarães et al., 1999).

O experimento foi instalado em esquema fatorial (3 x 5), com três cultivares de café e cinco doses de glyphosate, em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. As doses testadas foram: 0,0; 57,6; 115,2; 230,4; e 460,8 g ha⁻¹ de glyphosate, correspondentes, respectivamente, a 0,0; 4,0; 8,0; 16,0;

e 32,0% da dose comercial recomendada para o controle das plantas daninhas (1.440 g ha⁻¹). A parcela experimental foi constituída de um vaso, contendo uma planta.

Aos 120 dias após o transplante, em setembro de 2008, quando as plantas de café se apresentavam com cerca de 21 pares de folhas e seis ramos plagiotrópicos, realizou-se a aplicação do glyphosate de modo que não se atingisse o terço superior das plantas de café, utilizando pulverizador costal pressurizado a CO₂, calibrado na pressão constante de 250 kPa, munido com uma barra, com duas pontas de pulverização tipo leque (TT11002) espaçadas de 50 cm entre si, o que proporcionou aplicação de 200 L ha⁻¹ de calda. No momento da aplicação, aferiu-se a temperatura do ar (25,3 °C ± 1), a umidade relativa do ar (80% ± 3) e a velocidade do vento (2 km h⁻¹). Após a aplicação do glyphosate, as plantas permaneceram fora da casa de vegetação por 24 horas, protegidas do contato das folhas com a água de irrigação ou da chuva, visando evitar a lavagem do produto.

No dia da aplicação do glyphosate, determinaram-se a altura (cm), o diâmetro do caule (cm), o número de folhas e ramos plagiotrópicos e a área foliar (cm²) nas plantas de café, sendo esta realizada de acordo com o método não destrutivo proposto por Antunes et al. (2008), a fim de fornecer índices para avaliações posteriores quanto ao acúmulo dessas variáveis. A porcentagem de intoxicação das plantas de café pelo glyphosate em relação à testemunha foi avaliada aos 10, 45 e 120 dias após a aplicação (DAA), empregando-se a escala de 0 a

Tabela 1 - Características físicas e químicas do Latossolo Vermelho-Amarelo utilizado no experimento^{1/}. Viçosa-MG, 2009

Análise granulométrica (dag kg ⁻¹)												
Areia		Silte			Argila			Classe textural				
46		5			49			Argiloarenosa				
Análise química												
pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al	SB	t	T	m	V	
(H ₂ O)	(mg dm ⁻³)		(cmol _c dm ⁻³)									(%)
4,7	2,3	48	1,4	0,4	0,6	6,27	1,92	2,52	8,19	24	23	
P-rem	Zn		Fe		Mn		Cu		B		MO	
(mg L ⁻¹)	(cmol _c dm ⁻³)											
24,3	2,6		91,3		14,3		1,1		0,7		2,4	

^{1/} Análises realizadas no Laboratório de Análises Físicas e Químicas de Solo do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.



100%, em que 0 corresponde à ausência de sintomas visíveis e 100% à morte das plantas (Frans, 1972). Aos 45 e 120 DAA, mensurou-se o incremento na altura das plantas, no diâmetro do caule, no número de folhas, no número de ramos plagiotrópicos e na área foliar, sendo essa mensuração subtraída da avaliação realizada ao 0 DAA. Aos 120 DAA, as plantas foram seccionadas rente ao solo, sendo separadas em folhas, caule e raízes. Nas raízes das plantas, determinaram-se o comprimento (cm) e a densidade radicular, sendo esta medida através da razão entre a massa de matéria fresca das raízes e o volume de água deslocado (g mL^{-1}). As amostras das plantas de café foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar ($65\text{ }^{\circ}\text{C}$), até atingirem massa constante, para determinação da matéria seca.

Para a interpretação dos dados, empregou-se a análise de variância, utilizando-se o teste F ($p \leq 0,05$). Efetuou-se o desdobramento da interação significativa, empregando-se o teste de Tukey a 5% para as comparações entre cultivares e análise de regressão para as doses de glyphosate, com escolha dos modelos baseada na sua significância, no fenômeno biológico e no coeficiente de determinação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto às variáveis área foliar, mensurada aos 45 e 120 DAA, e densidade radicular e massa de matéria seca da raiz, mensuradas aos 120 DAA, observou-se efeito significativo da interação entre os fatores testados (cultivar x dose), sendo ela desdobrada, estudando-se as doses para cada cultivar e cultivares em cada dose do glyphosate. Para as demais características, houve efeito significativo somente das doses de glyphosate, exceto para número de folhas e ramos plagiotrópicos e diâmetro do caule, que não apresentaram diferenças após a aplicação do herbicida, independentemente do cultivar estudado.

As plantas tratadas com glyphosate apresentaram como sintomas de intoxicação clorose nas folhas mais novas, a partir do oitavo dia após a aplicação (DAA), sendo eles mais pronunciados nas plantas que foram tratadas com doses superiores a $230,4\text{ g ha}^{-1}$. A clorose foliar pode ser devido à menor síntese de clorofila, pois esse herbicida impede de modo

indireto sua formação (Zaidi et al., 2005; Tan et al., 2006). Aos 15 DAA, observou-se o surgimento de folhas afiladas, ou seja, com estreitamento do limbo foliar, independentemente do cultivar avaliado. Sintomas mais severos de intoxicação – como necrose após clorose foliar, murcha foliar, superbrotamento por morte de meristemas apicais e morte das plantas – não foram evidenciados nas plantas de café, conforme relatado em trabalhos com outras plantas perenes, como eucalipto, pêssego e varjão (*Parkia multijuga*), submetidas à deriva de glyphosate (Tuffi Santos et al., 2006, 2009; Yamashita et al., 2006). Entretanto, Gravena et al. (2009) não observaram efeitos visuais de intoxicação em *Citrus limonia* com doses de até 720 g ha^{-1} de glyphosate.

Independentemente do cultivar de café, houve diferença quanto à intoxicação das plantas tratadas com o glyphosate em função das doses utilizadas. Aos 10 DAA, com o aumento das doses do herbicida, houve aumento da intoxicação, obtendo-se valores de 31,91% para a dose de $460,8\text{ g ha}^{-1}$ (Figura 1). Aos 45 DAA, com o aumento das doses, ocorreu elevação quadrática na injúria das plantas. Todavia, aos 120 DAA, observou-se relação direta e linear entre o aumento das doses do glyphosate e a porcentagem de intoxicação nas plantas; cada grama do herbicida causou 0,071% de intoxicação nas plantas de café. Entre as doses testadas, aos 120 DAA, houve percentual de intoxicação de 10,94% para $460,8\text{ g ha}^{-1}$ de glyphosate. Observou-se, aos 120 DAA, diferentemente das observações de intoxicação aos 10 e 45 DAA, que houve recuperação das plantas tratadas com o glyphosate, reduzindo o nível de intoxicação nas plantas. Tuffi Santos et al. (2009), trabalhando com deriva desse herbicida sobre eucalipto, constataram recuperação das plantas tratadas com doses menores que $43,2\text{ g ha}^{-1}$ aos 50 DAA. No entanto, sintomas de intoxicação nas folhas nem sempre estão correlacionados com a diminuição no incremento em massa de matéria seca e perda da produtividade. Alguns herbicidas podem não causar sintomas visíveis nas plantas, mas podem comprometer o crescimento e o desenvolvimento delas durante o ciclo da cultura (Carvalho et al., 2009).

Houve menor incremento na altura das plantas de café com o aumento das doses de

glyphosate, aos 45 DAA, seguindo modelo quadrático de redução (Figura 2). Nas doses de 230,4 e 460,8 g ha⁻¹, observou-se menor incremento na altura das plantas de café, com 15,81 e 13,65 cm, respectivamente, quando comparadas com a testemunha sem aplicação, com incremento na altura de 21,81 cm. Do mesmo modo, doses acima de 172,8 g ha⁻¹ promoveram reduções no incremento em altura de clones de eucalipto (Tuffi Santos et al., 2007). Todavia, a altura de plantas jovens de pêssego não foi influenciada por aplicações de doses de glyphosate aos 45 DAA (Tuffi Santos et al., 2006), e doses abaixo de 360 g ha⁻¹ não proporcionaram paralisação significativa do crescimento de plantas de varjão (*Parkia multijuga*) (Yamashita et al., 2006).

Independentemente do cultivar, o incremento em altura seguiu tendência de hipérbole com o aumento das doses de glyphosate (Figura 3). Houve incremento nas doses menores, atingindo a altura máxima na dose de 57,6 g ha⁻¹ de glyphosate, com posterior redução dessa variável. Esse estímulo no crescimento de plantas tratadas com baixas doses do glyphosate foi relatado por Velini et al. (2008) ao trabalharem com *Pinus caribea* e *Commelina benghalensis*, submetidas a doses de 1,8 a 36 g ha⁻¹. Do mesmo modo, Duke et al. (2006) observaram estímulo no crescimento de eucalipto submetido a doses menores que 36 g ha⁻¹ de glyphosate.

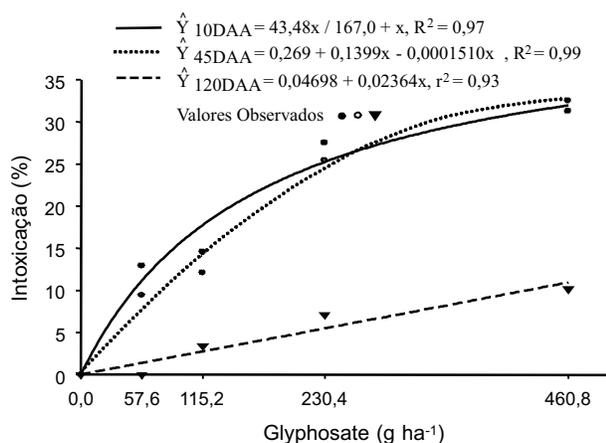


Figura 1 - Porcentagem de intoxicação em plantas de café submetidas a diferentes doses de glyphosate, aos 10, 45 e 120 dias após a aplicação (DAA). Viçosa-MG, 2009.



O aumento da dose de glyphosate influenciou o incremento da área foliar de café para os três cultivares, aos 45 DAA (Figura 4). A área foliar dos cultivares Catucaí e Oeiras foi reduzida de forma proporcional com o aumento das doses de glyphosate; para cada grama aplicado do herbicida, houve redução de 4,004 e 4,355 cm², respectivamente. Todavia, o cultivar Topázio comportou-se de modo diferenciado dos demais cultivares, seguindo tendência exponencial de redução no incremento da área foliar com o aumento das doses de glyphosate. A partir de 115,2 g ha⁻¹ houve menor acúmulo de área foliar para Topázio, quando comparado ao de Catucaí e Oeiras. Independentemente das doses de glyphosate,

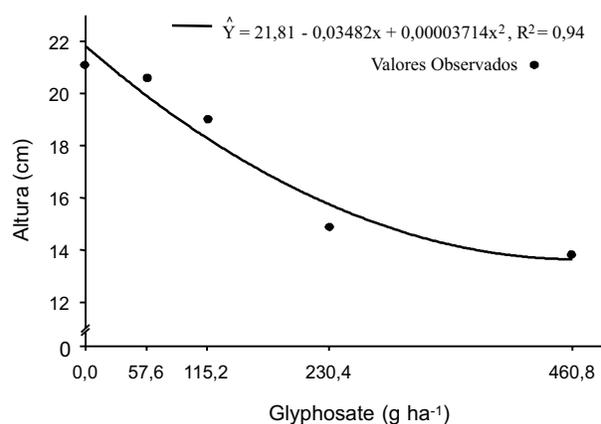


Figura 2 - Altura acumulada de plantas de café submetidas a diferentes doses de glyphosate em deriva simulada, aos 45 dias após a aplicação. Viçosa-MG, 2009.

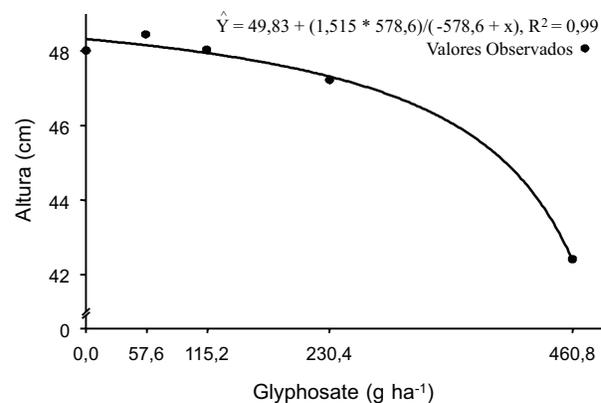
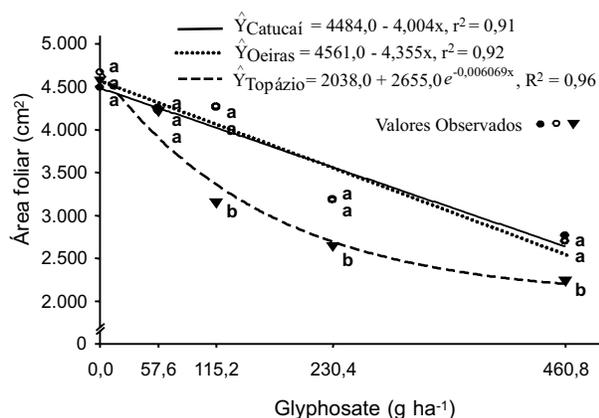


Figura 3 - Altura acumulada de plantas de café submetidas a diferentes doses de glyphosate em deriva simulada, aos 120 dias após a aplicação. Viçosa-MG, 2009.

não houve diferença no incremento de área foliar para Catucaí e Oeiras, sendo estes cultivares estatisticamente iguais em todas as doses testadas, indicando, possivelmente, maior tolerância à deriva do glyphosate quando comparada com a de plantas do cultivar Topázio (Figura 4). Segundo Reddy et al. (2008) e Carvalho et al. (2009), a tolerância diferencial de plantas aos herbicidas pode ser decorrente de diferenças na interceptação e absorção do produto, na sensibilidade da enzima-alvo (local de ação) e na capacidade da espécie em se desintoxicar.

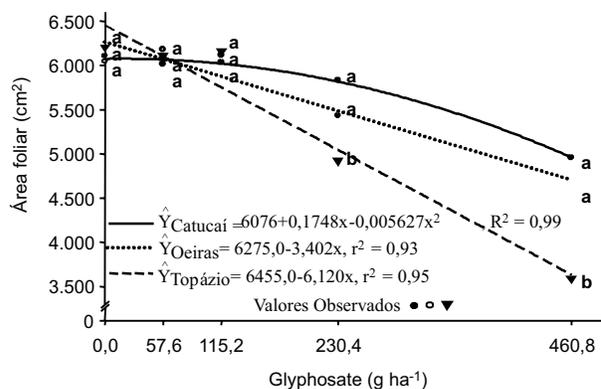
Analisando o incremento da área foliar aos 120 DAA, verificou-se que todos os cultivares testados apresentaram redução dessa variável com o aumento da dose do herbicida (Figura 5). A área foliar do Catucaí seguiu tendência quadrática com o aumento das doses de glyphosate; houve incremento nessa variável, atingindo o máximo na dose de 15,53 g ha⁻¹, com posterior redução. Todavia, para Oeiras e Topázio houve redução proporcional no incremento da área foliar com o aumento da dose de glyphosate; para cada grama do herbicida, houve redução de 3,402 e 6,120 cm² na área foliar das plantas, respectivamente. As diferenças entre cultivares foram observadas a partir da dose de 230,4 g ha⁻¹, quando Topázio apresentou o menor incremento na área foliar, diferenciando-se dos demais cultivares e indicando maior sensibilidade deste quanto a possíveis intoxicações pelo herbicida.



* Médias seguidas da mesma letra para cultivares dentro de cada dose não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. (cv = 7,23%).

Figura 4 - Área foliar acumulada de plantas café submetidas a diferentes doses de glyphosate em deriva simulada, aos 45 dias após a aplicação. Viçosa-MG, 2009.

As doses de glyphosate influenciaram no acúmulo de massa de matéria seca de caule e folhas e sobre o comprimento radicular aos 120 DAA, independentemente do cultivar utilizado (Figura 6). Houve redução no acúmulo de massa de matéria seca de caule e folhas de plantas tratadas com o glyphosate, evidenciando relação direta entre o aumento da dose do herbicida e a redução no acúmulo de massa de matéria seca pelas plantas. Observou-se maior redução na massa de matéria seca das folhas quando comparada com a do caule; para cada grama de glyphosate, a redução foi de 0,04579 e 0,02342 g na massa de matéria seca, respectivamente. Utilizando plantas de



* Médias seguidas da mesma letra para cultivares dentro de cada dose não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. (cv = 6,62%).

Figura 5 - Área foliar acumulada de plantas de café submetidas a diferentes doses de glyphosate em deriva simulada, aos 120 dias após a aplicação. Viçosa-MG, 2009.

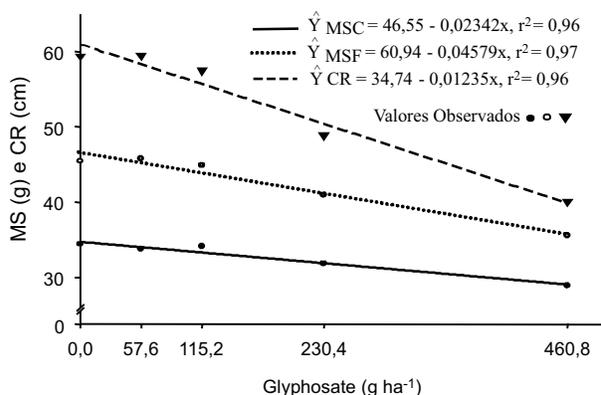
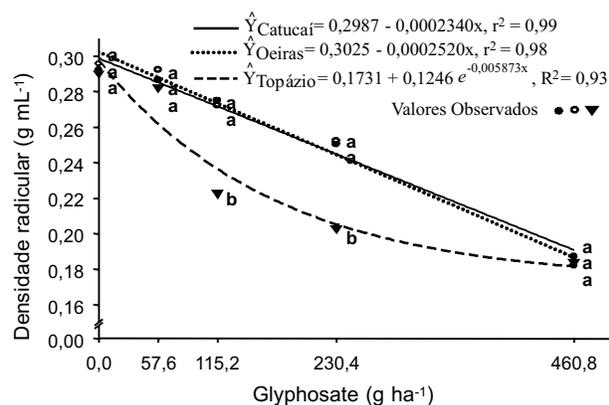


Figura 6 - Massa de matéria seca do caule (MSC), matéria seca das folhas (MSF) e comprimento radicular de plantas de café submetidas a diferentes doses de glyphosate em deriva simulada, aos 120 dias após a aplicação. Viçosa-MG, 2009.

eucalipto, Tuffi Santos et al. (2007) observaram reduções no acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea de 21,15%, aos 50 DAA. O comprimento radicular foi comprometido com o aumento das doses do herbicida, promovendo pontos necróticos no ápice radicular e prejudicando o seu crescimento, principalmente das raízes axiais, responsáveis pela absorção de água e nutrientes do solo. Os pontos necróticos nos ápices radiculares podem ser explicados pelo movimento do glyphosate no floema, o qual segue a mesma rota dos produtos da fotossíntese, indo em direção às partes das plantas que utilizam os fotoassimilados para crescimento, manutenção e metabolismo, ou armazenamento para uso futuro, como raízes em zonas meristemáticas, acumulando-se nessas regiões (Monqueiro et al., 2004). Todavia, Wagner Jr. et al. (2008) relataram que doses de glyphosate aplicadas sobre maracujazeiro-amarelo não promoveram reduções no comprimento das raízes aos 28 DAA.

Os resultados demonstraram diferenças significativas na interação cultivares x doses para as características de densidade radicular e massa de matéria seca das raízes (Figuras 7 e 8). A densidade radicular das plantas dos cultivares Catucaí e Oeiras foi reduzida diretamente pelo aumento das doses de glyphosate; para cada grama do herbicida aplicado, houve redução de 0,0002340 e 0,0002520 g mL⁻¹ na

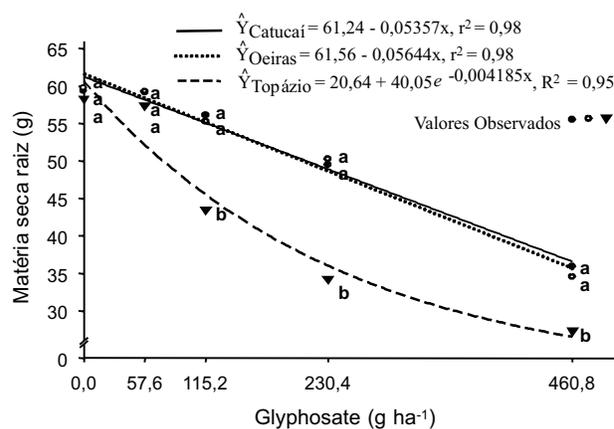


* Médias seguidas da mesma letra para cultivares dentro de cada dose não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. (cv = 8,10%).

Figura 7 - Densidade radicular de plantas de café submetidas a diferentes doses de glyphosate em deriva simulada, aos 120 dias após a aplicação. Viçosa-MG, 2009.

densidade radicular das plantas de Catucaí e Topázio, respectivamente, aos 120 DAA. O aumento das doses de glyphosate reduziu a densidade radicular das plantas do cultivar Topázio com tendência exponencial, obtendo-se, para as doses de 0,0; 57,6; 115,2; 230,4; e 460,8 g ha⁻¹, densidades radiculares de 0,2977; 0,2720; 0,2364; 0,2053; e 0,1814 g mL⁻¹, respectivamente. Esse mesmo cultivar apresentou as menores densidades radiculares quando comparadas com as do Catucaí e Oeiras, nas doses de 115,2 e 230,4 g ha⁻¹ do herbicida. Na dose de 460,8 g ha⁻¹ de glyphosate os três cultivares apresentaram similaridade quanto à densidade radicular, evidenciando que essa dose proporcionou alta intoxicação das plantas, refletindo em menor acúmulo de massa de matéria seca do sistema radicular.

Tendência similar à dos valores obtidos da densidade radicular pode ser visualizada na Figura 8, referente ao acúmulo de massa de matéria seca do sistema radicular. O aumento da dose de glyphosate promoveu menor acúmulo de massa de matéria seca nas raízes das plantas de forma direta nos cultivares Catucaí e Oeiras e, de forma exponencial, no cultivar Topázio. Este cultivar diferenciou-se dos demais quanto ao acúmulo de massa de matéria seca nas raízes a partir da dose de 115,2 g ha⁻¹ de glyphosate, evidenciando maior sensibilidade ao herbicida.



* Médias seguidas da mesma letra para cultivares dentro de cada dose não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. (cv = 13,09%).

Figura 8 - Massa da matéria seca das raízes de plantas de café submetidas a diferentes doses de glyphosate em deriva simulada, aos 120 dias após a aplicação. Viçosa-MG, 2009.



O cultivar Topázio originou-se do cruzamento entre Catuaí e Mundo Novo, duas espécies de *Coffea arabica*. No entanto, Oeiras e Catucaí originaram-se do cruzamento de Caturra Vermelho x Híbrido de Timor e de Icatu x Catuaí, respectivamente (Botelho et al., 2008). Com isso, obtiveram-se plantas de cruzamentos interespecíficos entre *Coffea arabica* e *Coffea canephora*, para obtenção dos progenitores, Híbrido de Timor e Icatu. A introdução de caracteres da espécie *C. canephora* pode explicar a maior tolerância de Oeiras e Catucaí ao glyphosate, quando comparados a Topázio. Possivelmente, diferenças nas bases genéticas dessas espécies, mesmo que ainda não relatadas na literatura atual, poderão explicar esse fato. Isso evidencia a necessidade de novos estudos referentes à tolerância de espécies de cafeeiros ao glyphosate para inclusão destes em programas de melhoramento.

De modo geral, a intoxicação das plantas de café pelo glyphosate resulta em maiores injúrias na parte aérea durante os primeiros 45 dias após aplicação, demonstrando sintomas característicos de clorose e estreitamento do limbo foliar, além de menor crescimento da parte aérea. Nas avaliações realizadas aos 120 DAA, verificou-se que as plantas conseguiram recuperar o crescimento da parte aérea, reduzindo os sintomas de injúrias; contudo, houve comprometimento expressivo do sistema radicular, possivelmente pela translocação de carboidratos das raízes para recuperação da parte aérea.

Concluiu-se que a deriva de glyphosate promove sintomas de intoxicação nas plantas de café, caracterizados por clorose e estreitamento do limbo foliar. O incremento no número de folhas e ramos plagiotrópicos e no diâmetro do caule, independentemente do cultivar, não foi alterado pelo glyphosate. O cultivar Topázio foi o mais sensível ao glyphosate quanto ao acúmulo de área foliar, de massa de matéria seca e densidade radicular, devendo, portanto, ser adotadas medidas que evitem o contato do herbicida com as plantas de café.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela concessão

da bolsa de estudos; e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG, pela concessão dos recursos para a realização deste trabalho.

LITERATURA CITADA

ANTUNES, W. C. et al. Allometric models for non-destructive leaf area estimation in coffee (*Coffea arabica* and *Coffea canephora*). **Ann. Appl. Biol.**, v. 153, n. 1, p. 33-40, 2008.

BOTELHO, C. E. et al. Cultivares de café e suas principais características agrônômicas e tecnológicas. **Infor. Agropec.**, v. 29, n. 247, p. 31-41, 2008.

CAIXETA, G. Z. T. et al. Gerenciamento como forma de garantir a competitividade da cafeicultura. **Infor. Agropec.**, v. 29, n. 247, p. 14-23, 2008.

CARVALHO, S. J. P. et al. Herbicide selectivity by differential metabolism: considerations for reducing crop damages. **Sci. Agríc.**, v. 66, n. 1, p. 136-142, 2009.

COSTA, A. G. F. et al. Efeito da intensidade do vento, da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em pré-emergência. **Planta Daninha**, v. 25, n. 1, p. 203-210, 2007.

DUKE, S. O. et al. Uso de herbicidas e seus efeitos em doenças vegetais. **Infor. Agron.**, n. 115, p. 1-4, 2006.

ELLIS, J. M.; GRIFFIN, J. L. Soybean (*Glycine max*) and cotton (*Gossypium hirsutum*) response to simulated drift of glyphosate and glufosinate. **Weed Technol.**, v. 16, n. 3, p. 580-586, 2002.

FERREIRA, F. B. et al. Consequências da deriva simulada do herbicida glyphosate sobre a cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa* L.). **R. Bras. Agroci.**, v. 12, n. 3, p. 309-312, 2006.

FERREIRA, L. R. et al. Tecnologia de aplicação de herbicidas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Eds.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. p. 326-367.

FIGUEREDO, S. S. et al. Influência de doses reduzidas do glyphosate no tomateiro (*Lycopersicon esculentum*). **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 849-857, 2007.

FRANS, R. E. Measuring plant response. In: WILKINSON, R. E. (Ed.). **Research methods in weed science** [S.l.]: Southern Weed Science Society, 1972. p. 28-41.

FREITAS, F. C. L. et al. Distribuição volumétrica de pontas de pulverização turbo teejet 11002 em diferentes condições operacionais. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 161-167, 2005.



- GRAVENA, R. et al. Low glyphosate rates do not affect *Citrus limonia* (L.) osbeck seedlings. **Pest. Manag. Sci.**, v. 65, n. 4, p. 420-425, 2009.
- GREEN, J. M. Review of glyphosate and ALS-inhibiting herbicide crop resistance and resistant weed management. **Weed Technol.**, v. 21, n. 2, p. 547-558, 2007.
- GUIMARÃES, P. T. G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Eds.). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 289-302.
- LASSITER, B. R. et al. Yield and physiological response of peanut to glyphosate drift. **Weed Technol.**, v. 21, n. 4, p. 954-960, 2007.
- LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 5.ed. Nova Odessa: Plantarum, 2000. p. 384.
- MAGALHÃES, P. C. et al. Efeito de doses reduzidas de glyphosate e paraquat simulando deriva na cultura do milho. **Planta Daninha**, v. 19, n. 2, p. 247-253, 2001.
- MONQUEIRO, P. A. et al. Absorção, translocação e metabolismo do glyphosate por plantas tolerantes e suscetíveis a este herbicida. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 445-451, 2004.
- PROCÓPIO, S. O. et al. Influência da aplicação de glyphosate na queda de frutos e de folhas de coqueiros. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 337-344, 2009.
- REDDY, K. N. et al. Aminomethylphosphonic acid accumulation in plant species treated with glyphosate. **J. Agric. Food Chem.**, v. 56, n. 6, p. 2125-2130, 2008.
- RODRIGUES, G. J. et al. Eficiência de uma barra de pulverização para a aplicação de herbicidas em lavouras de café em formação. **Planta Daninha**, v. 21, n. 3, p. 459-465, 2003.
- RONCHI, C. P. et al. **Manejo de plantas daninhas em lavouras de café**. Viçosa, MG: Suprema Gráfica, 2001. 94 p.
- RONCHI, C. P. et al. Acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro sob interferência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 219-227, 2003.
- RONCHI, C. P.; SILVA, A. A. Tolerância de mudas de café a herbicidas aplicados em pós-emergência. **Planta Daninha**, v. 21, n. 3, p. 421-426, 2003.
- RONCHI, C. P.; SILVA, A. A. Weed control in young coffee plantations through post-emergence herbicide application onto total area. **Planta Daninha**, v. 22, n. 4, p. 607-615, 2004.
- SANTOS, B. M. et al. Effects of sublethal glyphosate rates on fresh market tomato. **Crop Protec.**, v. 26, n. 2, p. 89-91, 2007.
- SILVA, S. O. et al. Diversidade e frequência de plantas daninhas em associações entre cafeeiros e grevileas. **Coffee Sci.**, v. 1, n. 2, p. 126-134, 2006.
- TAN, S. et al. Herbicidal inhibitors of amino acid biosynthesis and herbicide-tolerant crops. **Amino Acids**, v. 30, p. 195-204, 2006.
- TUFFI SANTOS, L. D. et al. Crescimento e morfoanatomia foliar de eucalipto sob efeito de deriva do glyphosate. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 133-142, 2005.
- TUFFI SANTOS, L. D. et al. Deriva de herbicidas e efeito de fungicida x herbicida em plantas jovens de pessegueiro. **Planta Daninha**, v. 24, n. 3, p. 505-512, 2006.
- TUFFI SANTOS, L. D. et al. Morphological responses of different eucalypt clones submitted to glyphosate drift. **Environ. Exper. Bot.**, v. 59, n. 1, p. 11-20, 2007.
- TUFFI SANTOS, L. D. et al. Leaf anatomy and morphometry in three eucalypt clones treated with glyphosate. **Braz. J. Biol.**, v. 69, n. 1, p. 129-136, 2009.
- VELINI, E. D. et al. Glyphosate applied at low doses can stimulate plant growth. **Pest. Manag. Sci.**, v. 64, n. 4, p. 489-496, 2008.
- WAGNER JR, A. et al. Deriva simulada de formulações comerciais de glyphosate sobre maracujazeir- amarelo. **Planta Daninha**, v. 26, n. 3, p. 677-683, 2008.
- YAMASHITA, O. M. et al. Resposta de varjão (*Parkia multijuga*) a subdoses de glyphosate. **Planta Daninha**, v. 24, n. 3, p. 527-531, 2006.
- YAMASHITA, O. M.; GUIMARÃES, S. C. Deriva simulada de glyphosate em algodoeiro: efeito de dose, cultivar e estágio de desenvolvimento. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 821-826, 2006.
- ZAIDI, A. et al. Effect of herbicides on growth, nodulation and nitrogen content of greengram. **Agron. Sustain. Develop.**, v. 25, p. 497-504, 2005.

