



APLICAÇÃO DE SUBDOSES DE GLYPHOSATE NA FASE DE ESTABELECIMENTO DA CULTURA DA SOJA E DO MILHO

Ricardo de Andrade Silva¹, Sylvana Naomi Matsumoto², Greice Marques Barbosa³, Rafael de Queiroz Costa³, Mirlene Nunes de Oliveira⁴.

1. Mestrando em Agronomia (Fitotecnia), Bolsista FAPESB, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Estrada do Bem Querer, km 04, Caixa Postal 95, CEP: 45083-900, Vitória da Conquista – Brasil. (ricardo_deandrade@yahoo.com.br).
2. Eng. Agr. Professora Doutora na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.
3. Mestrandos em Agronomia (Fitotecnia), Bolsistas CAPES, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.
4. Graduanda em Agronomia na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Recebido em: 06/10/2012 – Aprovado em: 15/11/2012 – Publicado em: 30/11/2012

RESUMO

A utilização de subdoses de herbicidas pode estimular o desenvolvimento das plantas. E através do fenômeno da hormese pode-se estabelecer uma relação bifásica entre o efeito estimulante e o tóxico das dosagens do agroquímico. O objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento vegetativo de plantas de soja e milho nos estádios iniciais de desenvolvimento submetidas à aplicação de subdoses de glyphosate. O experimento foi conduzido no campo experimental da Universidade Estadual do sudoeste da Bahia, *campus* de Vitória da Conquista. O delineamento empregado foi inteiramente casualizado com quatro repetições. As subdosagens foram de 0; 1,8; 3,6; 7,2; 18; 36; 72 e 180 g e.a ha⁻¹. Os resultados foram submetidos à análise de variância e aplicado modelos de regressão. As médias dos tratamentos foram submetidas ao teste de Scott-knott ao nível de 5% de probabilidade quando não foi possível estabelecer modelos de regressão. Observou-se que doses de até 7,2 g e.a ha⁻¹ estimulou o crescimento da planta de soja e milho, com aparecimento de sintomas de deficiência e fitotoxicidade em ambas as culturas a partir da dose 3,6 g e.a ha⁻¹ sendo o efeito dos sintomas mais evidenciados na cultura do milho. O efeito benéfico no crescimento das culturas ocorre quando se aplica a dose de 1,8 g e.a ha⁻¹ para as plantas de soja e milho.

PALAVRAS-CHAVE: hormese, herbicida, crescimento, regulador.

APPLICATION OF LOW DOSES OF GLYFOSATE IN THE ESTABLISHMENT PHASE OF SOYBEAN AND CORN

ABSTRACT

The utilization of low doses of herbicide can stimulate plant development. And, through the hormesis phenomenon, can be established a biphasic connexion between the stimulating effect and the toxic one of the doses of the agrochemical. The objective of this study was to evaluate the vegetative growth of soybean and corn in the beginning stages of development submitted to the application of reduced

rates of glyphosate. The experiment was conducted at the experimental field of the State University Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista *campus*. The experimental design was completely randomized with four replications. The underdosing were 0; 1,8; 3,6; 7,2; 18; 36; 72 e 180 g e.a ha⁻¹. The results were subjected to analysis of variance and applied regression models. The treatment averages were subject to the Scott-Knott test to the level of 5% probability when it was not possible to establish regression models. It was observed that doses of up to 7,2 g e.a. ha⁻¹ stimulated plant growth of soybeans and corn, with onset of symptoms and disability phytotoxicity in both cultures from the dose 3,6 g e.a ha⁻¹ being the effect of symptoms most evident in corn. The beneficial effect on crop growth occurs when applying a dose of 1,8 g e.a ha⁻¹ to the soybean and corn.

KEYWORDS: hormesis, herbicide, growth, regulator.

INTRODUÇÃO

O uso de reguladores vegetais é a técnica mais moderna na agricultura tropical para o manejo da arquitetura de plantas. São substâncias químicas sintéticas com efeito sobre o metabolismo vegetal (NAGASHIMA et al., 2010) que inibe, altera ou promove os processos fisiológicos e bioquímicos nas plantas.

No entanto, agroquímicos originalmente utilizados como herbicidas, em subdoses, estimulam o desenvolvimento da planta, a partir da ativação de mecanismos de evitação a condições adversas, simulando efeito semelhante aos reguladores vegetais. Esse fenômeno é conhecido na agricultura e nas diversas áreas da saúde humana como hormese, e vem sendo estudada na busca da melhor compreensão sobre como ocorre a ação estimulante e benéfica de substâncias tóxicas quando ministrada em subdosagens.

A hormese é um fenômeno de dose-resposta distinguido por estimulação a baixa dosagem e inibição em alta dosagem. Esta relação bifásica tem características quantitativas bem determinadas, sendo estabelecida uma faixa bem definida de limite entre o efeito estimulante e o tóxico (CALABRESE, 2009; COX JÚNIOR, 2009). Resultados referentes ao efeito hormético com aplicação de herbicidas foram observados para os seguintes princípios ativos: simazine, glyphosate, paraquat e oxifluorfem, proporcionando aumento na biomassa de plantas. No que diz respeito ao efeito hormético, dentre os herbicidas o mais estudado para esse fim é o glyphosate, devido ao modo de ação estar diretamente relacionado a um importante processo de síntese de aminoácidos. O glyphosate é considerado como herbicida quando aplicado em doses elevadas, podendo apresentar efeito estimulante ao crescimento quando fornecido em doses baixas (SCHABENBERGER et al., 1999; DUQUE et al., 2006; CEDERGREEN, 2008; BELZ et al., 2011).

Além de o glyphosate ser considerado como móvel no floema ele também pode ser absorvido nas raízes por meio da via simplástica e apoplastica (COUTINHO e MAZO, 2005; YAMADA e CASTRO, 2007). Essa molécula não forma composto dentro da planta, uma vez absorvido é transportada para as zonas de crescimento, atuando na inibição da síntese da enzima 5-enaolpiruvil-chiquimato-3-fosfato-sintase (EPSPs) situada na rota do ácido chiquímico (VELINI et al., 2008), especificamente na síntese de aminoácidos essenciais às plantas (ZABLOTOWICZ e REDDY, 2004).

O efeito hormético foi descrito em inúmeros trabalhos como uma forma de aumentar a biomassa de raízes, caule e folhas em soja, milho, eucalipto e plantas daninhas como azevém, trapoeraba e picão-preto. Assim é de interesse agrônômico,

podendo resultar em maior produção, através do aumento dos teores de ácido chiquímico, captação de luz, fixação de carbono e redistribuição de fotoassimilados, aumentando a plasticidade fenotípica das culturas e tornando-as mais tolerantes a estresses abióticos (GEORGE, 2004; SARLEY et al., 2007; CEDERGREEN, 2010; VASANTHIAIAH e KAMBIRANDA, 2011).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de subdoses de glyphosate em plantas de soja e milho nos estádios iniciais de desenvolvimento.

METODOLOGIA

O trabalho foi conduzido na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em Vitória da Conquista, Bahia, município situado a 14° 53' de latitude Sul e 40°48' de longitude Oeste. Altitude média de 928 m com temperatura máxima de 25,3°C e mínima e 16,1°C.

As sementes de soja e de milho foram semeadas em sacos plásticos com a capacidade de 2 kg contendo solo da camada arável. A aplicação do glyphosate foi realizada em forma de pulverização foliar aos 15 dias após a germinação com o auxílio de um borrifador manual com capacidade de 0,5 L. As plantas foram avaliadas antes da aplicação do glyphosate e no final do experimento (7 dias após a aplicação), quanto aos parâmetros altura e extensão da maior folha, utilizando-se para isso uma régua graduada.

O delineamento empregado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições. As subdosagens foram de 0, 1,8, 3,6, 7,2 e 14,4 g e.a ha⁻¹, totalizando 16 tratamentos. As parcelas foram constituídas de uma única planta.

Os dados obtidos através da diferença entre os valores observados na avaliação prévia e na avaliação sete dias após a aplicação foram submetidos à análise de variância e aos resultados foi aplicado a análise de regressão que melhor se ajustavam aos efeitos obtidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as plantas de soja, a aplicação de glyphosate proporcionou maior altura quando feita a diferença da altura das plantas no momento da aplicação e sete dias após. Observa-se na figura 1 que foi possível traçar uma regressão quadrática, onde, na dose de 1,8 g e.a ha⁻¹ houve um maior estiolamento das plantas. As doses de 3,6 e 7,2 g e.a ha⁻¹ também apresentaram maior comprimento quando comparado com a testemunha, no entanto, na dose de 14,4 g e.a ha⁻¹ as plantas mantiveram-se iguais à testemunha, não havendo assim efeito benéfico da aplicação de glyphosate. Esse comportamento contradiz resultados encontrados por VELINI et al. (2008), que para a curva de acúmulo de massa para a cultura da soja determinaram que a faixa de dose que proporcionariam aumento da massa, estaria entre 10 e 20 g e.a ha⁻¹. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por MELHORANÇA FILHO et al. (2011) que observaram que ao tratar sementes de soja com glyphosate, à medida que se aumentava a concentração do produto, diminuía a altura das plantas.

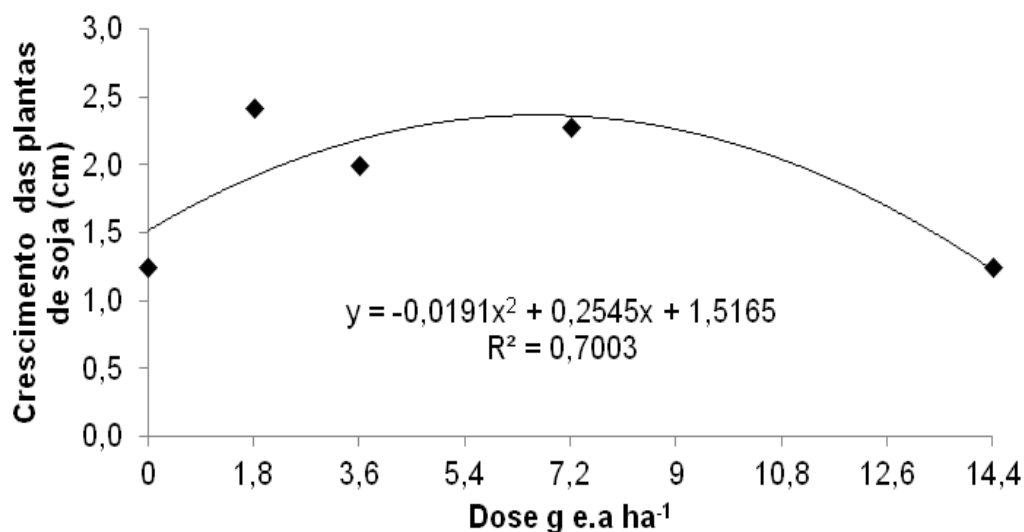


Figura 1. Crescimento das plantas de soja (cm) sete dias após a aplicação do glyphosate.

A figura 2 mostra a altura da planta após a aplicação do herbicida na cultura do milho, onde observa-se comportamento semelhante à soja. Porém, as doses de 3,6 e 7,2 g i.a ha⁻¹, respectivamente, foram as que proporcionaram maiores alturas nas plantas de milho. Na dose de 14,4 g e.a ha⁻¹ o incremento na altura da planta não foi tão evidente quanto nas doses inferiores. Esse fato está de acordo com VELINI et al. (2008) que para as doses de 1,8 e 7,2 g e.a ha⁻¹, os referidos autores obtiveram massa inferior ao tratamento padrão na dose de 3,6 g e.a ha⁻¹ e mostraram que o maior acúmulo de massa nas plantas ocorreram nas doses entre 18 e 36 g e.a ha⁻¹ para a cultura do milho.

Possíveis explicações para o estímulo causado por baixas doses de glyphosate pode ser explicado pelo aumento de ácido chiquímico, aumentando a produção de triptofano, conseqüentemente, maior produção de auxina o que, segundo HAYAT et al. (2001), aumentaria a atividade da anidrase carbônico resultando crescentes taxas fotossintéticas (VASANTHAIAD e KAMBIRANDA, 2011).

Culturas como a soja e o milho apresentam menor plasticidade que plantas daninhas como a trapoeraba, assim podemos observar que em trabalhos com essa daninha, esta apresenta menor sensibilidade às doses de glyphosate. Para estudos com eucalipto e cana-de-açúcar foi observado menor sensibilidade às doses do herbicida, como descrevem VELINI et al. (2008) e SILVA et al. (2009). Dessa forma, pode-se caracterizar que o efeito benéfico da aplicação de glyphosate, bem como sua dosagem, é dependente da espécie vegetal.

SOARES et al. (2010) ao estudar urucum observou que, independente da dose de glyphosate, houve uma menor taxa de crescimento em relação a testemunha. O mesmo efeito foi observado em eucalipto (*Eucalyptus grandis*, *E. urophylla*, *E. saligna*, *E. pellita* e *E. resinifera*) por TUFFI SANTOS et al. (2007), pinho-cuiabano (*Schizolobium amazonicum*) por YAMASHITA et al. (2006) e cedro australiano (*Toona ciliata*) por OLIVEIRA et al. (2008).

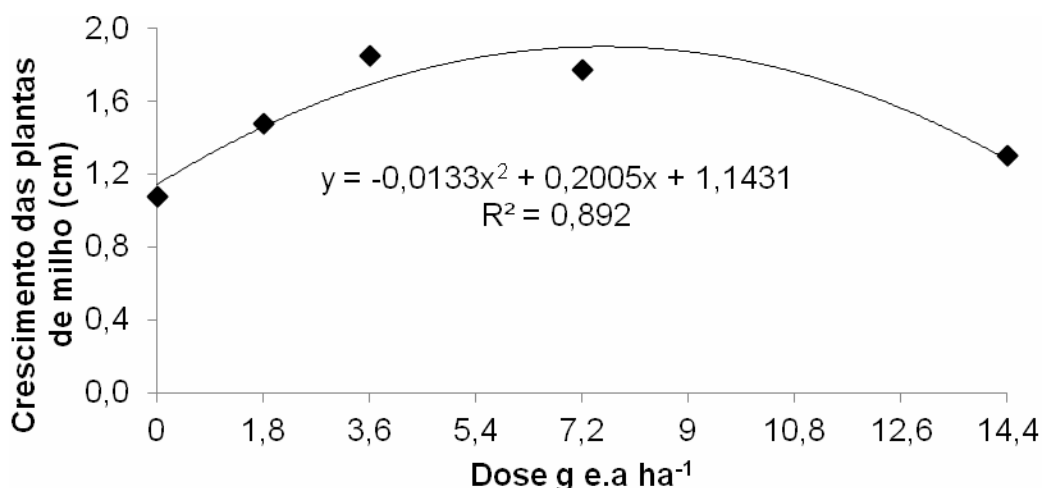


Figura 2. Crescimento das plantas de milho (cm) sete dias após a aplicação do glyphosate.

A extensão foliar tanto para a cultura da soja como para o milho (figura 3 e 4) apresentaram o mesmo comportamento. Com o aumento significativo nas doses de 1,8 e 3,6 g e.a Lha⁻¹ houve uma diminuição na extensão foliar e para a dose de 14,4 g e.a Lha⁻¹ a extensão foi inferior à testemunha. Para a cultura da soja não foi encontrado trabalhos que justificassem esse comportamento nestas dosagens, mas esse comportamento na parte aérea foi observado por MELHORANÇA FILHO et al. (2011) ao tratar sementes de soja convencional com glyphosate. Porém, para a culturas monocotiledôneas, C4, como milho, esses valores vão de encontro aos observados por FERREIRA et al. (2006) que ao estudar a deriva de glyphosate em arroz observou aumento progressivo na área foliar.

Para SARKEY et al. (2007), o aumento da área foliar deve-se ao aumento na atividade da rubisco, possibilitando maior fixação de carbono. A intensa atividade da enzima ribulose-bifosfato carboxilase/oxigenase diminui a inibição do feedback de açúcares na atividade de carboxilação. AINSWORTH e ROGERS (2007) descrevem que esse aumento na atividade enzimática, no número de estômatos e na condutância estomática aumentam a absorção de luz e a saturação fotossintética de CO₂, alterando a relação fonte-dreno em benefício à fonte, fato esse observado nos tratamentos que aumentaram a extensão foliar.

VELINI et al. (2008) mediram as mudança nos teores de ácido chiquímico em soja e milho e constataram aumento para os teores do ácido em função do aumento das subdoses, o que subentende-se como aumento na fotossíntese, porém, sem rota definida. CEDERGREEN e OLSEN (2010) justifica a fixação de carbono devido ao aumento do ácido chiquímico, responsável por fixação de aproximadamente 20% do carbono total de plantas verdes.

Em plantas tratadas com baixas dosagens do herbicida, observa-se aumento na fixação de carbono e condutância estomática em resposta a elevação na quantidade de estômatos no mesofilo foliar. A elevação do número de estômatos na epiderme é regulada primariamente por hormônios vegetais responsáveis pelo crescimento das plantas, sendo esta uma possível explicação para aumento no crescimento (PURRIGTON e BERGELSON, 1999; FLEXAS et al., 2008).

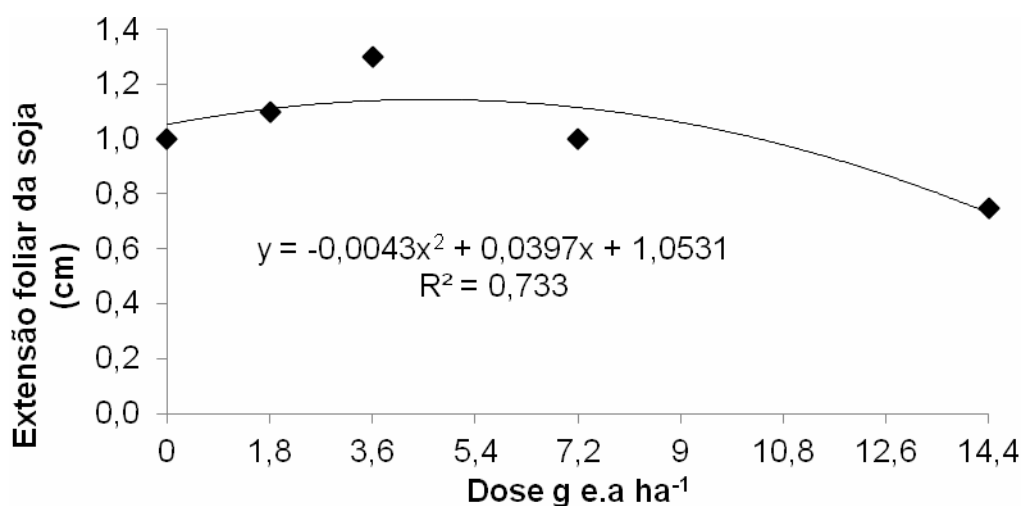


Figura 3. Extensão foliar da maior folha expandida nas plantas de soja (cm) sete dias após a aplicação do glyphosate.

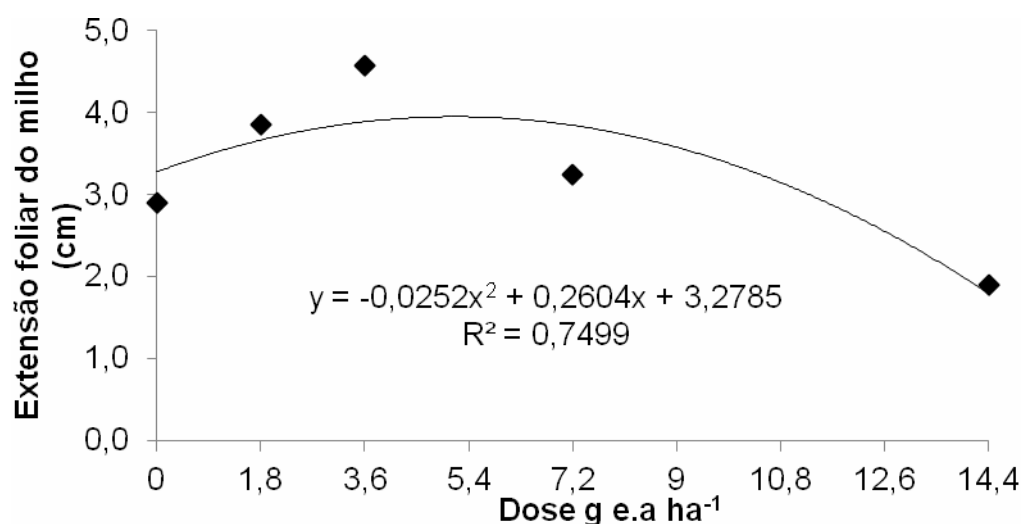


Figura 4. Extensão foliar da maior folha expandida nas plantas de milho (cm) sete dias após a aplicação do glyphosate.

MALAVOLTA (2006) observou outro efeito da aplicação de glifosato, a deficiência aparente de nitrogênio, boro, ferro e zinco, ocorrendo o mesmo para a cultura da soja no experimento. SANTOS et al. (2007) afirmaram que tais deficiências são observadas pelos produtores a campo, principalmente em deriva da aplicação de glyphosate em áreas vizinhas. Na figura 5, pode-se observar que a partir da dose de 3,6 g i.a ha⁻¹ já começa a se manifestar sinais de deficiências nas plantas de soja, principalmente de nitrogênio e cloroses nas bordas das folhas. Na dose de 3,6 g i.a ha⁻¹ a clorose não é acentuada, mas apresenta um murchamento maior que os demais tratamentos, juntamente com enrugamento das folhas. Em condições de campo esses malefícios podem ser contornados com adubação. OZTURK et al. (2008) observaram maior produtividade em plantas que receberam aplicação de micronutrientes após aplicação de glifosato que em plantas não tratadas com o herbicida. No entanto, FRANÇA (2009) descreveu que apesar dessa visual deficiência não há referências literárias descrevendo como esse fato ocorre.

Porém, para girassol, ORTURK et al. (2008) comprovaram a deficiência de zinco, ferro e manganês após aplicação de glyphosate a partir de marcadores moleculares.

Na cultura do milho (Figura 6) a deficiência e fitotoxicidade foi mais aparente. Nos tratamentos com 3,6; 7,2; 14,4 g e.a ha⁻¹ observa-se clara deficiência de fósforo (P) e de potássio (K). Esse efeito segundo BELLALLOUI et al. (2006) é atribuído a redução das enzimas redutase férrica, nitrogenase e redutase de nitrato, além da diminuição na absorção de P e K e por formação de complexos insolúveis com cálcio, magnésio, ferro, manganês e zinco (THOMAS et al., 2006; YAMADA e CASTRO, 2007). Para ambas as culturas, foram aparentes a deficiência de macronutrientes devido a um cessamento na absorção de água via xilema, canal onde a molécula do glifosato permanece se movimentando pela planta até ser degradada. YAMADA e CASTRO (2007) mencionaram diversos complexos em que o glyphosate estaria atuando de forma a paralisar o crescimento do vegetal e dentre sua característica principal, levando as plantas à morte.

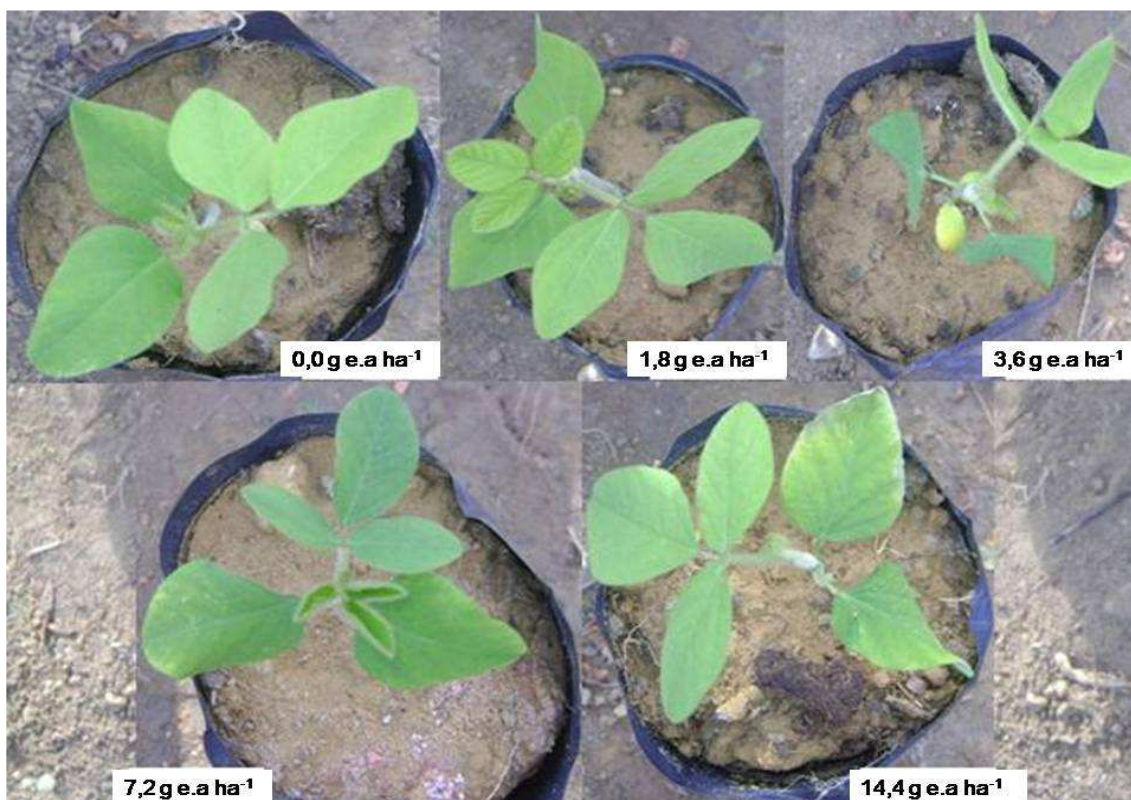


Figura 5. Sintomas de deficiência e fitotoxicidade nas plantas de soja (cm) sete dias após a aplicação do glyphosate.



Figura 6. Sintomas de deficiência e fitotoxicidade nas plantas de milho (cm) sete dias após a aplicação do glyphosate.

CONCLUSÃO

O efeito benéfico do glyphosate no crescimento das plantas de soja e milho ocorre quando se aplica a dose de $1,8 \text{ g e.a ha}^{-1}$. Acima desses valores apresentam-se sintomas de deficiência e fitotoxicidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AINSWORTH, E. A.; ROGERS, A. The response of photosynthesis and stomatal conductance to rising $[\text{CO}_2]$: mechanisms and environmental interactions. **Plant Cell Environ.** v. 30, p. 258-270, 2007.

BELLALOUI, N.; REDDY, K. N.; ZABLOTOWICZ, R. M.; MENGISTU, A. Simulated glyphosate drift influences nitrate assimilation and nitrogen fixation in non-glyphosate-resistant soybean. **Journal of Agricultural and Food Chemical.** v. 54(9), p. 3357-3364, 2006.

BELZ, R. G.; CEDERGREEN, N.; DUKE, S. O. Herbicide hormesis – can it be useful in crop production?. **Weed Research.** v.51, n. 4, p. 321-332, 2011.

CALABRESE, E. J.; BLAIN, R. B. Hormesis and plant biology. **Environmental Pollution.** v.157, n. 1, p. 42- 48, 2009.

CEDERGREEN, N. Herbicides can stimulate plant growth. **Weed Research.** v.48, n.5, p.429-438, 2008.

CEDERGREEN, N.; OLESEN, C. F. Can glyphosate stimulate photosynthesis? **Pesticide Biochemistry and Physiology**. vol. 96, n. 3, p.140–148, 2010

COX JÚNIOR, L. A. Hormesis Without Cell Killing. **Risk Analysis**, v. 29, n. 3, p. 393-400, 2009.

FERREIRA, F. B.; PINTO, J. J. O.; ROMAN, E. S.; GALON, L.; REZENDE, A. L.; PROCÓPIO, S. de O. Conseqüências da deriva simulada do herbicida glyphosate sobre a cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa* L.). **Revista Brasileira de Agrociência**, v.12, n.3, p.309-312, 2006.

FLEXAS, J.; RIBAS-CARBÓ, M.; DIAZ-ESPEJO, A.; GALMES, J.; MEDRANO, H. Mesophyll conductance to CO₂: current knowledge and future prospects. **Plant Cell Environment**. v.31, p.602-621, 2008.

FRANÇA, A. C. Ação do glyphosato sobre o crescimento e teores de nutrientes em cultivares de café arábica. Tese. Universidade Federal de Viçosa, UFV, p. 68, 2009.

GEORGE, A. Understanding Biotechnology: an integrated and cyber-based approach. Upper Saddle River, New Jersey, p. 431, 2004.

HAYAT, S.; AHMAD, A.; MOBIN, M.; FARIDUDDIN, Q.; AZAM, Z. M. Carbonic anhydrase, photosynthesis, and seed yield in mustard plants treated with phytohormones. *Photosynthetica*. , v. 39, p. 111–114, 2001.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. Ed. Agronômica Ceres. São Paulo, p. 638, 2006.

MELHORANÇA FILHO, A. L.; PEREIRA, M. R. R.; MARTINS, D. Efeito de subdoses de glyphosate sobre a germinação de sementes das cultivares de soja RR e convencional. *Biosci. J.*, Uberlândia, v. 27, n. 5, p. 686-691, Sept./Oct. 2011.

NAGASHIMA, G. T.; MIGLIONANZA, E.; MARUR, C. J.; YAMAOKA, R. S.; BARROS, A. S. R.; MARCHIOTTO, F. Qualidade fisiológica de sementes de algodão embebidas em solução de cloreto de mepiquat. *Ciênc. Agrotec. Lavras*, v.34, n.3, p. 681-687, 2010.

OLIVEIRA, J.R.; DUARTE, N.F.; FASSIO, P.O. Avaliação de fitotoxicidade de herbicidas ao cedro Australiano. 2008.

OZTURK L.; YAZICI, A.; EKER, S.; GOKMEN, O.; RÖMHELD, V.; ÇAKMAK, I. Glyphosate inhibition of ferric reductase activity in iron deficient sunflower roots. *New Phytol.* v. 177(4):899-906, 2008.

SANTOS, L. D. T.; SIQUEIRA, C. H.; BARROS, N. F.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; MACHADO, A. F. L. Crescimento e concentração de nutrientes na parte aérea de eucalipto sob efeito da deriva de glyphosato. *Ceres, Lavras*, v. 4, p. 347-352, 2007.

SCHABENBERGER, O.; KELLS, J. J.; PENNER, D. Statistical tests for hormesis and effective dosage in herbicide dose response. *Agronomy Journal*. 91, 713–721, 1999.

SILVA, M. A.; ARAGÃO, N. C.; BARBOSA, M. A.; JERONIMO, E. M.; CARLIN, S. D. Efeito hormótico de glifosate no desenvolvimento inicial de cana-de-açúcar. *Bragantia*, Campinas, v.68, n.4, p.973-978, 2009.

SOARES, M. B. B.; FABRI, E. G.; GALLI, J. A.; FINOTO, E. L., MARTINS, A. L. M. Efeito de subdoses de glyfosate sobre o desenvolvimento inicial de plantas de urucum. *Anais... XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas*, São Paulo, 2010.

THOMAS, C. M.; CHRISTOPHER, L. M.; ANGELA, T.; LAWRENCE, E. S. Comparison of Glyphosate Salts (Isopropylamine, Diammonium, and Potassium) and Calcium and Magnesium Concentrations on the Control of Various Weeds. *Weed Science Society of America*, v. 20(1), p. 164-171. 2006.

TUFFI SANTOS, L. D.; MACHADO, A. F. L.; VIANA, R. G.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; SOUZA, G. V. R. Crescimento do eucalipto sob efeito da deriva de glyphosate. *Planta Daninha*, v.25, n.1, p.133-137, Viçosa, jan-mar 2007.

VASANTAHIAH, H. NK.; KAMBIRANDA, D. *Plants and Environment*. Printed in Croatia, p. 284, 2011.

VELINI, E. D.; ALVES, E.; GODOY, M. C.; MESCHEDE, D. K.; SOUZA, R. T.; DUKE, S. O. Glyphosate applied at low doses can stimulate plant growth. *Pest Manag Sci*, 64:489–496, 2008.

YAMADA, T.; CASTRO, P. R. C. Efeitos do glifosato nas plantas: implicações fisiológicas e agrônomicas. *International Plant Nutrition Institute-IPNI*, Encarte técnico, setembro, 2007.

YAMASHITA, O. M. et al. Resposta de varjão (*Parkia multijuga*) a subdoses de glyphosate. *Planta Daninha*, v.24, n.3, p.527-531, 2006.

ZABLOTOWICZ, R. M.; REDDY, K. N. Impact of glyphosate and Bradyrhizobium japonicum symbiosis; with glyphosate-resistant transgenic soybean: a minireview. *Journal of Environmental Quality*, v. 33, p. 825-831, 2004.