CLEBSON GOMES GONÇALVES

FORMULAÇÕES E MISTURA DE GLYPHOSATE SOBRE ENDOSSIMBIOSES E O DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA ROUNDUP READY®

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

RIO PARANAÍBA
MINAS GERAIS − BRASIL
2014

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e Classificação da Biblioteca UFV - Campus de Rio Paranaíba

G635f

Gonçalves, Clebson Gomes, 1988-
Formulações e mistura de Glyphosate sobre endossimbioses e desempenho agronômico da soja Roundup Ready / Clebson Gomes Gonçalves. – Rio Paranaíba, MG, 2014.
48 f.; 29cm.

Orientador: Dr. Sc. Marcelo Rodrigues dos Reis
Co-orientador: Dr. Sc. Éder Matsuo; Dr. Sc. Gil Rodrigues dos Santos.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

1. Fungos micorrizicos. 2. Herbicida. 3. Nutrição Mineral. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 632.954

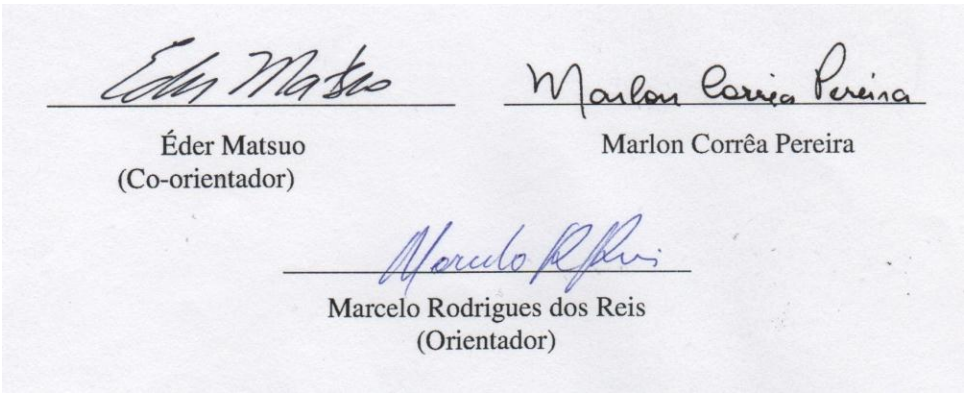
Crislene Silva de Sousa
CRB6-2539

CLEBSON GOMES GONÇALVES

FORMULAÇÕES E MISTURA DE GLYPHOSATE SOBRE ENDOSSIMBIOSES E O DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA ROUNDUP READY®

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 25 de Fevereiro de 2014.



Aos meus pais, Claudimundo e Elenita, que muito me motivaram nesta caminhada através de palavras de conforto e apoio nos momentos de dificuldade.

Ofereço e dedico.

"Os que esperam no Senhor
renovam suas forças; dá-lhes asas
de águia. Correm sem se cansar,
vão para frente sem se fatigar"
(Isaías, 40,31).

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me conceder vida e saúde e estar sempre à frente me dando coragem para enfrentar e vencer mais esse desafio.

Aos meus pais,Claudimundo Macedo Gonçalves e Elenita Gomes Gonçalves pelo grande apoio e total confiança em minhas decisões, além de muito me motivar nesta caminhada através de orações e palavras de conforto.

Aos meus irmãos, Claudiane, Cledson, Claudinei, Cristiana a minha cunhada Flaviane e a minha namorada Thaís, pelo carinho, incentivo e porque sempre estiveram ao meu lado, apoiando e torcendo pela minha vitória.

Ao Professor Marcelo Rodrigues dos Reis, pelo apoio, paciência e orientação desde o início dessa trajetória.

Aos Professores Gil Rodrigues dos Santos e Éder Matsuo, pelos ensinamentos, amizade, atenção, disponibilidade de tempo e muita ajuda.

À Universidade Federal de Viçosa, Campus de Rio Paranaíba e ao Instituto de Ciências Agrárias, pela oportunidade ímpar e pelo apoio concedido no mestrado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais –FAPEMIG pela concessão da bolsa de estudo e pelo apoio financeiro.

A todos os amigos e integrantes do Núcleo de Estudo de Herbicida na Planta e no Solo – NEHPSOL: Álvaro Augusto Pereira, Ana Caroline de Lourdes Pereira Assis, Antônio Rafael da Silva Nunes, Kellem Camila Walperes, Rafael Augusto Andrade Silva, Ronaldo Matias Reis, Roque de Carvalho Dias, pela amizade inestimável e pelo imprescindível auxílio na execução desse trabalho.

A todos meus amigos do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal UFV/CRP, pois todos contribuíram de alguma forma para esta conquista.

BIOGRAFIA

CLEBSON GOMES GONÇALVES, filho de Claudimundo Macedo Gonçalves e Elenita Gomes Gonçalves, nasceu na cidade de Jacundá, Pará - PA, em 22 de outubro de 1988.

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal do Tocantins – UFT, campus de Gurupi, Tocantins - TO (2008-2012). Durante a graduação foi bolsista na modalidade iniciação científica no período (2009-2012).

Em novembro de 2012, iniciou o curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal pela Universidade Federal de Viçosa, Campus de Rio Paranaíba, submetendo-se à defesa da dissertação em 25 de fevereiro de 2014.

ÍNDICE

RESUMO ..... **vii**

ABSTRACT ..... **viii**

1. INTRODUÇÃO GERAL **9**

2. LITERATURA CITADA **11**

3. FORMULAÇÕES DE GLYPHOSATE NO ESTADO NUTRICIONAL E MICRORGANISMOS ENDOSSIMBIONTES DA SOJA **14**

3.1. RESUMO 14

3.2. ABSTRACT 15

3.3. INTRODUÇÃO 16

3.4. MATERIAL E MÉTODOS 18

3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 21

3.6. CONCLUSÕES 28

3.7. LITERATURA CITADA 28

4. GLYPHOSATE ISOLADO E EM MISTURA SOBRE MICRORGANISMOS ENDOSSIBIONTES E DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA **32**

4.1. RESUMO 32

4.2. ABSTRACT 33

4.3. INTRODUÇÃO 34

4.4. MATERIAL E MÉTODOS 35

4.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 39

4.6. CONCLUSÕES 45

4.7. LITERATURA CITADA 45

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS **48**

RESUMO

GONÇALVES, Clebson Gomes, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2014. **Formulações e mistura de glyphosate sobre endossimbioses e o desempenho agronômico da soja Roundup Ready®.** Orientador: Marcelo Rodrigues dos Reis. Coorientadores: Éder Matsuo e Gil Rodrigues dos Santos.

Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes formulações comerciais de glyphosate e os efeitos do glyphosate isolado e em mistura com chlorimuron-ethyl, flumioxazin e lactofen sobre microrganismos endossimbiontes e sobre o desempenho agronômico de soja resistente ao glyphosate. Para as diferentes formulações, instalaram-se experimentos a campo nos anos agrícolas 2010/2011 e 2011/2012. Os tratamentos constituíram-se da aplicação das formulações sal de isopropilamina (Roundup Original, Trop); sal de amônio (Roundup Ultra, Roundup WG) e sal de potassio (Roundup Transorb R, Zapp QI), todas na dose de 720 g e.a. ha^{-1} de glyphosate e duas testemunhas (capinada e sem capina). A colonização micorrízica assim como matéria seca da parte aérea das plantas de soja não foi impactada pelas diferentes formulações de glyphosate. Também não foi constatada diferença no acumulo dos macronutrientes (nitrogênio e fósforo). No segundo ano de avaliação (2011/2012), o acúmulo Mn foi reduzido por todas as formulações, exceto a formulação Roundup Original. No entanto, esta redução observada não apresentou influência na resposta das plantas com relação ao rendimento produtivo. Para avaliar efeitos do glyphosate em mistura com diferentes herbicidas foi instalado um experimento a campo no ano agrícola 2011/2012. Os tratamentos constituíram-se da aplicação isolada de glyphosate (480 g e.a. ha^{-1}), misturas de glyphosate (480 g e.a. ha^{-1}) com: chorimuron ethyl nas doses de 3, 6 e 10 g i.a. ha^{-1}, lactofen nas doses de 30, 60 e 100 g i.a. ha^{-1} e flumioxazin nas doses de 5, 10 e 15 g i.a. ha^{-1}; e duas testemunhas (capinada e sem capina). Todas as misturas avaliadas apresentaram fitointoxicação na cultivar avaliada. Redução também foi evidenciada para a altura média das plantas e massa seca da parte aérea com o aumento das doses de lactofen e flumioxazin em mistura ao glyphosate. A massa seca de nódulos foi reduzida à medida que aumentaram as doses das misturas glyphosate + lactofen ou flumioxazin. Todas as misturas avaliadas comprometeram a eficiência da colonização micorrízica, no entanto apenas para a mistura glyphosate + lactofen observou-se efeito negativo no rendimento produtivo.

ABSTRACT

GONÇALVES, Clebson Gomes, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, February of 2014. **Glyphosate formulations and in mixture over endossimbioses and agronomic performance of the soybean Roundup Ready®.** Adviser: Marcelo Rodrigues dos Reis. Co-advisers: Éder Matsuo and Gil Rodrigues dos Santos.

It was evaluated the effect of different commercial formulations of glyphosate and the effects of glyphosate isolate and in mixture with chlorimuron-ethyl, flumioxazin and lactofen on endosymbionts microorganisms and on the agronomic performance of soybean resistant to glyphosate. Field experiments were settled for the different formulations in agricultural years of 2010/2011 and 2011/2012. The treatments consisted on application of the isopropyl salt (Roundup Original, Trop); ammonium salt (Roundup Ultra®, Roundup WG) and potassium salt (Roundup Transorb R, Zapp QI), all dose of 720 g a.e. ha^{-1} glyphosate and two controls (with and without weeds). The mycorrhizal colonization as well as dry matter of aerial part of soybean plants was not affected by the different formulations of glyphosate. Also no difference was found in the accumulation of macronutrients (nitrogen and phosphorus). In the second valuation year (2011/2012), the Mn accumulation was reduced for all formulations except for the formulation Roundup Original. However, this reduction did not influence the observed response of the plants in relation to the productive income. To evaluate effects of glyphosate mixed with different herbicides a field experiment was installed in the agricultural year 2011/2012. The treatments consisted of isolated application of glyphosate (480 g a.e. ha^{-1}), mixtures of glyphosate (480 g a.e. ha^{-1}) with: chorimuron ethyl at doses of 3, 6 and 10 g a.i. ha^{-1}, lactofen at doses 30, 60 and 100 g a.i. ha^{-1} and flumioxazin at doses of 5, 10 and 15 g a.i. ha^{-1}; and two controls (with and without weeds). All mixtures showed python intoxication in cultivars evaluated. Reduction was also evident for plant height and dry weight of the aerial part with increasing doses of lactofen and flumioxazin mixed with glyphosate. The dry mass of nodules was reduced as increased doses of glyphosate + lactofen or flumioxazin. All mixtures evaluated compromise the efficiency of mycorrhizal colonization, however just to mix glyphosate + lactofen was observed negative effect on productive performance.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a principal cultura em área de produção de grãos, sendo que 88% de toda área cultivada com essa oleaginosa foi atribuída aos cultivares de soja tolerante ao glyphosate na safra de 2012 no Brasil (James 2012). Desse modo, o glyphosate tem sido amplamente utilizado pelos produtores em áreas de cultivo.

O glyphosate atua na rota do ácido chiquímico, a qual produz compostos fundamentais para o desenvolvimento vegetal. Inibe a enzima EPSPs (5-enolpiruvilxiquimato-3-fosfato sintase), evitando a transformação do chiquimato em corismato (Shaner e Bridges, 2003). Os principais produtos que derivam do corismato são os três 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 (Padgette et al., 1995; Velini et al., 2009).

A fixação biológica do nitrogênio (FBN) é um dos principais fatores bióticos que contribue para a elevada produção de soja (Hungria et al., 2005). Estudos indicam que a FBN pode suprir todas as necessidades da planta de soja em absorver N, permitindo obtenção de alto rendimento (Hungria et al., 2006). Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) colonizam naturalmente as raízes das plantas e funcionam como um sistema radicular adicional, responsáveis principalmente pelo incremento na absorção de nutrientes (Miranda e Miranda, 2002).

Todavia, tem sido bastante questionado o efeito do glyphosate sobre os fungos micorrízicos arbusculares e bactérias fixadoras de N, devido ao importante papel desses microrganismos simbiontes radiculares quanto ao desempenho das plantas, em relação à absorção de nutrientes, sobretudo o fósforo (P) e nitrogênio (N), melhora das relações hídricas e aumento da proteção contra fitopatógenos (Sanders e Fitter, 1992; Newsham et al., 1995; Sylvia et al., 2005). Dessa forma, tem despertando crescentes interesses em avaliar os impactos do glyphosate sobre esses microrganismos endossimbiontes.

Embora o efeito do glyphosate sobre associação micorrízica da soja já tenha sido estudado por Malty et al. (2006); Reis et al. (2010); Druille et al. (2013a, 2013b), os resultados obtidos tem sido controversos e não elucidam se este efeito pode estar ligado às diferentes formulações do produto. As formulações comerciais associadas às diferentes substâncias químicas, presentes nas formulações, tais como, agentes molhantes, solventes e surfactantes podem modificar a ação do herbicida podendo afetar os microrganismos (Malkones, 2000). Tal efeito já foi verificado entre diferentes formulações comerciais de glyphosate sobre bactéria fixadoras de nitrogênio associados à soja transgênica resistente ao glyphosate, no qual mostrou-se que estes efeitos podem estar associados aos adjuvantes ou ao tipo de sal presentes nas formulações (Reddy e Zablotowicz, 2003; Santos et al., 2007).

Outro problema que tem sido relatado por sojicultores é o surgimento de sintomas de intoxicação nas plantas após a aplicação do glyphosate em diferentes formulações. Sintomas de clorose e necroses foliares, deficiência de micronutrientes e redução de crescimento da soja após aplicação do produto tem sido relatados (Reddy e Zablotowicz, 2003). Além disso, o glyphosate pode induzir, direta ou indiretamente, à deficiência de micronutrientes catiônicos (Fe, Zn e Mn) em plantas de soja RR (Neumann et al., 2006).

A adoção do sistema de semeadura direta na palha também apresentou grande crescimento com o cultivo das culturas transgênicas resistentes ao glyphosate. No entanto, a aplicação do glyphosate em larga escala e em várias vezes por ano por anos consecutivos sucessivamente, tem proporcionando seleção de vários biótipos de plantas daninhas resistente em áreas agrícolas (Vila-Aiub et al., 2007; Carvalho et al., 2011; Gaines et al., 2012). Em todo mundo há relatos de 24 espécies de plantas daninhas resistentes ao glyphosate (Weed Science, 2013). Assim, produtores têm evidenciado a ineficiência do glyphosate no controle das plantas daninhas em áreas de produção de soja transgênica resistente ao glyphosate devido a possível presença de biótipos resistentes e ou plantas daninhas de difícil controle.

Desse modo, o uso do glyphosate em mistura de tanque com herbicidas de diferentes mecanismos de ação é uma alternativa que tem sido utilizada pelos sojicultores para aumentar a eficiência de controle. Apesar de ser uma prática não reconhecida na legislação brasileira, bons resultados de controle de plantas daninhas têm sido evidenciados pelo uso dessas misturas, em função de aumentar o espectro

de controle das plantas daninhas e de apresentar custos menores em relação à aplicação de cada herbicida, individualmente.

O glyphosate em mistura com os herbicidas diuron, bromacil, imazetapir, chlorimuron-ethyl, cloransulam-methyl, lactofen, imazethapyr e fomesafen foram satisfatório no controle das plantas daninhas de difícil controle e ou biótipos resistentes ao glyphosate, sendo que os herbicidas testados apresentaram alta seletividade e não interferiram no rendimento produtivo dos cultivares de soja resistente ao glyphosate avaliadas (Maciel et al., 2011; Stewart et al., 2011; Alonso et al., 2013).

Apesar dos excelentes resultados das misturas de diferentes herbicidas ao glyphosate quanto à seletividade da transgênica resistente ao glyphosate, são poucos os trabalhos que avaliaram os impactos das misturas de herbicidas na atividade de microrganismos endossimbiontes da soja – fungos micorrizicos e bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico. Em trabalhos anteriores foi demonstrado interferência dos pesticidas em aplicação isolada a esses microrganismos (Santos et al., 2006; Vieira et al., 2007; Zobiole et al., 2011). Assim, justificando a importância de entender quais os impactos que a mistura dos mesmos podem provocar a esses microrganismos.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes formulações comerciais de glyphosate e os efeitos do glyphosate isolado e em mistura com chlorimuron-ethyl, flumioxazin e lactofen sobre microrganismos endossimbiontes e desempenho agronômico de soja resistente ao glyphosate.

2. LITERATURA CITADA

ALONSO, D. G.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR., R. S.; SANTOS, G.; DAN, H. A.; OLIVEIRA NETO, A. M. Selectivity of glyphosate alone or in mixtures for RR soybean in sequential applications. **Planta Daninha,** v. 31, n. 1, p. 203-212, 2013

CARVALHO, L. B.; HIPOLITO, H. C.; TORRALVA, F. G.; ALVES, P. L. C. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; PRADO, R. Detection of sourgrass (*Digitaria insularis*) biotypes resistant to glyphosate in Brazil. **Weed Science,** v. 59, n. 2, p. 171-176, 2011.

DRUILLE, M.; CABELLO, M. N.; OMACINI, M.; GOLLUSCIO, R. A. Glyphosate reduces spore viability and root colonization of arbuscular mycorrhizal fungi. **Applied Soil Ecology**, v. 64, p. 99-103, 2013a.

DRUILLE, M.; OMACINI, M.; GOLLUSCIO, R. A.; CABELLO, M. N. Arbuscular mycorrhizal fungi are directly and indirectly affected by glyphosate application. **Applied Soil Ecology**, v. 72, p. 143-149, 2013b.

GAINES, T. A.; CRIPPS, A.; POWLES, S. B. Evolved resistance to glyphosate in junglerice (*Echinochloa colona*) from the Tropical Ord River Region in Australia. **Weed Technology,** v. 26, n. 3, p. 480-484, 2012.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; CAMPO, R.J.; GRAHAM, P.H. The importance of nitrogen fixation to soybean cropping in South America. In: WERNER, D.; NEWTON, W.E. (Ed.). Nitrogen fixation in agriculture: forestry ecology and environment**.** Dordrecht: **Kluwer Academic Publishers**, 2005. p. 25-42.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; CAMPO, R. J.; CRISPINO, C. C.; MORAES, J. Z.; SIBALDELLI, R. N. R.; MENDES, I. C.; ARIHARA, J. Nitrogen nutrition of soybean in Brazil: Contributions of biological N2 fixation and N fertilizer to grain yield. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 86, n. 4, p. 927-939, 2006.

JAMES, C. 2012. **Global Status of Commercialized Biotech** / GM Crops: 2012. ISAAA Brief No. 44. ISAAA: Ithaca, New York.

MACIEL, C. D. G.; POLETINE, J. P.; AMSTALDEN, S. L.; GAZZIERO, D. L. P.; RAIMONDI, M. A.; LIMA, G. R. G.; NETO, A. M. O.; NAIARA GUERRA, N.; JUSTINIANO, W. Misturas em tanque com glyphosate para o controle de trapoeraba,erva-de-touro e capim-carrapicho em soja RR®. **Ceres,** Viçosa, v. 58, n.1, p. 35-42, 2011.

MALKONES, H. P. Comparasion of the effects of differently formulated herbicides on soil microbial activities – a review. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 8, n.5, p. 781-789, 2000.

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

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. **Importância da micorriza arbuscular para o cultivo da soja na região do cerrado.** Planaltina: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2002. 5 p. (Comunicado Técnico, 75)

NEUMANN, G.; KOHLS, S.; LANDSBERG, E.; STOCK-OLIVEIRA SOUZA, K.; YAMADA, T.; ROMHELD, V. Relevance of glyphosate transfer to non-target via the rhizosphere. **Journal of Plant Diseases and Protection,** v. 20, p. 963-969, 2006.

NEWSHAM, K. K.; FITTER, A. H.; WATKINSON, A. R. Arbuscular mycorrhiza protect an annual grass from root pathogenic fungi in the field. **Journal of Ecology**, v. 83, n. 6, p. 991-1000, 1995.

PADGETTE, S. R.; KOLACZ, K. H.; DELANNAY, X.; RE, D. B.; LAVALLEE, B. J.; TINIUS, C. N.; KISHORE, G. M. Development, identification, and characterization of a glyphosate-tolerant soybean line. **Crop Science,** v. 35, n. 5, p. 1451-1461, 1995.

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

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. Impacto do glyphosate associado com endossulfan e tebuconazole sobre microrganismos endossimbiontes da soja. **Planta Daninha,** v. 28, n. 1, p. 113-121, 2010.

SANDERS, I. R.; FITTER, A. H. Evidence for differential responses between host-fungus combinations of vesicular-arbuscular mycorrhizas from a grassland. **Mycological Research**, v. 96, n. 6, p. 415-419, 1992.

SANTOS, J. B.; JAKELAITIS, U. M.; SILVA, A. A; COSTA, M. D.; MANABE, U. M.; SILVA, M. C. S. Action of two herbicides on the microbial activity of soil cultivated with common bean (*Phaseolus vulgaris*) in conventional-till and no-till systems. **Weed Research,** v. 46, n. 4, p. 284-289, 2006.

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**, v.25, n.1, p.165-171, 2007.

SHANER, D.; BRIDGES, D. Inhibitors of aromatic amino acid biosyntesis (glyphosate). In: **Herbicide action course.** West Lafayette: Purdue University , 2003. p. 514-529.

STEWART, C. L.; ROBERT, E. E.; VAN EERD, L. L.; VYN, R. J.; SIKKEMA, P. H. Weed control, environmental impact, and economics of weed management strategies in glyphosate-resistant soybean. **Weed Technology,** v. 25, n. 4, p. 535-541, 2011.

SYLVIA, D. M.; FUHRMANN, J. J.; HARTEL, P. G.; ZUBERER, D. A. **Principles and applications of soil microbiology**. 2.ed. New Jersey: 2005. 645 p.

VELINE, E. D. et al. **Glyphosate**. 1. ed. Botucatu: FEPAF, 2009. 486 p.

VIEIRA, R. F.; SILVA, C. M. M. S.; SILVEIRA, A. P. D. Soil microbial biomass C and symbiotic processes associated with soybean after sulfentrazone herbicide application. **Plant and Soil,** v. 300, n. 1-2, p. 95-103, 2007.

VILA-AIUB, M. M.; BALBI, M. C.; GUNDEL, P. E.; GHERSA, C. M.; POWLES, S. B. Evolution of glyphosate-resistant Johnsongrass (*Sorghum halepense*) in glyphosate-resistant soybean. **Weed Science,** v. 55, n. 6, p. 566-571, 2007.

WEED SCIENCE – **INTERNATIONAL SURVEY OF HERBICIDE RESISTANT WEEDS**. Disponível em: <http:// www.weedscience.org>. Acesso em: 21 jul. 2013.

ZOBIOLEA, L. H. S.; KREMER, R. J.; OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J. Glyphosate affects chlorophyll, nodulation and nutrient accumulation of "second generation" glyphosate-resistant soybean (*Glycine max* L.). **Pesticide Biochemistry and Physiology,** v. 99, n. 1, p. 53-60, 2011.

3. FORMULAÇÕES DE GLYPHOSATE NO ESTADO NUTRICIONAL E MICRORGANISMOS ENDOSSIMBIONTES DA SOJA

3.1. RESUMO

Estudos sugerem redução no acúmulo de nutrientes e redução na colonização de fungos micorrízicos arbusculares após aplicação do glyphosate em soja transgênicas Roundup Ready. Assim objetivou-se avaliar o efeito de diferentes formulações comerciais de glyphosate sobre a colonização micorrízica e o estado nutricional da soja Roundup Ready (TMG 125). O experimento foi realizado em condições de campo nos anos agrícolas 2010/2011 e 2011/2012. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se da aplicação das formulações Roundup Original, Trop, Roundup Ultra, Roundup WG, Roundup Transorb R e Zapp QI, todas na dose de 720 g e.a. ha^{-1} de glyphosate e duas testemunhas (capinada e sem capina). A colonização micorrízica assim como matéria seca da parte aérea das plantas de soja não foi impactada pelas diferentes formulações de glyphosate. Também não foi constatada diferença no acumulo dos macronutrientes (nitrogênio e fósforo). No segundo ano de avalação (2011/2012), o acumulo Mn foi afetado pelas formulações Trop (isopropilamina),Roundup Transorb, Zapp QI (potássio),Roundup Ultra, Roundup WG (amônio). Para o acumulo do Zinco (Zn), houve redução com a aplicação das formulações Trop (isopropilamina) e Zapp QI (potássio). No entanto, esta redução observada não apresentou influência na resposta das plantas com relação ao rendimento produtivo.

Palavras-chave: Fungos micorrízicos; *Glycine max.;* inibidores da EPSPs; nutrição mineral.

GLYPHOSATE FORMULATIONS IN THE NUTRITIONAL STATUS AND MICROORGANISMS ENDOSYMBIONTS OF SOYBEANS

3.2. ABSTRACT

Studies suggest a reduction in the accumulation of nutrients and reduction in the colonization of fungi mycorrhizal arbusculares after application of glyphosate in Roundup Ready transgenic soybean. This study aimed to evaluate the effect on different commercial formulations of glyphosate on mycorrhizal colonization and nutritional status of soybean Roundup Ready (TMG 125). The experiment was conducted in field conditions during the growing seasons 2010/2011 and 2011/2012. The experimental design was a randomized block with four replications. The treatments consisted of application of Roundup Original, Trop, Roundup Ultra, Roundup WG, RoundupTransorb R and Zapp QI formulations, all at a dose of 720 g a.e. ha^{-1} glyphosate and two witnesses (weed and no weeding). Mycorrhizal colonization as well as dry matter of aerial part of soybean plants was not affected by the different formulations of glyphosate. No difference was found in the accumulation of macronutrients (nitrogen and phosphorus). In the second evaluation year (2011/2012), the accumulation of Mn was affected by formulations of Trop (isopropyl amine), RoundupTransorb, Zapp QI (potassium), Roundup Ultra, Roundup WG (ammonium). For the accumulation of zinc (Zn), there was a reduction with the application of the Trop (isopropyl amine) and Zapp QI (potassium) formulations. However, this reduction did not influence the response of plants in relation to the productive income.

Keywords: Mycorrhizal fungi; *Glycine max.;* EPSP inhibitors; mineral nutrition.

3.3. INTRODUÇÃO

A utilização de culturas resistentes ao glyphosate proporcionou em um incremento acentuado no uso desse herbicida, posicionando o glyphosate (N-(fosfonometil) glicina) como o herbicida mais utilizado no mundo (Duke e Powles 2008). Atualmente a soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a principal cultura responsável pela elevada utilização deste herbicida, aonde 88% de toda área cultivada com essa oleaginosa foi atribuída aos cultivares de soja tolerante a herbicida safra de 2012 no Brasil (James, 2012).

A grande aceitação do glyphosate se deu em virtude deste ser um herbicida usado para dessecação de amplo espectro de ação eficiente no controle de plantas daninhas anuais e perenes (Galli e Montezuma, 2005). Entre os benefícios atribuídos ao desenvolvimento das plantas transgênicas resistentes ao glyphosate, destaque para a redução na diversidade de herbicidas utilizados para o manejo de plantas daninhas nessas culturas, sendo mais evidenciada na cultura da soja (Young, 2006). Uma vez que o glyphosate é considerado um pesticida toxicologica e ambientalmente seguro, apresentando baixa toxicidade em mamíferos devido à via do chiquimato não ocorrer nos animais, apresenta tempo de meia-vida relativamente curto com elevada degradação microbiana no solo, além de ser um herbicida de baixo custo (Duke e Powles, 2008).

No entanto, apesar de resistente ao glyphosate, em determinadas condições a soja geneticamente modificada (GM) tem apresentado efeitos visuais de intoxicação após a aplicação do glyphosate (Zablotowicz e Reddy, 2007). Sintomas estes que também tem sido relatado por sojicultores, como: amarelecimentos intermitentes e descoloração das folhas nas primeiras semanas após a aplicação. Reddy et at. (2004) relataram que esses sintomas são ocasionados pelo acúmulo de ácido amonometilfosfônico (AMPA), produto da degradação primária do glyphosate.

Embora as injúrias provocadas pelo glyphosate sejam consideradas não persistentes, com acelerada recuperação das plantas de soja (Reddy e Zablotowicz, 2003), estudos recentes tem apontado um desbalanço nutricional com diminuição no acúmulo de alguns nutrientes (Zobiole et al., 2010; Zobiole et al., 2011; Cavalieri et al., 2012). Neumann et al. (2006) relataram que o glyphosate pode induzir, direta ou indiretamente, à deficiência de micronutrientes catiônicos (Fe, Zn e Mn) em plantas de soja RR. Em outro estudo foi observado diminuição na concentração de Fe, Mn,

Ca e Mg em sementes de soja pela aplicação do glyphosate, o que pode afetar a qualidade e viabilidade da sementes (Cakmak et at., 2009).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) colonizam naturalmente as raízes das plantas, funcionam como um sistema radicular adicional, responsáveis principalmente pelo incremento na absorção de nutrientes. Devido o importante papel desses microrganismos simbiontes radiculares quanto ao desempenho das plantas elevando a absorção de nutrição, sobretudo o fósforo (P), melhorando as relações hídricas e aumentando a proteção contra fitopatógenos (Sanders e Fitter, 1992; Newsham et al., 1995), tem sido bastante questionado o efeito do glyphosate sobre os fungos micorrízicos arbusculares. O que tem despertando crescentes interesses em avaliar os impactos do glyphosate sobre esses microrganismos simbiontes.

Embora o efeito do glyphosate sobre associação micorrízica da soja já tenha sido estudado por Malty et al. (2006); Reis et al. (2010); Druille et al. (2013a, 2013b), os resultados são controversos e não elucidam se este efeito pode estar ligado as diferentes formulações do produto. As formulações comerciais associadas às diferentes substâncias químicas, presentes nas formulações, tais como, agentes molhantes, solventes e surfactantes podem modificar a ação do herbicida podendo afetar os microrganismos (Malkones, 2000). Tal efeito já foi verificado entre diferentes formulações comerciais de glyphosate sobre bactéria fixadoras de nitrogênio associados à soja transgênica resistente ao glyphosate, no qual mostrou-se que estes efeitos podem estar associados aos adjuvantes ou ao tipo de sal presentes nas formulações (Reddy e Zablotowicz, 2003; Santos et al., 2007). O que justifica a importância em entender se os adjuvantes ou os diferentes sais presentes nas formulações podem impactar esses microrganismos.

Dessa forma, o presente experimento teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes formulações comerciais de glyphosate sobre a colonização micorrízica e no estado nutricional da soja Roundup Ready (TMG 125RR) em condições de campo.

3.4. MATERIAL E MÉTODOS

Foram instalados e conduzidos dois experimentos a campo na Estação Experimental da COOPADAP (Cooperativa Agropecuária do Alto Paranaíba), localizada no município de Rio Paranaíba, Minas Gerais (longitude 46º 09' 46" W, latitude 19º 12' 26" S e altitude de 1159 m). Os experimentos foram realizados durante os meses de novembro a abril nos anos agrícolas de 2010/11 e 2011/12.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, argiloso, cerrado, plano (Embrapa, 2006). Uma amostra composta do solo da área experimental foi retirada na camada de 0-20 cm de profundidade, antes da instalação do experimento, para caracterização química conforme Silva (2009) (Tabela 1).

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

pH	P	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Al^{3+}	H+Al	T	V	m	M.O
	mg dm^{-3}		----------$cmol_c$ dm^{-3}----------					%		dag kg^{-1}
5,9	12,4	129	2,6	0,8	0,0	2,81	6,54	57,0	0,0	1,5

Extratores: pH: H_2O; P e K: Mehlich -1; Ca^{2+} e Mg^{2+}: HCl 1 mol L^{-1}; H+Al: $Ca(OAc)_2$ 0,5 mol L^{-1}.

Aos 15 dias antes da semeadura da soja, a área experimental foi dessecada com uma mistura de glyphosate + 2,4 D (1.440 + 470 g ha^{-1}). A cultivar utilizada foi a TMG 125 RR. Antes do plantio as sementes foram tratadas com o fungicida thiophanate-methyl (1,25 mL kg^{-1} de sementes) e inoculadas com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* SEMIA 5079 e SEMIA 5080 (9 x 10^9 células viáveis kg^{-1} de sementes). A adubação mineral foi realizada no sulco de plantio, constituindo-se de 300 kg ha^{-1} do formulado NPK (2-20-20).

A semeadura foi realizada no espaçamento de 50 cm entre fileira, densidade de 14 sementes por metro, e a 5 cm de profundidade. Posteriormente ao semeio, foram demarcadas parcelas de 5,0 x 2,5 m. Os tratamentos foram às formulações Roundup Original®, Trop®, Roundup Ultra®, Roundup WG®, Roundup Transorb R® e Zapp QI®, todas aplicadas na dose de 720 g e.a. ha^{-1} de glyphosate (Tabela 2).

Além disso, foram mantidas duas testemunhas (capinada e não capinada). O delineamento experimental foi em blocos casualizados no esquema fatorial 8 x 2, com quatro repetições.

Tabela 2. Formulações comerciais, fabricantes e composição dos produtos comerciais de glyphosate utilizados

Formulação Comercial	**Fabricante**	**Composição**	**Equivalente ácido**
Trop®	Milênia	Sal isopropilamina	(360 g L^{-1})
Roundup Original®	Monsanto	Sal isopropilamina	(360 g L^{-1})
Roundup Ultra®	Monsanto	Sal amônio	(650 g kg^{-1})
Roundup WG®	Monsanto	Sal amônio	(720 g kg^{-1})
Roundup Transorb R®	Monsanto	Sal potássio	(480 g L^{-1})
Zapp QI®	Syngenta	Sal potássio	(500 g L^{-1})

® Marca registrada pelo fabricante;

Uma única aplicação dos herbicidas foi realizada aos 25 dias após a semeadura da soja (estádio V_2-V_3). Utilizou-se de um pulverizador costal pressurizado a (CO_2), operando à pressão constante de 3,0 kgf cm^{-2}, equipado com barra de quatro pontas tipo "leque" 110.03 espaçadas de 50 cm, a uma altura de aproximadamente 60 cm em relação ao solo, e volume de calda equivalente a 150 L ha^{-1} . A aplicação foi realizada entre 06:00 e 08:00h da manhã sob temperatura e umidade relativa do ar de 21° C e 64%, respectivamente.

Os dados climáticos diários de precipitação, umidade relativa e temperatura durante os experimentos foram obtidos da estação meteorológica da Universidade Federal de Viçosa Campus de Rio Paranaíba (UFV-CRP) (Figura 1 A, B). No manejo de pragas da cultura utilizaram-se os inseticidas flubendiamide, beta-cyfluthrin + imidacloprid e novaluron (50, 800, 50 mL ha^{-1}, respectivamente) para o controle da lagarta da soja (*Anticarsia gemmatalis*) e dos percevejos (*Nezara*

viridula, *Piezodorus guildinii* e *Euschistus heros*). No controle da ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) utilizou-se o fungicida cyproconazole + picoxystrobin (300 mL ha^{-1}).

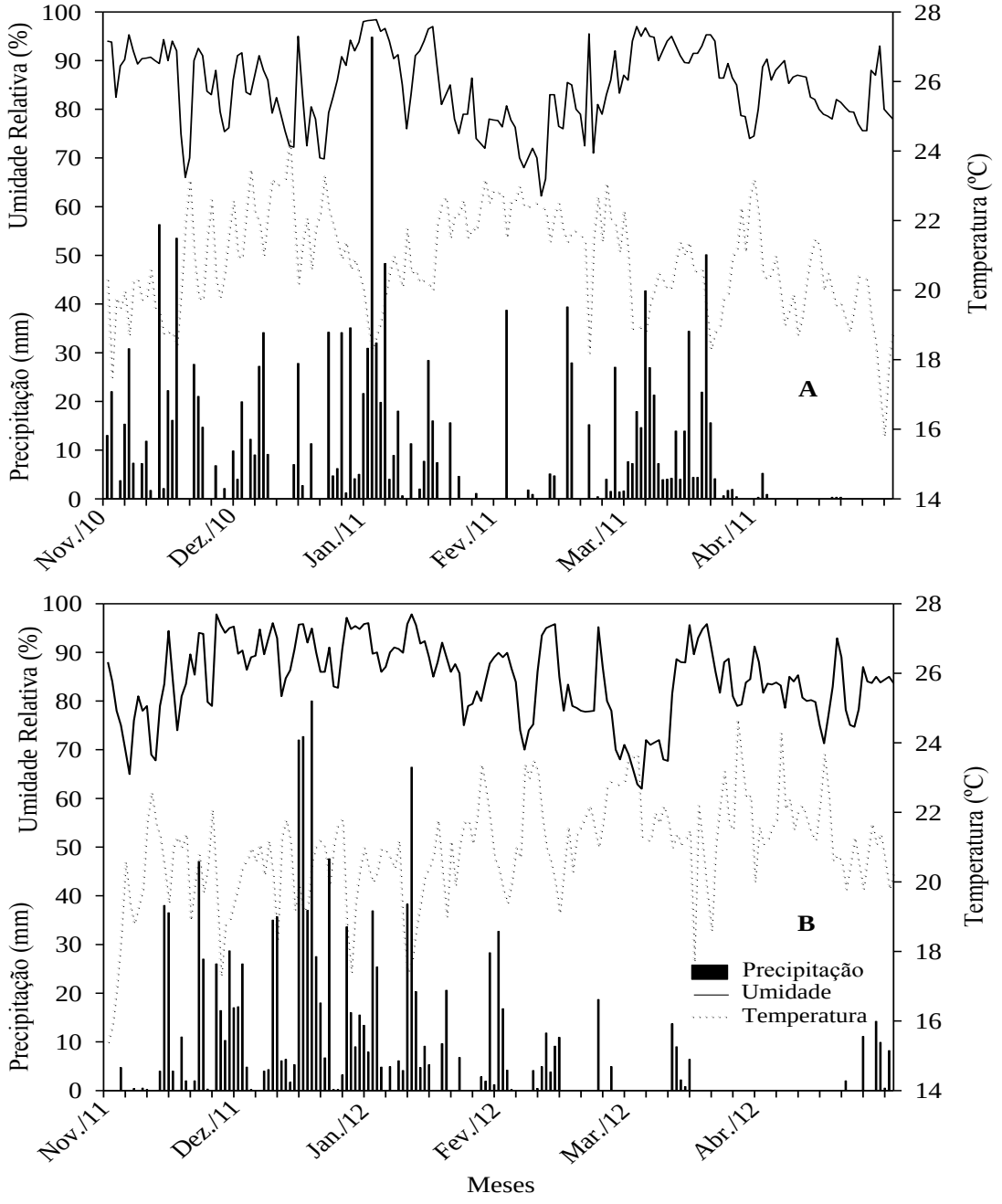


Figura 1. Precipitação, umidade relativa e temperatura durante os meses de novembro/ 2010 a abril/2011(a) e novembro/ 2011 a abril/2012 (b). UFV-CRP.

Quando a soja atingiu o estádio R_2 (florescimento pleno), coletaram-se quatro plantas de cada parcela para a determinação da matéria seca da parte aérea e colonização micorrízica das raízes por fungos micorrízicos arbusculares nativos. Na

avaliação de matéria seca da parte aérea, as plantas amostradas foram secas em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 72 °C, até atingirem massa constante e, posteriormente, pesada em balança analítica. Para a avaliação da colonização radicular, as raízes foram descoradas em solução KOH 10 % e coradas com azul de tripano 0,05 % em lactoglicerol (Brundrett et al. 1996). Posteriormente, avaliadas pelo método da intersecção em placa reticulada (Giovannetti e Mosse 1980). Os resultados foram expressos em percentagem do comprimento de raízes colonizadas por fungos micorrízicos arbusculares.

O estado nutricional das plantas foi avaliado por meio da determinação dos teores dos macro e micronutrientes. Para tal, foram coletados os terceiros trifólios a partir do ápice de oito plantas de cada parcela experimental aos 30 dias após a aplicação do glyphosate. Após secagem do tecido vegetal em estufa de circulação forçada de ar a 65°C, até atingirem peso constante, procedeu-se a moagem das amostras em moinho de lâminas. Posteriormente, o material obtido foi encaminhado para o Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da UFV campus de Viçosa, onde foram submetidos à digestão nítrico-perclórica. Utilizaram-se amostras de 0,5 g em 10 mL de HNO_3 concentrado, submetidas à temperatura de, no máximo, 200 ºC para a digestão. Após obtenção do extrato, determinou-se a concentração de nitrogênio (N), fósforo (P), ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn) e manganês (Mn) (Malavolta; Vitti e Oliveira, 1997).

Ao final dos experimentos foi realizada a colheita das sementes de soja. Para avaliação de produtividade de sementes o teor de umidade foi corrigido para 13 %. A área útil da colheita foi de 6,25 m^2 centrais da parcela experimental.

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett a 5% de probabilidade. Não havendo a necessidade de transformação, os dados foram submetidos a analise de variância, considerando nível de significância igual a 5% de probabilidade e as medias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As diferentes formulações comerciais de glyphosate, na dose de 720 g e.a ha^{-1}, não afetaram a colonização micorrízica das plantas de soja no primeiro ano de

experimento (2010/11) (Tabela 3). De forma semelhante, Reis et al. (2010) não observaram efeitos de glyphosate a colonização micorrízica da soja cultivada no campo com a aplicação única do glyphosate (1.080 g e.a ha^{-1}), aos 15 dias após a emergência (DAE) e sequencial do glyphosate (1.080 g e.a ha^{-1}) aos 15, 30 e 45 (DAE). Savin et al. (2009) concluíram que a colonização micorrízica das raízes não foi afetado pelo glyphosate em cultivares transgênicos de algodão, milho e soja cultivadas em solo em condições de casa de vegetação.

Para as avaliações do segundo ano (2011/12), a formulação Roundup Original proporcionou maior colonização micorrízica comparado ao Roundup WG (Tabela 3). Chagas Junior et at. (2013) avaliaram a aplicação única ou sequencial de duas formulações comerciais de glyphosate: Roundup original (Sal isopropilamina) e Roundup ultra (Sal amônio) e concluíram que não houve influência das formulações de glyphosate à colonização micorrízica. No entanto, assim como no presente trabalho, os autores supracitados observaram que a única aplicação de Roundup Original favorece maior colonização comparada ao grupo controle.

Dentre os trabalhos encontrados na literatura Druille et al. (2013a, 2013b), observaram que a aplicação de glyphosate afeta negativamente a funcionalidade dos fungos micorrízicos, de modo que a colonização das raízes foi significativamente menor em plantas cultivadas em solo tratado com o glyphosate do que em solo não tratado.

O glyphosate afeta a germinação e o crescimento dos tubos germinativos das espécies de FMA (*Gigaspora margarita*, *Glomus etunicatum* e *Scutellospora heterogama*), em meio de cultura, apenas em concentração muito superior àquelas normalmente utilizadas em condições reais de campo (Malty et al., 2006). Os mesmos autores supracitados concluem que a aplicação prévia de Roundup ao solo, até a dose equivalente a 10 L ha^{-1}(22,5 µM), não influencia na colonização micorrízica da soja. No entanto, tais concentrações são muito superiores à concentração esperada no solo para doses recomendadas de glyphosate, que é cerca de 7 µM (Moorman, 1986)

A matéria seca da parte aérea das plantas de soja não foi influenciada pelas diferentes formulações de glyphosate, nos dois anos de experimento (Tabela 3). Resultados semelhantes foram encontrados por Correia e Durigan (2007), no qual avaliaram a aplicação de oito diferentes herbicidas à base de glyphosate (sete sais isopropilamina - Roundup Ready, R. Transorb, R. Original, Polaris, Gliz, Glifosato

Nortox, Trop e um sal amônio - Roundup WG), na dose de 1200 g e.a ha^{-1}, e não observaram diferença significativa no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas de soja.

Tabela 3. Colonização micorrízica (MIC) e matéria seca da parte aérea (MSPA) de plantas de soja Roundup Ready sob a aplicação de diferentes formulações de glyphosate [(1)], em duas safras consecutivas

Tratamento	MIC(%)		MSPA (g por planta)	
	2010/11	2011/12	2010/11	2011/12
Capina manual	83,43 aA	72,25 abB	7,38 aA	10,31 aA
Sem capina	77,42 aA	75,25abA	9,20 aA	11,99 aA
Roundup Original	84,57 aA	82,00aA	9,18 aA	10,98 aA
Trop	81,20 aA	70,50abB	9,21 aA	11,15 aA
Roundup Transorb	87,04 aA	71,75abB	8,59 aA	10,14 aA
Zapp QI	83,35 aA	73,25 abB	9,21 aA	12,02 aA
Roundup Ultra	83,47 aA	81,50abA	8,13 aA	10,24 aA
Roundup WG	81,68 aA	69,25 bB	8,17 aA	11,48 aA
Médias	82,77 A	74,46 B	8,63 B	11,04 A
CV (%)	7,16		23,85	

[(1)] Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação ao acúmulo dos macronutrientes, não foi constatado diferenças nos teores de nitrogênio e fósforo, em função das formulações de glyphosate nos dois anos agrícolas (2010/2011 e 2011/2012) (Tabela 4). Em estudos realizado por Cavalieri et al. (2012) observou-se que o acúmulo de N no cultivar CD 225 RR foi afetado negativamente quando se aplicaram as formulações Roundup Transorb e Roundup Original em comparação a testemunha que não recebeu aplicação do glyphosate. No entanto, para o mesmo trabalho, resultados semelhantes não foram observados quando utilizou-se o cultivar V Max RR, onde somente o Roundup Transorb afetou negativamente o acúmulo de N. Indicando que existe variabilidade entre os cultivares em absorver esses nutriente do solo e sensibilidade diferenciada dos cultivares quanto ao acúmulo de nutrientes quando submetida a aplicação de diferentes formulações de glyphosate.

Tabela 4. Teores foliares de Nitrogênio (N) e Fósforo (P) em plantas de soja Roundup Ready após aplicação de diferentes formulações de glyphosate [(1)], em duas safras consecutivas

Tratamento	N		P	
	----------g kg^{-1}----------			
	2010/11	2011/12	2010/11	2011/12
Capina manual	45,50aA	48,75aA	4,25aA	4,50aA
Sem capina	53,00aB	49,50aA	4,50aA	4,25aA
Roundup Original	46,50aB	49,00aA	4,75aA	4,25aA
Trop	44,50aB	50,50aA	4,75aA	4,25aA
Roundup Transorb	44,75aB	49,50aA	4,25aA	4,00aA
Zapp QI	44,25aA	48,75aA	5,00aA	4,00aB
Roundup Ultra	47,00aA	49,75aA	5,75aA	4,00aB
Roundup WG	45,75aB	50,00aA	4,75aA	4,00aA
Médias	45,28B	49,50A	4,75[a]	4,16B
CV (%)	5,98		15,46	

[(1)] Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O teor dos micronutrientes cobre (Cu) e Ferro (Fe) não foram alterados em função dos diferentes sais de glyphosate aplicados nas duas safras avaliadas e em comparação com as plantas sem aplicação de glyphosate (Tabela 5). Entretanto, de acordo com Santos et al. (2007) a aplicação de 2,0 kg ha^{-1} de Roundup Ready, (sal isopropilamina), reduziu os teores foliares de N, Ca, Mg, Fe e Cu comparado à testemunha sem aplicação de herbicidas.

Para o acumulo de Manganês (Mn) e Zinco (Zn) não foram constatadas diferenças destes nutrientes no primeiro ano de avaliação (2010/2011) (Tabela 6). Entretanto no segundo experimento (2011/2012), o acúmulo Mn nas plantas tratadas com as formulações comerciais Trop (isopropilamina),Roundup Transorb, Zapp QI (potássio),Roundup Ultra, Roundup WG (amônio) foi afetado negativamente em comparação a testemunha capinada sem aplicação. Já para o acumulo de Zinco (Zn), houve redução deste micronutriente quando as plantas foram tratadas com as formulações comerciais Trop (isopropilamina) e Zapp QI (potássio).

Tabela 5. Teores foliares de cobre (Cu) e ferro (Fe) em plantas de soja Roundup Ready após aplicação de diferentes formulações de glyphosate [(1)], em duas safras consecutivas

Tratamento	Cu		Fe	
	----------mg kg^{-1}----------			
	2010/11	2011/12	2010/11	2011/12
Capina manual	6,75aA	8,75aA	363,00abA	243,75aB
Sem capina	6,50aA	8,25aA	293,75bA	277,00aA
Roundup Original	7,50aA	8,25aA	321,50abA	254,00aA
Trop	9,00aA	9,00aA	317,50abA	238,50aA
Roundup Transorb	7,25aA	9,25aA	420,75abA	384,75aA
Zapp QI	8,25aA	9,25aA	286,00bA	297,50aA
Roundup Ultra	9,25aA	9,25aA	428,25abA	356,25aA
Roundup WG	8,25aA	9,25aA	457,50aA	287,50aB
Médias	7,88B	8,91A	361,03ª	292,41B
CV (%)	19,1		20,26	

[(1)] Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Diversos trabalhos têm relatado que o glyphosate pode reduzir o acumulo dos micronutrientes (Zobiole et al., 2010; Zobiole et al., 2011; Cakmak et at., 2009). Uma das explicações mencionada por Eker et al. (2006) é de que após a absorção do glyphosate pela planta, a absorção e o transporte de micronutrientes catiônicos podem ser inibidos pela formação de complexos poucos solúveis entre glyposate-metal dentro da planta, o que pode resultar em graves deficiências de micronutrientes tais como o ferro e manganês.

O efeito do glyphosate na dose recomendada (0,86 kg e.a. ha^{-1}), com uma única aplicação para um experimento em condições de casa de vegetação e duas aplicações em um experimento em condições de campo, sobre os nutrientes: (Ca, Mg, Mn, Zn, Fe, Cu, Sr, Ba, Al, Cd, Cr, Co e Ni) em folhas jovens e adultas, os autores concluíram que o glyphosate não influência a nutrição mineral da soja transgênica nas doses recomendada para o manejo das plantas daninhas (Duke et al., 2012a).

Tabela 6. Teores foliares de Manganês (Mn) e Zinco (Zn) em plantas de soja Roundup Ready após aplicação de diferentes formulações de glyphosate [(1)], em duas safras consecutivas

Tratamento	Mn		Zn	
	----------mg kg^{-1}----------			
	2010/11	2011/12	2010/11	2011/12
Capina manual	21,25aA	26,25aA	37,00aB	49,00aA
Sem capina	24,25aA	23,50aA	33,50aA	41,00abA
Roundup Original	23,00aA	17,50abA	38,75aA	40,50abA
Trop	26,75aA	10,50bcB	40,50aA	38,00bA
Roundup Transorb	22,75aA	8,25bcB	37,50aA	40,25abA
Zapp QI	24,50aA	5,25cB	34,75aA	37,75bA
Roundup Ultra	30,50aA	4,25cB	40,25aA	42,00abA
Roundup WG	29,75aA	3,00cB	41,00aA	39,75abA
Médias	25,34A	12,34B	37,91ª	41,03A
CV (%)	23,16		16,33	

[(1)] Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Esses resultados aparentemente contraditórios encontrados na literatura podem estar relacionado aos diferentes solos de cultivo, condições climáticas e ou aos cultivares utilizados (Duke et al., 2012b). No caso do manganês, uma hipótese encontrada na literatura é que a soja transgênica resistente ao glyphosate teria uma menor capacidade de acumular este micronutriente em comparação às plantas convencionais, uma vez que, o gene adicionado na planta para lhe conferir resistência ao glyphosate pode ter alterado outros processos fisiológicos na planta (Gordon, 2007).

A formulação de glyphosate Trop propiciou produtividade superior à testemunha capinada na safra 2010/11(Tabela 7). As formulações glyphosate Trop assim como Roundup Ultra, proporcionaram elevada produtividade, o que pode está relacionado ao acúmulo de nutrientes, uma vez que os mesmos apresentaram maior teor de Cu, Fe e Mn. O mesmo resultado não foi observado no segundo ano (2011/2012), onde nenhuma das formulações diferiu da testemunha capina.

Foi observado que na safra 2010/11 a produtividade média foi superior à observada na safra 2011/12 (Tabela 7). Está diferença pode ser explicada pelo déficit hídrico que ocorreu no período reprodutivo da soja na safra 2011/12. Sendo que o déficit hídrico afeta diretamente o desenvolvimento e a produtividade da soja, (Fietz e Rangel, 2008)

Tabela 7. Produtividade de soja Roundup Ready sob a aplicação de diferentes formulações de glyphosate [(1)], em duas safras consecutivas

Tratamento	Produtividade (kg ha^{-1})	
	2010/11	2011/12
Capina manual	2612,78 bA	2748,88 aA
Sem capina	1536,11 cA	1700,56 bA
Roundup Original	2971,67 abA	2641,11 aB
Trop	3246,67 aA	2324,44 aB
Roundup Transorb	2843,89 abA	2331,11 aB
Zapp QI	2927,22 abA	2524,44 aB
Roundup Ultra	3107,78 abA	2533,61 aB
Roundup WG	2860,00 abA	2623,33 aA
Médias	2763,26 A	2428,44 B
CV (%)	8,49	

[(1)] Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A interferência das plantas daninhas na cultura da soja mostrou-se muito efetiva na redução da produtividade da cultura. Nos dois anos de experimento, a interferência das plantas daninhas durante todo o ciclo da cultura (testemunha sem capina) reduziu a produtividade de soja em 41,2 % no primeiro ano e 38,1 % no segundo ano, em relação à testemunha capina manual (Tabela 7). Nepomuceno et al. (2007) estudando o período de interferência das plantas daninhas na cultura da soja nos sistemas de semeadura direta (SSD) e convencional (SSC) observaram que a interferência das plantas daninhas durante todo o ciclo da cultura reduziu a produtividade de grão de soja, em média, 46 % no SSD e 32 % no SSC. Da mesma maneira, Silva et al. (2009) observaram redução na rendimento de grãos da soja em

73 % (áreas de baixa infestação), 82 % (área de média infestação) e 92,5 % (área de alta infestação).

3.6. CONCLUSÕES

O uso dos diferentes sais de glyphosate não reduz a atividade dos microrganismos simbiontes radiculares associados ao cultivar TMG125 RR.

A aplicação de diferentes formulações de glyphosate durante a safra da soja não reduz a produção de matéria seca da parte aérea.

Apesar das diferentes formulações de glyphosate apresentar redução nos níveis de Fe, Mn e Zn, a produtividade não é reduzida.

3.7. LITERATURA CITADA

BRUNDRETT, M.; BOUGHER, N.; DELL, B.; GROVE, T.; MALAJCZUK, N. **Working with mycorrhizas in forest and agriculture.** Camberra: Pirie, 1996. 374p.

CAKMAK, I.; YAZICI, A.; TUTUS, Y.; OZTURK, L. Glyphosate reduced seed and leaf concentrations of calcium, manganese, magnesium, and iron in non-glyphosate resistant soybean. **European Journal of Agronomy**, v. 31, n. 3, p. 114-119, 2009.

CAVALIERI, S. D.; VELINI, E. D.; SILVA, F. M. L.; SÃO JOSÉ, A. R.; ANDRADE, G. J. M. Acúmulo de nutrientes e matéria seca na parte aérea de dois cultivares de soja rr sob efeito de formulações de glyphosate. **Planta Daninha**, v. 30, n. 2, p. 349-358, 2012.

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

DUKE, S. O.; POWLES, S. B. Glyphosate: A once in a century herbicide. **Pest Management Science,** v. 64, n. 4, p. 319-325, 2008.

DUKE, S. O.; REDDY, K. N.; BU, K.; CIZDZIEL, J. V. Effects of Glyphosate on the Mineral Content of Glyphosate-Resistant Soybeans (*Glycine max*). **Journal of agricultural and food chemistry,** v 60, n. 27, p. 6764-6771, 2012a.

DUKE, S. O.; LYDON, J.; KOSKINEN, W. C.; MOORMAN, T. B.; CHANEY, R. L.; HAMMERSCHMIDT, R. Glyphosate effects on plant mineral nutrition, crop rhizosphere microbiota, and plant disease in glyphosate-resistant crops. **Journal of agricultural and food chemistry**, v 60, n. 42, p.10375-10397, 2012b.

DRUILLE, M.; CABELLO, M. N.; OMACINI, M.; GOLLUSCIO, R. A. Glyphosate reduces spore viability and root colonization of arbuscular mycorrhizal fungi. **Applied Soil Ecology**, v. 64, p. 99-103, 2013a.

DRUILLE, M.; OMACINI, M.; GOLLUSCIO, R. A.; CABELLO, M. N. Arbuscular mycorrhizal fungi are directly and indirectly affected by glyphosate application. **Applied Soil Ecology**, v. 72, p. 143-149, 2013b.

EKER, S.; OZTURK, L.; YAZICI, A.; ERENOGLU, B.; ROMHELD, V.; CAKMAK, I. Foliar-applied glyphosate substantially reduced uptake and transport of iron and manganese in sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 54, n. 26, p. 10019-10025, 2006.

EMPRESA BRASIEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306p.

FIETZ, C. R.; RANGEL, M. A. Época de semeadura da soja para a região de Dourados-MS, com base na deficiência hídrica e no fotoperíodo. **Engenharia Agrícola,** v. 28, n. 4, p. 666-672, 2008.

GALLI, A. J. B.; MONTEZUMA, M. C. **Alguns aspectos da utilização do herbicida glifosato na agricultura.** São Paulo: Monsanto do Brasil, 2005. 60 p.

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

GORDON, B. Manganese nutrition of glyphosate-resistant and conventional soybeans. **Better Crops,** v. 91, n. 4, p. 12–13, 2007.

JAMES, CLIVE. 2011. **Global Status of Commercialized Biotech** / GM Crops: 2012. ISAAA Brief No. 44. ISAAA: Ithaca, New York.

CHAGAS JUNIOR, A. F.; REIS, M. R.; SANTOS, G. R.; ERASMO, E. A. L.; CHAGAS, L. F. B. Nodulation and mycorrhization of transgenic soybean after glyphosate application. **Semina: Ciências Agrárias**, v 34, n. 6, p. 3675-3682, 2013.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA,S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicaçõe**s. 2. Ed Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MALKONES, H. P. Comparasion of the effects of differently formulated herbicides on soil microbial activities – a review. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 8, n. 5, p. 781-789, 2000.

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

MOORMAN, T. B. Effects of herbicides on the survival of *Rhizobium japonicum* strains. **Weed Science**, v. 34, n. 4p. 628-633, 1986.

NEUMANN, G.; KOHLS, S.; LANDSBERG, E.; STOCK-OLIVEIRA SOUZA, K.; YAMADA, T.; ROMHELD, V. Relevance of glyphosate transfer to non-target via the rhizosphere. **Journal of Plant Diseases and Protection,** v. 20, p. 963-969, 2006.

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**, v. 25, n. 1, p. 43-50, 2007.

NEWSHAM, K. K.; FITTER, A. H.; WATKINSON, A. R. Arbuscular mycorrhiza protect an annual grass from root pathogenic fungi in the field. **Journal of Ecology**,v. 83 n. 6 p. 991-1000, 1995.

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

REDDY, K. N.; RIMANDO, A. M.; DUKE, S. O.Aminomethylphosphonic acid, a metabolite of glyphosate, causes injury in glyphosate-treated, glyphosate resistant soybean. **Journal of Agricultural and Food Chemistry,** 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. Impacto do glyphosate associado com endossulfan e tebuconazole sobre microrganismos endossimbiontes da soja. **Planta Daninha,** v. 28, n. 1, p. 113-121, 2010.

SANDERS, I. R.; FITTER, A. H. Evidence for differential responses between host-fungus combinations of vesicular-arbuscular mycorrhizas from a grassland. **Mycological Research**, v. 96, n. 6, p. 415-419, 1992.

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**, v.25, n.1, p.165-171, 2007.

SAVIN, M. C.; PURCELL, L. C.; DAIGH, A.; MANFREDINI, A. Response of mycorrhizal infection to glyphosate applications and P fertilization in glyphosate-tolerant soybean, maize, and cotton. **Journal of Plant Nutrition**, v. 32, n. 10, p. 1702-1717, 2009.

SILVA, A. F.; CONCENÇO, G.; ASPIAZÚ, I.; FERREIRA, E. A.; GALON, L.; FREITAS, M. A. M.; SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A. Período anterior à interferência na cultura da soja-RR em condições de baixa, média e alta infestação. **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p. 57-66, 2009.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

YOUNG, B. G. Changes in herbicide use patterns and production practices resulting from glyphosate-resistant crops. **Weed Technology**, v. 20, n. 2, p. 301-307. 2006.

ZABLOTOWICZ, R. M.; REDDY, K. N. Nitrogenase activity, nitrogen content, and yield responses to glyphosate in glyphosate-resistant soybean. **Crop Protection**, v. 26, n. 3, p. 370-376, 2007.

ZOBIOLE, L. H. S., OLIVEIRA JR., R. S., HUBER, D. M., CONSTANTIN, J., CASTRO, C., OLIVEIRA, F. A., OLIVEIRA JR., A. Glyphosate reduces shoot concentration of mineral nutrients in glyphosate-resistant soybeans. **Plant and Soil,** v. 328, n. 1-2, p. 57–69, 2010.

ZOBIOLE, L. H.; KREMER, R. J.; OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J. Glyphosate affects chlorophyll, nodulation and nutrient accumulation of "second generation" glyphosate-resistant soybean (*Glycine max* L.). **Pesticide Biochemistry and Physiology,** v. 99, n. 1, p. 53-60, 2011.

4. GLYPHOSATE ISOLADO E EM MISTURA SOBRE MICRORGANISMOS ENDOSSIBIONTES E DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA

4.1. RESUMO

Objetivou-se, neste trabalho, avaliar os efeitos do glyphosate, isolado e em mistura com chlorimuron-ethyl, flumioxazin e lactofen na seletividade, crescimento, colonização micorrízica e nodulação de soja resistente ao glyphosate. O experimento foi realizado em condições de campo nos anos agrícolas 2011/2012. Os tratamentos constituíram-se da aplicação isolada de glyphosate (480 g e.a. ha^{-1}), misturas de glyphosate (480 g e.a. ha^{-1}) com: chorimuron ethyl nas doses de 3, 6 e 10 g i.a. ha^{-1}, lactofen nas doses de 30, 60 e 100 g i.a. ha^{-1} e flumioxazin nas doses de 5, 10 e 15 g i.a. ha^{-1}; e duas testemunhas (capinada e sem capina). O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Todas as misturas avaliadas apresentaram fito intoxicação na soja. Efeito negativo também foi evidenciado para a altura média das plantas e massa seca da parte aérea com o aumento das doses de lactofen e flumioxazin em mistura ao glyphosate. A mistura glyphosate + lactofen reduziu o número de nódulos. A massa seca de nódulos foi reduzida à medida que aumentaram as doses das misturas glyphosate + lactofen ou flumioxazin. Todas as misturas avaliadas comprometeram a eficiência da colonização micorrízica, no entanto, somente a mistura glyphosate + lactofen reduziu a produtividade.

Palavras-chave: Fungos micorrízicos; Herbicida; *Glycine max;* Seletividade.

GLYPHOSATE ISOLATED AND IN MIXTURE OVER ENDOSYMBIOTIC MICROORGANISMS AND AGRONOMIC PERFORMANCE OF THE SOYBEAN

4.2. ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effects of glyphosate, isolate and mixed with chlorimuron-ethyl, flumioxazin and lactofen in the selectivity, growth, mycorrhizal colonization and nodulation on glyphosate resistant in soybean. The experiment was conducted under field conditions in the agricultural year 2011/2012. The treatments consisted of glyphosate isolated application (480 g a.e. ha^{-1}), mixtures of glyphosate (480 g a.e. ha^{-1}) with: chorimuronethyl at doses of 3, 6 and 10 g a.i. ha^{-1} lactofen at doses of 30, 60 and 100 g a.i. ha^{-1} flumioxazin and at doses of 5, 10 and 15 g a.i. ha^{-1}; and two controls (with and without weeds).The experimental design was a randomized block with four replications. All mixtures evaluated presented python poisoning in soybeans. Negative effect was also demonstrated for plant height and dry weight of shoots with increasing doses of lactofen and flumioxazin mixed with glyphosate. The mixture glyphosate + lactofen reduced the number of nodes. The dry mass of nodules was reduced as increased doses of glyphosate + lactofen mixtures or flumioxazin. All mixtures evaluated compromise the efficiency of the mycorrhizal however, only glyphosate + lactofen mixture reduced the productivity.

Key-words: Mycorrhizal fungi; Herbicide; *Glycine max*; Selectivity.

4.3. INTRODUÇÃO

O cultivo da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) no Brasil tem aumentado continuamente nos últimos anos, colocando a soja como a principal cultura em área de produção de grãos. Esse aumento é atribuído ao cultivo da soja resistente ao glyphosate (RR) sendo responsável por 88% de toda área cultivada com essa oleaginosa na safra de 2012 (James, 2012).

O desenvolvimento das culturas resistente ao glyphosate resultou em um incremento acentuado no uso desse herbicida, consequentemente, houve um declínio na diversidade de herbicidas utilizados para manejo de plantas daninhas, sendo mais evidenciada na cultura da soja (Young 2006).

A adoção do sistema de semeadura direta na palha também apresentou grande crescimento com o cultivo das culturas transgênicas resistentes ao glyphosate, em virtude de esse ser um herbicida usado para desecar de amplo espectro de ação eficiente no controle diversas espécies de plantas daninhas anuais e perenes (Galli & Montezuma 2005). No entanto, a aplicação do glyphosate em larga escala e em várias vezes por ano por anos consecutivos sucessivamente, tem proporcionando seleção de vários biótipos de plantas daninhas resistente em áreas agrícolas (Jones et al. 2005; Vila-Aiub et al., 2007; Owen 2008; Carvalho et al., 2011; Gaines et al., 2012). Em todo mundo há relatos de 24 espécies de plantas daninhas resistentes ao glyphosate (Weed Science, 2013). Assim, produtores têm evidenciado a ineficiência do glyphosate no controle das plantas daninhas em áreas de produção de soja transgênica resistente ao glyphosate devido a possível presença de biótipos resistentes e ou plantas daninhas de difícil controle.

Desse modo, o uso do glyphosate em mistura em tanque com herbicidas de diferentes mecanismos de ação, apresenta-se como alternativa utilizada pelos sojicultores para aumentar a eficiência de controle. Apesar de ser uma prática não reconhecida na legislação brasileira, bons resultados de controle das plantas daninhas têm sido evidenciados pelo uso dessas misturas, uma vez que aumenta o espectro de controle das plantas daninhas.

O glyphosate em mistura com os herbicidas diuron, bromacil, imazetapir, chlorimuron-ethyl, cloransulam-methyl, lactofen, imazethapyr e fomesafen foi eficiente no controle das plantas daninhas de difícil controle e ou biótipos resistentes ao glyphosate, além de apresentar alta seletividade aos cultivares de soja resistente ao

glyphosate (Yamauti et al. 2010, Maciel et al. 2011, Stewart et al. 2011, Alonso et al. 2013).

Apesar dos excelentes resultados das misturas de herbicidas ao glyphosate quanto à seletividade da soja transgênica, são poucos os trabalhos que avaliaram os impactos das misturas de herbicidas na atividade de microrganismos endossimbiontes da soja, fungos micorrizicos e bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico.

A fixação biológica do nitrogênio (FBN) é um dos principais fatores bióticos que contribuem para a elevada produção de soja (Hungria et al. 2005). Micorrizos formados pela associação de fungos micorrizicos com as raízes de plantas hospedeiras aumenta o fornecimento de nutrientes, principalmente o fósforo (Sylvia et al. 2005).

Diversos trabalhos tem demonstrado interferência dos pesticidas a esses microrganismos (Santos et al. 2006a, Vieira et al. 2007, Zobiole et al. 2011). Justificando, com isso, a importância em entender quais os impactos que a mistura dos mesmos podem provocar a esses microrganismos.

Diante do exposto, objetivou-se, avaliar a aplicação do glyphosate isolado e em mistura com chlorimuron-ethyl, flumioxazin e lactofen na seletividade, crescimento, colonização micorrízica e nodulação de soja resistente ao glyphosate.

4.4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condições de campo, na Estação Experimental da COOPADAP (Cooperativa Agropecuária do Alto Paranaíba), localizada no município de Rio Paranaíba, Minas Gerais (longitude 46º 09' 46" W, latitude 19º 12' 26" S e altitude de 1159 m), durante os meses de novembro de 2011 a abril de 2012.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, argiloso, cerrado, plano (Embrapa, 2006). Uma amostra composta do solo da área experimental foi retirada, antes da instalação do experimento, para caracterização química conforme Silva (2009). 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^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Al^{3+}	H+Al	T	V	m	M.O
	mg dm^{-3}		----------$cmol_c$ dm^{-3}----------					%		dag kg^{-1}
5,9	12,4	129	2,6	0,8	0,0	2,81	6,54	57,0	0,0	1,5

Extratores: pH: H_2O; P e K: Mehlich -1; Ca^{2+} e Mg^{2+}: HCl 1 mol L^{-1}; H+Al: $Ca(OAc)_2$ 0,5 mol L^{-1}.

Aos 15 dias antes da semeadura da soja, a área experimental foi dessecada com uma mistura de glyphosate + 2,4 D (1.440 + 470 g ha^{-1}). A adubação mineral foi realizada no sulco de plantio, constituindo-se de 300 kg ha^{-1} do formulado NPK 2-20-20.

As sementes da cultivar de soja TMG 125 RR foram tratadas com o fungicida thiophanate-methyl (0,625 g kg^{-1} de sementes) e inoculadas com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* SEMIA 5079 e SEMIA 5080 (9 x 10^9 células viáveis kg^{-1} de sementes). A semeadura foi realizada no espaçamento de 50 cm, com densidade de 14 plantas por metro, a uma profundidade de 5 cm. As parcelas foram compostas por 10 linhas de plantio com 2,5 m de comprimento, sendo a área útil para avaliações composta das cinco linhas centrais da mesma.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições e duas testemunhas (capinada e sem capina). Os tratamentos constituíram-se da aplicação isolada do herbicida glyphosate (480 g e.a. ha^{-1}) e das misturas de glyphosate (480 g e.a. ha^{-1}) com chorimuron ethyl nas doses de (3, 6 e 10 g i.a. ha^{-1}), das misturas de glyphosate (480 g e.a. ha^{-1}) com lactofen nas doses de (30, 60 e 100 g i.a. ha^{-1}) e das mistura de glyphosate (480 g e.a. ha^{-1}) com flumioxazin nas doses de (5, 10 e 15 g i.a. ha^{-1}).

Os herbicidas foram aplicados entre os estádios V_2-V_3 das plantas de soja, 20 dias após a semeadura. Utilizou-se de um pulverizador costal pressurizado a CO_2, operando à pressão constante de 3,0 kgf cm^{-2}, equipado com barra de quatro pontas tipo "leque" 110.03 espaçadas de 50 cm, a uma altura de aproximadamente 60 cm em relação ao solo, e volume de calda equivalente a 150 L ha^{-1}.

No manejo de pragas da cultura utilizaram-se os inseticidas flubendiamide (24 g ha^{-1}), beta-cyfluthrin (10 g ha^{-1}) + imidacloprid (80 g ha^{-1}) e novaluron (5 g ha^{-}

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

Os dados climáticos diários de precipitação, umidade relativa e temperatura durante os experimentos foram adquiridos da estação meteorológica da Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba, localizada próxima da área experimental (Figura 1).

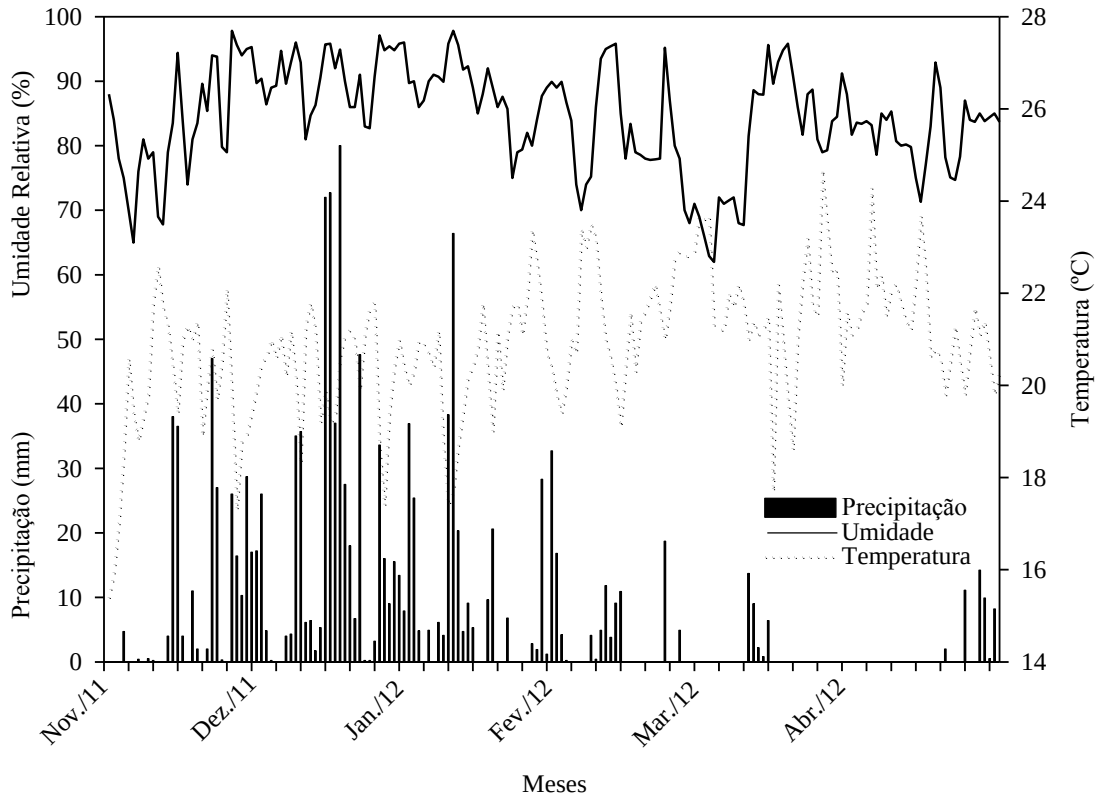


Figura 1. Precipitação, umidade relativa e temperatura durante os meses de condução do experimento (Rio Paranaíba-MG, novembro/2011 a abril/2012).

Quando a soja atingiu o estádio R_2 (florescimento pleno), coletaram-se quatro plantas de cada parcela para a determinação da matéria seca da parte aérea e colonização micorrízica das raízes por fungos micorrízicos arbusculares nativos. Na avaliação de matéria seca da parte aérea, as plantas amostradas foram secas em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 72 °C, até atingirem massa constante e, posteriormente, pesada em balança analítica. Para a avaliação da

colonização radicular, as raízes foram descoradas em solução KOH 10 % e coradas com azul de tripano 0,05 % em lactoglicerol (Brundrett et al. 1996). Posteriormente, avaliadas pelo método da intersecção em placa reticulada (Giovannetti e Mosse 1980). Os resultados foram expressos em percentagem do comprimento de raízes colonizadas por fungos micorrízicos arbusculares.

Na avaliação da nodulação do sistema radicular de soja foram coletadas oito plantas de soja no estádio R_2 por parcela experimental. O sistema radicular das plantas foi extraído com auxílio de uma pá de corte, removendo-se um bloco de solo com aproximadamente 20 cm de profundidade entorno das plantas, região onde se concentra a maior parte das raízes. Todo o volume de solo coletado e raízes das plantas foram lavados em água corrente sobre peneira com malha de 1,43 mm. Para a estimativa da nodulação, os nódulos foram contados e submetidos à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 60 ^{o}C por 72 h e, posteriormente, pesados em balança analítica.

As avaliações de fitoinoxicação das plantasde soja, foram realizadas aos 3 e 7 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA). Utilizou-se de escala de notas, sendo que 0 % representa nenhuma injúria às plantas e 100 % morte total, conforme a metodologia da SBCPD (1995). Além disso, uma avaliação de altura de plantas foi realizada aos 30 DAA e ao final, as sementes de soja foram colhidas e secas em estufa, corrigindo-se o teor de umidade para 13 % para avaliação de produtividade de sementes.

A fim de avaliar se os erros dos dados eram aleatórios seguindo uma distribuição normal e se a variância era homogênea, os dados foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett respectivamente a 5% de probabilidade. Não havendo a necessidade de transformação, os dados foram submetidos a analise de variância a ($p<0,05$) e as medias dos tratamentos foram comparadas com a testemunha capinada pelo teste de Dunnet ($p<0,01$) e ($p<0,05$). Para avaliar os efeitos das diferentes doses estudadas os dados foram submetidos a analise de regressão para todas as variáveis avaliadas. Nestas analises, as regressões foram submetidas à análise de variância e ao teste F ($p<0,05$) e os regressores β_1 e β_2 foram analisados pelo teste t ($p<0,01$) e ($p<0,05$).

4.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O glyphosate em mistura com o lactofen (100 g ha^{-1}) e ou flumioxazim (15 g ha^{-1}) apresentaram redução de 14,4% e 14,5% respectivamente na altura média de plantas em relação à testemunha capinada. No entanto, a mistura glyphosate com o chlorimurom-ethyl não interferiram na altura de plantas independente da dose estudada (Tabela 2).

Tabela 2. Altura de plantas (AP), matéria seca da parte aérea (MSPA), colonização micorrízica (MIC), número de nódulos (NN), massa seca de nódulos (MSN) e produtividade de sementes de soja Roundup Ready tratadas com Glyphosate em associação com o chlorimuron-ethyl, lactofen e flumioxazin (Rio Paranaíba-MG, 2011/12)

Tratamento	AP	MSPA	MIC	NN	MSN	PROD
	cm	g	%	nº/planta	g/planta	kg ha^{-1}
Testemunha capinada	36,01	11,88	83,19	895	2,71	2228,34
Testemunha sem capinada	40,5**	11,72	89,16	627,33*	2,18	1575,62**
Gly $^{\Delta}$	36,11	11,22	89,27	682,67*	2,53	2244,02
Gly. + Chlorimuron 1	32,33	9,33	84,65	684,00*	2,53	2429,95
Gly. + Chlorimuron 2	35,12	10,21	77,58	669,25*	2,49	2405,31
Gly. + Chlorimuron 3	36,5	9,96	83,18	741,5	2,71	2357,71
CV (%)	6,23	13,83	6,63	12,56	13,69	9,94
Gly. + Lactofen 1	34,98	8,03**	87,2	581,50**	2,09	2329,18
Gly.+ Lactofen 2	31,79	7,39**	86,24	497,25**	1,87*	2174,02
Gly.+ Lactofen 3	30,83**	7,89**	83,89	617,25**	2,15	2135,94
CV (%)	6,66	16,43	4,55	16,58	15,8	13,14
Gly. + Flum.1	32,71	9,44	88,95	611,25*	2,03	2079,93
Gly. + Flum. 2	33,16	8,51*	84,46	712,75	2,42	2291,06
Gly. + Flum.3	30,80**	8,76*	84,21	615,00*	2,18	1964,57
CV (%)	6,66	14,04	4,06	18,11	19,94	12,48

(1) Médias seguidas por ** e * diferem estatisticamente da testemunha capinada pelo teste de Dunnett ao nível de 1% e 5% de probabilidade respectivamente. $^{\Delta}$ Glyphosate 480 g e.a ha^{-1} (Gly), Chlorimuron-ethyl 3 g ha^{-1} (Chlorimuron 1), Chlorimuron-ethyl 6 g ha^{-1} (Chlorimuron 2), Chlorimuron-ethyl 10 g ha^{-1} (Chlorimuron 3), Lactofen 30 g ha^{-1}(Lactofen 1), Lactofen 60 g ha^{-1}(Lactofen 2), Lactofen 100 g ha^{-1}(Lactofen 3), Flumioxazin 5 g ha^{-1} (Flum. 1), Flumioxazin 10 g ha^{-1} (Flum. 2), Flumioxazin 15 g ha^{-1} (Flum. 3).

A mistura glyphosate + lactofen e glyphosate + flumioxazim reduziram a massa seca da parte aérea em todas as doses estudadas (Tabela 2), exceto para a mistura com o flumioxazim (5 g ha^{-1}).

Com relação aos componentes de colonização micorrízica e massa seca de nódulos não foi constatada diferença significativa em função das aplicações do glyphosate isoladas ou em misturas em comparação à testemunha capinada. Exceto para massa seca de nódulos na dose do lactofen (60 g ha^{-1}) em mistura ao glyphosate que houve diferença significativa. Também foi evidenciado que tanto as aplicações isoladas de glyphosate como também em mistura, para todos os herbicidas estudados, reduziram o número de nódulos em comparação com a testemunha capinada, exceto para os tratamentos glyphosate + chlorimuron-ethyl e glyphosate + flumioxazim nas doses 10 g ha^{-1} (Tabela 2). Apesar de alguns dos componentes estudados terem sido afetados pelos tratamentos, não houve prejuízo na produtividade (Tabela 2).

Maciel et al. (2011) utilizando o cultivar CD-214RR® e aplicação sequencial em misturas de glyphosate (360 ou 540 e.a. g ha^{-1}) em mistura aos herbicidas chlorimuron-ethyl (10 e ou 5 g i.a. ha^{-1}); lactofen (120 e ou 60 g i.a. ha^{-1}); cloransulam-methyl (30, ou 16,9 e ou 12,9 g i.a. ha^{-1}) e imazethapyr (50 g i.a. ha^{-1}) observaram que estes não interferiram na produtividade. De acordo com Alonso et al. (2013) o glyphosate (480 e ou 720 e.a. g ha^{-1}) em mistura com os herbicidas cloransulam-methyl (15,12 g i.a. ha^{-1}), fomesafen (62,5 g i.a. ha^{-1}), lactofen (720 + 36/480 + 36), chlorimuron-ethyl (6,25 g i.a. ha^{-1}), flumiclorac-pentyl (15 g i.a. ha^{-1}), bentazon (240 g i.a. ha^{-1}) e imazethapyr (40 g i.a. ha^{-1}) também observaram que nenhum dos tratamentos afetaram o rendimento produtivo. Porém alguns dos tratamentos apresentaram efeitos negativos ao desenvolvimento vegetativo das plantas de soja, cultivar CD214 RR.

Todas as misturas estudadas apresentaram injúrias visuais à cultura da soja (Figura 2 A, B, C). Aos 3 dia após a aplicação (DAA) as misturas de glyphosate + lactofen ou flumioxazin apresentaram maiores intensidades de intoxicação 54 e 59,35%, respectivamente, nas doses mais elevadas. A mistura glyphosate + chlorimuron-ethyl foi a que apresentou menores percentagens visuais de intoxicação, indicando-a como menos prejudicial à cultura (Figura 2 A).

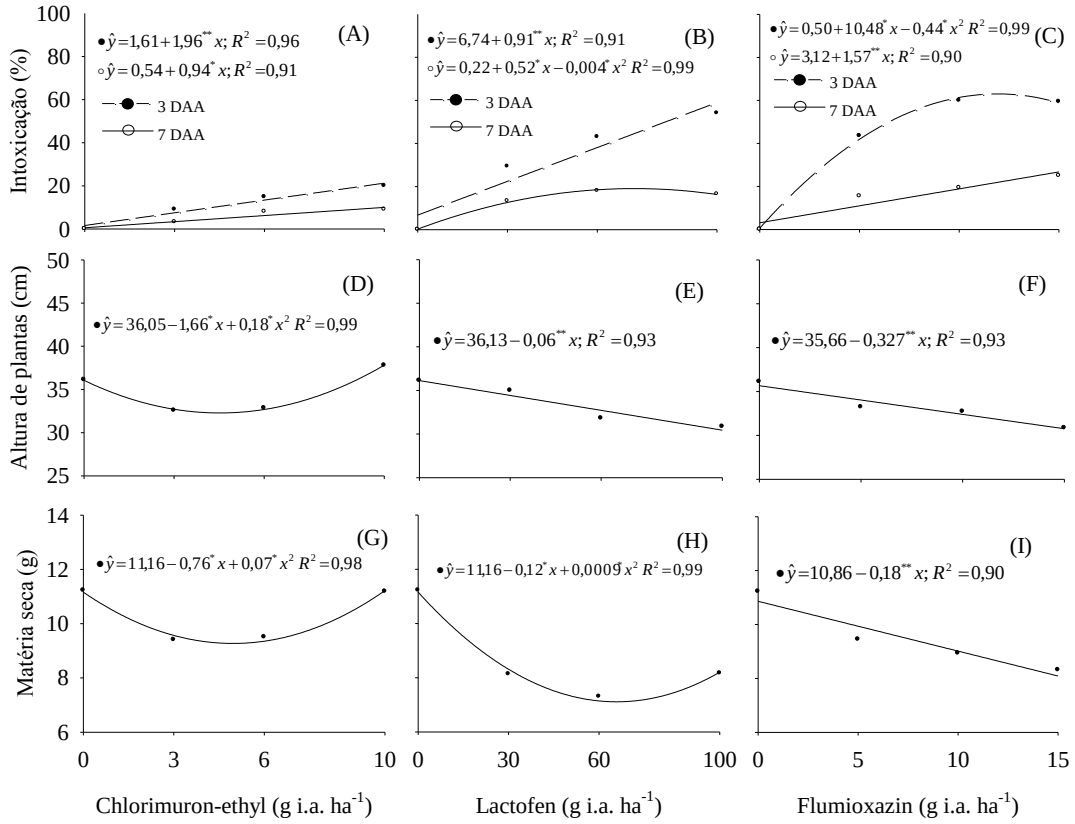


Figura 2. Intoxicação aos 3DAA e 7DAA (A, B, C), altura de plantas (D, E, F), e matéria seca da parte aérea (G, H, I) de soja Roundup Ready em função de diferentes doses dos herbicidas chlorimuron-ethyl, lactofen e flumioxazin em pós-emergência. O glyphosate foi utilizado na dose 480g ha^{-1} para todos os tratamentos. * P<0,05 ** P<0,01 pelo teste t (Rio Paranaíba-MG, 2011/12).

Na segunda avaliação, aos 7 DAA, as plantas de soja apresentaram redução nos níveis de intoxicação (Figura 2 A, B, C). Embora as aplicações tenham ocasionado injúrias visuais às plantas, estas apresentaram acelerada recuperação, demostrando elevada seletividade aos tratamentos estudados neste ensaio.

A aplicação de chlorimuron em mistura com lactofen aplicado na cultura da soja para o manejo das plantas daninhas ocasionou injúrias visuais acentuadas aos 7 DAA nas plantas de soja (Correia et al., 2011). Alonso et al. (2013) demonstraram em seus estudos que as aplicações das misturas de glyphosate + lactofen, ou chlorimuron-ethyl, ou fomesafem e ou bentazon apresentaram elevados percentagens de intoxicação 65, 65, 40 e 40% respectivamente, aos 7 DAA para a cultura da soja . Resultados também relatado por Maciel et al. (2011) que avaliando o efeito

glyphosate em mistura com o Chlorimuron-ethyl e ou carfentrazone observaram efeitos prejudiciais de intoxicação aos 8 DAA para cultura da soja. De formas semelhantes no presente trabalho, ambos os autores supracitados relataram acelerada recuperação das plantas de soja, apesar dos tratamentos estudados terem demonstrado elevados índices visuais de intoxicação para as cultivares avaliadas.

O aumento das doses de lactofen e flumioxazin em mistura ao glyphosate apresentou redução da altura média das plantas, principalmente nas doses de (100 e 15 g ha^{-1}) para o lactofen e flumioxazin respectivamente, com redução media de 14,62% em relação ao tratamento com aplicação isolada de glyphosate (Figura 2 E, F). De forma semelhante, a massa seca da parte aérea foi reduzida com o aumento das doses de lactofen e flumioxazin em mistura ao glyphosate (Figura 2 H, I). Alonso et al. (2013) também observaram que a aplicação sequencial de glyphosate associado ao lactofen foi prejudicial ao crescimento da soja.

O número de nódulos aumentou com o incremento das doses de chlorimuron-ethyl em mistura ao glyphosate, alcançando valor médio de 90,19 por planta na dose mais elevada, diferente da aplicação isolada de glyphosate que obteve média de 85,33 por planta, (Figura 3 A). Por outro lado, a mistura glyphosate + lactofen foram prejudiciais ao número de nódulos principalmente para as doses lactofen (60 e 100 g ha^{-1}) (Figura 3 B). Dvoranen et al. (2008) avaliando os impactos de aplicações sequencial dos herbicidas fomesafen/[fomesafen+fluazifop-p-butyl] sobre a fixação biológica de nitrogênio, verificaram que o número de nódulos foi reduzidas pelas aplicações sequenciais destes herbicidas.

Quanto à massa seca de nódulos, houve redução para esta variável em comparação a aplicação isolada do glyphosate à medida que aumentaram as doses para as misturas glyphosate + lactofen e glyphosate + flumioxazin (Figura 3 E, F). Resultado esses que para as misturas glyphosate + lactofen pode ser explicado pela redução no número de nódulos que também foi reduzido à medida que as doses foram aumentadas. Diferentemente dos resultados observados para as mistura glyphosate + chlorimuron-ethyl, no qual as doses estudas não interferiram na massa seca de nódulos (Figura 3 D). A massa seca de nódulos é definida por Sousa et al. (2008) como sendo um dos parâmetros mínimos utilizado para a avaliação da eficiência da fixação biológica de nitrogênio para a cultura da soja.

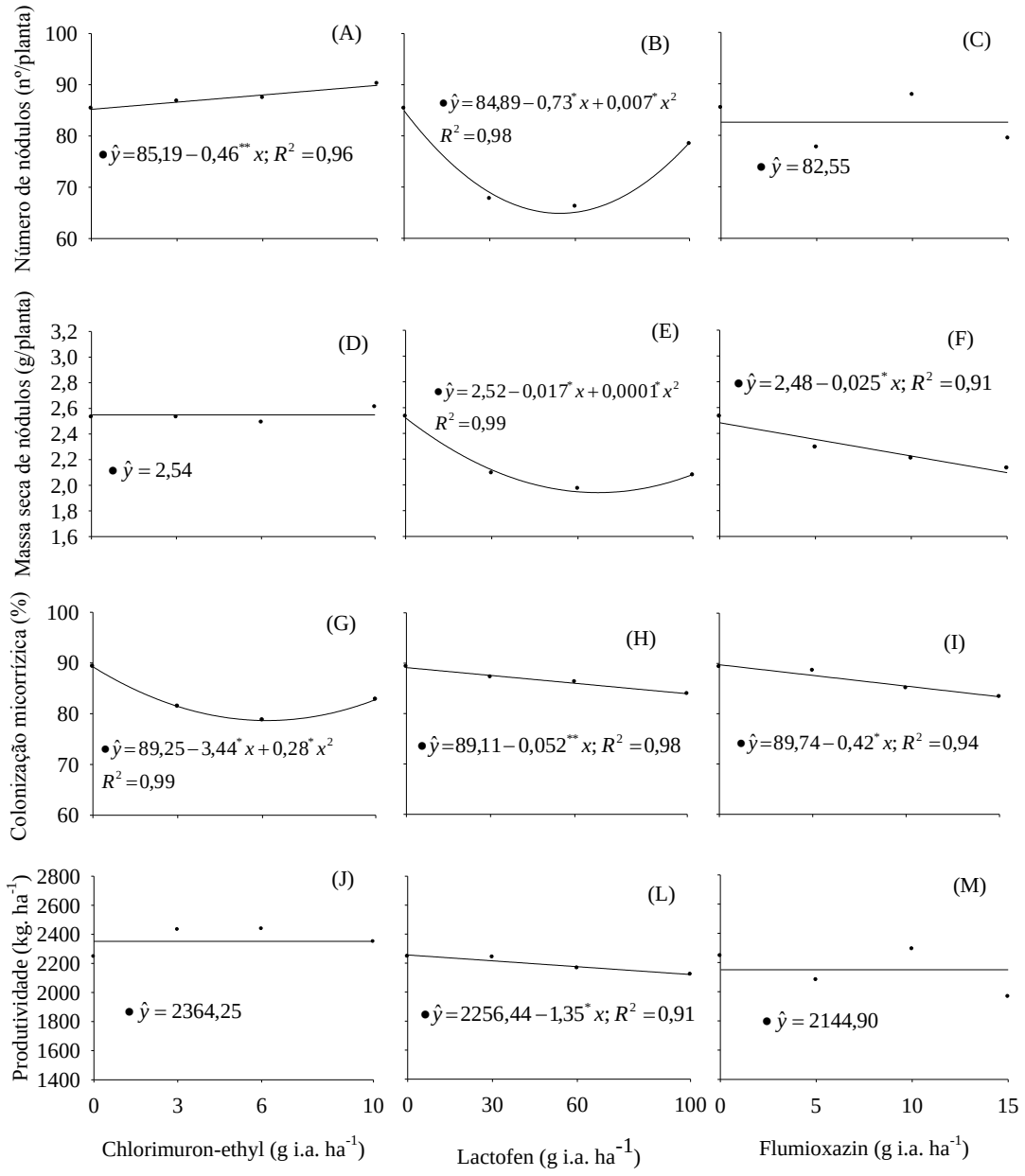


Figura 3. Número de nódulos (A, B, C), massa seca de nódulos (D, E, F), colonização micorrízica (G, H, I), e produtividade (J, L, M) de soja Roundup Ready em função de diferentes doses dos herbicidas chlorimuron-ethyl, lactofen e flumioxazin em pós-emergência. O glyphosate foi utilizado na dose 480g ha^{-1} para todos os tratamentos. * P<0,05, ** P<0,01 pelo teste t (Rio Paranaíba-MG, 2011/12).

Dvoranen et al. (2008) relataram em seus trabalhos que apesar das aplicações sequencial do fomesafen/[fomesafen+fluazifop-p-butyl] terem reduzido o número de nódulos, a massa seca de nódulo não foi afetada pelos tratamentos. No entanto, observou-se no presente trabalho, que com o aumento das doses do flumioxazin em

mistura ao glyphosate, houve redução na massa seca de nódulos, apesar de não ter afetado o número de nódulos. O que pode ter ocasionado redução na eficiência da fixação biológica de nitrogênio para a cultura da soja. Santos et al. (2006b) observaram que o fomesafen aplicado isoladamente e em mistura com o fluazifop-p-butyl em meio de cultura apresentaram efeito negativo sobre o crescimento das estirpes de *Rhizobium*.

Para a colonização micorrízica constatou-se que todas as misturas avaliadas reduziram a eficiência da interação fungos micorrízicos com a planta hospedeira (Figura 3 G, H, I). As misturas glyphosate + lactofen ou flumioxazin nas doses mais elevadas foi evidenciado maiores prejuízos. Diferente da mistura glyphosate + chlorimuron-ethyl que na dose (480 + 6 g ha^{-1}) foi a que potencialmente mais comprometeu o desenvolvimento da colonização micorrízica.

Reis et al. (2010) relataram em seus estudos, que a aplicação dos herbicidas fomesafen (180 g ha^{-1}) em mistura ao fluazifop-p-butil (225 g ha^{-1}) estimularam a colonização micorrízica. No entanto, esse estímulo não foi verificado quando os tratamentos receberam aplicação do inseticida endossulfan (525 g ha^{-1}) em mistura ao fungicida tebuconazole (150 g ha^{-1}). Vieira et al. (2007) verificaram que a aplicação do sulfentrazone em todo período vegetativo da soja cultivar IAC-22 interferiu a infecção dos fungos micorrízicos, com redução de 50% na cololização micorrízica.

A produtividade de grãos não foi reduzida quando a soja foi tratada com as misturas glyphosate + chlorimuron-ethyl ou flumioxazin (Figura 3 J, M). No entanto, a mistura glyphosate + lactofen reduziu a produtividade quando se elevou às doses de lactofen nesta mistura (Figura 3 L). Maciel et al. (2011) e Alonso et al. (2013) não constataram redução significativa na produtividade de grãos entre as aplicações isoladas e em mistura do glyphosate a outros herbicidas avaliados. Evidenciando que a utilização do glyphosate em mistura a herbicidas com diferentes mecanismos de ação é uma excelente ferramenta para reduzir a pressão de seleção de biótipos resistentes e aumentar a eficiência no controle das plantas daninhas em áreas cultivada com a soja RR.

4.6. CONCLUSÕES

As aplicações de glyphosate de forma isolada ou em mistura com o chlorimuron-ethyl e o flumioxazin são seletivas para a cultivar de soja TMG 125 RR nas condições experimentais avaliadas.

As misturas impactam negativamente na atividade de microrganismos endossimbiontes.

4.7. LITERATURA CITADA

ALONSO, D. G.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR., R. S.; SANTOS, G.; DAN, H. A.; OLIVEIRA NETO, A. M. Selectivity of glyphosate alone or in mixtures for RR soybean in sequential applications. **Planta Daninha,** v. 31, n. 1, p. 203-212, 2013

BRUNDRETT, M.; BOUGHER, N.; DELL, B.; GROVE, T.; MALAJCZUK, N. **Working with mycorrhizas in forest and agriculture.** Camberra: Pirie, 1996. 374p.

CARVALHO, L. B.; HIPOLITO, H. C.; TORRALVA, F. G.; ALVES, P. L. C. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; PRADO, R. Detection of sourgrass (*Digitaria insularis*) biotypes resistant to glyphosate in Brazil. **Weed Science,** v. 59, n. 2, p. 171-176, 2011.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C.; ESPANHOL, M. Manejo de plantas daninhas em soja geneticamente modificada toleranteao glyphosate. **Pesquisa Agropecuária Tropical,** v. 41, n. 2, p. 242-247, 2011.

DVORANEN, E. C.; OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; CAVALIERI, S. D.; BLAINSKI, E. Nodulação e crescimento de variedades de soja RR sob aplicação de glyphosate, fluazifop-p-butyl e fomesafen. **Planta Daninha,** v. 26, n. 3, p. 619-625, 2008.

EMPRESA BRASIEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306p.

GAINES, T. A.; CRIPPS, A.; POWLES, S. B. Evolved resistance to glyphosate in junglerice (*Echinochloa colona*) from the Tropical Ord River Region in Australia. **Weed Technology,** v. 26, n. 3, p. 480-484, 2012.

GALLI, A. J. B.; MONTEZUMA, M. C. **Alguns aspectos da utilização do herbicida glifosato na agricultura.** São Paulo: Monsanto do Brasil, 2005. 60 p.

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

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; CAMPO, R. J.; GRAHAM, P. H. The importance of nitrogen fi xation to soybean cropping in South America. In: WERNER, W.; NEWTON, W.E. (Ed.). **Nitrogen fi xation in agriculture, forestry, ecology and the environment.** Dordrecht: Springer, 2005. p. 25-42.

JAMES, CLIVE. 2011. **Global Status of Commercialized Biotech** / GM Crops: 2012. ISAAA Brief No. 44. ISAAA: Ithaca, New York.

JONES, A. P.; PARQUE, K. W.; COLQUHOUN, J.; SMITH, C. M.; SHANER, D. Identification of glyphosate-resistant Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) in Oregon. **Weed Science,** v. 53, n. 6, p. 775-779, 2005.

MACIEL, C. D. G.; POLETINE,J. P.; AMSTALDEN,S. L.; GAZZIERO, D. L. P.; RAIMONDI, M. A.; LIMA, G. R. G.; NETO, A. M. O.; NAIARA GUERRA, N.; JUSTINIANO, W. Misturas em tanque com glyphosate para o controle de trapoeraba,erva-de-touro e capim-carrapicho em soja RR®. **Ceres,** v. 58, n.1, p. 35-42, 2011.

OWEN, M. D. K. Weed species shifts in glyphosate-resistant crops. **Pest management science,** v. 64, n. 4, p. 377-387, 2008.

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. Impacto do glyphosate associado com endossulfan e tebuconazole sobre microrganismos endossimbiontes da soja. **Planta Daninha,** v. 28, n. 1, p. 113-121, 2010.

SANTOS, J. B.; JAKELAITIS, U. M.; SILVA, A. A; COSTA, M. D.; MANABE, U. M.; SILVA, M. C. S. Action of two herbicides on the microbial activity of soil cultivated with common bean (*Phaseolus vulgaris*) in conventional-till and no-till systems. **Weed Research**, v. 46, n. 4, p. 284-289, 2006a.

SANTOS, J. B.; SILVA, A. A.; COSTA, M. D.; JAKELAITIS, A.; VIVIAN, R.; SANTOS, E. A. Ação de herbicidas sobre o crescimento de estirpes de Rhizobium tropici. **Planta Daninha,** v. 24, n. 3, p. 457-465, 2006b.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

SOUZA, R. A.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; MACIEL, C. D.; CAMPO,R. J.; ZAIA, D. A. M. Minimal set of parameters for evaluation soil microbiota and biological nitrogen fixation in soybean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v. 43, n. 1, p. 83-91, 2008.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS - SBCPD. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: 1995. 42 p.

STEWART, C. L.; ROBERT, E. E.; VAN EERD, L. L.; VYN, R. J.; SIKKEMA, P. H. Weed control, environmental impact, and economics of weed management strategies in glyphosate-resistant soybean. **Weed Technology,** v. 25, n. 4, p. 535-541, 2011.

SYLVIA, D. M.; FUHRMANN, J. J.; HARTEL, P. G.; ZUBERER, D. A. **Principles and applications of soil microbiology** 2. Ed. New Jersey: 2005. 645p.

VIEIRA, R. F.; SILVA, C. M. M. S.; SILVEIRA, A. P. D. Soil microbial biomass C and symbiotic processes associated with soybean after sulfentrazone herbicide application. **Plant and Soil,** v. 300, n. 1-2, p. 95-103, 2007.

VILA-AIUB, M. M.; BALBI, M. C.; GUNDEL, P. E.; GHERSA, C. M.; POWLES, S. B. Evolution of glyphosate-resistant Johnsongrass (*Sorghum halepense*) in glyphosate-resistant soybean. **Weed Science,** v. 55, n. 6, p. 566-571, 2007.

WEED SCIENCE – INTERNATIONAL SURVEY OF HERBICIDE RESISTANT WEEDS. Disponível em: <http:// www.weedscience.org>. Acesso em: 21 jul. 2013.

YAMAUTI, M. S.; BARROSO, A. A. M.; SOUZA, M. C.; ALVES, P. L. C. A. Controle químico de biótipos de buva (*Conyza canadensis* e *Conyza bonariensis*) resistentes ao glyphosate1. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 495-500, 2010.

YOUNG, B. G. Changes in herbicide use patterns and production practices resulting from glyphosate-resistant crops. **Weed Technology,** v. 20, n. 2, p. 301-307. 2006.

ZOBIOLEA, L. H. S.; KREMER, R. J.; OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J. Glyphosate affects chlorophyll, nodulation and nutrient accumulation of "second generation" glyphosate-resistant soybean (*Glycine max* L.). **Pesticide Biochemistry and Physiology,** v. 99, n. 1, p. 53-60, 2011.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As formulações comerciais utilizadas não interferem na atividade dos microrganismos simbiontes radiculares associados, ao cultivar TMG125 RR. Também não reduz a produção de matéria seca da parte aérea. Apesar das diferentes formulações de glyphosate apresentar redução nos níveis de Fe, Mn e Zn, a produtividade não é reduzida. Aplicações isolada de glyphosate assim como em mistura aos herbicidas chlorimuron-ethyl e o flumioxazin são seletivas para a cultivar de soja TMG 125 RR nas condições experimentais avaliadas. No entanto, tem efeitos negativos nas atividades de microrganismos endossimbiontes, sendo necessários mais estudos para melhor compreensão dos efeitos de herbicidas nesses microrganismos, assim como os impactos ecológicos a longo prazo.