

ALEXANDRE FERREIRA DA SILVA

**AÇÃO DE HERBICIDAS SOBRE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR E NA
ATIVIDADE DA MICROBIOTA DO SOLO**

Tese apresentada à Universidade Federal
de Viçosa, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia,
para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2010

ALEXANDRE FERREIRA DA SILVA

**AÇÃO DE HERBICIDAS SOBRE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR E NA
ATIVIDADE DA MICROBIOTA DO SOLO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 11 de junho de 2010

Prof. Evander Alves Ferreira
(Coorientador)

Prof. Márcio Henrique Pereira Barbosa
(Coorientador)

Prof. Ignacio Aspiazú

Prof. Tocio Sedyama

Prof. Francisco Affonso Ferreira
(Orientador)

Aos meus pais, Antonio Alberto e Tereza.

A minha noiva, Fernanda.

Às minhas irmãs, Daniele e Leticia e aos sobrinhos Vinicius e Matheus.

Ofereço e dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela presença constante e auxílio em todos os momentos de minha vida.

Aos meus pais, que sempre me apoiaram nos momentos difíceis, com palavras de incentivo e carinho, e que foram os meus maiores mestres na vida, cujos ensinamentos sempre guardarei com todo meu amor.

A minha noiva Fernanda, por tudo que representa na minha vida, pela paciência, companheirismo, carinho, amor e permanente apoio nos momentos difíceis.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Fitotecnia e ao CNPq, pela oportunidade de realização do curso.

Ao professor Francisco Affonso Ferreira, pela orientação, confiança, apoio e oportunidade de realizar este trabalho.

Aos Professores Lino Roberto Ferreira, Márcio Henrique Pereira Barbosa, Tocio Sedyama, pelos ensinamentos, estímulo e sugestões que contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos amigos Evander Alves Ferreira, Ignacio Aspiazú, Leandro Galon, Siumar Pedro Tironi, Paulo Roberto Ribeiro Rocha, Alessandra Ferreira Belo, Cíntia Maria Teixeira Fialho pela amizade e companheirismo.

A todos os integrantes da equipe Planta Daninha desta Universidade, pela amizade, pela brilhante convivência e que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desse trabalho.

BIOGRAFIA

ALEXANDRE FERREIRA DA SILVA, filho de Antonio Alberto da Silva e Tereza Maria Lopes da Silva, nasceu em Vila Velha, Espírito Santo, em 22 de dezembro de 1980.

Em maio de 2006, graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Em fevereiro de 2008, tornou-se mestre em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa. Nesse mesmo mês, iniciou o curso de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, nessa mesma universidade, submetendo-se à defesa de tese no dia 11 de junho de 2010.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1 INTRODUÇÃO	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	7
TOLERÂNCIA DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR A HERBICIDAS	11
RESUMO	11
ABSTRACT	11
INTRODUÇÃO	12
MATERIAL E MÉTODOS	13
RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
LITERATURA CITADA.....	17
EFEITO DE HERBICIDAS NO CRESCIMENTO DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇUCAR	21
RESUMO	21
ABSTRACT	21
INTRODUÇÃO	22
MATERIAL E MÉTODOS	24
RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
LITERATURA CITADA.....	29

	Página
INTOXICAÇÃO DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇUCAR POR HERBICIDAS	33
RESUMO	33
ABSTRACT	33
INTRODUÇÃO	34
MATERIAL E MÉTODOS	35
RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
LITERATURA CITADA.....	39
ATIVIDADE MICROBIANA E DE FOSFATASES ÁCIDAS NA RIZOSFERA DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR APÓS A APLICAÇÃO DE HERBICIDAS.....	45
RESUMO	45
ABSTRACT	46
INTRODUÇÃO	46
MATERIAL E MÉTODOS	48
RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
LITERATURA CITADA.....	53
2 CONSIDERAÇÕES FINAIS	58

RESUMO

SILVA, Alexandre Ferreira da, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2010.
Ação de herbicidas sobre cultivares de cana-de-açúcar e na atividade da microbiota do solo. Orientador: Francisco Affonso Ferreira. Coorientadores: Evander Alves Ferreira e Marcio Henrique Pereira Barbosa.

Ao optar pelo uso de herbicidas em uma cultura deve-se conhecer além da eficiência desses produtos no controle plantas daninhas, seus efeitos sobre as cultivares dessa espécie, além do impacto desses herbicidas na atividade da microbiota do solo. Na busca dessas informações, visando quantificar os efeitos de oito herbicidas dos mais aplicados na cana-de-açúcar sobre quatro cultivares dessa cultura, realizou-se este trabalho. O experimento foi realizado em blocos casualizado com três repetições, sendo avaliados os efeitos dos herbicidas clomazone, tembotrione, tebuthiuron, diuron, trifloxysulfuron-sodium, sulfentrazone, hexazinone e MSMA sobre as cultivares de cana-de-açúcar: RB925345, RB855156, RB867515 e SP80-1816. Aos 80 dias após o plantio da cultura (45 dias após aplicação dos herbicidas) determinou-se altura, diâmetro do colmo, número de perfilhos, de folhas, área foliar, área foliar específica, matéria seca das folhas, do caule e total das plantas da cultura. Nesta ocasião determinou-se, também, o impacto desses herbicidas, na atividade respiratória da microbiota, no carbono da biomassa microbiana, no quociente metabólico dos microrganismos rizosféricos e na atividade de fosfomonoesterases ácidas. A intoxicação dos cultivares de cana-de-açúcar pelos herbicidas foi acompanhada ao longo do período de avaliação.

Todas as variáveis analisadas foram afetadas pelos tratamentos. Constataram-se níveis diferenciados de tolerância aos herbicidas para os cultivares de cana-de-açúcar sendo o RB867515 de forma geral considerando o mais tolerante. A mistura de diuron + hexazinone ocasionou maior redução de matéria seca em todos os cultivares, quando comparado com os demais herbicidas. A maioria dos herbicidas testados causou alto índice de sintomas de toxicidade nos cultivares de cana-de-açúcar, com exceção do tembotrione e do tebuthiuron. Dentre os herbicidas avaliados o trifloxysulfurom-sodium e diuron + hexazinone foram os que proporcionaram condições mais estressantes para a microbiota rizosférica da cana-de-açúcar sendo a atividade da microbiota da rizosfera do cultivar SP80-1816 a mais afetada. Não se observou efeitos dos herbicidas sobre a atividade fosfomosterases ácidas dentro dos cultivares. Concluiu-se que existe tolerância diferenciada dos cultivares cana-de-açúcar e da microbiota do solo a estes associados aos diferentes herbicidas testados.

ABSTRACT

SILVA, Alexandre Ferreira da, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June, 2010.
Herbicide action on sugarcane cultivars and on soil microbiota activity.
Advisor: Francisco Affonso Ferreira. Co-advisors: Evander Alves Ferreira and Marcio Henrique Pereira Barbosa.

The selection of herbicides applied in a certain crop requires knowledge not only about the efficiency of these products in the weed control, but also their effect on cultivars of this species and the impact of such herbicides on the soil microbiota activity. The present work aimed to seek such information and quantify the effects of the eight herbicides most widely employed in sugarcane on four cultivars of this crop. The experiment was carried out in a randomized block design, with three replications. Evaluations were made of the effects of the herbicides clomazone, tembotrione, tebuthiuron, diuron, trifloxysulfuron-sodium, sulfentrazone, hexazinone and MSMA on sugarcane cultivars RB925345, RB855156, RB867515 and SP80-1816. Eighty days after planting of the crop (45 days after the application of the herbicides), height, stem diameter, number of tillers and leaves, leaf area, specific leaf area, leaf dry matter, stalk and total crop plants were determined. Then, evaluations were also carried out of the impact of these herbicides on microbiota breathing activity, microbial biomass carbon, metabolic quotient of rhizosphere microorganisms and acid phosphomoeesterase activity. The intoxication of the sugar cane cultivars by herbicides was monitored during the evaluation. All variables analyzed were affected by the treatments. Different levels of

tolerance to herbicides were observed for the sugar cane cultivars, and RB867515 was considered the most tolerant. The mixture of diuron + hexazinone caused the highest reduction of dry matter in all the cultivars, in comparison to the other herbicides. Most herbicides tested caused high levels of toxicity symptoms in the sugar cane cultivars, except tembotrione and tebuthiuron. The herbicides trifloxysulfurom-sodium and diuron + hexazinone led to the most stressful conditions for the sugar cane rhizosphere microbiota. The rhizosphere microbiota activity of the cultivar SP80-1816 was the most affected. Herbicide effects were not observed on the acid phosphomonoesterase activities in the cultivars. It was concluded that sugarcane cultivars and soil microbiota associate to those present different tolerance to the different herbicides tested.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e açúcar e exportador de açúcar e álcool. A área cultivada com cana no País é de, aproximadamente, 7,79 milhões de hectares (CONAB, 2010). Estima-se crescimento em torno de 100% na produção total de cana-de-açúcar nos próximos 10 anos, dos quais 70% deverão ser provenientes de novas áreas plantadas, 30% provenientes de novas variedades e ganhos advindos do processo de moagem (FNP Consultoria e Comércio, 2007). A ampliação de área cultivada com cana-de-açúcar acarretará em maior demanda por agrotóxicos, principalmente de herbicidas. A cana-de-açúcar atualmente é a segunda cultura em consumo de herbicidas no Brasil, atrás apenas da soja (SINDAG, 2009).

Apesar de a cana-de-açúcar ser altamente eficiente na utilização dos recursos disponíveis para o seu crescimento e apresentar fisiologia do tipo C_4 , ela deve de ser protegida dos efeitos da competição com as plantas daninhas. Isto se explica pelo fato da cana-de-açúcar apresentar na maioria das situações brotação e crescimento inicial lentos, ser cultivada em espaçamentos grandes e as principais espécies daninhas predominante nesta cultura também apresentarem fisiologia C_4 e com elevada frequência estão presentes na área em alta densidade (Procópio et al., 2010). Além disso, as plantas daninhas competem pelos recursos limitantes do meio, liberam substâncias alelopáticas, hospedam pragas e doenças e podem reduzir a produtividade da cultura (PITELLI, 1985).

O controle das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar é oneroso e pode chegar a 30% do custo de produção em cana-soca e até 25% em cana planta

(LORENZI, 1995). Todavia, o não controle das plantas daninhas pode reduzir a produtividade do canavial em até 40% (KUVA et al., 2003), sendo fundamental manejo adequado dessas plantas para maior lucratividade nesse segmento agrícola. A utilização do controle químico é, atualmente, a principal ferramenta para o manejo das plantas daninhas na cana-de-açúcar, tendo em vista a alta eficiência e rapidez na operação tornando possível o cultivo de grandes áreas com pouca dependência de mão-de-obra (REIS et al., 2008). Todavia, o uso dos herbicidas sem o conhecimento de suas interações com o ambiente e os diferentes cultivares de uma espécie pode afetar o desenvolvimento e crescimento das plantas cultivadas (DIAS et al., 2003, RIZZARDI et al., 2003). Diferentes cultivares de cana-de-açúcar têm apresentado respostas diferenciadas aos herbicidas, tendo como consequência problemas de fitotoxicidade, chegando a ocasionar redução na produtividade do canavial (FERREIRA et al., 2005; GALON et al., 2009).

Existem no Brasil 205 marcas comerciais de herbicidas registrados para o uso na cultura da cana-de-açúcar, sendo 41 ingredientes ativos (AGROFIT, 2010). Dentre esses, destacam-se o clomazone e tembotrione inibidores da síntese de carotenóides, tebuthiuron e o diuron que atuam no fotossistema II, o trifloxysulfuron-sodium que age inibindo a enzima acetolactato sintase (ALS), o sulfentrazone atua na protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), o hexazinone não apresenta mecanismo de ação conhecido e por fim o MSMA que age a nível de fosforilação oxidativa. Todos estes produtos podem causar danos a cultura da cana-de-açúcar se aplicados sem o conhecimento de suas interações com o ambiente. Devido as similaridades anatômicas e fisiológicas entre as plantas daninhas e as cultivadas, riscos de intoxicação das culturas sempre ocorrem quando se usam herbicidas (NEGRISOLI et al., 2004). Entende-se por seletividade a capacidade de determinado herbicida eliminar as plantas daninhas que se encontram em uma cultura sem reduzir-lhe a produtividade e a qualidade final do produto obtido (NEGRISOLI et al., 2004). A seletividade não pode ser determinada apenas pela simples verificação de sintomas visuais de intoxicação, pois são conhecidos exemplos de herbicidas que provocam injúrias, mas que permitem a cultura manifestar todo o seu potencial produtivo (SILVA; SILVA, 2007). Por isso, quando se tem por objetivo estudar a toxidez de um herbicida sobre uma cultura, é fundamental avaliar as injúrias provocadas por eles, quando presentes, e também os efeitos que estas injúrias podem apresentar sobre o crescimento e a produtividade da planta cultivada.

Ferreira et al. (2005) avaliaram a tolerância de 11 cultivares e quatro clones de cana-de-açúcar à mistura de ametryn + trifloxysulfuron-sodium. Os autores verificaram que as plantas apresentaram sensibilidade diferencial à mistura herbicida, características tais como: altura, número de folhas, área foliar e a matéria seca da parte aérea das plantas de cana-de-açúcar, foram afetadas em diferentes intensidades pelo herbicida. O cultivar RB855113 demonstrou ser o mais sensível ao herbicida mesmo nas menores doses testadas. Nesse mesmo estudo, os cultivares SP80-1842, SP80-1816, SP79-1011 e RB957689 apresentaram média sensibilidade à mistura herbicida; e os cultivares RB835486, RB855536, RB947643, RB845210, RB72454, RB957712, RB867515, SP81-3250 apresentaram baixa sensibilidade ao produto testado. Em outra pesquisa Azania et al. (2005) verificaram que o isoxaflutole alterou a produtividade de colmos do cultivar RB835039 e não de outros. Já Galon et al. (2009) ao pesquisarem a influencia de ametryn, tryfloxysulfuron-sodium e a mistura formulada comercialmente desses dois produtos nos cultivares RB72454, RB835486, RB855113, RB855156, RB867515, RB925211, RB925345, RB937570, RB947520 e SP80-1816 de cana-de-açúcar, observaram que os herbicidas alteraram a produtividade de colmos e de açúcar somente do cultivar RB855113. Também Souza et al. (2009), ao avaliarem a tolerância de seis cultivares de cana-de-açúcar (IACSP94-2094, IACSP94-2101, IACSP93-3046, IACSP94-4004, RB72454 e o IAC 86-2480) aos herbicidas diuron + hexazinone, metribuzin, tebuthiuron, amicarbazone concluíram que diferenças na tolerância aos herbicidas foram inerentes a genética dos cultivares, ou seja, existe diferença na tolerância a herbicidas entre os cultivares de cana-de-açúcar. Este fato foi confirmado por Velini et al. (2000), os quais trabalhando com 10 cultivares de cana-de-açúcar submetidos à mistura de herbicidas oxyfluorfen + ametryn, constataram que o cultivar SP80-1842 apresentou alta sensibilidade a essa mistura, sendo observado índice de intoxicação da cultura superior a 44,0%.

A tolerância diferencial dos cultivares de cana-de-açúcar pode ser devida às características morfológicas e fisiológicas de cada planta, afetando dessa forma a absorção, translocação e metabolismo dos herbicidas. Galon et al. (2009b) avaliaram o efeito dos herbicidas trifloxysulfuron-sodium, ametryn e trifloxysulfuron + ametryn na atividade fotossintética de seis cultivares de cana-de-açúcar (RB72454, RB835486, RB855113, RB867515, RB947520 e SP80-1816) e observaram que os cultivares apresentam sensibilidade diferenciada aos produtos testados. Os cultivares mais susceptíveis ao ametryn foram RB835486 e RB867515 e os mais tolerantes foram

RB72454, RB855113, RB947520 e SP80-1816. Os demais herbicidas afetaram de maneira similar os cultivares.

Ferreira et al. (2007) avaliaram as características anatômicas da lâmina foliar dos cultivares de cana-de-açúcar RB855113, SP80-1842, SP80-1816 e RB867515 e do clone RB957689 com diferentes sensibilidade à mistura dos herbicidas ametryn + trifloxysulfuron-sodium. O cultivar RB855113, considerado o mais sensível a mistura de herbicidas, mostrou diferenças relevantes em relação aos demais cultivares avaliados, como: maior proporção de células buliformes que é um tecido encontrado em maior proporção na secção transversal da lâmina foliar desse cultivar, maior densidade de estômatos e tricomas em ambas as faces, epiderme menos espessa na face adaxial e estômatos com maior comprimento de ostíolo nas duas faces. Essas características podem explicar a maior penetração e, conseqüentemente, a maior sensibilidade desse cultivar à mistura herbicida.

Quanto ao impacto de herbicidas sobre a microbiota do solo, poucos são os estudos para condições brasileiras, tendo-se dado ênfase apenas à eficiência dos produtos sobre o controle das plantas daninhas (SOUZA et al., 1996; PIRES et al., 2005).

Para investigação dos efeitos adversos dos agrotóxicos nos ecossistemas edáficos são utilizados indicadores específicos, os quais podem ser de natureza química (concentrações de nutrientes, pH do solo entre outros), física (a exemplo, a densidade e agregação do solo) e biológica (como a biodiversidade do solo e as atividades enzimáticas). Cabe destacar que os indicadores de natureza biológica relacionados ao ciclo biogeoquímico dos elementos (C, N, P e S), como biomassa microbiana, evolução de CO₂ e atividades de populações microbianas específicas do solo, são priorizados na avaliação de impactos ambientais, devido principalmente à resposta rápida dos microrganismos aos distúrbios provocados no solo (TÓTOLA et al., 2002).

Avaliações mais amplas sobre o efeito de herbicidas no ambiente têm permitido antecipar a constatação de alterações na dinâmica dos ecossistemas (SANTOS et al., 2005). Dentre os indicadores de qualidade microbiológicos de qualidade do solo, destacam-se a atividade respiratória da microbiota (TR), a biomassa microbiana (BM) e o quociente metabólico (q CO₂) (REIS et al., 2008).

A TR do solo é a medida da produção de CO₂ resultante da atividade metabólica dos macro e microrganismos (DORAN; PARKIN, 1994). A atividade destes organismos no solo é considerada um atributo positivo para a qualidade do solo e é

usada como indicador por ser mais genérica e englobar a atividade de comunidades e consórcios de microrganismos presentes, apresentando melhor reprodutibilidade (MOORMAN, 1994; SCHINNER et al., 1996). Altas TRs do solo podem indicar distúrbio ecológico (exemplo, aplicação de agrotóxicos) ou alto nível de produtividade do ecossistema solo (ISLAM; WEIL, 1998). A aplicação de agrotóxicos interfere positiva ou negativamente na atividade dos organismos do solo, propiciando a metabolização desses produtos pelos organismos e a capacidade de os agrotóxicos intoxicarem a biota do solo.

O quociente metabólico ($q\text{CO}_2$) consiste na taxa respiratória por unidade de BM do solo. Maiores valores de $q\text{CO}_2$ sugerem condições desfavoráveis aos organismos do solo, e menores valores indicam maior eficiência da BM na utilização dos recursos do ecossistema, ou seja, menos carbono (C) é perdido como CO_2 e maior proporção de C é incorporada nas células microbianas (Sakamoto & Obo, 1994). O $q\text{CO}_2$ pode ser considerado o indicador mais adequado para avaliar o efeito das condições de estresse sobre a atividade da BM do solo (ANDERSON; DOMSCH, 1993).

A BM é responsável pelo controle de funções essenciais no solo como a decomposição e o acúmulo de matéria orgânica, ou transformações envolvendo nutrientes minerais ou outros compostos e tem sido proposta como medida sensível de distúrbios no solo, principalmente, daqueles resultantes da aplicação de substâncias xenobióticas (JAKELAITIS, et al., 2007). O fato de muitos microrganismos utilizarem a fração disponível da matéria orgânica os faz sensíveis na mudança em sua qualidade (SANTOS et al., 2005). A BM, a qual possui, comparativamente, taxa de formação e decomposição rápida de um a dois anos (JENKINSON; LADD, 1981), tem sido proposta como medida mais sensível de aumento ou decréscimo na quantidade total da matéria orgânica do solo (CARTER, 1992; SPARLING, 1992; BALOTA et al., 2003). Segundo Sparling (1992), mudanças graduais e pequenas na matéria orgânica do solo são difíceis de serem monitoradas e detectadas no curto prazo. Todavia, mudanças significativas na BM podem ser detectadas muito antes que alterações na matéria orgânica possam ser percebidas, possibilitando a adoção de medidas de correção antes que a perda da qualidade do solo seja mais severa.

Em geral, as estimativas de biomassa são abrangentes, pois levam em consideração as populações microbianas cultiváveis e não-cultiváveis (LINS; BROOKES, 1999). Desse ponto de vista, a BM destaca-se como importante indicador de qualidade do solo. Pesquisas indicam que herbicidas podem afetar negativamente a

biomassa microbiana (TUFFI SANTOS et al., 2005; KINNEY et al., 2005; SANTOS et al., 2005; VIVIAN et al., 2006; REIS et al., 2008); no entanto, tais estudos ainda são escassos em condições de clima, sistemas de cultivo e solos tropicais. Desse modo, ao optar pelo controle químico das plantas daninhas em cana-de-açúcar, deve-se conhecer além da sua eficiência o efeito que os herbicidas podem vir a causar sobre os cultivares de cana-de-açúcar, assim como o impacto desses produtos nos microrganismos do solo.

Objetivou-se com o trabalho avaliar a tolerância dos cultivares: RB925345, RB855156, RB867515 e SP80-1816 aos herbicidas clomazone, tembotrione, tebuthiuron, diuron, trifloxysulfuron-sodium, sulfentrazone, hexazinone e MSMA, bem como o impacto que esses produtos podem causar na atividade dos microrganismos rizosféricos associados a esses cultivares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, J. P.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to asses the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biol. Biochem.**, v. 25, n. 3, p. 393-395, 1993.

ANVISA – **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Disponível em: <http://www4.anvisa.gov.br/AGROSIA/asp/frm_pesquisa_agrotoxico.asp>. Acesso em: 14 jul. 2009.

BALOTA, E. L. et al. Microbial biomass in soils under different tillage and crop rotation systems. **Biol. Fertil. Soil**, v. 38, p. 15-20, 2003.

BLANCO, F. M. G.; QUEIROZ W. O.; PANTANO A. P. Persistência no solo dos herbicidas tembotrione e mesotrione aplicados em condições de milho safrinha In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA DO CARTUCHO, SPODOPTERA FRUGIPERDA, 3.; WORKSHOP SOBRE MANEJO E ETIOLOGIA DA MANCHA BRANCA DO MILHO, 2008, Londrina. **Agroenergia, produção de alimentos e mudanças climáticas: desafios para milho e sorgo: resumos..** . [Londrina]: IAPAR: [Sete Lagoas]: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. p. 423.

CARTER, M. R. Influence of reduced tillage systems on organic matter, microbial biomass, macro-aggregate distribution and structural stability of surface soil in a humid climate. **Soil Till. Res.**, v. 23, p. 361-372, 1992.

CHRISTOFFOLETI, P. J. et al. Carfentrazone-ethyl aplicado em pós-emergência para o controle de *Ipomoea* spp. e *Commelina benghalensis* na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 24, n. 1, p. 83-90, 2006.

DIAS, A. C.; MUKHERJEE, D. Insecticidal effects on soil microorganisms and their biochemical processes related to soil fertility. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, v. 14, p. 903-909, 1998.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. M. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21. (Special Publication, 35).

FERREIRA, E. A. et al. Leaf blade quantitative anatomy of sugarcane cultivars and clones. **Planta Daninha**, v. 25, n. 1, p. 25-34, 2007.

FERREIRA, E. A. et al. Sensibilidade de cultivares de cana-de-açúcar à mistura trifloxysulfuron-sodium + ametryn. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 93-99, 2005.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. Anualpec. São Paulo: Editora Argos Comunicação, 2007.

GALON, L. et al. Influência de herbicidas na qualidade da matéria-prima de genótipos de cana-de-açúcar. **Planta daninha**, v. 27, n. 3, p. 555-562, 2009.

GALON, L. et al. **Tolerância de genótipos de cana-de-açúcar a herbicidas**. 2008. 88 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2008.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biol. Fert. Soils**, v. 27, n. 4, p. 408-416, 1998.

JAKELAITIS, A. Atividade microbiana e produção de milho (*Zea mays*) e *Brachiaria brizantha* sobre diferentes métodos de controle de plantas daninhas sob diferentes métodos de controle de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 25, n. 1, p. 71-78, 2007.

JENKINSON, D. S.; LADD, J. M. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E. A.; LADD, J. N. (Eds.) **Soil biochemistry**. New York: Marcel Dekker, 1981. v. 5, p. 415-471.

KINNEY, C. A.; MANDERNACK, K. W.; MOSIER, A. R. Laboratory investigations into the effects of the pesticides mancozeb, chlorothalonil, and prosulfuron on nitrous oxide and nitric oxide production in fertilized soil. **Soil Biol. Biochem.**, v. 37, p. 837-850, 2005.

KUVA, M.A.; GRAVENA, R.; PITELLI, R.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; ALVES, P.L.C.A. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. III – Capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) e Capim-colonião (*Panicum maximum*). **Planta Daninha**, v. 21, n. 1, p. 37-44, 2003.

LIN, Q.; BROOKES, P. C. Comparison of substrate induced respiration, selective inhibition and biovolume of microbial biomass and its community structure in unamended, ryegrass-amended, fumigated and pesticide-treated soils. **Soil Biol. Biochem.**, v. 31, n. 14, p. 1999-2114, 1999.

LORENZI, H. Plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar: Plantas daninhas na lavoura do nordeste brasileiro. In: ENCONTRO TÉCNICO GOAL, CANA-DE-AÇÚCAR, 4., 1995, Recife. **Anais...** Recife: 1995.

MOORMAN, T. B. Pesticide degradation by soil microorganisms: environmental, ecological and management effects. In: HATFIELD, J. L.; STEWART, B. A. (Eds.). **Soil Biology**. Effects on soil quality. Boca Raton: CRC Press, 1994. p. 121-169.

NEGRISOLI, E. et al. Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura da cana-de-açúcar tratada com nematicidas. **Planta Daninha**, v. 22, n. 4, p. 567-575, 2004.

PIRES, F. R. et al. Rhizospheric activity of potentially phytoremediative species for tebutiuron-contaminated soil. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v. 29, n. 4, p. 627-634, 2005.

PITELLI, R. A. Interferências de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Inf. Agropec.**, v. 11, p. 16-27, 1985.

PROCÓPIO, S. O. et al. Manejo de plantas daninhas. In: SANTOS, F.; BORÉM, A; CALDAS, C. **Cana-de-açúcar bionergia, açúcar e álcool** – tecnologias e perspectivas. Editora UFV – Viçosa-MG, 2010. p. 181-215.

REGAZZI, A. J. Teste para verificar a igualdade de modelos de regressão e a igualdade de alguns parâmetros num modelo polinomial ortogonal. **Revista Ceres**, v. 40, n. 228, p. 176-195, 1993.

REIS, M. R. et al. Atividade microbiana em solo cultivado com cana-de-açúcar após aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, v. 26, p. 323-331, 2008.

REIS, M. R. et al. Dinâmica de nutrientes em tecidos foliares de cana-de-açúcar após aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 175-184, 2008.

RIZZARDI, M. A. et al. Ação de herbicidas sobre mecanismos de defesa das plantas aos patógenos. **Ciência Rural**, v. 33, n. 5, p. 957-965, 2003.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. R. **Guia de herbicidas**. 5.ed, Londrina: Edição dos Autores, 2005. 591 p.

SAKAMOTO, K.; OBO, Y. Effects of fungal to bacterial ratio on the relationship between CO₂ evolution and total soil microbial biomass. **Biol. Fert. Soils**, v. 17, n. 1, p. 39-44, 1994.

SANTOS, J. B. et al. Atividade microbiana do solo após aplicação de herbicidas em sistemas de plantio direto e convencional. **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 683-691, 2005.

SANTOS, J. B. et al. Seletividade do herbicida trifloxysulfuron sodium para fins de fitorremediação. **Revista Ceres**, v. 51, n. 293, p. 129-141, 2004.

SCHINNER, F. et al. (Eds.). Indirect estimation of microbial biomass. In: SPARLING, G. P. et al. **Methods in soil biology**. Heidelberg: Springer-Verlag, 1996. p. 47-75.

SILVA, A. A. et al. Herbicidas: Classificação e mecanismo de ação. In: SILVA, A.A.; SILVA, J. F. (Eds). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: UFV, 2007. p. 83-148.

SINDAG – **Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Agrícola**. Disponível em: <<http://www.sindag.com.br>>. Acesso em: 10 jun. 2009.

SISTEMA DE AGROTÓXICOS FITOSSANITÁRIOS – AGROFIT. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 3 maio 2010.

SOUZA, A. P.; LOURES, E. G.; SILVA, J. et al. Efeito do oxyfluorfen, 2,4-D e glyphosate na atividade microbiana de solos com diferentes texturas e conteúdos de matéria orgânica. **Planta Daninha**, v. 14, n. 1, p. 55-64, 1996.

SOUZA, J. R. et al. Tolerância de cultivares de cana-de-açúcar a herbicidas aplicados em pós-emergência. **Bragantia**, v. 68, n. 4, p. 941-951, 2009.

SPARLING, G. P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indication of changes in soil organic matter. **Aust. J. Soil. Res.**, v. 30, p. 195-207, 1992.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: VENEGAS, V. H. A. et al. (Eds.). **Tópicos em ciência do Solo**. v. II (2002) – Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. p. 195-276.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Exsudação radicular do glyphosate por *Brachiaria decumbens* e seus efeitos em plantas de eucalipto e na respiração microbiana do solo. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 143-152, 2005.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 19, p. 703-707, 1987.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 19, p. 703-707, 1987.

VELINI, E. D. et al. Avaliação da seletividade da mistura de oxyfluorfen e ametryne, aplicada em pré e pós-emergência, a dez variedades de cana-de-açúcar (cana planta). **Planta Daninha**, v. 18, n. 2, p. 123-134, 2000.

VIVIAN, R. et al. Persistência de sulfentrazone em Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 741-750, 2006.

TOLERÂNCIA DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR A HERBICIDAS

Sugarcane Cultivars Tolerance to Herbicides

RESUMO

O controle químico atualmente é uma das principais ferramentas para o controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar, no entanto, os herbicidas podem afetar o crescimento e desenvolvimento dos cultivares dessa cultura. Objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos dos herbicidas tembotrione, MSMA, diuron + hexazinone, sulfentrazone, trifloxysulfuron-sodium, tebuthiuron e clomazone em quatro cultivares de cana-de-açúcar (RB925345, RB855156, RB867515 e SP80-1816). O experimento foi realizado em blocos casualizados, esquema fatorial, com três repetições. A aplicação dos tratamentos foi feita quando as plantas se encontravam com três a quatro folhas completamente expandidas e a avaliação da intoxicação dos cultivares pelos herbicidas aos 21 dias após a aplicação dos tratamentos (DAP). Aos 45 DAP foi determinada a área foliar e a matéria seca dos cultivares de cana-de-açúcar. Após a aferição da área foliar as amostras foram separadas e acondicionadas em sacos de papel e secadas em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C até atingir massa constante. Os dados referentes à matéria seca das folhas, do colmo e total, foram transformados em porcentagem em relação à testemunha e submetidos a análise estatística. A mistura formulada (diuron + hexazinone) apesar de não ter apresentado os maiores índices de intoxicação, foi o tratamento que ocasionou o maior impacto negativo sobre o acúmulo de matéria seca total em todos os cultivares. Dentre os cultivares avaliados o RB867515 foi o que se mostrou mais tolerante aos herbicidas testados.

Palavras-chave: *Saccharum* spp., controle químico, seletividade.

ABSTRACT

Chemical control is currently one of the main tools against weeds in sugar cane culture. However, herbicides may affect the growth and development of cultivars of this culture. The present work aimed at evaluating the effects of the herbicides tembotrione, MSMA, diuron + hexazinone, sulfentrazone, trifloxysulfuron-sodium, tebuthiuron and

clomazone in four sugar cane cultivars (RB925345, RB855156, RB867515 and SP80-1816). The experiment was conducted in a randomized block design, in factorial scheme, with three replications. The treatments were applied when the plants presented three to four completely expanded leaves and the evaluation of the intoxication of the cultivar was performed 21 days after the application of the treatments (DAP). Forty-five DAP, the leaf area and dry matter of the sugar cane cultivars were determined. After the measurement of the leaf area, the samples were separated, placed in paper bags and dried in greenhouse with air forced circulation at 60 °C, until the achievement of constant mass. The values of leaf dry matter, culm and total were transformed into percentage, in relation to the control, and submitted to statistical analysis. The formulated mixture (diuron + hexazinone) did not present the highest intoxication indexes, but caused the highest negative impact on the accumulation of total dry matter in all cultivars. Among the cultivars evaluated, the RB867515 was the most tolerant to the herbicides tested.

Keywords: *Saccharum* spp., chemical control, selectivity.

INTRODUÇÃO

Apesar de a cana-de-açúcar utilizar com alta eficiência os recursos disponíveis para o seu crescimento, ela é muito afetada pela competição com as plantas daninhas, por apresentar, na maioria das situações, brotação e crescimento inicial lento (Procópio et al., 2010). Em virtude dessa característica o manejo de plantas daninhas é de fundamental importância para o estabelecimento da cultura. Devido ao cultivo em áreas extensivas o controle químico é, atualmente, a principal ferramenta para o manejo dessas plantas, tendo em vista à alta eficiência, a rapidez na operação de controle, a menor dependência de mão-de-obra e ao menor custo em relação aos métodos alternativos. Porém, apesar de todas as vantagens os herbicidas podem afetar o desenvolvimento e o crescimento das plantas cultivadas (Rizzardi et al., 2003).

No caso específico da cana-de-açúcar tem-se observado respostas diferenciadas aos herbicidas, tendo como consequência frequentes problemas de fitotoxicidade, chegando a ocasionar redução na produtividade do canavial (Ferreira et al., 2005; Galon et al., 2009).

A seletividade não pode ser determinada apenas pela simples verificação de sintomas visuais de intoxicação, pois são conhecidos exemplos de herbicidas que podem reduzir a produtividade das culturas sem produzir-lhes efeitos visualmente detectáveis e também exemplos de herbicidas que provocam severas injúrias à cultura, mas que permitem que a mesma manifeste plenamente seus potenciais produtivos (Negrisoli et al., 2004). Dessa forma, quando se tem por objetivo estudar a toxidez de um herbicida sobre uma cultura, é fundamental observar as injúrias provocadas por ele, quando presentes, e também os efeitos que estas injúrias podem apresentar sobre o crescimento e a produtividade da planta cultivada.

Existem 205 marcas comerciais de herbicidas registrados para o uso na cultura da cana-de-açúcar no Brasil, sendo 41 ingredientes ativos (AGROFIT, 2010). Entre esses destacam-se o clomazone inibidor da síntese de carotenóides, o tebuthiuron e o diuron que atuam no fotossistema II, o trifloxysulfuron-sodium e o tembotrione agem inibindo a enzima acetolactato sintase (ALS), o sulfentrazone atua na protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), o hexazinone que não apresenta mecanismo de ação conhecido e por fim o MSMA que age a nível de fosforilação oxidativa.

Informações sobre os efeitos desses herbicidas nas características de crescimento na cana-de-açúcar podem ser de grande utilidade, pois podem acusar a maior sensibilidade de determinado cultivar, que tenderá a sofrer maior interferência da comunidade infestante em virtude da sua redução inicial de crescimento. No entanto são poucas informações disponíveis acerca desse assunto. Desse modo, objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos dos herbicidas tembotrione, MSMA, diuron+hexazinone, sulfentrazone, trifloxysulfuron-sodium, tebuthiuron e clomazone em quatro cultivares de cana-de-açúcar (RB867515, SP80-1816, RB925345 e RB855156) sobre a área foliar, o acúmulo de matéria seca nas folhas, no caule, e total das plantas; além do índice de intoxicação da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em ambiente protegido no delineamento de blocos casualizados, com três repetições. Cada unidade experimental constou de um vaso plástico contendo 15,0 dm³ de substrato (solo + fertilizante). A adubação do solo foi realizada de acordo com recomendação para adubação em vasos (Novais et al., 2008). Foram plantadas duas gemas de cada cultivar de cana-de-açúcar por vaso. Os

tratamentos foram alocados blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 8, sendo o primeiro fator representado pelos cultivares RB925345, RB867515, RB855156 e SP80-1816 e o segundo pelos herbicidas tembotrione (Soberan[®] 200 mL ha⁻¹); MSMA (Volcane[®] 3,0 L ha⁻¹); diuron + hexazinone (Velpar K WG[®]– 2,0 kg ha⁻¹); sulfentrazone (Solara[®] 1,2 L ha⁻¹); trifloxysulfuron-sodium (Envoke[®] 30,0 g ha⁻¹ + Surfatante Aureo 1,0 L ha⁻¹); tebuthiuron (Combine 500 SC[®] 2,0 kg ha⁻¹); clomazone (Gamit[®] 3,0 L ha⁻¹), além de uma testemunha.

A aplicação dos herbicidas foi feita 35 dias após o plantio dos colmos quando as plantas se encontravam com três a quatro folhas completamente expandidas. Para isso, utilizou-se pulverizador costal pressurizado a CO₂, munido com barra de aplicação com duas pontas de pulverização da série TT 110.02, espaçadas de 0,5 m, calibrado para aplicar 150,0 L ha⁻¹ de calda.

A avaliação de intoxicação dos cultivares de cana-de-açúcar pelos herbicidas foi realizada aos 21 dias após a aplicação dos tratamentos (DAP). Para isso, dois avaliadores atribuíram notas de 0 a 100%, sendo que 0% correspondia a nenhuma injúria e 100% representava à morte das plantas. Aos 45 DAP a área foliar de cada cultivar foi aferida utilizando-se um determinador eletrônico de área foliar, modelo Li-cor instruments (Modelo LI 3100), após o corte das plantas rente ao solo e a separação dos colmos e das folhas. Posteriormente a determinação da área foliar, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel separadamente, e acomodadas em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 60 °C até atingir massa constante.

Após a pesagem de todo esse material os dados obtidos foram transformados em porcentagem em relação à testemunha e posteriormente analisados quanto sua homocedasticidade, e em seguida submetidos à análise de variância. Após atenderem as premissas propostas anteriormente efetuou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando os sintomas visuais de intoxicação avaliados aos 21 DAP entre os cultivares, observa-se que, o RB867515 foi o único a apresentar resposta diferenciada ao trifloxysulfuron-sodium, mostrando-se mais tolerante a ação desse herbicida. Os maiores índices de intoxicação nos cultivares RB867515 e RB925345, foram causados pelos herbicidas clomazone e sulfentrazone. O cultivar RB855156 se mostrou mais sensível aos herbicidas MSMA e clomazone, já para o SP80-1816 os herbicidas

sulfentrazone, MSMA e clomazone foram os produtos que ocasionaram os maiores níveis de intoxicação (Tabela 1). Segundo Velini et al. (2000), cultivares de cana-de-açúcar podem apresentar padrões diferenciados de crescimento e superação da intoxicação.

Analisando o efeito dos herbicidas sobre a área foliar dos cultivares, percebe-se grande variação de resposta aos produtos testados. Os cultivares que apresentaram maior tolerância aos herbicidas utilizados foram: SP80-1816 ao tembotrione; RB925345 ao MSMA; RB867515 e RB855156 a mistura (diuron + hexazinone); RB925345, RB855156 e SP80-1816 ao trifloxysulfuron-sodium; RB925345 e RB867515 ao tebuthiuron; RB867515 e SP80-1816 ao clomazone. Vários autores relataram respostas diferenciadas de cultivares a herbicidas, com conseqüente intoxicação da cultura, afetando características tais como: altura, número de folhas, área foliar e a matéria seca da parte aérea das plantas de cana-de-açúcar (Procópio et al., 2003; Ferreira et al. 2005; Barela & Christoffoleti, 2006; Azania et al., 2006). Os herbicidas que promoveram maior redução na área foliar dos cultivares foram: a mistura (diuron + hexazinone) no RB925345, redução de 80,07%; sulfentrazone no RB867515, redução de 70,79%; clomazone no RB855156, redução de 65,02%; e (diuron + hexazinone) no SP80-1816, redução de 85,82% na área foliar (Tabela 2).

Os herbicidas tembotrione e MSMA não provocaram diferenças no acúmulo de matéria seca nas folhas entre os cultivares, já a mistura, (diuron + hexazinone) e o sulfentrazone provocaram maior redução desta variável no RB855156; trifloxysulfuron-sodium no RB925345; tebuthiuron no SP80-1816; e clomazone no RB867515. A mistura (diuron + hexazinone) e o trifloxysulfuron-sodium foram os tratamentos que promoveram menor acúmulo de matéria seca das folhas no cultivar RB925345. Além disso, a mistura (diuron + hexazinone) foi o único tratamento que afetou o acúmulo de matéria seca foliar no RB867515. Este tratamento também foi o que causou menor acúmulo de matéria seca no RB855156. Dentre todos os herbicidas aplicados no cultivar SP80-1816 apenas o tembotrione, o MSMA e o clomazone não afetaram o acúmulo de matéria seca das folhas em relação a testemunha (Tabela 3).

Azania et al. (2005) observaram que a seletividade dos herbicidas a cultura da cana-de-açúcar pode ser influenciada, também, pelo estágio de desenvolvimento das plantas. Esses autores avaliaram a seletividade da cana-de-açúcar cultivar RB835089, quando os herbicidas (diuron + hexazinone), (azafenidin + hexazinone), metribuzin e isoxaflutol foram aplicados em pós-emergência inicial e tardia aos. O isoxaflutole foi o

produto mais fitotóxico em pós-emergência inicial, chegando a prejudicar a produtividade agrícola. Na condição de pós-emergência tardia, somente o metribuzin não causou sintomas de intoxicação mais severos, porém todos os herbicidas prejudicaram a produtividade agrícola. A mistura (diuron + hexazinone) foi o único tratamento que não afetou as características tecnológicas da matéria-prima final e o rendimento de açúcar.

Quanto aos efeitos dos tratamentos no acúmulo de matéria seca do colmo pelos cultivares de cana-de-açúcar os herbicidas tembotrione, sulfentrazone e clomazone influenciaram em igual intensidade essa variável. O cultivar RB855156 foi mais sensível ao MSMA e a mistura de diuron + hexazinone; enquanto o RB925345 e o SP80-1816 foram mais sensíveis ao trifloxysulfuron-sodium. Este último cultivar também foi o que apresentou menor acúmulo de matéria seca do colmo quando tratado com o tebuthiuron. Os herbicidas (diuron + hexazinone) e o trifloxysulfuron-sodium promoveram redução dessa variável no cultivar RB925345, sendo a mistura herbicida o único herbicida que reduziu o acúmulo de matéria do colmo no cultivar RB867515. Este apresentou somente 19% de matéria seca do caule em relação a testemunha. (Diuron + hexazinone) e trifloxysulfuron-sodium foram os tratamentos que provocaram menor redução dessa variável no RB855156. Entretanto para o cultivar SP80-1816 os herbicidas tebuthiuron e (diuron + hexazinone) ocasionaram o menor valor para a variável em questão (Tabela 4).

Em relação ao acúmulo total de matéria seca pelos cultivares de cana-de-açúcar o tembotrione, MSMA e sulfentrazone ocasionaram impacto semelhante em todos os cultivares avaliados. Todavia a mistura (diuron + hexazinone) afetou em maior intensidade o cultivar SP80-1816. Esse acumulou apenas 6,36% de matéria seca total em relação a testemunha. Efeitos diferenciados também foram observados para o trifloxysulfuron-sodium. Esse ocasionou menor impacto no cultivar RB867515, sendo os demais cultivares afetados em igual intensidade por este herbicida. O tebuthiuron promoveu maior redução no acúmulo de matéria seca total no cultivar SP80-1816; e, o clomazone afetou em maior intensidade os cultivares RB855156 e SP80-1816. A mistura (diuron + hexazinone) foi o tratamento que ocasionou maior redução de matéria seca total em todos os cultivares quando comparado com os demais tratamentos (Tabela 5).

Com base nos resultados, pode-se concluir que os cultivares de cana-de-açúcar apresentam níveis de tolerância diferenciada aos herbicidas, sendo que o cultivar

RB867515 se mostrou de forma geral mais tolerante. Apesar da mistura (diuron + hexazinone) não ter apresentado os maiores sintomas de intoxicação, foi o tratamento que ocasionou o maior impacto negativo sobre as variáveis analisadas.

LITERATURA CITADA

AZANIA, C. A. M. et al. Seletividade de herbicidas. II – Aplicação de herbicidas em pós-emergência inicial e tardia da cana-de-açúcar na época das chuvas. **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 669-675, 2005.

AZANIA, C. A. M. et al. Seletividade de herbicidas. III – Aplicação de herbicidas em pós-emergência inicial e tardia de cana-de-açúcar na época de estiagem. **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p.489-495, 2006.

BARELA, J. F.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência da cultura da cana-de-açúcar (RB867515) tratada com nematicidas. **Planta Daninha**, v. 24, n. 2, p. 371-378, 2006.

FERREIRA, E. A. et al. Sensibilidade de cultivares de cana-de-açúcar à mistura trifloxysulfuron-sodium + ametryn. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 93-99, 2005.

GALON, L. et al. Influência de herbicidas na qualidade matéria prima de genótipos de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 27, n. 3, p. 555-562, 2009.

NEGRISOLI, E. et al. Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura da cana-de-açúcar tratada com nematicidas. **Planta Daninha**, v. 22, n. 4, p. 567-575, 2004.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F et al. (Eds.) **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. p. 472-550.

PROCÓPIO, S. O. et al. Cana-de-açúcar: Bioenergia, Açúcar e Alcool – Tecnologia e Perspectivas-. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. (Eds). **Manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2010. p. 181-215.

PROCÓPIO, S. O. et al. **Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 150 p.

RIZZARDI, M. A. et al. Ação de herbicidas sobre mecanismos de defesa das plantas aos patógenos. **Ciência Rural**, v. 33, n. 5, p. 957-965, 2003.

SISTEMA DE AGROTÓXICOS FITOSSANITÁRIOS – AGROFIT. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 3 maio 2010.

VELINI, E. D. et al. Avaliação da seletividade da mistura de oxyfluorfen e ametryne, aplicada em pré e pós-emergência, a dez variedades de cana-de-açúcar (cana planta). **Planta Daninha**, v. 18, n. 2, p. 123-134, 2000.

Tabela 1 - Porcentagem de intoxicação dos cultivares de cana-de-açúcar RB925345, RB867515, RB855156 e SP80-1816 aos 21 dias após aplicação dos herbicidas em pós-emergência

Tratamento	Cultivar Avaliado			
	RB925345	RB867515	RB855156	SP80-1816
	Toxicidade (%)			
Testemunha	0,00 bA ^{8/}	0,00 bA	0,00 bA	0,00 bA
Tembotrione ^{1/}	2,67 bA	0,33 bA	1,67 bA	2,33 bA
MSMA ^{2/}	10,00 bAB	6,00 bB	15,67 abA	26,67 aA
Diuron + hexazinone ^{3/}	8,33 bA	6,33 bA	6,67 bA	11,67 bA
Sulfentrazone ^{4/}	45,00 aA	25,67 abA	30,67 aA	30,00 aA
Trifloxysulfuron-sodium ^{5/}	9,00 bA	2,33 bB	9,67 bA	12,67 bA
Tebuthiuron ^{6/}	4,00 bA	0,00 bA	3,33 bA	1,00 bA
Clomazone ^{7/}	60,00 aA	45,00 aA	54,00 aA	45,00 aA
CV (%)	28,57			

^{1/} Marca comercial: Soberan[®] 200 mL ha⁻¹; ^{2/} Marca comercial: Volcane[®] 3 L ha⁻¹; ^{3/} Marca comercial: Velpar K GW[®] – 2kg ha⁻¹; ^{4/} Marca comercial: Solara[®] 1,2 L ha⁻¹; ^{5/} Marca comercial Envoke[®] 30 g ha⁻¹+ Surfante Aureo[®] 1L ha⁻¹; ^{6/} Marca comercial: Combine 500 SC[®] 2,0 kg ha⁻¹; ^{7/} Marca comercial: Gamit[®] 3 L ha⁻¹; ^{8/} Médias seguidas pela primeira letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 2 - Porcentagem em relação à testemunha da área foliar dos cultivares de cana-de-açúcar RB925345, RB867515, RB855156 e SP80-1816 aos 45 dias após a aplicação dos herbicidas em pós-emergência

Tratamento	Cultivar Avaliado			
	RB925345	RB867515	RB855156	SP80-1816
	Área foliar (%)			
Testemunha	100,00 aA ^{8/}	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA
Tembotrione ^{1/}	69,39 abB	61,32 bcdB	75,22 abB	100,00 aA
MSMA ^{2/}	93,89 aA	49,15 cdB	56,52 bcB	32,50 cdB
Diuron + hexazinone ^{3/}	19,93 cB	62,17 bcdA	42,16 bcAB	14,18 dB
Sulfentrazone ^{4/}	66,73 abA	29,21 dB	45,66 bcAB	53,85 cAB
Trifloxysulfuron-sodium ^{5/}	37,79 bcB	58,83 bcdB	100,00 aA	100,00 aA
Tebuthiuron ^{6/}	96,86 aA	89,93 abA	54,08 bcB	10,60 dC
Clomazone ^{7/}	39,93 bcB	80,42 abcA	34,98 cB	94,49 bA
CV (%)	19,54			

^{1/} Marca comercial: Soberan[®] 200 mL ha⁻¹; ^{2/} Marca comercial: Volcane[®] 3 L ha⁻¹; ^{3/} Marca comercial: Velpar K GW[®] – 2kg ha⁻¹; ^{4/} Marca comercial: Solara[®] 1,2 L ha⁻¹; ^{5/} Marca comercial Envoke[®] 30 g ha⁻¹+ Surfante Aureo[®] 1L ha⁻¹; ^{6/} Marca comercial: Combine 500 SC[®] 2,0 kg ha⁻¹; ^{7/} Marca comercial: Gamit[®] 3 L ha⁻¹; ^{8/} Médias seguidas pela primeira letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3 - Porcentagem de acúmulo de matéria seca das folhas dos cultivares de cana-de-açúcar RB925345, RB867515, RB855156 e SP80-1816, em relação à testemunha aos 45 dias após a aplicação dos herbicidas em pós-emergência

Tratamento	Cultivar Avaliado			
	RB925345	RB867515	RB855156	SP80-1816
	Matéria seca da folha (%)			
Testemunha	100,00 aA ^{8/}	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA
Tembotrione ^{1/}	100,00 aA	100,00 aA	92,37 aA	100,00 aA
MSMA ^{2/}	84,85 aA	97,15 aA	71,28 abA	97,26 aA
Diuron + hexazinone ^{3/}	48,95 bA	43,70 bAB	20,41 cB	23,43 bA
Sulfentrazone ^{4/}	88,28 aAB	93,17 aAB	71,15 abB	98,87 aA
Trifloxysulfuron-sodium ^{5/}	30,21 bB	69,45 abA	52,86 bcAB	40,56 bB
Tebuthiuron ^{6/}	100,00 aA	81,68 aA	83,08 abA	22,70 bB
Clomazone ^{7/}	97,33 aA	67,29 abBC	51,85 bcAB	80,66 aA
CV (%)	17,07			

^{1/} Marca comercial: Soberan[®] 200 mL ha⁻¹; ^{2/} Marca comercial: Volcane[®] 3 L ha⁻¹; ^{3/} Marca comercial: Velpar K GW[®] – 2kg ha⁻¹; ^{4/} Marca comercial: Solara[®] 1,2 L ha⁻¹; ^{5/} Marca comercial Envoke[®] 30 g ha⁻¹+ Surfante Aureo[®] 1L ha⁻¹; ^{6/} Marca comercial: Combine 500 SC[®] 2,0 kg ha⁻¹; ^{7/} Marca comercial: Gamit[®] 3 L ha⁻¹; ^{8/} Médias seguidas pela primeira letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4 - Porcentagem de acúmulo de matéria seca de colmos dos cultivares de cana-de-açúcar RB925345, RB867515, RB855156 e SP80-1816, em relação à testemunha, aos 45 dias após a aplicação dos herbicidas em pós-emergência

Tratamento	Cultivar Avaliado			
	RB925345	RB867515	RB855156	SP80-1816
	Matéria seca do colmo (%)			
Testemunha	100,00 aA ^{8/}	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA
Tembotrione ^{1/}	88,27 aA	78,67 aA	75,38 abA	100,00 aA
MSMA ^{2/}	71,02 abAB	88,90 aA	42,88 bcB	100,00 aA
Diuron + hexazinone ^{3/}	25,39 bA	19,81 bA	8,56 cB	10,93 cAB
Sulfentrazone ^{4/}	67,35 abA	54,57 abA	33,71 bcA	71,99 abA
Trifloxysulfuron-sodium ^{5/}	29,64 bB	63,22 abA	16,47 cAB	34,70 bcB
Tebuthiuron ^{6/}	97,96 aA	85,74 abAB	42,29 bcBC	15,48 cC
Clomazone ^{7/}	63,09 abA	63,84 abA	28,70 bcA	45,64 bcA
CV (%)	25,45			

^{1/} Marca comercial: Soberan[®] 200 mL ha⁻¹; ^{2/} Marca comercial: Volcane[®] 3 L ha⁻¹; ^{3/} Marca comercial: Velpar K GW[®] – 2kg ha⁻¹; ^{4/} Marca comercial: Solara[®] 1,2 L ha⁻¹; ^{5/} Marca comercial Envoke[®] 30 g ha⁻¹+ Surfante Aureo[®] 1L ha⁻¹; ^{6/} Marca comercial: Combine 500 SC[®] 2,0 kg ha⁻¹; ^{7/} Marca comercial: Gamit[®] 3 L ha⁻¹; ^{8/} Médias seguidas pela primeira letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 5 - Porcentagem de acúmulo de matéria seca total dos cultivares de cana-de-açúcar RB925345, RB867515, RB855156 e SP80-1816, em relação à testemunha, aos 45 dias após a aplicação dos herbicidas em pós-emergência

Tratamento	Cultivar Avaliado			
	RB925345	RB867515	RB855156	SP80-1816
	Matéria seca total (%)			
Testemunha	100,00 aA ^{8/}	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA
Tembotrione ^{1/}	95,73 aA	100,00 aA	92,42 abA	94,45 aA
MSMA ^{2/}	79,28 abA	78,82 abA	74,54abcA	79,69 abA
Diuron + hexazinone ^{3/}	36,86 bA	43,23 bA	18,89 dAB	6,36 dB
Sulfentrazone ^{4/}	77,79 abA	88,94 abA	63,40 bcdA	72,62 abcA
Trifloxysulfuron-sodium ^{5/}	29,91 bB	64,12 abA	32,65 cdB	33,70 bcdB
Tebuthiuron ^{6/}	99,48 aA	90,49 aA	66,75 bcAB	19,59 cdB
Clomazone ^{7/}	82,03 abA	79,77 abA	44,75bcdB	42,25 bcdB
CV (%)	29,83			

^{1/} Marca comercial: Soberan[®] 200 mL ha⁻¹; ^{2/} Marca comercial: Volcane[®] 3 L ha⁻¹; ^{3/} Marca comercial: Velpar K GW[®] – 2kg ha⁻¹; ^{4/} Marca comercial: Solara[®] 1,2 L ha⁻¹; ^{5/} Marca comercial: Envoke[®] 30 g ha⁻¹+ Surfante Aureo[®] 1L ha⁻¹; ^{6/} Marca comercial: Combine 500 SC[®] 2,0 kg ha⁻¹; ^{7/} Marca comercial: Gamit[®] 3 L ha⁻¹; ^{8/} Médias seguidas pela primeira letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

EFEITO DE HERBICIDAS NO CRESCIMENTO DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇUCAR

Effect of Herbicide on Growth of Sugarcane Cultivars

RESUMO

Objetivou-se com esse trabalho avaliar os efeitos de herbicidas no crescimento de genótipos de cana-de-açúcar. O experimento foi realizado em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial avaliando quatro cultivares de cana-de-açúcar (RB925345, RB867515, RB855156 e SP80-1816), sete herbicidas (tembotrione, MSMA, (diuron + hexazinone), sulfentrazone, trifloxysulfuron-sodium, tebuthiuron e clomazone), além de uma testemunha sem herbicida. A aplicação dos herbicidas foi realizada quando as plantas se encontravam com três a quatro folhas completamente expandidas. As variáveis avaliadas foram área foliar (AF); razão folha/colmo (RFC); taxa de crescimento da cultura (TCC), área foliar específica (AFE), índice de área foliar (IAF) e Razão de peso foliar (RPF). De modo geral os herbicidas trifloxysulfuron-sodium e a mistura formulada (diuron + hexazinone) afetaram a maioria das variáveis testadas em todos os cultivares, principalmente no RB867515 e RB925345. O SP80-1816 estabilizou o crescimento da AF em aproximadamente 90% quando tratado com o sulfentrazone e apresentou considerável redução na TCC. O cultivar RB855146 apresentou menor crescimento de AF, RFC, TCC e IAF, quando submetido a aplicação de clomazone. Concluiu-se que existe tolerância diferencial dos cultivares aos herbicidas, evidenciando a necessidade desses estudos antes do lançamento de novos cultivares de cana-de-açúcar no mercado.

Palavras chave: tolerância, *Saccharum* spp., análise de crescimento de cana-de-açúcar.

ABSTRACT

The present work aimed at evaluating the effects of herbicides on the growth of sugar cane genotypes. The experiment was conducted in randomized blocks, with four replications, in a factorial scheme, to evaluate four sugar cane cultivars (RB925345, RB867515, RB855156 and SP80-1816), seven herbicides (tembotrione, MSMA, diuron

+ hexazinone, sulfentrazone, trifloxysulfuron-sodium, tebuthiuron and clomazone), and a control without herbicide. The herbicide application was carried out when the plants presented three to four completely expanded leaves. The variables evaluated were: leaf area (LA); leaf/culm ratio (LCR); crop growth rate (CGR), specific leaf area (SLA), leaf area index (LAI) and leaf weight ratio (LWR). Generally speaking, the herbicides trifloxysulfuron-sodium and the mixture commercially formulated diuron + hexazinone affected most of the variables tested in all the cultivars, mainly RB867515 and RB925345. SP80-1816 stabilized the LA growth in approximately 90%, when treated with sulfentrazone and presented considerable reduced CGR. The cultivar RB855146 presented lower growth of LA, LCR, CGR and LAI, when submitted to the application of clomazone. It was concluded that the cultivars present different tolerance to herbicides, demonstrating that these studies are necessary before new sugar cane cultivars are launched in the market.

Keywords: tolerance, *Saccharum* spp., analysis of sugar cane growth.

INTRODUÇÃO

Atualmente a cultura da cana-de-açúcar caracteriza-se como a melhor alternativa para a produção do etanol, seja do ponto de vista econômico, energético ou ambiental (Galon et al., 2009). No entanto, a produtividade é influenciada por alguns fatores, como: genótipos a serem cultivados, características edafoclimáticas, competição com as plantas invasoras e principalmente a sensibilidade aos diversos herbicidas utilizados para o manejo dessas. Entre esses fatores, as plantas daninhas, quando não controladas de modo adequado, podem limitar o desenvolvimento e a produtividade da cultura, dificultar a colheita e reduzir a longevidade do canavial (Procópio et al., 2009). O controle de plantas daninhas é prática obrigatória nas lavouras de cana-de-açúcar, sendo realizado quase que exclusivamente com o uso de herbicidas, em função da praticidade, eficiência e reduzido custo se comparado a outros métodos de controle.

Os elevados danos causados pelas plantas infestantes à cultura da cana-de-açúcar ocorrem porque essa cultura apresenta desenvolvimento inicial lento, o que torna longo o período crítico de prevenção a interferência (PCPI), necessitando assim que o canavial permaneça livre da interferência das plantas daninhas entre 50 e 130 dias após a emergência (Procópio et al., 2009; Kuva et al., 2000, 2003, 2008). Esse fato também

justifica o elevado consumo, nessa cultura, de herbicidas que apresentem longo efeito residual no solo para que controlem as espécies daninhas pelo menos até o período crítico de controle (Procópio et al., 2004).

As cultivares de cana-de-açúcar têm apresentado respostas diferenciadas aos herbicidas, tendo como conseqüências problemas de fitotoxicidade, chegando a ocasionar redução na produtividade do canavial. O comportamento diferenciado de genótipos de cana-de-açúcar diante dos herbicidas (Constantinin, 1997; Veline et al., 2000; Procópio et al., 2003), associado ao estágio de desenvolvimento da cultura (Wixson et al., 1991), tem sido fator importante para a indicação de herbicidas a serem usados em cana-de-açúcar. Ferreira et al. (2005); Barela & Christoffoleti (2006) e Galon et al., (2009) relatam que os cultivares de cana-de-açúcar apresentam respostas diferenciadas aos herbicidas recomendados para a cultura. E quando os produtos ocasionarem intoxicações severas a cultura pode afetar tanto a produtividade como a qualidade da matéria-prima produzida (Galon et al., 2009). Maiores informações a cerca dos atuais herbicidas disponíveis no mercado e recomendados para o controle de plantas daninhas nos canaviais brasileiros e a ação sobre novos genótipos lançados pelas empresas de melhoramento, são necessárias para a indicação segura desses produtos.

No mercado brasileiro estão disponíveis e registrados 41 ingredientes ativos, com 205 marcas comerciais de herbicidas para o controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar (AGROFIT, 2010). Dentre todos esses produtos diversos são os mecanismos de ação o qual os herbicidas pertencem, destacando-se; o clomazone e tembotrione como inibidores da síntese de carotenóides, o tebuthiuron e o diuron que atuam no fotossistema II, o trifloxysulfuron-sodium age inibindo a enzima acetolactato sintase (ALS), o sulfentrazone atua na protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), o hexazinone não apresenta mecanismo de ação conhecido e por fim o MSMA que age a nível de fosforilação oxidativa.

Na cana-de-açúcar, para aferir os prejuízos causados pelos herbicidas, é comum avaliar visualmente as cloroses, necroses e amarelecimento das folhas da cultura (Maciel et al., 2008). No entanto, variáveis relacionadas a análise de crescimento da cultura, tais como, taxa de crescimento, índice de área foliar e área foliar específica, dentre outras, podem ser úteis para verificar a tolerância de genótipos a herbicidas e dessa forma prever eventuais perdas no rendimento da cultura. Diante disso, objetivou-se com esse trabalho avaliar os efeitos de herbicidas no crescimento de genótipos de

cana-de-açúcar e dentre esses identificar quais cultivares são mais tolerantes aos produtos usados na cultura para o controle de plantas daninhas

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em casa-de-vegetação pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, em delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições, no esquema fatorial 4 x 8. O fator A testou os cultivares de cana-de-açúcar: RB925345, RB867515, RB855156 e SP80-1816 e o B os herbicidas: tembotrione (Soberan[®] 200 mL ha⁻¹); MSMA (Volcane[®] 3,0 L ha⁻¹); diuron + hexazinone (Velpar-K GRDA[®] 2 kg ha⁻¹); sulfentrazone (Solara[®] 1,2 L ha⁻¹); trifloxysulfuron-sodium (Envoke[®] 30,0 g ha⁻¹ + surfatante Aureo[®] 1,0 L ha⁻¹); tebuthiuron (Combine 500 SC[®] 2,0 kg ha⁻¹); clomazone (Gamit[®] 3,0 L ha⁻¹) mais uma testemunha. A aplicação dos herbicidas foi feita aos 35 dias após plantio das gemas, quando as plantas se encontravam com três a quatro folhas completamente expandidas, com pulverizador costal de precisão, propelado a CO₂, munido com barra, acoplado a esta duas pontas de pulverização da série TT 110.02 espaçadas a 0,50 m entre si e calibrado para aplicar o equivalente a 150 L ha⁻¹ de calda.

O experimento foi conduzido em vasos contendo 15,0 L de substrato composto de Argissolo Vermelho-Amarelo adubado, conforme recomendado para fertilização em vaso (Novais et al., 2007). As unidades experimentais (vasos) foram mantidas equidistantes, de forma que a área de superfície disponível para o desenvolvimento das plantas correspondesse à área da unidade experimental. Aos 45 dias após a aplicação dos herbicidas (DAH) a área foliar de cada genótipo foi aferida utilizando-se um determinador eletrônico de área foliar, modelo Li-cor instruments (Modelo LI 3100), após o corte rente ao solo e a separação dos colmos e das folhas. A massa da matéria seca da parte aérea das plantas foi determinada por pesagem em balança analítica após secagem das mesmas, até se atingir massa constante, em estufa de circulação forçada de ar, mantida em temperatura de 60 °C. Tomando-se como base os dados obtidos, foram calculados: área foliar; razão folha/colmo; taxa de crescimento da cultura ($MS_f/N_{dias} - g \text{ plantas}^{-1} \text{ m}^{-2}$), em que MS_f é a da matéria seca final e N_{dias} é o número de dias entre o plantio e a colheita das plantas; área foliar específica ($A_f/MS_f - \text{m}^2 \text{ g}^{-1}$), em que A_f é a área foliar e MS_f a matéria seca final, indicando qual a área de folhas por m² de solo;

índice de área foliar (A_f/St), onde A_f é a área foliar e St é a superfície de solo coberta pela planta.

Na interpretação dos resultados, os dados referentes área foliar foram transformados em porcentagem relativa à média da testemunha. Todos os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F; quando significativos, aplicou-se o teste de Tukey para comparação das médias. Todos os dados foram analisados a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação entre herbicidas e os cultivares com relação razão folha/colmo (RFC); taxa de crescimento da cultura (TCC), área foliar específica (AFE), índice de área foliar (IAF) e Razão de peso foliar (RPF) dos cultivares de cana-de-açúcar.

Todos os herbicidas testados causaram maior ou menor grau de decréscimos na AF do cultivar RB867515. No RB925345 constatou-se reduções que variaram cerca de 4%, em relação a testemunha, para o tebuthiuron a aproximadamente 60 e 80% para o clomazone e a mistura (diuron + hexazinone), respectivamente. Para o RB867515, o sulfentrazone foi o produto que causou menor crescimento da AF, cerca de 70% em relação ao tratamento sem herbicida e o tebuthiuron o produto que menos afetou esse cultivar, com aproximadamente 10% de redução em relação a testemunha (Tabela 1).

O clomazone e a mistura formulada comercialmente, (diuron + hexazinone) agem principalmente na clorofila e inibindo a atividade fotossintética levando a sintomas como necroses, cloroses e amarelecimento das folhas. Maciel et al. (2008) constataram sintomas de intoxicação inferiores a 20% ao estudarem o cultivar SP80-1842 até aos 63 dias após aplicação de (hexazinone+diuron).

O cultivar RB855156 apresentou AF aproximadamente 65% menor em relação a testemunha quando tratado com o clomazone diferindo dos demais tratamentos herbicidas, no entanto o trifloxysulfuron-sodium não causou nenhum efeito na AF desse cultivar. Para o SP80-1816 foram observados baixos valores de AF quando o mesmo foi tratado com (diuron + hexazinone) e tebuthiuron, sendo aproximadamente 75 e 90% inferior a testemunha, respectivamente. Já os tratamentos que receberam o tembotrione e o trifloxysulfuron-sodium não diferiram da testemunha sem aplicação (Tabela 1).

Ferreira et al. (2005) ao trabalharem com 11 cultivares e 4 clones de cana-de-açúcar, verificaram que os cultivares apresentaram sensibilidade diferencial à mistura de ametryn + trifloxysulfuron-sodium; o RB855113 demonstrou ser o mais sensível ao herbicida mesmo nas menores doses testadas. Nesse mesmo estudo, os cultivares SP80-1842, SP80-1816, SP79-1011 e RB957689 apresentaram média sensibilidade à mistura herbicida; no entanto, os autores avaliaram o efeito do herbicida sobre os cultivares de cana-de-açúcar em experimento conduzido em casa de vegetação. Azania et al. (2005) ao estudarem os efeitos do isoxaflutole sobre o cultivar RB835039 em campo, constataram que o herbicida alterou a produtividade de colmos. Galon et al. (2009) ao pesquisarem a influencia de ametryn, tryfloxysulfuron-sodium e a mistura formulada comercialmente desses dois produtos nas cultivares RB72454, RB835486, RB855113, RB855156, RB867515, RB925211, RB925345, RB937570, RB947520 e SP80-1816 de cana-de-açúcar, observaram que os herbicidas alteram a produtividade de colmos e de açúcar somente do genótipo RB855113.

Com relação a razão: folha/colmo (RFC) nenhum dos tratamentos diferiram da testemunha para o genótipo RB925345, exceto quando esse foi tratado com (diuron + hexazinone) que apresentou maior RFC comparado aos demais tratamentos. Da mesma forma no RB867515, quando tratado com a referida mistura de herbicida apresentou maior valor de RFC diferindo dos que receberam MSMA e trifloxysulfuron-sodium com os menores valores, porém sem diferir da testemunha (Tabela 2). Assim pode-se afirmar que (diuron + hexazinone) provoca aumento na proporção de folhas em relação a colmo para os cultivares RB925345 e RB867515. É interessante observar que para o cultivar RB925345 a RFC da testemunha é menor que 1,0; isto significa que o cultivar apresenta menor proporção de folhas em relação a colmo, considerando que as avaliações foram realizadas aos 65 dias após a emergência das plantas. Com relação ao cultivar RB855156 os menores valores de RFC foram observados para os herbicidas tembotrione e clomazone (1,28 e 1,23 respectivamente), porém sem diferir da testemunha e diferindo das unidades experimentais tratadas com o trifloxysulfuron-sodium, onde verificou RFC de 2,96. Desse modo observou-se que o peso das folhas foi três vezes maior que o peso do colmo. Para o cultivar SP80-1816, o tratamento com MSMA levou ao incremento do RFC em relação a testemunha, sendo que as parcelas tratadas com os demais herbicidas não diferiram da testemunha (Tabela 2). A relação folha/colmo indica a quantidade de recursos produzidos pela planta no processo fotossintético se aloca nestes dois órgãos, normalmente esta relação é maior que 1,0 nas

fazes iniciais de desenvolvimento da cana-de-açúcar, no entanto, esta relação se inverte no final do desenvolvimento da planta quando o acúmulo de açúcares é finalizado.

A taxa de crescimento da cultura (TCC) reflete o aumento da matéria seca, em gramas, das plantas, num período de tempo. A TCC dos cultivares RB925345 e RB867515 foram afetadas de forma drástica por (diuron + hexazinone) e trifloxysulfuron-sodium. O RB925345 apresentando valores de TCC correspondendo a 0,30; 0,14 e 0,85 para (diuron + hexazinone), trifloxysulfuron-sodium e a testemunha, respectivamente. Já para o RB867515 os valores foram de 0,25; 0,24 e 0,67 para os três tratamentos enumerados na mesma ordem anterior. Com relação ao cultivar RB855156 os tratamentos que mais afetaram negativamente a TCC foram a mistura herbicida e o clomazone diferindo da testemunha. Para o SP80-1816 a TCC sofreu elevada redução nas parcelas onde foram aplicados os herbicidas tebuthiuron e a mistura (diuron + hexazinone) em relação a testemunha (Tabela 3). Desta forma pode-se observar que os diferentes herbicidas influenciam na TCC de forma evidente, sendo que, alguns destes, afetam consideravelmente o crescimento da cultura.

A TCC aferida nos cultivares no período de avaliação (65 DAE) foi influenciada pela maioria dos herbicidas testados, observando-se diferenças entre a testemunha e os demais tratamentos. Cabe ressaltar que a baixa TCC ao persistir durante o ciclo da cultura pode levar a redução do rendimento da mesma, no entanto, em alguns casos as plantas podem se recuperar das injúrias provocadas pelo herbicida. Barela & Christoffoleti (2006) ao trabalharem com a interação de herbicidas e nematicidas, observaram que os danos de intoxicação não se refletiram em perdas significativas de rendimento ou de qualidade da matéria-prima dos colmos. Segundo esses autores, esse fato possivelmente ocorre devido à capacidade de recuperação de injúrias apresentada pelo cultivar RB867515, o qual foi utilizado no estudo. Todos os herbicidas testados provocaram variação no índice de área foliar (IAF) nos cultivares avaliados. No RB925345, as plantas tratadas com (diuron + hexazinone) e trifloxysulfuron-sodium foram as mais afetadas negativamente, diferindo do tratamento que não recebeu herbicida. O RB867516 teve o IAF reduzido quando tratado com o sulfentrazone diferindo desta forma da testemunha e das parcelas tratadas com clomazone. Com relação ao RB855156, os herbicidas que mais afetaram o IAF foram (diuron + hexazinone), tebuthiuron e clomazone. Para o SP80-1816 o tratamento mais drástico foi sobre as parcelas onde o tebuthiuron foi aplicado (Tabela 4). O índice de área foliar é uma medida importante para caracterizar a interceptação luminosa e o potencial de

produção de plantas em diferentes ambientes (Hikosaka, 2005). A redução do IAF diminui a capacidade de produção de fotossintatos da cultura pela redução da interceptação de energia luminosa, podendo provocar redução da produtividade da cultura. Montório et al. (2008) observaram que os herbicidas tebuthiuron e as misturas (tebuthiuron + diuron) e (diuron + ametryn) reduziram a produção de colmos do cultivar RB835089 em 11, 17 e 5,5 t ha⁻¹, respectivamente.

A área foliar específica está relacionada à espessura da folha (Silva et al., 2005). Dessa forma, os maiores valores de AFE, indicam lâminas foliares mais espessas. Os herbicidas que provocaram maior redução na AFE, ou seja, menor espessamento da lâmina foliar do cultivar RB925345 foram (diuron + hexazinone) e o tembotrione, sendo que todos os demais tratamentos não apresentaram diferença em relação a testemunha. O RB867515 demonstrou drástica redução do AFE em relação a testemunha quando tratado com o tebuthiuron, por outro lado, o sulfentrazone levou ao incremento da AFE, deste mesmo cultivar comparado ao tratamento sem herbicidas. Com relação ao cultivar RB855156, as parcelas tratadas com (diuron + hexazinone) e trifloxysulfuron-sodium apresentaram elevada AFE diferindo dos demais tratamentos (Tabela 5). A mistura (diuron + hexazinone) provocou incremento também na AFE do genótipo SP80-1816 em relação a testemunha, sendo que, os herbicidas MSMA e tebuthiuron provocaram redução na AFE deste cultivar (Tabela 5). Silva et al. (2005), ao trabalharem com fluazifop-p-butil aplicado em plantas de *Brachiaria brizantha*, constataram que a área foliar específica foi reduzida com o decorrer do ciclo, porém o decréscimo foi maior na testemunha, indicando que as plantas que não estavam sob efeito desse herbicida apresentaram folhas mais espessas. Concluiu-se que existem diferenças na tolerância aos herbicidas entre os genótipos. Estes são afetados em maior ou menor intensidade dependendo do herbicida utilizado. De modo geral os herbicidas trifloxysulfuron-sodium e a mistura de (diuron + hexazinone) afetaram de forma negativa a maioria das variáveis de todos cultivares de cana-de-açúcar avaliados. Cuidados especiais na recomendação de herbicidas devem ser tomados, para que não ocorram injúrias sobre a cultura ao se aplicar os produtos. Também aliado a isso a identificação de cultivares com sensibilidade diferenciada aos produtos torna-se de grande valia, além dos fatores de clima, de manejo e as características físico-químicas relacionadas ao herbicida.

LITERATURA CITADA

BARELA, J. F.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência da cultura da cana-de-açúcar (RB867515) tratada com nematicidas. **Planta Daninha**, v. 24, n. 2, p. 371-378, 2006.

CONSTANTIN, J. **Avaliação da seletividade do herbicida halosulfuron à cana-de-açúcar**. 1997. 71 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 1997.

FERREIRA, E. A. et al. Sensibilidade de cultivares de cana-de-açúcar à mistura trifloxysulfuron-sodium + ametryn. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 93-99, 2005.

GALON, L. et al. Influência de herbicidas na qualidade da matéria-prima de genótipos de cana-de-açúcar. **Planta daninha**, v. 27, n. 3, p. 555-562, 2009.

HIKOSAKA, K. Leaf canopy as a dynamic system: Ecophysiology and optimality in leaf turnover. **Annals of Botany**, v. 95, p. 521-533, 2005.

KUVA, M. A. et al. Padrões de infestação de comunidades de plantas daninhas no agroecossistema de cana-crua. **Planta Daninha**, v. 26, n. 3, p. 549-557, 2008.

KUVA, M. A. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. I - Tiririca. **Planta Daninha**, v. 18, n. 2, p. 241-251, 2000.

KUVA, M.A. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. III - Capim-brachiaria (*Brachiaria decumbens*) e capim-colonião (*Panicum maximum*). **Planta Daninha**, v. 21, n. 1, p. 37-44, 2003.

MACIEL, C.D.G. et al., Eficiência e seletividade dos herbicidas trifloxysulfuron-sodium+ametryn e hexazinone+diuron em função da tecnologia de aplicação e do manejo mecânico da palha de cana-de-açúcar na linha de plantio. **Planta Daninha**, v. 26, p. 665-676, 2008.

MONTÓRIO, G. A. et al. **Seletividade de herbicidas sobre as características de produção de cana-de-açúcar utilizando-se suas testemunhas**. Disponível em: <<http://www.upf.br/rbherbicidas/download/RBH226>>. Acesso em: 21 out. 2008.

NOVAIS, R. F. et al. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. In: NOVAIS, R. F et al. (Eds). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.

PROCÓPIO, S. O.; SILVA, A. A.; VARGAS, L. Manejo e controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Eds.) **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 397-452.

PROCÓPIO, S. O. et al. Manejo de plantas daninhas. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. **Cana-de-açúcar Bionergia, açúcar e álcool** – tecnologias e perspectivas. Editora UFV – Viçosa-MG, 2010. p. 181-215.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 367 p.

SISTEMA DE AGROTÓXICOS FITOSSANITÁRIOS – AGROFIT. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br; agrofit>>. Acesso em: 22 jan. 2009.

VELINI, E. D. et al. Avaliação da seletividade da mistura de oxyfluorfen e ametryne, aplicada em pré e pós-emergência, a dez variedades de cana-de-açúcar (cana planta). **Planta Daninha**, v. 18, n. 2, p. 123-134, 2000.

WIXSON, M. B. et al. Use of AC 263,222 for sicklepod (*Cassia obtusifolia*) control in soybean (*Glycine max*). **Weed Technol.**, v. 5, p. 276-279, 1991.

Tabela 1 - Área foliar (AF) de quatro genótipos de cana-de-açúcar tratados com herbicidas

Tratamento	Cultivar			
	RB925345	RB867515	RB855156	SP80-1816
	Área foliar (%)			
Testemunha	100,00 aA ^{1/}	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA
Tembotrione	69,39 abB	61,32 bcdB	75,22 abB	100,00 aA
MSM	93,89 aA	49,15 cdB	56,52 bcB	32,50 cdB
Diuron + hexazinone	19,93 cB	62,17 bcdA	42,16 bcAB	14,18 dB
Sulfentrazone	66,73 abA	29,21 dB	45,66 bcAB	53,85 cAB
Trifloxysulfuron-sodium	37,79 bcB	58,83 bcdB	100,00 aA	100,00 aA
Tebuthiuron	96,86 aA	89,93 abA	54,08 bcB	10,60 dC
Clomazone	39,93 bcB	80,42 abcA	34,98 cB	94,49 bA
CV (%)	19,54			

^{1/} Médias seguidas pela primeira letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 2 - Razão: folha/colmo (RFC) de quatro genótipos de cana-de-açúcar tratados com herbicidas

Tratamento	Cultivar			
	RB925345	RB867515	RB855156	SP80-1816
	Razão folha/colmo			
Testemunha	0,95 b ^{1/}	1,35 ab	1,49 bc	1,26 b
Tembotrione	1,11 ab	1,37 ab	1,28 c	1,19 b
MSM	1,20 ab	1,17 b	1,64 bc	2,36 a
Diuron + hexazinone	1,83 a	2,13 a	2,27 ab	1,44 b
Sulfentrazone	1,28 ab	1,69 ab	1,66 bc	1,43 b
Trifloxysulfuron-sodium	0,98 ab	1,14 b	2,96 a	1,96 ab
Tebuthiuron	1,11 ab	1,50 ab	1,65 bc	1,89 ab
Clomazone	1,54 ab	1,47 ab	1,23 c	1,53 ab
CV (%)	22,11			

^{1/} Médias seguidas pela primeira letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3 - Taxa de crescimento da cultura (TCC) de quatro genótipos de cana-de-açúcar tratados com herbicidas

Tratamento	Cultivar			
	RB925345	RB867515	RB855156	SP80-1816
	Taxa de crescimento			
Testemunha	0,85 a ^{1/}	0,67 a	0,61 ab	0,64 bc
Tembotrione	0,93 a	0,75 a	0,79 a	0,67 bc
MSM	0,65 ab	0,84 a	0,46 bc	0,83 a
Diuron + hexazinone	0,30 c	0,25 c	0,15 d	0,05 e
Sulfentrazone	0,63 b	0,66 ab	0,39bcd	0,84 a
Trifloxysulfuron-sodium	0,14 c	0,24 c	0,29 cd	0,28 d
Tebuthiuron	0,91 ab	0,58 ab	0,60 ab	0,05 e
Clomazone	0,67 ab	0,36 bc	0,27 cd	0,50 b
CV (%)	21,09			

^{1/} Médias seguidas pela primeira letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4 - Índice de área foliar (IAF) de quatro genótipos de cana-de-açúcar tratados com herbicidas

Tratamento	Cultivar			
	RB925345	RB867515	RB855156	SP80-1816
	Índice de área foliar			
Testemunha	7,97 a ^{1/}	8,28 a	7,73 b	4,54 a
Tembotrione	4,95 ab	5,59 abc	5,17 bc	4,76 a
MSM	10,77 a	4,11 bc	4,28 bc	1,69 ab
Diuron + hexazinone	1,54 b	4,40 abc	2,41 c	3,54 ab
Sulfentrazone	5,32 ab	2,51 c	5,50 bc	5,13 a
Trifloxysulfuron-sodium	3,01 b	4,11 bc	12,23 a	3,97 ab
Tebuthiuron	7,76 ab	5,43 abc	2,67 c	0,76 b
Clomazone	5,00 ab	7,95 ab	2,75 c	3,58 ab
CV (%)	29,75			

^{1/} Médias seguidas pela primeira letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 5 - Área foliar específica (AFE) de quatro genótipos de cana-de-açúcar tratados com herbicidas

Tratamento	Cultivar			
	RB925345	RB867515	RB855156	SP80-1816
	Área foliar específica			
Testemunha	192,51 a ^{1/}	169,00 bc	183,86 b	181,01 bc
Tembotrione	96,91 b	84,45 cd	98,68 b	154,12 bc
MSM	175,44 a	100,38 bcd	119,17 b	84,95 c
Diuron + hexazinone	69,60 b	161,33 bc	474,78 a	406,56 a
Sulfentrazone	142,77 a	481,34 a	84,17 b	188,70 bc
Trifloxysulfuron-sodium	159,33 a	146,86 bcd	423,95 a	280,89 ab
Tebuthiuron	136,79 a	15,68 d	207,81 b	106,45 c
Clomazone	147,29 a	234,94 b	148,95 b	273,98 ab
CV (%)	29,78			

^{1/} Médias seguidas pela primeira letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

INTOXICAÇÃO DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇUCAR POR HERBICIDAS

Sugar Cane Cultivar Intoxication by Herbicides

RESUMO

Objetivou-se com esse trabalho avaliar a intoxicação de cultivares de cana-de-açúcar por herbicidas utilizados em larga escala nessa cultura. Para isto foi realizado um experimento em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições no esquema fatorial 4 x 8. O fator A foi composto pelos genótipos de cana-de-açúcar (RB925345, RB867515, RB855146 e SP80-1816) e o B pelos herbicidas aplicados em pós-emergência da cultura: tembotrione; MSMA; (diuron + hexazinone); sulfentrazone; trifloxysulfuron-sodium; tebuthiuron; clomazone, mais uma testemunha sem aplicação de herbicidas. A avaliação de intoxicação da cana-de-açúcar pelos herbicidas expressa em percentagens foi realizada aos 6, 13, 20, 27, 34 e 41 dias após aplicação dos tratamentos. Por ocasião da última avaliação realizou-se também a coleta das plantas de cana-de-açúcar para secagem em estufa visando determinar a massa da matéria seca da parte aérea. A maioria dos herbicidas testados provocou elevados sintomas de intoxicação nos cultivares de cana-de-açúcar, com exceção do tembotrione e do tebuthiuron que causaram baixo índice de injúria. De forma geral todos os genótipos tiveram a produção da sua matéria seca afetada pelos herbicidas testados, com destaque para a mistura de (diuron + hexazinone) e trifloxysulfuron-sodium que causaram as maiores reduções. Pode-se concluir que todos os genótipos avaliados apresentam algum grau de sensibilidade aos herbicidas testados, variando de acordo com as características do herbicida e do próprio cultivar.

Palavras chave: *Saccharum* spp., Fitotoxicidade de herbicidas, Tolerância

ABSTRACT

The present work aimed at evaluating the intoxication of sugar cane cultivars by herbicides extensively used in this culture. For such, an experiment was conducted in a randomized block design, with four replications in a 4 x 8 factorial scheme. The factor A was composed of the sugar cane genotypes (RB925345, RB867515, RB855146

and SP80-1816) and the B factor was composed of the herbicides applied in post-emergence of the culture: tembotrione; MSMA; (diuron + hexazinone); sulfentrazone; trifloxysulfuron-sodium; tebuthiuron; clomazone and the control without herbicide application. The evaluation of the intoxication of sugar cane by herbicides was expressed in percentages and it was carried out 6, 13, 20, 27, 34 and 41 days after the application of the treatments. In the last evaluation, sugar cane plants were also collected for drying in greenhouse for the determination of the dry matter mass of the aerial part. Most herbicides tested caused high symptoms of intoxication in the sugar cane cultivars, except tembotrione and tebuthiuron, which caused low damage rate. In general, the dry matter production of all the genotypes was affected by the herbicides tested, mainly the mixture of (diuron + hexazinone) and trifloxysulfuron-sodium, which provoked the highest reductions. It can be concluded that all the genotypes evaluated presented some degree of sensitivity to the herbicides tested, but it varied according to the characteristics of each herbicide and cultivar.

Palavras chave: *Saccharum* spp., Herbicide Phytotoxicity, Tolerance.

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar, assim como outras, é suscetível à interferência das plantas daninhas. Para manejo dessas plantas, os herbicidas tornaram-se ferramentas indispensáveis, em função da alta eficiência e rapidez na operação de controle quando da utilização desses produtos, tornando possível o cultivo de grandes áreas com pouca dependência de mão-de-obra. Adicionalmente, o custo do controle químico de plantas daninhas na cana-de-açúcar é equivalente ou inferior ao dos outros métodos (Silva & Silva, 2007). Atualmente, no Brasil, encontram-se disponíveis 41 ingredientes ativos e 205 marcas comerciais de herbicidas registrados para controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar (AGROFIT, 2010). Dentre todos esses produtos destaca-se o clomazone e tembotrione que se caracterizam por serem inibidores da síntese de carotenóides, o tebuthiuron que é um inibidor do fotossistema II, o trifloxysulfuron-sodium que age inibindo a enzima acetolactato sintase (ALS), o sulfentrazone que inibe a enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), o diuron que inibem o fotossistema II e o hexazinone que não apresenta mecanismo de ação conhecido e o MSMA é um inibidor da fosforilação oxidativa.

Na cultura da cana-de-açúcar para aferir os prejuízos causados pelos herbicidas é comum avaliar visualmente as cloroses, necroses e amarelecimento nas folhas (Souza et al.; 2009). A cana-de-açúcar pode ter até 27% de comprometimento da sua área foliar sem que a produtividade sofra alguma alteração, sendo que essas injúrias podem ser devidas a pouca tolerância da cultivar ou mesmo consequência do uso inadequado do herbicida (Velini et al.; 1993). Ferreira et al. (2005) observaram que os cultivares de cana-de-açúcar têm apresentado respostas diferenciadas aos herbicidas, tendo como consequências frequentes problemas de fitotoxicidade, podendo ocasionar redução na produtividade do canavial. Dessa forma, ao avaliar o efeito do manejo para cada cultivar de cana-de-açúcar e também a tolerância aos herbicidas é uma questão a ser considerada nos Programas de Melhoramento Genético da cultura. Rolim e Christoffoleti (1982) relataram que as cultivares de cana-de-açúcar podem ter características morfológicas e fisiológicas distintas, sendo provável que ocorram alterações quanto à tolerância a herbicidas específicos. Maciel et al. (2008) constataram sintomas de intoxicação inferiores a 20% ao estudarem a cultivar SP80-1842 até aos 63 dias após aplicação de hexazinone+diuron. Essas avaliações são necessárias porque a maioria dos herbicidas utilizados em cana-de-açúcar possui como mecanismo de ação a inibição da fotossíntese, seja pela redução do conteúdo de clorofila (Salla et al., 2007; Azania et al., 2005) seja por redução da atividade fotoquímica (Mapa, 2010; Azania et al., 2005, 2006; Cechin, 1996).

Desta forma, objetivou-se com este trabalho avaliar a toxicidade de herbicidas a genótipos de cana-de-açúcar cultivados no Brasil, visando identificar cultivares mais tolerantes a diferentes produtos usados para o controle de plantas daninhas nessa cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em casa-de-vegetação pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, em delineamento experimental de blocos casualizados, com três repetições, no esquema fatorial 4 x 8. O fator A correspondeu aos cultivares de cana-de-açúcar RB925345, RB867515, RB855146 e SP80-1816 e o B aos herbicidas tembotrione (Soberan[®] 200 mL ha⁻¹); MSMA (Volcane[®] 3,0 L ha⁻¹); (diuron + hexazinone) (Velpar K WG[®] - 2,0 kg ha⁻¹); sulfentrazone (Solara[®] 1,2 L ha⁻¹); trifloxysulfuron-sodium (Envoke[®] 30,0 g ha⁻¹ +

Surfatante Aureo[®] 1,0 L ha⁻¹); tebuthiuron (Combine 500 SC[®] 2,0 kg ha⁻¹); clomazone (Gamit[®] 3,0 L ha⁻¹), além de uma testemunha sem aplicação de herbicidas.

As unidades experimentais (vasos) foram preenchidas com 15,0 L de substrato composto de Argissolo Vermelho-Amarelo adubado (Novaes et al, 2007) e mantidas equidistantes, de forma que a área de superfície disponível para o desenvolvimento das plantas correspondesse à área da unidade experimental. Em cada vaso foi plantado dois toletes com uma gema cada.

A aplicação dos herbicidas foi feita quando as plantas se encontravam com três a quatro folhas completamente expandidas. Para isso, utilizou-se pulverizador costal pressurizado a CO₂, munido com barra de aplicação com duas pontas de pulverização da série TT 110.02, espaçadas de 0,5 m, calibrado para aplicar 150,0 L ha⁻¹ de calda.

As intoxicações dos genótipos de cana-de-açúcar foram avaliados visualmente, por dois avaliadores aos 6, 13, 20, 27, 34 e 41 dias após a aplicação dos tratamentos (DAP), atribuindo-se notas que variaram de zero a 100%, em que zero correspondeu à ausência de intoxicação e 100% à morte da planta. Aos 45 DAP foram coletadas as plantas de cana-de-açúcar e postas para secagem em estufa de circulação de ar forçado na temperatura de 60±5 °C para determinar a matéria seca da parte aérea.

Na interpretação dos resultados, os dados referentes a matéria seca da parte aérea foram transformados em porcentagem relativa à média da testemunha. Quanto aos dados relativos à evolução da intoxicação no tempo, estes foram interpretados utilizando-se a análise de regressão com significância de 1% pelo teste F. Além disso, as médias dos cultivares referentes a intoxicação aos 27 DAH e quantificação da matéria seca foram submetidos à análise de variância pelo teste F; quando significativos, aplicou-se o teste de Tukey para comparação das médias, sendo analisados a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De forma geral os genótipos avaliados apresentaram a matéria seca total (MST) influenciada negativamente pela ação dos herbicidas testados, com destaque para a mistura (diuron + hexazinone) e trifloxysulfuron-sodium. No cultivar RB925345 o (diuron + hexazinone) e trifloxysulfuron-sodium ocasionaram o decréscimo da MST em aproximadamente 63 e 70%, respectivamente, em relação a testemunha. Para a mesma variável o sulfentrazone e o clomazone apresentaram perdas que chegaram a

cerca de 20%, já o tembotrione não causou qualquer efeito ao RB925345. A mistura formulada comercialmente (diuron + hexazinone) afetou negativamente o genótipo RB867515 com redução de 40% da MS comparado ao tratamento sem herbicidas. Nos cultivares RB855156 e SP80-1816 a MST foi drasticamente afetada por (diuron + hexazinone) e trifloxysulfuron-sodium, com decréscimos que ultrapassaram os 70%. O tebuthiuron causou redução de aproximadamente 50% da MST para o cultivar SP80-1816, enquanto que o tembotrione foi o herbicida que menos afetou os cultivares causando decréscimos de MST inferiores a 10% (Tabela 1).

Observou-se bom ajuste ($P < 0,001$ e $P < 0,005$) entre a intoxicação da mistura herbicida e dias após a aplicação dos herbicidas (DAH), representado por modelos polinomiais quadráticos (Figuras 1 a 7).

Todos os cultivares avaliados apresentaram elevados índices de intoxicação pelo clomazone principalmente entre os sete e 21 dias após aplicação dos tratamentos (DAT), sendo que, foi observado redução nos sintomas a partir deste período até os 45 DAT. O RB925345 apresentou os mais elevados índices de intoxicação, chegando a aproximadamente 60% aos 14 e 21 DAT, no entanto, no final do período de avaliação observou-se recuperação desse, ocorrendo redução na porcentagem de toxidade para cerca de 20%. Comportamento semelhante foi observado para os cultivares SP80-1816 e RB855156. Já o RB867515 apresentou menor intoxicação ao clomazone, porém com valores ainda considerados altos, variando em torno de 40% nas três primeiras avaliações e caindo para cerca de 5% na última avaliação (Figura 1).

Em relação a mistura (diuron + hexazinone), o SP80-1816 apresentou maior nível de intoxicação dentre os genótipos testados. Neste cultivar o grau de intoxicação foi baixo nos primeiros 14 DAT com porcentagem média de 5%, aumentando para aproximadamente 40% aos 35 e 41 DAT. Com relação aos demais cultivares, o nível de intoxicação não ultrapassou os 10% durante o período de avaliação (Figura 2). Azania et al. (2005 e 2006), em estudos com a cultivar RB835089, em pós-emergência inicial e tardia das plantas de cana-de-açúcar na época das chuvas e na estiagem em soqueira de terceiro e quarto cortes, respectivamente, observaram sintomas leves quando as plantas foram tratadas com a mistura pronta de (diuron+hexazinone) ($1.170 \text{ g ha}^{-1} + 330 \text{ g ha}^{-1}$). Souza et al. (2009), observaram leves sintomas de intoxicação nos cultivares ACSP94-2094, IACSP94-2101, IACSP93-3046, IACSP94-4004, RB72454 e a IAC86-2480, aos 15 DAT quando as plantas de cana-de-açúcar foram tratadas com a

mistura pronta (diuron+hexazinone) formulados com (1.170 g ha⁻¹+ 330 g ha⁻¹) e aos 60 DAT estes sintomas eram de cerca de 10%.

Níveis de intoxicação de herbicidas muito elevados podem levar a perdas no rendimento da cultura como o observado por Velini et al. (2000) que verificaram efeitos da mistura de oxyfluorfen + ametryn sobre a produtividade e a qualidade da matéria-prima dos colmos do cultivar de cana-de-açúcar RB72454. Segundo Velini et al. (1993), a cultura da cana-de-açúcar pode ter até 27% de comprometimento da sua área foliar sem que a produtividade seja prejudicada, e essas injúrias também podem ser devidas ao uso inadequado de herbicidas ou pela baixa tolerância da cultivar. Rolim e Christoffoleti (1982) relataram que as cultivares de cana-de-açúcar podem apresentar características morfofisiológicas diferenciadas, sendo provável que ocorram alterações quanto à tolerância a herbicidas específicos.

Galon et al. (2009) concluíram que os herbicidas testados alteram de forma diferenciada as características relacionadas à qualidade da matéria-prima da cana-de-açúcar, como brix, fibra, porcentagem de sacarose e pureza do caldo, e principalmente a produtividade de colmos e de açúcar do cultivar RB855113 quando tratado com ametryn + trifloxysulfuron-sodium. Os mesmos autores observaram que o genótipo RB855156, apresentou a produtividade de colmos e de açúcar afetada negativamente por todos os herbicidas; sendo o trifloxysulfuron-sodium o que mais influenciou essas características, além de ele ocasionar efeitos negativos também ao genótipo RB835486 para as mesmas variáveis avaliadas

O MSMA provocou maior intoxicação no cultivar SP80-1816, atingindo valores correspondentes a cerca de 30% aos 21 e 27 DAT, reduzindo a partir deste período. No RB855156 o índice de intoxicação não chegou a 15% e para os cultivares RB867515 e RB925345 este índice não passou de 10% (Figura 3).

O cultivar mais afetado pelo sulfentrazone foi o RB925345 com níveis de intoxicação máxima aos 21 e 35 DAT atingindo valores superiores a 40%. Já o menor nível de intoxicação foi observado no genótipo RB867515, aproximadamente 20% neste mesmo período. Os cultivares SP80-1816 e RB855146 apresentaram intoxicação intermediária aos genótipos anteriores, considerando que o comportamento da curva foi similar para todos os cultivares avaliados (Figura 4).

A intoxicação provocada pelo tebuthiuron pode ser considerada muito baixa em todos os cultivares avaliados, sendo menor que 5% nos intervalos de avaliação

(Figura 5). Para o tembotrione o nível de intoxicação foi inferior a 3% no período de avaliação (Figura 6).

O trifloxysulfuron-sodium apresentou toxicidade crescente para todos os cultivares durante o intervalo de avaliações, maiores efeitos do herbicida foram observados nos cultivares SP80-1816 e RB855156 atingidos níveis de intoxicação superiores a 25% aos 41 DAT. O cultivar RB925345 apresentou intoxicação máxima de aproximadamente 10% aos 41 DAT e no RB867515 este valor não ultrapassou a 5% neste mesmo período. Ferreira et al. (2005) ao trabalharem com 15 genótipos de cana-de-açúcar, verificaram que os cultivares apresentam sensibilidade diferencial à mistura de (ametryn + trifloxysulfuron-sodium); o RB855113 demonstrou ser o mais sensível ao herbicida mesmo nas menores doses testadas. Nesse mesmo estudo, os cultivares SP80-1842, SP80-1816, SP79-1011 e RB957689 apresentaram média sensibilidade à mistura herbicida em ensaio conduzido em casa de vegetação. Azania et al. (2005) ao estudarem os efeitos do isoxaflutole sobre o cultivar RB835039 em campo, constataram que o herbicida alterou a produtividade da cana-de-açúcar.

De acordo com os resultados, pode-se concluir que todos os tratamentos herbicidas interferiram negativamente na produção de matéria seca total dos quatro genótipos avaliados. A interferência variou de acordo com o herbicida e o genótipo, sendo o trifloxysulfuron-sodium e a mistura de (diuron + hexazinone) os que causaram maior redução da produção de matéria seca comparados aos demais. No entanto, a maioria dos herbicidas testados provocou elevados sintomas de toxicidade nos cultivares de cana-de-açúcar, com exceção do tembotrione e do tebuthiuron, onde a toxicidade foi baixa. Todos os cultivares avaliados apresentam algum grau de sensibilidade aos herbicidas testados, variando de acordo com as características do herbicida e do próprio cultivar.

LITERATURA CITADA

AZANIA, C. A. M. et al., Seletividade de herbicidas. II - Aplicação de herbicidas em pós-emergência inicial e tardia da cana-de-açúcar na época das chuvas. **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p. 669-675, 2005.

AZANIA, C. A. M.; et al., Seletividade de herbicidas. III - Aplicação de herbicidas em pós-emergência inicial e tardia da cana-de-açúcar na época da estiagem. **Planta Daninha**, v. 24, n. 3, p. 489-495, 2006.

CECHIN, I. Uso de sistemas portáteis de fluorescência na avaliação do estresse. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BOTÂNICA DE SÃO PAULO, 20., 1996, São Carlos, SP, **Anais...** São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 1996, p. 1-28.

FERREIRA, E. A. et al. Sensibilidade de cultivares de cana-de-açúcar à mistura trifloxysulfuron-sodium + ametryn. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 93-99, 2005.

GALON, L. et al. Influência de herbicidas na qualidade da matéria-prima de genótipos de cana-de-açúcar. **Planta daninha**, v.27, n.3, p.555-562, 2009.

MACIEL, C.D.G. et al., Eficiência e seletividade dos herbicidas trifloxysulfuron-sodium+ametryn e hexazinone+diuron em função da tecnologia de aplicação e do manejo mecânico da palha de cana-de-açúcar na linha de plantio. **Planta Daninha**, v. 26, n. 3, p. 665-676, 2008.

MAPA: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: <http://www.extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_const.com.br>. Acesso em: 10 fev. 2010.

NOVAIS, R. F. et al. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.

ROLIM, J. C.; CHISTOFFOLETI, P. J. Tolerância de variedades de cana-de-açúcar ao herbicida tebuthiuron. Piracicaba: **IAA-Planalsucar**, 1982. p. 1-21.

SALLA, L.; RODRIGUES, J. C.; MARENCO, R. A. Teores de clorofila em árvores tropicais determinados com o SPAD-502. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 2, p. 159-161, 2007.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 367p.

SISTEMA DE AGROTÓXICOS FITOSSANITÁRIOS – AGROFIT. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br; agrofit>>. Acesso em: 10 jan. 2009.

SOUZA, J. R. et al. Tolerância de cultivares de cana-de-açúcar a herbicidas aplicados em pós-emergência. **Bragantia**, v. 68, n. 4, p. 941-951, 2009.

VELINI, E.D. et al. Avaliação da seletividade da mistura de oxyfluorfen e ametryne, aplicada em pré e pós-emergência, a dez variedades de cana-de-açúcar (cana planta). **Planta Daninha**, v.18, n. 1, p.123-134, 2000.

VELINI, E.D. et al. Avaliação dos efeitos do herbicida clomazone, aplicado em pós-emergência, sobre o crescimento e produtividade de soqueiras de nove cultivares de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL - STAB, 1993, Águas de São Pedro, SP. **Anais...** Águas de São Pedro: STAB, 1993, p. 125-128.

Tabela 1 - Porcentagem de matéria seca produzida pelos cultivares B925345, RB867515, RB855146 e SP80-1 tratados com diferentes herbicidas, em relação a testemunha

Tratamento	Cultivar			
	RB925345	RB867515	RB855156	SP80-1816
	Matéria seca total (%)			
Testemunha	100,00 aA ^{1/}	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA
Tembotrione	95,73 aA	100,00 aA	92,42 abA	94,45 aA
MSM	79,28 abA	78,82 abA	74,54abcA	79,69 abA
Diuron + hexazinone	36,86 bA	43,23 bA	18,89 dAB	6,36 dB
Sulfentrazone	77,79 abA	88,94 abA	63,40 bcdA	72,62 abcA
Trifloxysulfuron-sodium	29,91 bB	64,12 abA	32,65 cdB	33,70 bcdB
Tebuthiuron	99,48 aA	90,49 aA	66,75 bcAB	49,59 bcA
Clomazone	82,03 abA	79,77 abA	44,75bcdB	42,25 bcdB
CV (%)	29,83			

^{1/} Médias seguidas pela letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

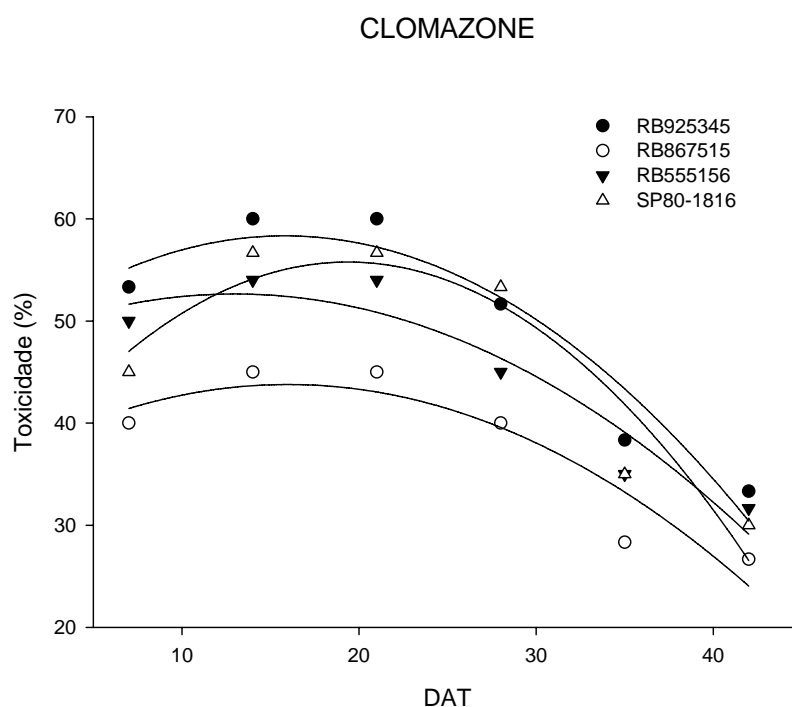


Figura 1 - Evolução dos sintomas de intoxicação de cultivares de cana-de-açúcar (fitotoxicidade) tratadas com clomazone aos 07, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a aplicação do herbicida. RB925345 ($\hat{Y} = 48,17 + 1,28X - 0,0407X^2$, $R^2 = 96\%$); RB867515 ($\hat{Y} = 34,33 + 2,21X - 0,0571X^2$, $R^2 = 94\%$); RB855156 ($\hat{Y} = 36,33 + 0,93X - 0,0292X^2$, $R^2 = 95\%$); SP80-1816 ($\hat{Y} = 47,93 + 0,72X - 0,0279X^2$, $R^2 = 94\%$).

DIURON + HEXAZINONA

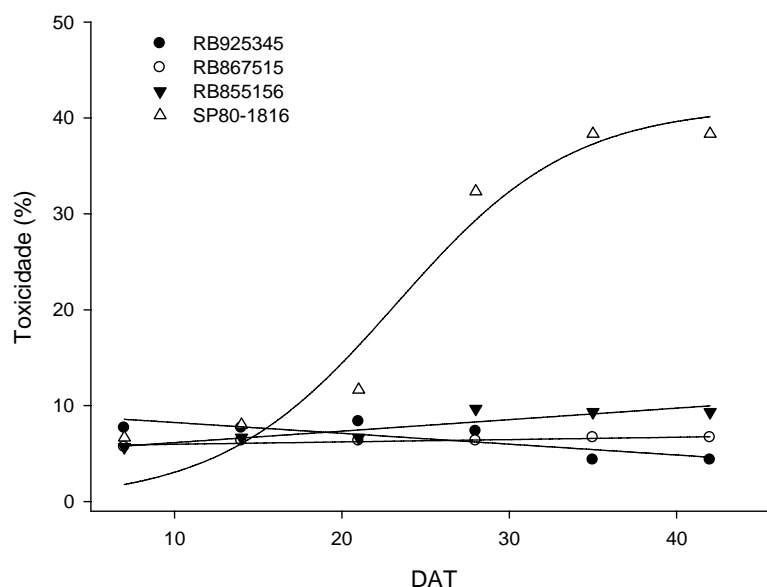


Figura 2 - Evolução dos sintomas de intoxicação de cultivares de cana-de-açúcar (fitotoxicidade) tratadas com (diuron + hexazinone) aos 07, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a aplicação do tratamentos. RB925345 ($\hat{Y} = 41,26/1 + \exp^{[(23,25-X)/5,25]}$, $R^2 = 95\%$); RB867515 ($\hat{Y} = 4,95 + 0,120X$, $R^2 = 90\%$); RB855156 ($\hat{Y} = 5,73 + 0,24X$, $R^2 = 88\%$); SP80-1816 ($\hat{Y} = 9,38 + 0,113X$, $R^2 = 88\%$).

MSMA

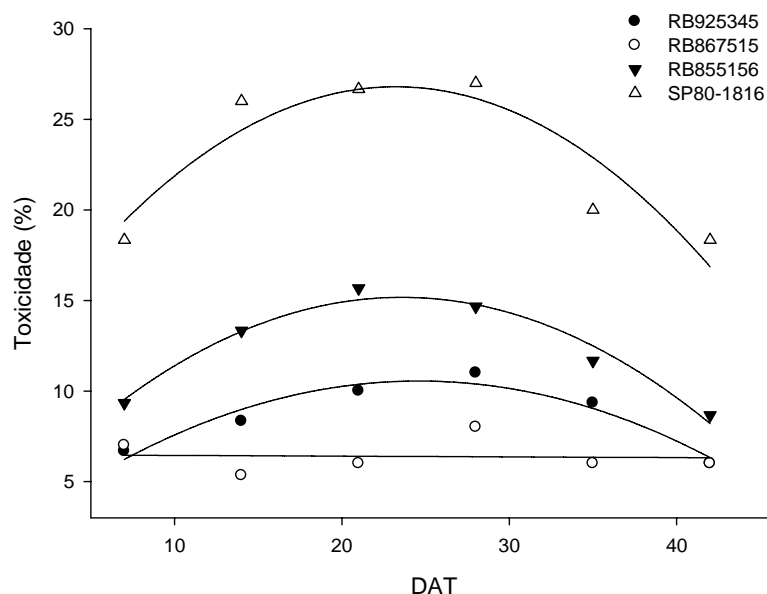


Figura 3 - Evolução dos sintomas de intoxicação de cultivares de cana-de-açúcar (fitotoxicidade) tratadas com MSMA aos 07, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a aplicação do herbicida. RB925345 ($\hat{Y} = 2,10 + 0,60X - 0,0140X^2$, $R^2 = 96\%$); RB867515 ($\hat{Y} = 6,40 - 0,0041X$, $R^2 = 74\%$); RB855156 ($\hat{Y} = 3,77 + 0,97X - 0,0205X^2$, $R^2 = 98\%$); SP80-1816 ($\hat{Y} = 11,60 + 1,31X - 0,0282X^2$, $R^2 = 91\%$).

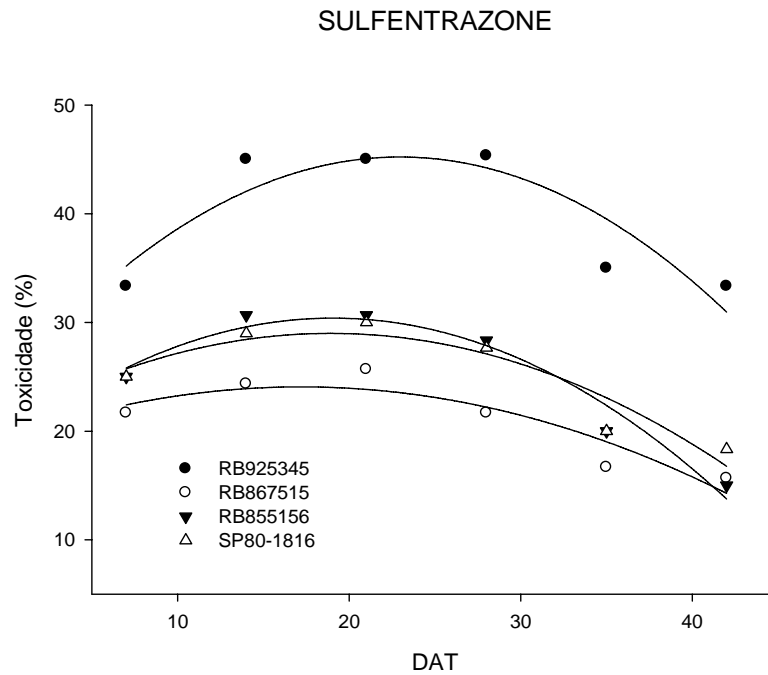


Figura 4 - Evolução dos sintomas de intoxicação de cultivares de cana-de-açúcar (fitotoxicidade) tratadas com sulfentrazone aos 07, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a aplicação do herbicida. RB925345 ($\hat{Y} = 24,47 + 1,80X - 0,0394X^2$, $R^2 = 79\%$); RB867515 ($\hat{Y} = 20,77 + 0,87X - 0,0230X^2$, $R^2 = 94\%$); RB855156 ($\hat{Y} = 18,93 + 1,20X - 0,0316X^2$, $R^2 = 98\%$); SP80-1816 ($\hat{Y} = 19,36 + 0,50X - 0,0159X^2$, $R^2 = 92\%$).

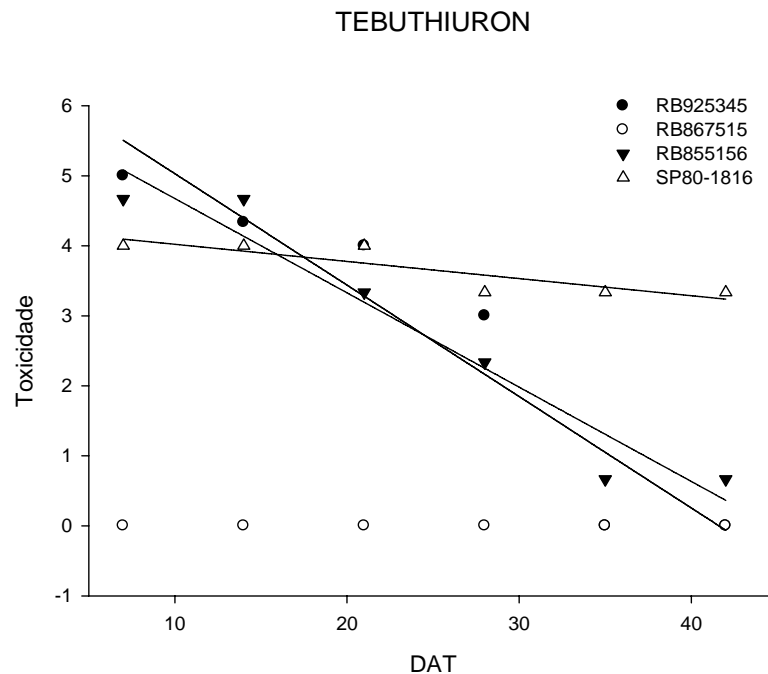


Figura 5 - Evolução dos sintomas de intoxicação de cultivares de cana-de-açúcar (fitotoxicidade) tratadas com tebuthiuron aos 07, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a aplicação do herbicida. RB925345 ($\hat{Y} = 6,62 - 0,159X$, $R^2 = 87\%$); RB867515 ($\hat{Y} = 0$); RB855156 ($\hat{Y} = 6,02 + 0,135X$, $R^2 = 97\%$); SP80-1816 ($\hat{Y} = 4,27 + 0,245X$, $R^2 = 97\%$).

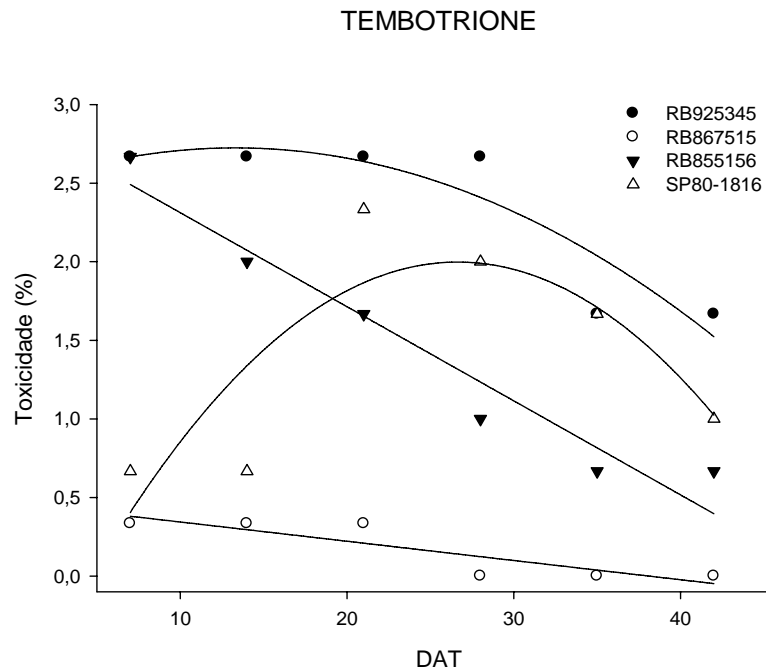


Figura 6 - Evolução dos sintomas de intoxicação de cultivares de cana-de-açúcar (fitotoxicidade) tratadas com tembotrione aos 07, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a aplicação do herbicida. RB925345 ($\hat{Y} = 2,47 + 0,039X - 0,0015X^2$, $R^2 = 91\%$); RB867515 ($\hat{Y} = 0,47 - 0,012X$, $R^2 = 87\%$); RB855156 ($\hat{Y} = 2,91 - 0,059X$, $R^2 = 97\%$); SP80-1816 ($\hat{Y} = -0,93 + 0,022X - 0,0041X^2$, $R^2 = 84\%$).

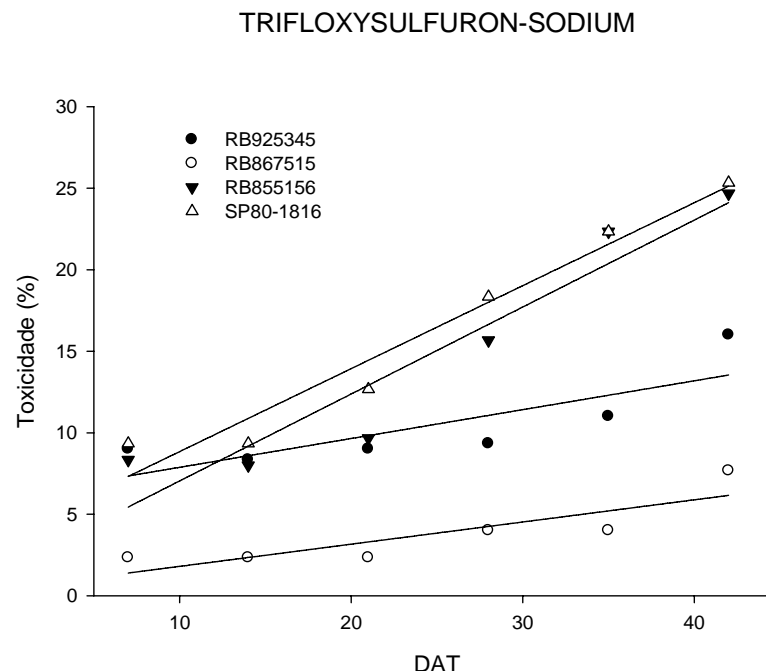


Figura 7 - Evolução dos sintomas de intoxicação de cultivares de cana-de-açúcar (fitotoxicidade) tratadas com trifloxysulfuron-sodium aos 07, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a aplicação do herbicida. RB925345 ($\hat{Y} = 6,71 - 0,18X$, $R^2 = 65\%$); RB867515 ($\hat{Y} = 0,44 - 0,14X$, $R^2 = 86\%$); RB855156 ($\hat{Y} = 1,71 - 0,53X$, $R^2 = 95\%$); SP80-1816 ($\hat{Y} = 3,75 - 0,51X$, $R^2 = 98\%$).

ATIVIDADE MICROBIANA E DE FOSFATASES ÁCIDAS NA RIZOSFERA DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR APÓS A APLICAÇÃO DE HERBICIDAS

Microbial and Acid Phosphatase Activity in the Rhizosphere of Sugar Cane Cultivars After Herbicide Application

RESUMO

Objetivou-se neste trabalho avaliar os efeitos dos herbicidas na atividade respiratória da microbiota ($C-CO_2$), no carbono da biomassa microbiana (CBM), no quociente metabólico do solo (qCO_2) e na atividade de fosfomonoesterases ácidas em solo cultivado com plantas de cana-de-açúcar. Os tratamentos foram alocados em blocos casualizados com três repetições, em esquema fatorial. Foram avaliados dois cultivares de cana-de-açúcar (RB867515 e SP801816), oito herbicidas {(tembotrione; MSMA; (diuron + hexazinone); sulfentrazone; (trifloxysulfuron-sodium + surfatante); tebutiuron e clomazone}, além de uma testemunha. As aplicações dos herbicidas foram realizadas aos 60 dias após a brotação das gemas da cultura. Aos 45 dias após as aplicações desses, foram coletadas amostras de solo rizosférico para avaliação da atividade respiratória da microbiota ($C-CO_2$), do carbono da biomassa microbiana (CBM), no quociente metabólico do solo (qCO_2) e na atividade de fosfomonoesterases ácida. Os microrganismos rizosféricos do cultivar SP80-1816 apresentaram a maior sensibilidade aos herbicidas testados. Trifloxysulfurom-sodium e (diuron + MSMA) foram os herbicidas que proporcionaram condições mais estressantes para a microbiota de ambos cultivares, tendo em vista os maiores valores de quociente metabólico do solo (qCO_2) encontrado. O clomazone ocasionou menor redução na atividade da enzima fosfatase ácida no cultivar RB867515. No entanto, não foi observado efeito dos herbicidas sobre a atividade dessa enzima dentro dos cultivares. Concluiu-se que ocorre resposta diferenciada da microbiota do solo em função do cultivar de cana-de-açúcar cultivado e do herbicida aplicado.

Palavras-chave: *Saccharum* spp., biomassa microbiana, quociente metabólico, fosfomonoesterases ácidas.

ABSTRACT

The present work aimed at evaluating the effects of herbicides on the respiratory activity of the microbiota (C-CO₂), microbial biomass carbon (MBC), metabolic quotient of soil (qCO₂) and acid phosphomonoesterase activity in soil cultivated with sugar cane plants. The treatments were allocated in randomized blocks with three replications, in a factorial scheme. Two sugar cane cultivars (RB867515 and SP801816), eight herbicides {(tembotrione; MSMA; (diuron + hexazinone); sulfentrazone; (trifloxysulfuron-sodium+ surfatante); tebuthiuron and clomazone} and a control without herbicide application were evaluated. Herbicide spraying was carried out 60 days after the bud sprouting. Forty-five days after application of herbicides, samples of the rhizosphere soil were collected to evaluate the respiratory activity of the microbiota (C-CO₂), microbial biomass carbon (MBC), metabolic quotient of soil (qCO₂) and acid phosphomonoesterase activity. The rhizosphere microorganisms of the cultivar SP80-1816 presented the highest sensitivity to the tested herbicides. The herbicides trifloxysulfurom-sodium and (diuron + MSMA) caused the most stressful conditions for the microbiota of both cultivars, since they presented the highest values for the metabolic quotient of soil (qCO₂). Clomazone caused the lowest reduction in the acid phosphatase enzyme activity in the cultivar RB867515. However, it was not observed any herbicide effect of on the activity of this enzyme in the cultivar SP801816. It was concluded that the soil microbiota presents different responses, according to the sugar cane cultivar and the herbicide applied.

Keywords: *Saccharum* spp., microbial biomass, metabolic quotient, acid phosphomonoesterases.

INTRODUÇÃO

A área plantada com cana-de-açúcar no país atualmente se situa em torno de 7, 74 milhões de hectares (CONAB 2009). É previsto que no ano de 2020, o país tenha plantado por volta de 14 milhões de hectares de cana-de-açúcar, produzindo mais de 1 bilhão de toneladas de cana, 45 milhões de toneladas de açúcar, e 65 bilhões de litros de etanol (Matsuoka et al., 2009). Aliado ao aumento de produção estará o aumento da

utilização de agroquímicos, produtos que podem agredir o ambiente quando utilizados de modo incorreto. Neste ponto destacam-se os herbicidas, estes são utilizados em grandes áreas contínuas, em função da praticidade, eficiência e baixo custo quando comprados a outros métodos de controle de plantas daninhas (Silva & Silva, 2007). A cana-de-açúcar é hoje a segunda cultura que mais consome herbicidas no Brasil (SINDAG, 2009).

A utilização destes produtos químicos pode gerar impactos negativos ao meio ambiente, justificando então a necessidade de se avaliar este problema. Para investigação dos efeitos adversos dos agrotóxicos nos ecossistemas edáficos são utilizados indicadores específicos, os quais podem ser de natureza química (concentrações de nutrientes, pH do solo entre outros), física (a exemplo, a densidade e agregação do solo) e biológica (como a biodiversidade do solo e as atividades enzimáticas). Cabe destacar que os indicadores de natureza biológica relacionados ao ciclo biogeoquímico dos elementos (C, N, P e S), como biomassa microbiana, evolução de CO₂ e atividades de populações microbianas específicas do solo, são priorizados na avaliação de impactos ambientais, devido principalmente à resposta rápida dos microrganismos aos distúrbios provocados no solo, embora ainda não exista padronização dos métodos utilizados na avaliação desses atributos (Tótola et al., 2002; Gil-Stores et al., 2005; Trannin et al., 2007).

Os microrganismos têm papel fundamental no comportamento dos herbicidas no ambiente, pois possuem a capacidade de metabolizar esses compostos, através de suas enzimas, e transformá-los em energia e nutrientes para a sua sobrevivência. A taxa de degradação de agrotóxicos é influenciada pela biomassa microbiana ativa e disponibilidade do composto para a biodegradação (Beigel et al., 1999), sendo a degradação conhecida como a transformação desses produtos em compostos menos tóxicos, CO₂ e água. Os efeitos adversos decorrentes da aplicação de herbicidas podem ocorrer na comunidade biótica do solo, com prejuízos aos microrganismos benéficos, ou podem ocasionar desequilíbrios em processos bioquímicos, como decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (Ghini et al., 1997).

Avaliações mais amplas sobre o efeito de herbicidas no ambiente, as quais incluem a incorporação de indicadores microbiológicos, como a atividade enzimática, respiração basal (evolução do C-CO₂), a biomassa microbiana dos solos e o quociente metabólico, têm permitido antecipar a constatação de alterações na dinâmica dos ecossistemas (Anderson & Domsch, 1993; Valpassos et al., 2001; Santos et al., 2005;

Vivian et al., 2006; Jakelaitis et al., 2007; Reis et al., 2008a; Reis et al., 2008b). O quociente metabólico possibilita que se avalie, também, o estado de equilíbrio no ambiente do solo; quanto menores os valores observados, mais próximo este se encontra da estabilidade (Tótola & Chaer, 2002).

Os estudos envolvendo herbicidas, de forma geral, têm dado ênfase apenas a eficiência de controle das plantas daninhas (Souza et al., 1996; Pires et al., 2005), com poucos relatos sobre os efeitos desses produtos nos microrganismos do solo. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos dos herbicidas tembotrione, MSMA, (diuron + hexazinone), sulfentrazone, trifloxysulfuron-sodium, tebuthiuron e clomazone sobre a atividade de fosfatases ácidas, respiração, biomassa microbiana, e o quociente metabólico no solo rizosférico dos cultivares RB867515 e SP80-1816.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa – UFV, e as análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Herbicida no Solo do Departamento de Fitotecnia/UFV e de Associações Micorrizicas do Departamento de Microbiologia/BIOAGRO/UFV, Viçosa, MG.

O substrato utilizado foi o Latossolo Vermelho-Amarelo, extraído do horizonte B do perfil do solo de área sem histórico de aplicação de agrotóxicos. Para cultivo da cana-de-açúcar, utilizaram-se vasos de PVC de coloração preta, preenchidos com 15 L de substrato, com o interior revestido por filme de polietileno. O substrato foi corrigido com calcário dolomítico ($0,15 \text{ g dm}^{-3}$) e adubado com sulfato de amônio ($0,09 \text{ g dm}^{-3}$ de N), superfosfato simples ($1,8 \text{ g dm}^{-3}$ de P_2O_5) e cloreto de potássio ($0,34 \text{ g dm}^{-3}$ de K_2O). Posteriormente à correção e adubação, o substrato foi analisado física e quimicamente. A classe textural foi argiloarenosa e apresentou pH em água de 5,1, CTC (T), CTC (t), H + Al, Ca e Mg de 9,89; 5,93; 3,96; 4,91; e $0,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente; P e K, respectivamente de 40,0 e 480 mg dm^{-3} ; Prem de 40 mg L^{-1} ; e $2,1 \text{ dag kg}^{-1}$ de matéria orgânica. O material propagativo de cana-de-açúcar constituiu-se de fragmentos de colmos (tolete contendo uma gema) das variedades RB867515 e SP801816, sendo plantados dois toletes de cada genótipo por vaso.

O experimento foi instalado no delineamento de blocos casualizados com três repetições. Cada unidade experimental constou de um vaso plástico contendo 15,0 L de

substrato (solo + fertilizantes). Os tratamentos foram alocados em esquema fatorial 2 x 8, sendo o primeiro fator representado pelos cultivares RB867515 e SP801816 e o segundo pelos herbicidas Soberan[®] (Tembotrione 200 mL ha⁻¹) ; Dessecan[®] (MSMA 6,0 L ha⁻¹); Velpar-K GRDA[®] (Diuron + Hexazinona – 2,0 kg ha⁻¹); Solara[®] (Sulfentrazone 1,2 L ha⁻¹); Envoke[®] (Trifloxysulfuron-sodium 30 g ha⁻¹+ Surfatante Aureo 1,0 L ha⁻¹); Combine 500 SC[®] (Tebuthiuron 2,0 kg ha⁻¹); Gamit[®] (Clomazone 3 L ha⁻¹), além de uma testemunha sem aplicação de herbicidas.

A aplicação dos herbicidas foi feita quando as plantas se encontravam com três a quatro folhas completamente expandidas. Para isso, utilizou-se pulverizador costal pressurizado a CO₂, munido com barra de aplicação com duas pontas de pulverização da série TT 110.02, espaçadas de 0,5 m, calibrado para aplicar 150 L ha⁻¹ de calda.

Aos 60 dias após a aplicação dos herbicidas, foram retiradas amostras de solo rizosférico das plantas para avaliação da atividade microbiana do solo e da enzima fosfatase. Para a coleta do solo rizosférico, as plantas foram arrancadas e submetidas à agitação. O solo remanescente no sistema radicular foi coletado para análise da atividade microbiana. Nessas amostras, estimaram-se a taxa respiratória, o carbono da biomassa microbiana e o quociente metabólico do solo. A umidade atual do solo foi determinada para posterior conversão dos dados obtidos em base solo seco. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e mantidas sob refrigeração durante o transporte e posterior armazenamento em laboratório. As amostras, após serem peneiradas (2 mm), secas ao ar e determinado o teor de água, foram pesadas (150 g) e incubadas em frascos hermeticamente fechados e mantidos à temperatura entre 23 e 25°C por 15 dias, com umidade de 70% da capacidade de campo do solo.

A respiração microbiana foi estimada a partir da quantidade de CO₂ evoluído das amostras de solo segundo proposto por Vivian et al., (2006). Após a avaliação de CO₂, determinou-se o carbono da biomassa microbiana (CBM) pelo método descrito por Vance et al. (1987), utilizando-se, em lugar do clorofórmio (fumigação), o forno de microondas (irradiação) (Islam & Weil, 1998). O quociente metabólico (qCO₂) foi determinado pela relação entre o CO₂ acumulado e o CBM.

Após a coleta do solo rizosférico para avaliar a atividade microbiana, as plantas foram submetidas a uma nova agitação, de modo que permanecesse somente o solo fortemente aderido ao sistema radicular, para avaliação potencial de solubilização de fosfato inorgânico. A umidade do solo foi determinada, para posterior conversão dos dados obtidos em base de solo seco.

As amostras de solo intimamente aderidas ao sistema radicular de cana-de-açúcar foram utilizadas para determinação de atividade de fosfomonoesterases ácidas, conforme o método proposto por Tabatabai & Bremmer (1969). Aliquotas de um grama de solo foram transferidas para tubos de ensaio contendo 4 mL da solução-tampão ácida (pH 6,5), constituída por: tris(hidroximetil) aminometano (THAM) (12,1 g), ácido maleico (11,6 g), ácido cítrico (14,0 g), ácido bórico (6,3 g), hidróxido de sódio (20 g) e água desionizada (q.s.p. 1 L). Aos tubos com solo foram adicionados 0,2 mL de tolueno e 1 mL da solução de p-nitrofenilfosfato dissódico tetraidratado ($C_6H_4NNaO_6P \cdot 4H_2O$), $0,05 \text{ mol L}^{-1}$, substrato da enzima fosfatase. Os tubos foram incubados a $37 \text{ }^\circ\text{C}$ por uma hora. Após a incubação, foram adicionados 1 mL de $CaCl_2$ ($0,5 \text{ mol L}^{-1}$) e 4 mL de NaOH ($0,5 \text{ mol L}^{-1}$) a cada tubo, submetendo-os à agitação e filtragem por gravidade em papel-filtro Whatman no 42. A concentração de p-nitrofenol no filtrado foi determinada por espectrofotometria a 420 nm, sendo os resultados expressos em $\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Sendo o valor de F significativo, aplicou-se o teste de Tukey comparando somente o fator herbicida, pois devido as diferenças na interação plantas-microrganismos dos cultivares não se justifica a comparação entre esses. Todos os testes foram efetuados a 5% de probabilidade de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando o efeito dos herbicidas na respiração do solo rizosférico de cada cultivar, observou-se que no cultivar RB867515, os solos tratados com os herbicidas apresentaram redução do C-CO₂ com exceção do solo tratado com tryfloxysulfuron-sodium que apresentou comportamento semelhante a testemunha. Sulfentrazone e tebotrione, foram os tratamentos que afetaram a C-CO₂, com redução média de 52,72%, em relação a testemunha. Esses herbicidas podem provavelmente ter causado intoxicação a algumas classes de microrganismos, ocasionando a redução populacional desses, e conseqüentemente, reduzindo a respiração população microbiana. Porém, qualquer tipo de conclusão tomada apenas por essa variável pode ser precipitada, tendo em vista que a menor evolução de C-CO₂ também pode ser devido a maior estabilidade desses microrganismos. No cultivar SP80-1816 todos os herbicidas estimularam a respiração dos solos quando comparados a testemunha, exceto (diuron + hexazinone).

Esses resultados indicam que provavelmente esteja ocorrendo uma possível metabolização destes herbicidas pela microbiota do solo, provocando desta forma maior evolução de C-CO₂. Outra explicação possível poderia ser o fato dos herbicidas estarem causando estresse a comunidade microbiana, elevando dessa forma sua atividade respiratória. Os herbicidas tembotrione, tebuthiuron e sulfentrazone, foram os que ocasionaram maior C-CO₂ do solo no cultivar SP80-1816 (Tabela 1).

O comportamento distinto dos dois cultivares pode ser atribuído a diferente capacidade de exsudação e/ou composição química dos exsudados radiculares dos cultivares, promovendo desta forma o aumento diferenciado na atividade dos microrganismos do solo e/ou alteração na composição específica na comunidade microbiana de cada cultivar. Segundo Islam & Weil, 1998, altas taxas respiratórias do solo podem indicar um distúrbio ecológico (exemplo, aplicação de agrotóxicos) ou então alto nível de produtividade do ecossistema.

Analisando os efeitos dos herbicidas sobre o carbono da biomassa microbiana (CBM) do cultivar RB867515, observou-se que o MSMA foi o tratamento que apresentou maior valor para esta variável, indicando, dessa forma uma possível capacidade de metabolização deste produto pela população microbiana em fontes de carbono favorecendo o aumento do CBM (Tabela 2). Diuron + hexazinone e trifloxysulfuron-sodium ocasionaram menor valor de CBM do que a testemunha, ou seja, possivelmente esses herbicidas exerceram efeito tóxico sobre a comunidade microbiana desse cultivar provocando a redução dessa variável. Uma possível causa da agressividade do trifloxysulfuron-sodium aos microrganismos pode ser atribuída ao seu mecanismo de ação, o qual é inibidor da enzima acetolactato sintase (ALS), essencial para a sobrevivência de alguns microrganismos do solo.

Esse efeito redutivo do CBM do solo devido a presença do diuron + hexazinone, pode ser considerado surpreendente pelo fato de esses herbicidas serem inibidores do fotossistema II e da maioria dos microrganismos do solo não serem fotoautotróficos, ou seja, não apresentar capacidade de fixar CO₂ atmosférico. Possivelmente a intoxicação dos microrganismos tenha ocorrido por alguns aditivos presentes na formulação comercial. Com relação ao cultivar SP80-1816, a testemunha foi o tratamento que apresentou maior CBM, ou seja, todos os herbicidas causaram algum nível de impacto negativo sobre essa variável, ao contrário do observado no cultivar RB867515. Segundo Rizzardí et al. (2003), o genótipo de uma cultura pode influenciar a atividade, o tamanho e a composição da comunidade microbiana em consequência dos exsudatos

liberados pelas raízes, que exercem papel chave no estímulo da biomassa microbiana. Os herbicidas trifloxysulfuron-sodium e (diuron + hexazinone) foram novamente os que causaram maior efeito deletério sobre esta variável.

A relação entre o C-CO₂ e o CBM proporciona o denominado quociente metabólico (qCO_2) proposto por Anderson & Domsch (1985) e prediz que, a medida que a biomassa microbiana se torna mais eficiente em utilizar os recursos do meio, menor C é perdido como CO₂ pela respiração, podendo esse ser incorporado aos tecidos microbianos. Solos com alto qCO_2 são dominados por organismos colonizadores de crescimento rápido, refletindo um ambiente mais instável longe do seu estado de equilíbrio (Sakamoto & Obo, 1994). Dessa forma, menor qCO_2 significa maior estabilidade da biomassa microbiana. Trifloxysulfuron-sodium e diuron + hexazinone foram os herbicidas que ocasionaram maiores valores de qCO_2 nos microrganismos rizosféricos do cultivar RB867515, indicando que a biomassa microbiana se torna menos eficiente na presença desses produtos. Por outro lado, os outros herbicidas ocasionaram valores de qCO_2 menores (MSMA e sulfentrazone) e iguais (tembotrione, clomazone, tebuthiuron) ao da testemunha, indicando que a estabilidade do sistema não foi afetada por estes herbicidas no período de avaliação. Analisando os efeitos dos herbicidas sobre o cultivar SP80-1816, observou-se que os herbicidas trifloxysulfuron-sodium, tembotrione, diuron + hexazinone e clomazone apresentaram maiores valores de qCO_2 do que a testemunha, indicando desta forma que eles submeteram os microrganismos a condição de estresse (Tabela 3).

A aplicação dos herbicidas não interferiu na atividade da enzima fosfomonoesterase ácida na época avaliada (Tabela 4). Resultados semelhantes a estes foram encontrados por Reis et al. (2009c), avaliando o efeito dos herbicidas ametryn, trifloxysulfuron-sodium e sulfentrazone sobre a atividade de fosfomonoesterase ácidas nos cultivares de cana-de-açúcar RB867515 e SP80-1816 aos 7, 14 e 28 dias após a aplicação dos herbicidas. A não ocorrência de diferença entre a atividade enzimática da fosfomonoesterase ácida nos cultivares pode ser atribuída a alta adubação fosfatada realizada durante plantio, propiciando desta forma elevado teor de P disponível no solo, diminuindo assim a atividade desta enzima, pois quanto maior a quantidade de P disponível no solo menor a atividade da fosfatase ácida (Gatiboni et al., 2008).

Os resultados evidenciam a capacidade de resposta diferenciada dos microrganismos rizosféricos de cada cultivar aos herbicidas. Esta capacidade de resposta pode ser atribuída aos diferentes graus de sensibilidade dos cultivares aos

herbicidas, pois as plantas apresentam respostas distintas após a intoxicação com os herbicidas, dentre elas a alteração do padrão de exsudação radicular comprovada por Kremer et al (2005), afetando desta forma a atividade e a composição microbiana de cada cultivar. Além de afetar indiretamente os microrganismos do solo, os herbicidas podem exercer efeito direto sobre eles causando a sua intoxicação afetando desta forma a atividade, composição e tamanho da população microbiana.

Conclui-se que os microrganismos rizosféricos do cultivar SP80-1816 foram os que apresentaram maior sensibilidade aos herbicidas testados. O trifloxysulfurom-sodium e (diuron + hexazinone) foram os herbicidas que proporcionaram condições mais estressantes para a microbiota de ambos cultivares, tendo em vista os maiores valores de qCO_2 do solo. Não foi observado efeito dos herbicidas sobre a atividade desta enzima dentro dos cultivares. Estes resultados demonstram a capacidade de resposta diferenciada da microbiota do solo em função do cultivar.

LITERATURA CITADA

ANDERSON, J. P.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO_2) as a specific activity parameter to asses the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biol. Biochem.**, v. 25, p. 393-395, 1993.

BEIGEL C.; CHARNAY, M. P.; BARRIUSO, E. Degradation of formulated and informulated triticonazole fungicide in soil: effect of application rate. **Soil Biol. Biochem.**, v. 31, p. 525-534, 1999.

CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/3lev-cana.pdf>>. Acesso em: 11 dez. 2009.

FERNANDEZ, G.; PITELLI, R.A; CADENAZZI, M. Evolução de CO₂ e atividades enzimáticas em amostras de solo tratado com herbicidas. **Planta Daninha**, v. 27, n. 3, p. 601-608, 2009.

GATIBONI, L. C. et al. Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatases ácidas durante a diminuição do fósforo disponível no solo. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 43, n. 8, p. 1085-1091, 2008.

GHINI, R.; LIGO, M. A. V.; HERMES, L. C. Efeito de herbicidas na biomassa microbiana de solos de arroz irrigado. **R. Ecos.**, v. 22, p. 97-101, 1997.

GIL-STORES, F.; TRASAR-CEPEDA, C.; LEIRÓS, M.C.; SEOANE, S. Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 37, p. 877-887, 2005.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biol. Fert. Soils**, v. 27, n. 4, p. 408-416, 1998.

JAKELAITIS, A. Atividade microbiana e produção de milho (*Zea mays*) e de *Brachiaria brizantha* sob diferentes métodos de controle de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 25, n. 1, p. 71-78, 2007.

KREMER, R.J.; MEANS, N.E. & KIM, S. Glyphosate affects soybean root exudation and rhizosphere microorganisms. **Inter. J. Environ. Anal. Chem.**, v. 85, n. 15, p. 1165-1174, 2005.

MATSUOKA, S.; FERRO, J.; ARRUDA, P. The Brazilian experience of sugarcane ethanol industry. **In Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant**, v. 45, p. 372-385, 2009.

PIRES, F. R. et al. Rhizospheric activity of potentially phyto-remediative species for tebuthiuron-contaminated soil. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v. 29, n. 4, p. 627-634, 2005.

REIS, M. R. et al. Ação de herbicidas sobre microrganismos solubilizadores de fosfatos inorgânicos inorgânico em solo rizosférico de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 333-341, 2008.

REIS, M. R. et al. Atividade microbiana em solo cultivado com cana-de-açúcar após aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 323-331, 2008.

REIS, M. R. et al. Colonização micorrízica e atividade de fosfatases ácidas na rizosfera de cultivares de cana-de-açúcar após a aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, v. 27, p. 977-985, 2009. Número Especial.

RIZZARDI, M. A. et al. Ação de herbicidas sobre mecanismos de defesa das plantas aos patógenos. **Ciência Rural**, v. 33, n. 5, p. 957-965, 2003.

SAKAMOTO, K.; OBO, Y. Effects of fungal to bacterial ratio on the relationship between CO₂ evolution and total soil microbial biomass. **Biol. Fert. Soils**, v. 17, p. 39-44, 1994.

SANTOS, J. B. et al. Atividade microbiana do solo após aplicação de herbicidas em sistemas de plantio direto e convencional. **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 683-691, 2005.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Editores). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: UFV, 2007. 367 p.

SINDAG – **Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Agrícola**. Disponível em: < www.sindag.com.br/conexao/anteriores/conexao5_mar08.pdf >. Acesso em: 11 dez. 2009.

SOUZA, A. P. et al. Efeito do oxyfluorfen, 2,4-d e glyphosate na atividade microbiana de solos com diferentes texturas e conteúdos de matéria orgânica. **Planta Daninha**, v. 14, n. 1, p. 55-64, 1996.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: VENEGAS, V. H. A. et al. (Eds.). **Tópicos em Ciência do Solo**. v. II (2002) – Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 195-276, 2002.

TRANNIN, I. C. B.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Características biológicas do solo indicadoras qualidade após dois anos aplicação biofertilizante industrial e cultivo milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1173-1184, 2007.

VALPASSOS, M. A. R. et al. Effects of soils management systems on soil microbial activity bulk density and chemical properties. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 36, n. 12, p. 1539-1545, 2001.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass. **Soil Biol. Biochem.**, v. 19, p. 703-707, 1987.

VIVIAN, R. et al. Persistência de Sulfentrazone em Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 741-750, 2006.

Tabela 1 - Respiração microbiana (C-CO₂) de solo cultivado com cultivares de cana-de-açúcar aos 45 dias após a aplicação de herbicidas

Tratamento	Cultivar	
	RB867515	SP80-1816
	C-CO ₂ (μg g ⁻¹ de solo seco)	
Tembotrione	121,24 d	314,36 a
MSMA	179,91 c	189,69 de
Diuron + hexazinone	209,24 bc	162,8 e
Sulfentrazone	150,58 cd	282,58 ab
Trifloxysulfuron-sodium	245,91 ab	243,47 bc
Tebuthiuron	211,69 bc	294,80 ab
Clomazone	192,13 bc	277,69 ab
Testemunha	287,47 a	216,58 cd
CV (%)	11,74	

Médias seguidas pela primeira letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 2 - Carbono da biomassa microbiana (CBM) de solo cultivado com cultivares de cana-de-açúcar aos 60 dias após a aplicação de herbicidas

Tratamento	Cultivar	
	RB867515	SP80-1816
	CBM (μg CBM g ⁻¹ de solo seco)	
Tembotrione	119,47 cd	188,16 c
MSMA	393,16 a	138,95 cd
Diuron + hexazinone	49,73 d	63,68 d
Sulfentrazone	243,16 b	179,47 c
Trifloxysulfuron-sodium	52,11 d	75,26 d
Tebuthiuron	124,21 cd	289,47 b
Clomazone	154,39 c	127,37 cd
Testemunha	174,39 c	358,95 a
CV (%)	23,28	

Médias seguidas pela primeira letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3 - Quociente metabólico (qCO₂) de solo cultivado com cultivares de cana-de-açúcar aos 45 dias após a aplicação de herbicidas

Tratamento	Cultivar	
	RB867515	SP80-1816
	qCO ₂ (µg C-CO ₂ g ⁻¹ µg CBM d ⁻¹)	
Tembotrione	1,02 bc	1,83 bcd
MSMA	0,47 c	1,41 cde
Diuron + hexazinone	4,25 a	2,69 b
Sulfentrazone	0,64 c	1,60 cde
Trifloxysulfuron-sodium	4,78 a	3,61 a
Tebuthiuron	1,72 b	1,11 de
Clomazone	1,29 bc	2,22 bc
Testemunha	1,67 b	0,61 e
CV (%)	23,32	

Médias seguidas pela primeira letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Tabela 4 - Atividade de fosfomonoesterases ácidas de solo cultivado com cultivares de cana-de-açúcar aos 45 dias após a aplicação de herbicidas

Tratamento	Cultivar	
	RB867515	SP80-1816
	mg de p-nitrofenol g ⁻¹ de solo	
Tembotrione	137,76 a	118,01 a
MSMA	126,91 a	130,41 a
Diuron + hexazinone	133,76 a	125,06 a
Sulfentrazone	128,89 a	126,46 a
Trifloxysulfuron-sodium	119,46 a	124,56 a
Tebuthiuron	124,63 a	131,61 a
Clomazone	136,76 a	111,79 a
Testemunha	133,21 a	117,16 a
CV (%)	9,88	

Médias seguidas pela primeira letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Antes de fazer uso do controle químico de plantas daninhas deve-se ter conhecimento da eficiência dos herbicidas a serem recomendados, de seus efeitos sobre as cultivares dessa espécie, além do impacto desses produtos na atividade da microbiota do solo. Na busca dessas informações, visando quantificar os efeitos de oito herbicidas dos mais aplicados na cana-de-açúcar sobre quatro cultivares dessa cultura, realizou-se este trabalho. Conclui-se que existe tolerância diferenciada dos cultivares cana-de-açúcar e da microbiota do solo a estes associados aos diferentes herbicidas testados. Dentre os Cultivares avaliados o RB867515 se mostrou de forma geral mais tolerante aos herbicidas testados. A mistura de (diuron + hexazinone) foi o tratamento que ocasionou maior redução de matéria seca em todos os cultivares avaliados, quando comparado com os demais herbicidas. Quanto aos sintomas visuais de intoxicação da cultura a maioria dos herbicidas avaliados provocou danos severos aos cultivares de cana-de-açúcar, com exceção do tembotrione e do tebuthiuron, onde onde o índice de intoxicação foi baixo. O trifloxysulfurom-sodium e (diuron + hexazinone) foram os herbicidas que proporcionaram condições mais estressantes para a microbiota de ambos cultivares, tendo em vista os maiores valores de quociente metabólico do solo (qCO_2) encontrado. Todavia, não foi observado efeito dos herbicidas sobre a atividade fosfomoesterases ácidas dentro dos cultivares.