

SELETIVIDADE DA ASSOCIAÇÃO DOS HERBICIDAS IMAZAPIC E IMAZAPYR APLICADA EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR

OBARA, Flavio Eduardo Botelhos¹
BRUNHARO, Caio Augusto Castro Grossi²
MELO, Marcel Sereguin Cabral de³
NICOLAI, Marcelo⁴
CHRISTOFFOLETI, Pedro Jacob⁵

Recebido em: 2014.05.18

Aprovado em: 2015.01.23

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.1104

RESUMO: Três experimentos foram conduzidos com o intuito de avaliar a seletividade da associação dos herbicidas imazapic + imazapyr. As associações foram também testadas em mistura com outros herbicidas comumente utilizados na cultura. Todos os tratamentos foram testados em pré-emergência, pós-emergência inicial e pós tardia da cana-de-açúcar. A variedade utilizada foi CTC 14 de segundo corte sobre solo arenoso em Santa Bárbara D' oeste – SP. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso no esquema de faixas, sendo que em uma direção de aplicação, as faixas foram constituídas de quatro doses da associação de imazapic + imazapyr, 0 + 0, 80,25 + 26,25, 120 + 40 e 133,75 + 43,75 g ha⁻¹, e na outra direção a aplicação no mesmo dia dos herbicidas ametrina (2400 g ha⁻¹), clomazone (1200 g ha⁻¹), hexazinone (225 g ha⁻¹), isoxaflutole (75 g ha⁻¹), metribuzin (1440 g ha⁻¹), tebuthiuron (750 g ha⁻¹) e testemunha sem aplicação. Foram realizadas avaliações mensais e colheita das parcelas aos 150 DAT. A seletividade da associação de imazapic + imazapyr foi observada quando aplicada na dose de 80,25 + 26,25 g ha⁻¹, na modalidade de pré-emergência, como também quando associada ao tebuthiuron, metribuzin e clomazone. Na aplicação em pós-emergência inicial a seletividade foi constatada pela aplicação de 80,25 + 26,25 g de imazapic + imazapyr ha⁻¹, como pela associação desta dose com os herbicidas isoxaflutole e clomazone, dado que a aplicação em pós-emergência tardia se mostrou totalmente não seletiva para qualquer uso das associações dos herbicidas imazapic + imazapyr.

Palavras-chave: Saccharum spp.; fitotoxicidade; associação tripla.

SELECTIVITY OF IMAZAPIC AND IMAZAPYR ASSOCIATION APPLIED IN DIFFERENT SUGARCANE GROWTH STAGES

SUMMARY: Three trials were conducted in order to evaluate the selectivity of the association of imazapic and imazapyr. The associations were also tested in mixture with other commonly used herbicides in the crop. All treatments were tested in pre-emergence, early post-emergence and late post-emergence of sugarcane. The variety used was second ratoon of CTC 14, in sandy soil, and the trials were conducted in Santa Bárbara D' oeste – SP – Brazil, at the end of November 2012. The main treatments were four doses of the association of imazapic + imazapyr at the rates of: 0 + 0, 80.25 + 26.25, 120 + 40 and 133.75 + 43.75 g ha⁻¹, sprayed in one direction. The secondary treatments were sprayed in the opposed direction: ametrina (2400 g ha⁻¹), clomazone (1200 g ha⁻¹), hexazinone (225 g ha⁻¹), isoxaflutole (75 g ha⁻¹), metribuzin (1440 g ha⁻¹), tebuthiuron (750 g ha⁻¹) and control treatment. Evaluations of phytotoxicity were made monthly and the harvest at 150 days after the treatment. Imazapic + imazapyr were selective when applied at 80.25 + 26.25 g ha⁻¹ in pre-emergence, as well as associated with tebuthiuron, metribuzin and clomazone. In early post-emergence, selectivity was noted when applied at 80.25 + 26.25 g imazapic + imazapyr ha⁻¹, as by the association of this rate with the herbicides clomazone and isoxaflutole. However, the application in late post-emergence proved to be non-selective for any use of the association of the herbicides imazapic + imazapyr.

Keywords: Saccharum spp.; fitotoxicity; triple association.

¹ Mestre em Ciências na área de Fitotecnia, Biologia e Manejo de Plantas Daninhas pela Universidade de São Paulo.

² Mestrando em Fitotecnia, Biologia e Manejo de Plantas Daninhas. Universidade de São Paulo.

³ Doutorando em Fitotecnia, Biologia e Manejo de Plantas Daninhas. Universidade de São Paulo.

⁴ Agrocon Assessoria Agrônômica LTDA

⁵ Professor associado - livre docente da Universidade de São Paulo - ESALQ - Departamento de Produção Vegetal.

INTRODUÇÃO

O Brasil é maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com área de cultivo estimada, durante a safra 2012/2013, de 9,7 milhões de ha (IBGE, 2013), sendo que 5,5 milhões de ha estão no Estado de São Paulo (INPE, 2013).

A alta eficiência da cana-de-açúcar na utilização dos recursos devido ao seu metabolismo C4 não impede que a cultura sofra com a competição imposta pelas plantas daninhas, sendo necessário que se mantenha a lavoura livre da presença de qualquer interferência no estágio inicial de desenvolvimento (PROCÓPIO et al., 2003).

Pelo cultivo desta cultura em extensas áreas, o uso de herbicidas é a ferramenta mais adequada para o controle das plantas daninhas, tanto na condição de pré como de pós-emergência devido ao grande número de produtos herbicidas registrados no Brasil (Hernandez; Alves; Martins, 2001). Pela similaridade de fatores fisiológicos e anatômicos entre a cana-de-açúcar e as plantas infestantes, sintomas de fitotoxicidade na cultura podem ser observados (NEGRISOLI et al., 2004).

Fitotoxicidade é a capacidade de um composto promover injúrias temporárias ou permanentes às plantas. Velini et al. (2000) definem seletividade como a capacidade de um herbicida controlar a comunidade infestante em uma cultura sem reduzir-lhe a produtividade. Para Negrisoli et al. (2004), a seletividade de herbicidas não deve ser determinada unicamente pela avaliação dos sintomas visuais, justificado pelo fato de que algumas moléculas podem reduzir a produtividade sem que a cultura pronuncie efeitos possíveis de serem detectados visualmente, porém por outro lado, alguns herbicidas promovem injúrias acentuadas sem afetar na produtividade.

As características físico-químicas, a dose do produto utilizado, as condições edafo-climáticas, a suscetibilidade do genótipo e o estágio de desenvolvimento da cultura são fatores determinantes para o nível de seletividade do herbicida à cultura da cana-de-açúcar (TORRES et al., 2012).

Com o intuito de explorar a avaliação da seletividade de diferentes doses da associação dos herbicidas imazapic e imazapyr, além da associação à ametrina, clomazone, hexazinone, isoxaflutole, metribuzin e tebuthiuron, quando aplicados em momentos distintos do desenvolvimento da cana-de-açúcar, foram conduzidos três experimentos no município de Santa Bárbara D' oeste – SP.

MATERIAL E MÉTODO

Com instalação no mês de novembro de 2012 e condução durante a safra 2012/13, foram desenvolvidos três experimentos para a avaliação da presença e intensidade de sintomas fitotóxicos ocasionados pela aplicação da associação herbicida imazapic e imazapyr em três doses crescentes, como pela associação destes com outras moléculas comumente utilizadas no controle de plantas daninhas na cana-de-açúcar em três diferentes estádios da cultura.

Os experimentos foram instalados nas coordenadas geográficas 22°48'50.27" S e 47°28'44.81" O do município de Santa Bárbara D' oeste – SP, sobre soqueira de 2º corte da variedade CTC 14 em solo médio arenoso. As propriedades físico-químicas do solo da área experimental são representadas pelos valores: pH = 4,2; P 13 (mg dm⁻³); K = 0,5, Ca = 10, Mg = 3, H+Al = 34, SB = 14, CTC = 48 (mmolc dm⁻³); V = 28%; M.O. = 7 (g dm⁻³); areia = 787, silte = 37 e argila = 176 (g kg⁻¹).

Três foram os momentos de aplicação dos tratamentos: em pré-emergência da cultura; em pós-emergência inicial, quando as plantas se encontravam com duas a três folhas expandidas e aproximadamente 30 cm de altura; e pós-emergência tardia em plantas em pleno perfilhamento, aproximadamente 70 cm de altura. No momento da aplicação em pré e pós-emergência inicial, as condições meteorológicas mensuradas foram de temperatura do ar de 30,5 °C, umidade relativa de 47,2% e ventos de 4,0 km h⁻¹. A aplicação em pós-emergência tardia foi efetuada no momento em que as plantas atingiram o estágio de desenvolvimento desejado, sob temperatura de 30°C, 65% de umidade relativa e ventos de 2,2 km h⁻¹. Os valores médios de temperatura mensal e de precipitação durante o período de desenvolvimento estão apresentados na Tabela 1.

Para a delimitação da área para a aplicação dos experimentos, foi considerado o fator do índice de infestação de plantas daninhas, o qual na área estudada foi de baixa intensidade, sendo feita a manutenção por capinas quando necessário.

Os tratamentos foram aplicados por meio de um pulverizador costal manual pressurizado com CO₂, trabalhando à pressão constante de 2,0 bar, equipado com seis bicos do tipo leque XR 110.02 espaçados a 0,5 m, aplicando um volume de calda correspondente a 200 L ha⁻¹.

Tabela 1. Valores médios de temperatura (°C) e precipitação (mm) mensais ao longo da condução dos experimentos, Santa Bárbara D' oeste, 2013.

Variáveis climáticas	mês/ano						
	nov/12	dez/12	jan/13	fev/13	mar/13	abr/13	mai/13
Temperatura (°C)	23,8	26,1	23,7	25,2	24,8	22,7	20,8
Precipitação (mm)	34,7	191,4	224,7	110,7	135,8	161,4	63,2

O delineamento experimental utilizado em cada experimento foi o de blocos ao acaso com três repetições no esquema de faixas, com cada parcela sendo constituída de quatro linhas de cana-de-açúcar por 4 metros de comprimento. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de doses de imazapic + imazapyr com diferentes ingredientes ativos já comumente utilizados no sistema de produção da cana-de-açúcar. Em uma direção de aplicação, as faixas foram constituídas de quatro doses de imazapic + imazapyr: (0 + 0), (80,25 + 26,25), (120 + 40) e (133,75 + 43,75) g ha⁻¹, e na outra direção: ametrina (2400 g ha⁻¹), clomazone (1200 g ha⁻¹), hexazinone (225 g ha⁻¹), isoxaflutole (75 g ha⁻¹), metribuzin (1440 g ha⁻¹), tebuthiuron (750 g ha⁻¹) e testemunha sem aplicação.

Foram avaliados sintomas de fitotoxicidade aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após o tratamento (DAT) pela escala proposta por Rolim (1989) na qual o valor "0" indica nulidade de sintomas e "100", destruição total da planta. Aos 150 DAT foi feita a mensuração da produção dos tratamentos através da colheita das plantas das duas linhas centrais da parcela e posteriormente a extrapolação dos dados para t ha⁻¹. Os dados de fitotoxicidade (%) e produtividade (t ha⁻¹), obtidos em campo foram submetidos ao Teste F na análise da variância e posteriormente ao Teste de Tukey para comparação das médias ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Os tratamentos proporcionaram diferentes níveis de sintomas fitotóxicos ao longo das avaliações, devido aos herbicidas empregados e principalmente à aplicação nos diferentes momentos de desenvolvimento da cultura. Os resultados observados foram fortemente influenciados pela época de instalação do experimento, ao passo de que este foi iniciado ao final do mês de novembro, época caracterizada pela maior frequência de chuvas, fazendo com que os herbicidas estudados considerados como de “época seca” por suas características de alta solubilidade fossem mais solubilizados e absorvidos pelas raízes, sendo neste caso um fator impactante na avaliação real da seletividade do produto à cultura.

Na aplicação em pré-emergência dos tratamentos herbicidas, não se observou sintomas fitotóxicos estatisticamente diferentes da testemunha para os padrões ametrina (2400 g i.a. ha⁻¹), clomazone (1200 g i.a. ha⁻¹), hexazinone (225 g i.a. ha⁻¹), isoxaflutole (75 g i.a. ha⁻¹), metribuzin (1440 g i.a. ha⁻¹), tebuthiuron (750 g i.a. ha⁻¹) ao longo das avaliações, nas quais foi possível observar um pequeno incremento nos sintomas de fitotoxicidade aos 60 e 90 DAT que foi revertido após esse período. As avaliações de porcentagem de fitotoxicidade aos 150 DAT e produtividade demonstraram a ausência significativa de sintomas causados por estes herbicidas nas condições estudadas na variedade CTC 14 (Tabela 2). Negrisoli et al. (2004) observaram a seletividade à variedade RB855113 pela aplicação em pré-emergência em solo arenoso dos herbicidas tebuthiuron (1120 g i.a. ha⁻¹), ametrina (1750 g i.a. ha⁻¹), metribuzin (1920 g i.a. ha⁻¹), isoxaflutole (52,5 g i.a. ha⁻¹) e clomazone (1250 g i.a. ha⁻¹), que não afetaram o crescimento, a produtividade e as características tecnológicas da cana-de-açúcar. Clement et al. (1979) também concluíram sobre a seletividade da hexazinona, que testando as doses 372, 417 e 628 g i.a. ha⁻¹ aplicada em pré-emergência sobre solo arenoso na variedade e CB-45/3 resultaram em produção de kg parcela⁻¹ estatisticamente igual à testemunha capinada.

Aos 30, 60 e 90 DAT a menor dose de (imazapic + imazapyr) (80,25 + 26,25) g i.a. ha⁻¹, promoveu danos visuais que variaram entre 6,7 a 8,3 % que se igualaram à nulidade de sintomas observada na testemunha, porém nas avaliações posteriores (120 e 150 DAT) todos os tratamentos de (imazapic + imazapyr) diferiram do tratamento sem aplicação com índices que variaram de 8,3 a 13,3 %, considerados efeitos leves. As doses (120 + 40) e (133,75 + 43,75) g i.a. ha⁻¹ de (imazapic + imazapyr) proporcionaram valores de produtividade de 39,2 e 41,2 t ha⁻¹, significativamente menores que 51,6 t ha⁻¹ observado na testemunha e 49 t ha⁻¹ no tratamento de dose (80,25 + 26,25) em aplicação pré-emergente.

As associações de (80,25 + 26,25) e (120 + 40) g i.a. ha⁻¹ (imazapic + imazapyr) com a ametrina (2400 g i.a. ha⁻¹) não promoveram danos visuais fitotóxicos diferentes do tratamento com aplicação da ametrina e da testemunha, somente na adição da dose mais elevada, (133,75 + 43,75) g i.a. ha⁻¹ de (imazapic + imazapyr) foi possível observar diferenças devido ao maior índice sintomático, cujo variou entre 15 e 10 % durante os 150 dias de avaliação. A queda de produtividade, em relação à testemunha e ao tratamento ametrina (2400 g i.a. ha⁻¹), foi observada a partir do momento em que a adição de (imazapic + imazapyr) à associação com ametrina, foi igual e maior que (120 + 40) g i.a. ha⁻¹, com valores de 36,6 e 36,2 t ha⁻¹ para as duas doses mais elevadas da imidazolinona.

Não se observou sintomas fitotóxicos nas avaliações visuais e nem queda significativa na produtividade ao adicionar (imazapic + imazapyr) nas diversas doses testadas ao clomazone (1200 g i.a. ha⁻¹). Sandaniel, Fernandes e Barroso (2008) verificaram a seletividade do inibidor da síntese de carotenóides na dose 1250 g clomazone ha⁻¹ quando aplicado em pré-emergência no início da época úmida, na variedade SP 80-1816 sobre solo argiloso sob o regime de cana queimada, não sendo observada nenhuma redução na produtividade em relação à testemunha. A aplicação da associação do clomazone

às três doses testadas de (imazapic + imazapyr) não proporcionou diferenças de produtividade em referência a cada respectivo tratamento de (imazapic + imazapyr) isolado.

Os sintomas fitotóxicos das associações (imazapic + imazapyr) com os herbicidas hexazinone e isoxaflutole foram relevantes na avaliação de mensuração do material colhido, na qual a adição da menor dose de imazapic + imazapyr (80,25 + 26,25 g i.a. ha⁻¹) já foi o suficiente para a redução significativa da produtividade em relação aos respectivos tratamentos padrão, fato que pode ser explicado pela alta solubilidade do imazapic, imazapyr, isoxaflutole e hexazinone que em condições de umidade são solubilizados e lixiviados aumentando a probabilidade de serem absorvidos pelo sistema radicular. Esta redução não foi observada nas notas visuais, uma vez que a produtividade da cultura é o parâmetro mais importante na avaliação dos efeitos dos herbicidas na cana-de-açúcar, já que alguns produtos podem reduzir a produtividade sem promover efeitos visuais (VELINI et al., 2000; SILVA et al., 2003). A adição de 225 g hexazinone ha⁻¹ às doses (80,25 + 26,25) e (133,75 + 43,75) g (imazapic + imazapyr) ha⁻¹, não proporcionou efeitos visuais fitotóxicos significativos em comparação aos tratamentos com (imazapic + imazapyr) isolado nas doses citadas, porém pôde-se observar queda na produtividade de 49,0 para 33,1 t ha⁻¹, devido à adição do inibidor do fotossistema II à menor dose de (imazapic + imazapyr), e de 41,2 para 32,3 t ha⁻¹ no tratamento de maior dose. A reatividade do isoxaflutole se dá somente na presença de água, geralmente proporcionando sintomas de intoxicação nas plantas no período inicial após a aplicação sem interferir na produtividade (COSTA; ROZANSKI, 2003). O acréscimo de 75 g isoxaflutole ha⁻¹ aos tratamentos de (imazapic + imazapyr) nas doses (80,25 + 26,25) e (120 + 40) g i.a. ha⁻¹, propiciou queda na quantidade de material colhido, o que não foi constatado quando em mistura com a dose (133,75 + 43,75) g i.a. ha⁻¹ ao confrontar estes dados com os obtidos pelos tratamentos com aplicação do (imazapic + imazapyr) isolado.

O metribuzin geralmente promove menor fitotoxicidade na cana-de-açúcar quando comparado a outros herbicidas (Miller, et al. 1998). Nas condições do experimento, a inserção do metribuzin (1440 g i.a. ha⁻¹) às caldas herbicidas, somente foi prejudicial à cultura quando associado às doses (120 + 40) e (133,75 + 43,75) g (imazapic + imazapyr) ha⁻¹. Já em comparação aos tratamentos de (imazapic + imazapyr) isolados, houve queda relevante na produtividade de 23% ao unir o metribuzin às imidazolinonas na dose (133,75 + 43,75) g i.a. ha⁻¹.

O tebuthiuron possui efeito residual sendo amplamente utilizado em pré-emergência para o controle excelente de espécies anuais (NEGRISOLI et al., 2004), não apresentando risco de fitotoxicidade para a cana-de-açúcar quando aplicado nas doses recomendadas (COSTER et al., 1981). Foram observados danos visuais entre 6,7 a 8,3% aos 120 e 150 DAT pela adição de doses acima de (80,25 + 26,25) g (imazapic + imazapyr) ha⁻¹ ao tebuthiuron, visto que prejuízos na produtividade são conferidos apenas pelo tratamento (imazapic + imazapyr) (133,75 + 43,75 g i.a. ha⁻¹) + tebuthiuron (750 g i.a. ha⁻¹), tanto quando comparado à aplicação de tebuthiuron (750 g i.a. ha⁻¹) como quando comparado à aplicação 133,75 + 43,75 g (imazapic + imazapyr) ha⁻¹.

Tabela 2. Avaliações de fitotoxicidade* (%) aos 30, 90 e 150 dias após o tratamento (DAT) em pré-emergência de soqueiras de cana-de-açúcar e mensuração da produtividade (t ha⁻¹) aos 150 DAT. Santa Bárbara D'oeste – SP, 2013

Herbicidas (g i.a. ha ⁻¹)								
(Imazapic + imazapyr)	Ametrina (2400)	Clomazone (1200)	Hexazinone (225)	Isoxaflutole (75)	Metribuzin (1440)	Tebuthiuron (750)	Testemunha ..	
30 DAT								
(0 + 0)	1,7 a A	6,7 a A	3,3 a A	3,3 a A	1,7 a A	3,3 a A	0,0 a A	
(80,25 + 26,25)	10,0 ab A	10,0 a A	6,7 a A	5,0 a A	8,3 ab A	10,0 a A	8,3 ab A	
(120 + 40)	11,7 b A	10,0 a A	8,3 a A	8,3 a A	11,7 bc A	10,0 a A	10,0 b A	
(133,75 + 43,75)	15,0 b AB	13,3 a AB	6,7 a A	6,7 a A	20,0 c B	8,3 a A	10,0 b AB	
90 DAT								
(0 + 0)	8,3 a A	10,0 a A	6,7 a A	6,7 a A	5,0 a A	5,0 a A	0,0 a A	
(80,25 + 26,25)	10,0 a A	10,0 a A	6,7 a A	8,3 a A	3,3 a A	5,0 a A	6,7 ab A	
(120 + 40)	10,0 a A	8,3 a A	11,7 a A	11,7 a A	8,3 a A	8,3 a A	8,3 ab A	
(133,75 + 43,75)	15,0 a A	13,3 a A	6,7 a A	10,0 a A	11,7 a A	8,3 a A	13,3 b A	
150 DAT								
(0 + 0)	3,3 a A	5,0 a A	3,3 a A	1,7 a A	1,7 a A	1,7 a A	0,0 a A	
(80,25 + 26,25)	6,7 ab AB	6,7 a AB	6,7 a AB	1,7 a A	1,7 a AB	6,7 ab AB	8,3 b B	
(120 + 40)	6,7 ab A	5,0 a A	6,7 a A	3,3 a A	3,3 a A	8,3 b A	8,3 b A	
(133,75 + 43,75)	10,0 b AB	8,3 a AB	6,7 a AB	3,3 a A	10,0 b AB	8,3 b AB	13,3 b B	
Produtividade (t ha ⁻¹)								
(0 + 0)	47,5 a A	44,0 a A	49,0 a A	44,7 a A	50,6 a A	44,7 a A	51,6 a A	
(80,25 + 26,25)	41,4 ab BCD	43,3 a ABC	33,1 bc D	37,0 b CD	50,2 a A	45,0 a ABC	49,0 a AB	
(120 + 40)	36,6 b AB	40,1 a A	39,9 b A	29,5 c B	41,4 b A	39,3 a A	39,2 b A	
(133,75 + 43,75)	36,2 b AB	37,6 a AB	32,3 c B	33,9 bc AB	31,4 c B	30,2 b B	41,2 b A	

*Médias de fitotoxicidade seguidas de mesma letra minúscula na coluna ou mesma letra maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Comumente a recomendação para uso de herbicidas em cana-de-açúcar é feita para que sejam aplicados em pré-emergência tanto das daninhas como da cultura, entretanto, ocorre que por questões operacionais e de extensão da área a ser tratada, se faz necessária a aplicação em pós-emergência (da cultura e das daninhas) podendo implicar em efeitos negativos na produção (Victória Filho; Camargo, 1980) devido à fitointoxicações que podem promover alterações nos mecanismos de absorção nutritiva e de defesa da planta (Rizzardi et al., 2003).

A aplicação dos tratamentos em pós-emergência inicial da cultura, em plantas com duas a três folhas expandidas, proporcionou diferentes efeitos fitotóxicos quanto às doses e produtos aplicados nas avaliações visuais e de produtividade (Tabela 3).

Sintomas visuais de fitotoxicidade causados pelos tratamentos padrão aplicados isoladamente somente foram estatisticamente significativos nas avaliações de 90 e 120 DAT, nas quais os tratamentos tebutiuron (750 g i.a. ha⁻¹) e hexazinone (225 g i.a. ha⁻¹) foram os que apresentaram maiores índices de fitotoxicidade, os quais se igualaram à testemunha na avaliação posterior. Na avaliação de produtividade, o tratamento metribuzin (1440 g i.a. ha⁻¹) foi o mais seletivo à cultura, acompanhado pelos tratamentos isoxaflutole (75 g i.a. ha⁻¹) e clomazone (1200 g i.a. ha⁻¹), equiparando-se à produtividade de 48,7 t ha⁻¹ obtida pela testemunha, resultado o qual corrobora com os dados obtidos por Azania et al. (2006), que observaram alta seletividade do metribuzin (1.920 g i.a. ha⁻¹) e do isoxaflutole (127,5 g i.a. ha⁻¹), com índices de fitotoxicidade abaixo de 5% para a variedade RB835089 em solo argiloso, com aplicação nas

plantas em estágio de uma folha totalmente expandida, e de Zera et al. (2011) que relataram a capacidade de recuperação e ausência de efeitos negativos na produção dos cultivares IACSP94-2094, IACSP94-2101, IACSP93-3046, IACSP94-4004, IACSP86-2480, RB72454 e IACSP94-2101 pela aplicação de imazapic (147 g ha^{-1}), isoxaflutole ($112,5 \text{ g ha}^{-1}$), clomazone (1100 g ha^{-1}) em plantas no estágio de pós-emergência inicial.

As menores produtividades foram obtidas pelos tratamentos ametrina ($39,2 \text{ t ha}^{-1}$), hexazinone ($41,7 \text{ t ha}^{-1}$) e tebuthiuron ($35,9 \text{ t ha}^{-1}$). Em situação semelhante Carvalho et al. (2010) não observaram sintomas visuais tóxicos pela aplicação da ametrina (2.000 g ha^{-1}) na variedade RB 86-7515, porém os dados de colheita expressam a fitotoxicidade causada por este herbicida quando aplicado na cultura com três a quatro folhas expandidas, pela redução na produtividade de $13,07\%$ em relação à testemunha capinada. O tebuthiuron é um herbicida expressivamente empregado na cana-de-açúcar, mas pode apresentar problemas de toxicidade (AZÂNIA; CASAGRANDE; ROLIM, 2001), como citado por Montório et al. (2005) que através da aplicação de $960 \text{ g tebuthiuron ha}^{-1}$ em pós-emergência da cultura puderam observar a não seletividade desta molécula para os parâmetros diâmetro e produção de colmos.

O estágio de pós-emergência, por se caracterizar pela presença de folhas já expandidas, proporciona o aumento da taxa de penetração dos herbicidas nas plantas da cana-de-açúcar em relação à modalidade pré-emergente, na qual o herbicida entra em contato com a planta via raiz. Este fator aliado à alta precipitação do período, fez com que os herbicidas estudados, todos de alta solubilidade, fossem lixiviados aumentando o contato destes com a trama radicular da cultura o que conseqüentemente diminuiu a seletividade à cana-de-açúcar.

Durante as avaliações visuais de fitotoxicidade, a menor dose de (imazapic + imazapyr) ($80,25 + 26,25$) g i.a. ha^{-1} , promoveu danos visuais que reduziram de $8,3$ a $1,7\%$ ao longo dos 150 dias, se igualando à nulidade de sintomas observada na testemunha, dados amparados pelo valor de produtividade estatisticamente igual ao do tratamento sem aplicação herbicida. Foi possível observar o incremento nos índices de fitotoxicidade quando estudadas as doses ($120 + 40$) e ($133,75 + 43,75$) $\text{g (imazapic + imazapyr) ha}^{-1}$, fator que se correlaciona de modo proporcionalmente inverso à produtividade, a qual foi reduzida a valores de $40,7$ e $31,3 \text{ t ha}^{-1}$ pelo emprego deste herbicida nas taxas citadas acima. Azania, Casagrande & Rolim (2001) relatam resultados relativamente opostos ao deste experimento, possivelmente pela condição de baixo índice pluviométrico após a aplicação do experimento, ao avaliarem a seletividade de imidazolinonas em soqueiras de segundo corte do cultivar RB 835089, nas quais não observaram queda na produtividade pela aplicação em pós-emergência inicial de imazapic nas doses $98,0$ e $122,5 \text{ g ha}^{-1}$ e do imazapyr na dose 125 g ha^{-1} . Em concordância com os resultados explanados por estes autores, Monquero et al. (2011) relatam sintomas acentuados aos 30 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos imazapic ($122,5 \text{ g i.a ha}^{-1}$) e imazapyr ($125 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) em plantas de com 25 cm de altura, sendo nulos aos 90 DAA nas variedades RB925345, RB925211, RB935744 e RB855036, ressaltando que a aplicação dos tratamentos foi executada no início da época seca da região.

Os sintomas observados na cana-de-açúcar devido à fitointoxicação ocasionada pela aplicação de (imazapic + imazapyr), podem ser descritos pela redução de produtividade da planta e surgimento de manchas cloróticas paralelas internervais ao longo do limbo foliar. Singh e Shaner (1992) e Tan et al. (2006) justificam estas característica sintomáticas, pelo fato dos herbicidas inibidores da ALS promoverem a deficiência de aminoácidos de cadeia ramificada (valina, leucina e isoleucina) que promove a queda na síntese protéica e de DNA, interferindo nos processos de divisão celular e de translocação dos subprodutos da fotossíntese às zonas mesofílicas da planta.

Para este caso, a associação das três doses testadas de (imazapic + imazapyr) à ametrina (2400 g i.a. ha⁻¹) não promoveu danos fitotóxicos nas avaliações visuais a partir de 60 DAT, nem redução da produtividade quanto ao tratamento com aplicação da ametrina. A igualdade nos valores de produtividade entre o tratamento com aplicação da ametrina isolada e os de associação ao (imazapic + imazapyr), se deu pelo fato do tratamento ametrina padrão já ter sido significativamente fitotóxico com menor valor de produtividade em relação à testemunha, dado que a adição destas imidazolinonas à calda não reduziu ainda mais os valores de massa de colmos colhidos que já se apresentavam em valor reduzido. A aplicação da ametrina isolada neste estágio de desenvolvimento da cultura causou uma queda altamente significativa na produtividade quando comparada à testemunha sem aplicação, Velini et al. (2000) explicam que este herbicida é facilmente absorvido tanto através do sistema radicular como da parte aérea gerando os sintomas de intoxicação de cloroses e necroses que se iniciam nas extremidades do limbo foliar.

A seletividade observada através do dado de produtividade pela aplicação em pós-emergência inicial de clomazone (1200 g i.a. ha⁻¹) na cultura da cana-de-açúcar, também foi observada de forma semelhante por Fagliari, Oliveira Jr. e Constantin (2001) em soqueira de 2º corte da variedade RB 835089 pela aplicação de 1000 g clomazone ha⁻¹ em plantas com 30 cm de altura, nas quais não observaram interferência negativa de forma significativa sobre o diâmetro, o comprimento, o número de entrenós e a produtividade de colmos. Ao longo das avaliações, índices significativos de fitointoxicação foram verificados no tratamento com a maior dose de imazapic + imazapyr (133,75 + 43,75 g i.a. ha⁻¹) + clomazone (1200 g i.a. ha⁻¹) confirmados pela queda na produtividade de 10,8 t ha⁻¹ observada neste tratamento em relação ao tratamento padrão de clomazone. A igualdade observada entre esta associação e o tratamento imazapic + imazapyr (133,75 + 43,75 g i.a. ha⁻¹) mediante aos dados de produtividade e fitotoxicidade, permite complementar que tal redução ocorre em razão da alta dosagem de imazapic e imazapyr (133,75 + 43,75 g i.a. ha⁻¹) e não da associação deste com o clomazone.

A aplicação de 225 g hexazinone ha⁻¹ em pós-emergência inicial da variedade CTC 14, não foi seletiva à cultura como se pode observar no valor de produtividade abaixo do apresentado pela testemunha. Já Cruz e Gurgel (1978) e Lima et al. (1978) citados por Clement et al. (1979), também mencionaram sintomas de fitotoxicidade pela aplicação de hexazinona neste estágio na cultura, porém não constataram redução na produtividade. Os tratamentos com associação do hexazinone ao (imazapic + imazapyr) proporcionaram maiores índices de intoxicação na avaliação de 30 DAT quando comparado ao padrão hexazinone, fato o qual não se nota nas avaliações posteriores quando há a igualdade deste parâmetro entre os tratamentos. Presenciou-se queda na produtividade em relação ao padrão hexazinone isolado, somente ao adicionar (imazapic + imazapyr) na dose (80,25 + 26,25) g i.a. ha⁻¹, circunstância a qual pode ser justificada por falha no desenvolvimento de plantas ocasionada por uma zona com acúmulo de água encontrada em uma das repetições do tratamento. Logo que associadas as doses (120 + 40) e (133,75 + 43,75) g (imazapic + imazapyr) ha⁻¹ ao inibidor do fotossistema II, não se notou queda na produtividade destes tratamentos quando contrastados ao padrão hexazinone e aos respectivos tratamentos de (imazapic + imazapyr) isolado.

Índices de fitotoxicidade contrastantes ao obtido no tratamento padrão de isoxaflutole (75 g i.a. ha⁻¹) pelas associações deste inibidor da síntese de carotenóides às crescentes doses (imazapic + imazapyr) foram constatados somente até os 90 DAT, não obstante, para o parâmetro produtividade, os tratamentos que receberam isoxaflutole e (imazapic + imazapyr) nas doses (120 + 40) e (133,75 + 43,75) g i.a. ha⁻¹ foram os mais fitotóxicos com médias de 41,4 e 40,8 t de colmos ha⁻¹, respectivamente.

Os sintomas mais comuns do uso deste herbicida que comumente intoxica a cana-de-açúcar nos primeiros meses após ser aplicado são o surgimento de zonas de coloração branca e queimadura na ponta

das folhas (Pallett et al., 1998). As médias de produtividade obtidas nas parcelas onde houve a aplicação do isoxaflutole + (imazapic + imazapyr) se igualam às obtidas nas respectivas parcelas (de mesma dose) com aplicação do (imazapic + imazapyr) isolado, dado que a combinação entre o isoxaflutole ($75 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) + (imazapic + imazapyr) ($133,75 + 43,75 \text{ g ha}^{-1}$) foi mais seletiva à cultura que a aplicação do (imazapic + imazapyr) isolado nesta mesma dose.

O metribuzin geralmente promove menor fitotoxicidade na cana-de-açúcar quando comparado a outros herbicidas (Miller, et al. 1998), como descrito neste experimento e por Correia & Kronka Jr. (2010), que observaram a seletividade do metribuzin pela igualdade à testemunha quanto aos parâmetros altura de colmo, número de colmos m^{-1} e diâmetro de colmos, ao aplicarem $1.920 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ em plantas da variedade SP 79-1011 de segundo corte com altura média de 89,6 cm.

A associação de metribuzin ao (imazapic + imazapyr), somente foi prejudicial nas avaliações visuais com a dose ($133,75 + 43,75 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) da imidazolinona, porém houve queda na produtividade em todos os tratamentos que receberam (imazapic + imazapyr) quando comparados ao padrão metribuzin isolado. A alta seletividade observada pela aplicação do metribuzin foi reduzida pela adição de todas as doses de (imazapic + imazapyr) estudadas, porém quando comparados os dados de produção obtidos nestas associações aos tratamentos com as mesmas doses de (imazapic + imazapyr) em associação à outros herbicidas padrão, pode-se observar menores índices de fitotoxicidade expressos nos maiores valores de produtividade.

Durante as avaliações visuais foram observados danos entre 8,3 e 15 % de fitotoxicidade pela adição de doses acima de ($80,25 + 26,25$) g (imazapic + imazapyr) ha^{-1} ao tebuthiuron ($750 \text{ g i.a. ha}^{-1}$). O tebuthiuron é um herbicida expressivamente empregado na cana-de-açúcar, mas pode apresentar problemas de toxicidade (Azânia; Casagrande; Rolim, 2001), sendo recomendado seu uso em pré-emergência da cultura (Rodrigues; Almeida, 2011), assim os dados de produtividade obtidos através dos tratamentos de associação entre herbicidas não difereriram da baixa produtividade obtida no tratamento tebuthiuron isolado, salientando ainda que foram os menores quando comparados às associações das respectivas doses de (imazapic + imazapyr) aos outros herbicidas padrão estudados.

Tabela 3. Avaliações de fitotoxicidade* (%) aos 30, 90 e 150 dias após o tratamento (DAT) em pós-emergência inicial de soqueiras de cana-de-açúcar e mensuração da produtividade ($t\ ha^{-1}$) aos 150 DAT. Santa Bárbara D’oeste – SP, 2013

(Imazapic + imazapyr)	Herbicidas ($g\ i.a.\ ha^{-1}$)							Testemunha ..
	Ametrina (2400)	Clomazone (1200)	Hexazinone (225)	Isoxaflutole (75)	Metribuzin (1440)	Tebuthiuron (750)		
30 DAT								
(0 + 0)	1,7 a A	1,7 a A	1,7 a A	1,7 a A	0,0 a A	3,3 a A	0,0 a A	
(80,25 + 26,25)	11,7 b A	10,0 ab A	10,0 ab A	8,3 ab A	8,3 ab A	11,7 a A	8,3 a A	
(120 + 40)	13,3 b A	16,7 b A	11,7 b A	11,7 b A	10,0 b A	10,0 a A	6,7 a A	
(133,75 + 43,75)	11,7 b A	16,7 b A	11,7 b A	10,0 ab A	13,3 b A	8,3 a A	8,3 a A	
90 DAT								
(0 + 0)	6,7 a ABC	6,7 ab ABC	13,3 b C	3,3 a AB	1,7 a AB	8,3 a BC	0,0 a A	
(80,25 + 26,25)	11,7 a B	3,3 a A	11,7 ab B	6,7 ab AB	5,0 a AB	8,3 a AB	3,3 ab A	
(120 + 40)	11,7 a B	6,7 ab AB	6,7 a AB	6,7 ab AB	1,7 a A	11,7 a B	5,0 ab AB	
(133,75 + 43,75)	11,7 a A	11,7 b A	8,3 ab A	11,7 b A	13,3 b A	10,0 a A	6,7 b A	
150 DAT								
(0 + 0)	5,0 a A	1,7 a A	5,0 a A	3,3 a A	1,7 a A	3,3 a A	0,0 a A	
(80,25 + 26,25)	10,0 a B	3,3 ab A	3,3 a A	0,0 a A	3,3 a A	10,0 b B	1,7 a A	
(120 + 40)	8,3 a B	1,7 a A	1,7 a A	3,3 a AB	1,7 a A	8,3 ab B	8,3 b B	
(133,75 + 43,75)	6,7 a AB	8,3 b B	1,7 a A	1,7 a A	15,0 b C	10,0 b BC	5,0 ab AB	
Produtividade ($t\ ha^{-1}$)								
(0 + 0)	39,2 a CD	44,2 a ABC	41,7 a BCI	44,0 ab ABC	51,8 a A	35,9 a D	48,7 a AB	
(80,25 + 26,25)	34,3 a B	43,4 a A	34,7 b B	49,3 a A	41,5 b AB	33,9 a B	45,7 ab A	
(120 + 40)	38,0 a A	39,4 ab A	39,2 ab A	41,4 b A	42,5 b A	36,2 a A	40,7 b A	
(133,75 + 43,75)	35,6 a AB	33,4 b AB	35,4 ab AB	40,8 b A	40,3 b A	32,4 a B	31,3 c B	

*Médias de fitotoxicidade seguidas de mesma letra minúscula na coluna ou mesma letra maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O desempenho da aplicação de imazapic + imazapyr no estágio de pós-emergência tardia da cultura, foi negativo quanto à seletividade ao longo das avaliações, nas quais todos os índices de fitotoxicidade foram estatisticamente maiores que a testemunha sem aplicação, sendo o uso desta associação totalmente impraticável neste estágio da cana-de-açúcar.

CONCLUSÃO

Nas condições dos experimentos, a seletividade da associação imazapic e imazapyr pôde ser observada para a cultura da cana-de-açúcar var. CTC14, nas aplicações em pré-emergência da dose 80,25 + 26,25 g (imazapic + imazapyr) ha^{-1} , como quando associada ao tebutiuron, metribuzin e clomazone, e em pós-emergência inicial também pela dose (80,25 + 26,25) g imazapic + imazapyr ha^{-1} , como pela associação desta com os herbicidas isoxaflutole e clomazone. A modalidade de aplicação em pós-emergência tardia se mostrou totalmente inexecutável para qualquer uso do herbicida imazapic + imazapyr nas doses e condições testadas.

REFERÊNCIAS

- AZANIA, C.A.M.; CASAGRANDE, A.A.; ROLIM, J.C. Seletividade de imazapic às soqueiras de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Planta Daninha**, Viçosa, v.19, n.3, p. 345-350, 2001.
- 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**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 489-495, 2006.
- CARVALHO, F.T. et al. Controle de dez espécies daninhas em cana-de-açúcar com o herbicida mesotrione em mistura com ametryn e metribuzin. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 585-590, 2010.
- CLEMENT, A.A. et al. Controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) com hexazinone e suas misturas com diuron, em pré-emergência. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 2, n. 2, p. 85-88, 1979.
- CORREIA, N.M.; KRONKA Jr., B. Controle químico de plantas dos gêneros *Ipomoea* e *Merremia* em cana-soca. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 1143-1152, 2010.
- COSTA, E.A.D.; ROZANSKI, A. Eficácia da aplicação seqüencial de isoxaflutole associado com ametryn ou diuron no controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar. **Boletim Informativo SBPCPD**, Londrina, v. 9, n. 1, p. 14-20, 2003.
- COSTER, S.K. et al. A combination of tebuthiuron and diuron for weed control in South African sugarcane. In: THE SOUTH AFRICAN SUGAR TECHNOLOGISTS ASSOCIATION, **Proceedings...** 1981. p. 106-110.
- CRUZ, L.S.P.; GURGEL, M.N.A. Efeitos de hexazinone e diuron, e suas misturas, no controle de capim-colchão (*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop) em cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 6, n. 1, p. 15-20, 1983.
- FAGLIARI, J.R.; OLIVEIRA Jr., R.S. de; CONSTANTIN, J. Métodos de avaliação da seletividade de herbicidas para a cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1229-1234, 2001.
- HERNANDEZ, D.D.; ALVES, P.L.C.A.; MARTINS, J.V.F. Influência do resíduo de colheita de cana-de-açúcar sem queima sobre a eficiência do imazapic e imazapic + pendimethalin. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 9, n. 3, p. 419-426, 2001.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA . Disponível em: <http://www.ibge.gov.br> . Acesso em: 06 mar.2013.
- INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat> . Acesso em: 06 mar.2013.
- MILLER, D.K.; RICHARD JR, E.P.; GRIFFIN, J.L. Sugarcane (*Saccharum spp.* Hybrids) response to simulated fallow field residues of metribuzin and sulfometuron. **Weed Technology**, Lakewood, v. 12, p. 454-457, 1998.
- MONQUERO, P.A. et al. Seletividade de herbicidas em variedades de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 286-293, 2011.
- MONTÓRIO, G.A. et al. Seletividade de herbicidas sobre as características de produção da cana-de-açúcar utilizando-se duas testemunhas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá, v. 4, n. 1, p. 146-155, 2005.

- NEGRISOLI, E. et al. Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura de cana-de-açúcar tratada com nematicidas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 567-575, 2004.
- PALLET, K.E. et al. The mode of action of isoxaflutole – I. Physiological effects, metabolism and selectivity. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 62, p. 113-124, 1998.
- PROCÓPIO, S.O. et al. **Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar**. Viçosa: UFV, 2003. 150p.
- RIZZARDI, M.A. et al. Ação de herbicidas sobre mecanismos de defesa das plantas aos patógenos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 5, p. 957-965, 2003.
- RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 6.ed. Londrina: Ed. dos Autores, 2011. 696p.
- ROLIM, J.C. **Proposta de utilização da escala EWRC modificada em ensaios de campo com herbicidas**. Araras: IAA/PLANALSUCAR. Coordenadoria Regional Sul, 1989. 3p.
- SANDANIEL, C.; BERNADES, L.F.; BARROSO, A.L. de L. Controle de plantas daninhas em cana soca com herbicidas aplicados em pré-emergência. **Nucleus**, Ituverava, Ed. Especial. sep. 2008. ISSN 1982-2278. Disponível em: <<http://www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/85/136>>. Acesso em: 06 mar. 2013. doi: 10.3738/1982.2278.85.
- SILVA, A. A. et al. **Controle de plantas daninhas**. Brasília: ABEAS, 2003. 260p.
- SINGH, B.K.; SHANER, D.L. Carbon flow through branched-chain amino acid biosynthetic pathway: lessons from acetohydroxy acid synthase inhibitors. In: SINGH, B.K.; FLORES, H.E.; SHANNON, J.C. **Biosynthesis and Molecular Regulation of Amino Acids in Plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 1992. p. 354–357.
- TAN, S.; EVANS, R.; SINGH, B. Herbicidal inhibitors of amino acid biosynthesis and herbicide-tolerant crops. **Amino Acids**, Vienna, v. 30, n. 2, p. 195-204, 2006.
- TORRES, L.G. et al. Alterações nas características fisiológicas de cultivares de cana-de-açúcar submetida à aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 581-587, 2012.
- 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**, Viçosa, v. 18, n. 2, p. 123-134, 2000.
- VICTÓRIA FILHO, R.; CAMARGO, P.N. Efeitos de herbicidas nos teores de macronutrientes e nas características tecnológicas da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). I-Misturas de herbicidas em pós-emergência. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 3, n. 2, p. 96-107, 1980.
- ZERA, F.S. et al. Tolerância de mamona (*Ricinus communis*) a herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar. **Nucleus**, Ituverava, v. 8, n. 1, p. 453-462, abr. 2011. DOI: 10.3738/1982.2278.469.