

TOLERÂNCIA DE DIFERENTES CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum* spp.) A HERBICIDAS¹

Tolerance of Different Sugarcane (Saccharum spp.) Cultivars to Herbicides

ZERA, F.S.², AZANIA, C.A.M.³, SCHIAVETTO, A.R.⁴, LORENZATO, C.M.⁵ e AZANIA, A.A.P.M.⁶

RESUMO - Este trabalho objetivou avaliar a tolerância de cultivares de cana-de-açúcar aos herbicidas sulfentrazone, imazapic, isoxaflutole, clomazone e ametryn+trifloxysulfuron-sodium. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições. Os cultivares foram alocados nas parcelas, e os herbicidas, nas subparcelas, constituídas por cinco linhas de 8 m, espaçadas de 1,5 m. Os cultivares utilizados foram: IACSP94-2094, IACSP94-2101, IACSP93-3046, IACSP94-4004, IAC86-2480 e RB72454. Os tratamentos herbicidas foram constituídos por sulfentrazone (0,8 kg ha⁻¹), imazapic (0,147 kg ha⁻¹), isoxaflutole (0,1125 kg ha⁻¹), clomazone (1,1 kg ha⁻¹) e ametryn (1,463 kg ha⁻¹) + trifloxysulfuron-sodium (0,037 kg ha⁻¹), aplicados em pós-emergência sobre as socas da cana de ano no seu terceiro corte. Avaliaram-se, nas três linhas centrais de cada subparcela, os sintomas visuais de toxicidade nas folhas; teor de clorofila total e eficiência fotoquímica (Fv/Fm) aos 15, 30 e 60 dias após aplicação (DAA); altura (cm) aos 30 e 270 DAA; e estande de plantas (colmos m⁻¹) aos 30 e 180 DAA. Aos 270 DAA foram avaliados o diâmetro (cm), a estimativa de produtividade (t ha⁻¹) e os demais parâmetros qualitativos. Os cultivares de cana-de-açúcar IACSP94-2094, IACSP93-3046, IACSP94-4004, IAC86-2480 e RB72454, especialmente IACSP94-2101, foram suscetíveis ao herbicida clomazone até os 30 dias após aplicação, por apresentarem manchas cloróticas nas folhas e menor teor de clorofila, porém com posterior recuperação, sem que houvesse comprometimento da produtividade e das características tecnológicas. Os cultivares também apresentaram elevado grau de tolerância aos herbicidas estudados.

Palavras-chave: controle, seletividade, fitotoxicidade.

ABSTRACT - This work aimed to evaluate the tolerance of sugarcane cultivars to sulfentrazone, imazapic, isoxaflutole, clomazone and ametryn + trifloxysulfuron-sodium. The experiment was arranged in a randomized block design in a split-plot scheme. The cultivars were allocated to the plots and the herbicides to the sub-plots (five 8.0 m long rows and 1.5 m spacing, with 4 repetitions). The herbicides sulfentrazone (0.8 kg ha⁻¹), imazapic (0.147 kg ha⁻¹), isoxaflutole (0.1125 kg ha⁻¹), clomazone (1.1 kg ha⁻¹), ametryn (1.463 kg ha⁻¹) + trifloxysulfuron sodium (0.037 kg ha⁻¹) and control were evaluated on 3-yr-old ratoons of the cultivars IACSP94-2094, IACSP94-2101, IACSP93-3046, IACSP94-4004, IAC86-2480 and RB72454 in post emergence. The traits evaluated were: plant toxicity symptoms in the plant leaves; total chlorophyll content and photochemical efficiency (Fv/Fm) at 15, 30 and 60 days after application (DAA); height (cm) at 30 and 270 DAA, and plant stand (stalk m⁻¹) at 30 and 180 DAA. Diameter (cm), estimated productivity (t ha⁻¹) and quality analysis were evaluated at 270 DAA. The sugarcane cultivars IACSP94-2094, IACSP93-3046, IACSP94-4004, IAC86-2480, RB72454, and IACSP94-2101 especially, were susceptible to clomazone up to 30 DAA, due to leaf chlorosis and lower chlorophyll content, but had no effect on quality characteristics and productivity. The cultivars were also tolerant to other herbicides.

Keywords: control, selectivity, plant toxicity.

¹ Recebido para publicação em 21.5.2010 e aprovado em 8.2.2011.

Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor.

² Mestrando em Agricultura Tropical e Subtropical, na área de Tecnologia da Produção Agrícola, Instituto Agronômico de Campinas – IAC, Av. Barão de Itapura, 1481, 13012-970 Campinas-SP, <fabriciozera@gmail.com>; ³ Professor, Pesquisador, Dr., IAC/Centro de Cana, Rod. Anel Viário Contorno Sul, km 321, Caixa Postal 206, 14001-970 Ribeirão Preto-SP, <azania@iac.sp.gov.br>; ⁴ Mestranda em Genética e Melhoramento Vegetal, FCAV/UNESP, <ana.schiavetto@hotmail.com>; ⁵ Graduanda em Agronomia – Centro Universitário Moura Lacerda, Estagiária de iniciação científica na área de plantas daninhas, IAC/Centro de Cana, <ca.lorenzato@hotmail.com>; ⁶ PqC Voluntária, Dra., IAC/Centro de Cana, <andrea.azania@hotmail.com>.



INTRODUÇÃO

O expressivo crescimento da produção de cana-de-açúcar no Brasil nas últimas décadas é reflexo do incentivo governamental ao consumo de álcool, seja pela tecnologia flex nos automóveis ou pela adição à gasolina, pelas exportações de açúcar e, mais recentemente, pelo incentivo ao cenário bioenergético (Paulillo et al., 2007). Entretanto, a manutenção desse crescimento está atrelada à diversidade dos cultivares disponíveis ao produtor, que necessitam ser adequados às condições edafoclimáticas, e ao manejo fitotécnico e fitossanitário do canavial.

Os programas de melhoramento genético em cana-de-açúcar, embora tradicionais, não possuem como hábito caracterizar os genótipos quanto à tolerância aos herbicidas, a exemplo do ocorrido com algumas pragas e doenças. Essa lacuna possibilita a aplicação de herbicidas sobre cultivares de pouca tolerância, causando prejuízos ao produtor. Para Ferreira et al. (2005), os cultivares de cana-de-açúcar apresentam respostas diferenciadas de tolerância a herbicidas.

A seletividade refere-se à capacidade do herbicida em eliminar as plantas daninhas sem afetar a produção e qualidade da cultura ou do produto final (Negrisoli et al., 2004). Após a absorção do herbicida pela planta, a molécula pode ser metabolizada em compostos secundários e perder, reduzir ou aumentar a atividade biológica do herbicida (Roman et al., 2007).

Quanto maior a velocidade de metabolização da molécula herbicida pelo cultivar de cana-de-açúcar, maior será a tolerância do genótipo. Segundo Yuan et al. (2007), a metabolização do herbicida é um processo natural de desintoxicação da planta, geralmente realizado em diferentes fases de conversão, de conjugação, a segunda reversão e transporte e, finalmente, a fase de deposição. Para Carvalho et al. (2009), a fase de conversão pode ocorrer por oxidação, redução, hidrólise, oxigenação ou hidroxilação, podendo na sequência ser conjugadas com açúcares, aminoácidos ou glutatona, transportadas para o vacúolo celular ou associadas aos componentes da parede celular.

O mecanismo de ação desempenha papel extremamente relevante em relação à seletividade de um determinado herbicida. Os herbicidas imazapic e trifloxysulfuron-sodium, utilizados no estudo, são inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) – primeira enzima da rota de síntese da valina, leucina e isoleucina (Duke, 1990). Os herbicidas inibidores de ALS são considerados modernos e muito usados, devido à baixa toxicidade para os animais, alta seletividade às culturas, eficiência em baixas doses e reduzido impacto ambiental.

O sulfentrazone atua no cloroplasto, onde inibe a enzima protoporfirinogênio oxidase (Protox). Essa reação desencadeia a oxidação da protoporfirinogênio IX em protoporfirina IX, precursor de clorofila, resultando em acúmulo de protoporfirinogênio IX no cloroplasto (Camadro et al., 1991). Esse acúmulo promove difusão para o citoplasma, onde é rapidamente convertido em protoporfirina IX pela enzima peroxidase insensível ao herbicida (Jacobs & Jacobs, 1993), e a peroxidação dos lipídeos da parede celular.

O ametryn, pertencente ao grupo dos herbicidas inibidores da fotossíntese no fotossistema II, atua no cloroplasto, mais especificamente sobre o transporte de elétrons, reduzindo a produção de ATP e NADPH₂ (Abendroth et al., 2006).

Os herbicidas clomazone e isoxaflutole são inibidores de carotenoides, que são considerados verdadeiros fotoprotetores. A inibição da biossíntese de carotenoides não dissipa o excesso de energia absorvido, ocorrendo sua foto-oxidação (Abendroth et al., 2006).

A caracterização dos cultivares quanto ao uso dos herbicidas é encontrada na literatura em diferentes trabalhos, porém oriundos de estudos isolados sobre o assunto e não de ação conjunta com programas de melhoramento, a exemplo de Azania et al. (2005), Ferreira et al. (2005), Souza et al. (2009) e Galon et al. (2009).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a tolerância dos cultivares IACSP94-2094, IACSP94-2101, IACSP93-3046, IACSP94-4004, IAC86-2480 e RB72454 aos herbicidas sulfentrazone, imazapic, isoxaflutole, clomazone e ametryn+trifloxysulfuron-sodium, tradicionalmente utilizados no controle de plantas daninhas em canaviais.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de agosto de 2008 a julho de 2009, em Latossolo Vermelho de classe textural muito argilosa, no município de Ribeirão Preto-SP. Os cultivares estudados foram plantados em março de 2005 e o experimento conduzido em soqueira de terceiro corte.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Os cultivares foram alocados nas parcelas, e os herbicidas, nas subparcelas. As parcelas foram constituídas de cinco linhas de cana-de-açúcar de 60 x 1,50 m (450 m²), e as subparcelas, de cinco linhas de 8 x 1,50 m (60 m²). Em cada subparcela, as três linhas centrais foram consideradas como úteis (36 m²) para determinação dos parâmetros desejados.

Para o ensaio de seletividade, utilizaram-se os cultivares: IACSP94-2094, IACSP94-2101, IACSP93-3046, IACSP94-4004, IAC86-2480, oriundos do Programa de Melhoramento Genético do IAC, e o RB72454, do Programa de Melhoramento Genético da Ridesa/UFSCar.

Os herbicidas sulfentrazone (800 g ha⁻¹), imazapic (147 g ha⁻¹), isoxaflutole (112,5 g ha⁻¹), clomazone (1.100 g ha⁻¹) e ametryn (1.463 g ha⁻¹) + trifloxysulfuron-sodium (37 g ha⁻¹) foram aplicados no dia 10/9/2008, quando as plantas de cana-de-açúcar estavam com altura média de 10,50 cm (medida do solo até a lígula da primeira folha completamente desenvolvida). Utilizou-se um pulverizador costal pressurizado, munido com barra e quatro pontas de jato leque (TT110-02), espaçadas de 0,50 m, com pressão constante de 2,1 kgf cm⁻², que proporcionou volume de calda correspondente a 250 L ha⁻¹. No momento da aplicação as condições do ambiente apresentaram-se com temperatura de 31,6 °C, umidade relativa de 31,1%, velocidade do vento de 3,6 km h⁻¹ e nebulosidade de 10%.

A tolerância dos cultivares de cana-de-açúcar aos herbicidas foi avaliada aos 15, 30 e 60 dias após a aplicação (DAA), ocasião em que se realizaram avaliações de sintomas visuais de intoxicação, teor relativo de clorofila e a eficiência fotoquímica máxima do FS II das plantas. Os sintomas visuais de intoxicação

foram avaliados com uso de uma escala percentual de notas variando entre 0 e 100, em que zero representa a ausência de sintomas e 100 a morte das plantas. O teor relativo de clorofila foi determinado com clorofilômetro (SPAD 502 Minolta). A eficiência fotoquímica máxima do FS II, dada pela razão Fv/Fm (Fv é a fluorescência variável e Fm, a fluorescência máxima), foi determinada com fluorômetro (PEA - Plant Efficiency Analyser, Hansatech), com tempo de adaptação ao escuro de 20 minutos. Essas avaliações foram realizadas no período da manhã, no terço médio da folha +3 de seis plantas escolhidas ao acaso em cada subparcela.

Foram realizadas também avaliações de altura (cm) de 10 plantas escolhidas ao acaso, medindo-se a distância do solo até o ápice da primeira folha completamente desenvolvida aos 30 e 270 DAA e o estande (colmos m⁻¹). Computaram-se todos os colmos existentes em três linhas de 8 m de comprimento na área útil de cada subparcela, aos 30 e 180 DAA. Aos 270 DAA foi aferido o diâmetro, no terço médio do colmo de cinco plantas, utilizando paquímetro.

Por ocasião da colheita, ocorrida em 1^a de julho de 2009, a soqueira estava com 270 dias de ciclo, sendo avaliada a produção de colmos (t ha⁻¹) e a qualidade tecnológica da cana. A produção foi obtida a partir da coleta e pesagem de 30 colmos, sendo estes retirados sequencialmente em número de 10 em cada uma das três linhas centrais de cada subparcela, originando, assim, três feixes com 10 colmos cada. Eles foram pesados com o auxílio de uma célula de carga com precisão de 50 g, modelo WT 3000.

A qualidade tecnológica da cana foi avaliada a partir da coleta de 10 colmos retirados da linha central de cada subparcela, sendo analisados os sólidos solúveis totais no caldo (°Brix) e o teor de sacarose aparente (%) e, posteriormente, calculados a pureza (%), os açúcares redutores (AR) no caldo, o açúcar total recuperado (kg açúcar t cana⁻¹) e a fibra (%) na cana, segundo as recomendações do Consecana (2006).

Foi realizada a análise de variância (teste F), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%, de acordo com o delineamento proposto.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os herbicidas clomazone e isoxaflutole causaram toxicidade em todos os cultivares, sendo observadas manchas brancas nas folhas da cana-de-açúcar, com diferentes intensidades na cor, que variaram conforme a época de avaliação e o cultivar (Figura 1). Nas folhas jovens, foi observado amarelecimento e branqueamento especialmente no tratamento com clomazone.

Em relação aos cultivares avaliados, verificou-se que, aos 15 dias após a aplicação (DAA), para todos os genótipos a maior toxicidade foi

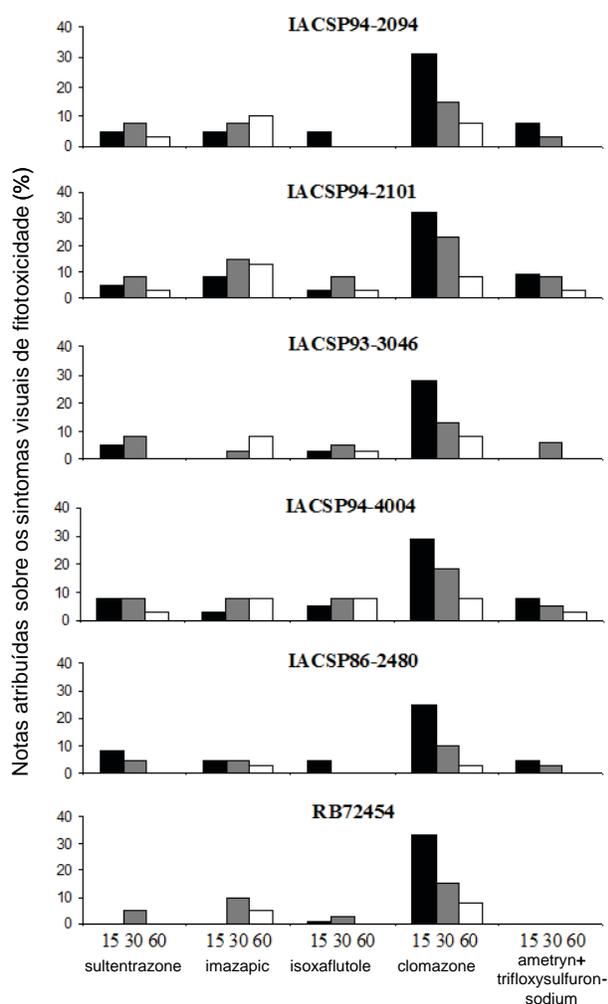


Figura 1 - Fitotoxicidade dos herbicidas sulfentrazone, imazapic, isoxaflutole, clomazone e ametryn + trifloxysulfuron-sodium, aplicados em pós-emergência nos diferentes cultivares de cana-de-açúcar, aos 15, 30 e 60 dias. Ribeirão Preto-SP, 2010.

observada com clomazone, sendo inferior a 40% – caracterizado como efeitos leves a moderados. Os demais herbicidas, nas diferentes épocas de avaliação, não causaram sintomas aos cultivares de cana-de-açúcar. Azania et al. (2005) observaram sintomas de toxicidade mais intensos que os do presente experimento causados por isoxaflutole, no cultivar RB835089. Entretanto, assim como no presente ensaio, os cultivares apresentaram grande capacidade de recuperação.

Injúrias inferiores a 10% foram observadas em plantas para o tratamento com ametryn+trifloxysulfuron-sodium (Figura 1). Esses resultados corroboram os propostos por Ferreira et al. (2005) ao avaliarem a tolerância do cultivar RB72454 ao ametryn+trifloxysulfuron-sodium. Velini et al. (2000) também verificaram tolerância do cultivar RB72454 com a aplicação do herbicida oxyfluorfen + ametryn. Entretanto, Maciel et al. (2008), avaliando SP801842, observaram sintomas severos de clorose e bronzeamento, seguidos de necrose das pontas e bordas das folhas aos 14 DAA.

Quanto aos sintomas visuais de intoxicação observados na parte aérea, constatou-se que todos os cultivares de cana-de-açúcar apresentaram grande capacidade de recuperação dos sintomas avaliados, não sendo verificados valores para fitotoxicidade superiores a 30%. Grande capacidade de recuperação também é relatada por Souza et al. (2009) para os herbicidas diuron + hexazinone [1,17 kg ha⁻¹ + 0,33 kg ha⁻¹], diuron + hexazinone [1,865 kg ha⁻¹ + 0,234 kg ha⁻¹], metribuzin (2,4 kg ha⁻¹), tebuthiuron (1,2 kg ha⁻¹) e amicarbazone (1,26 kg ha⁻¹).

O teor de clorofila total foi mais prejudicado que a eficiência fotoquímica (Tabela 1), possivelmente porque a molécula de herbicida prejudicou a formação do pigmento clorofila e não o transporte de elétrons, devido aos mecanismos de ação dos herbicidas. Apenas aos 15 DAA o teor de clorofila total de todos os cultivares foi reduzido pelo clomazone (Tabela 1), o que causou as manchas brancas nas folhas.

Aos 15 DAA houve diferença entre cultivares quanto ao teor de clorofila total, sendo o IACSP94-2101 o mais prejudicial,

possivelmente devido ao clomazone, que foi mais tóxico aos cultivares.

Aos 30 DAA, houve interação significativa para cultivares de cana-de-açúcar e tratamentos com relação ao teor de clorofila total (Tabela 2). Ao comparar os cultivares dentro de cada tratamento com herbicida verificou-se que IACSP94-2101 apresentou o menor teor

de clorofila total, independentemente do herbicida aplicado. De modo geral, os maiores teores de clorofila total foram observados no cultivar IACSP94-2094. As plantas do cultivar RB72454 foram tolerantes ao isoxaflutole e à mistura ametryn+trifloxysulfuron-sodium, e o cultivar IAC86-2480, ao herbicida clomazone, no qual foram observadas estrias cloróticas no decorrer do experimento.

Tabela 1 - Teor de clorofila total e índice de fluorescência de diferentes cultivares de cana-de-açúcar, em função da aplicação de herbicidas em pós-emergência. Ribeirão Preto-SP, 2010

Causa de variação	Clorofila (TR)		Índice de fluorescência		
	15 DAA	60 DAA	15 DAA	30 DAA	60 DAA
Cultivares (A)					
IACSP94-2094	27,89 ab	43,66 ab	0,727 a	0,744 a	0,758 a
IACSP94-2101	25,70 b	41,02 c	0,706 a	0,711 b	0,749 a
IACSP93-3046	29,77 a	44,39 a	0,704 a	0,735 ab	0,751 a
IACSP94-4004	29,41 a	43,25 ab	0,714 a	0,723 ab	0,747 a
RB72454	29,98 a	43,64 ab	0,727 a	0,727 ab	0,757 a
IAC86-2480	30,52 a	42,29 bc	0,709 a	0,719 ab	0,752 a
F	8,94**	8,41**	0,69 ^{ns}	4,00*	0,69 ^{ns}
CV (%)	10,17	4,73	8,52	3,97	3,35
DMS	2,76	1,19	0,057	0,027	0,024
Herbicida (B)					
testemunha	31,77 a	43,64 a	0,719 a	0,725 a	0,757 a
sulfentrazone (0,8 kg ha ⁻¹)	29,06 a	43,32 a	0,719 a	0,727 a	0,754 a
imazapic (0,147 kg ha ⁻¹)	29,69 a	43,00 a	0,710 a	0,726 a	0,749 a
isoxaflutole (0,1125 kg ha ⁻¹)	28,79 a	42,72 a	0,714 a	0,725 a	0,750 a
clomazone (1,1 kg ha ⁻¹)	24,39 b	43,16 a	0,716 a	0,724 a	0,753 a
ametryn+tss (1,463+0,037 kg ha ⁻¹)	29,56 a	42,40 a	0,710 a	0,731 a	0,750 a
F	8,74**	1,43 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,94 ^{ns}
CV (%)	13,96	4,21	3,00	2,18	2,08
DMS	3,39	1,53	0,018	0,013	0,013
Interação A x B	0,58 ^{ns}	0,93 ^{ns}	1,03 ^{ns}	1,25 ^{ns}	0,72 ^{ns}

DAA: dias após aplicação; tss: trifloxysulfuron-sodium; * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} não significativo; Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey; CV: coeficiente de variação; TR: teor relativo; DMS: diferença mínima significativa.

Tabela 2 - Desdobramento da análise de variância do teor de clorofila total (TR) de diferentes cultivares de cana-de-açúcar, em função dos tratamentos herbicidas aplicados em pós-emergência inicial da soqueira aos 30 DAA. Ribeirão Preto-SP, 2010

Cultivar (A)	Herbicida (B)						F
	testemunha	sulfentrazone (0,8 kg ha ⁻¹)	imazapic (0,147 kg ha ⁻¹)	isoxaflutole (0,1125 kg ha ⁻¹)	clomazone (1,1 kg ha ⁻¹)	ametryn+tss (1,463+0,037 kg ha ⁻¹)	
IACSP94-2094	42,52 Aa	41,24 Ba	38,40 Ca	37,76 Cbc	38,38 Cb	40,51 Ba	92,74**
IACSP94-2101	31,44 Cd	35,46 Ad	34,13 Bc	33,46 Bd	27,25 Dc	31,52 Cd	212,09**
IACSP93-3046	35,74 Cc	37,21 Bbc	36,50 BCb	37,24 Bc	40,41 Aa	36,88 Bc	66,17**
IACSP94-4004	41,91 Aa	37,37 CDd	34,72 Ec	38,19 Bbc	37,94 BCb	37,02 Dc	139,79**
RB72454	39,81 ABb	36,34 Dcd	36,46 Db	39,50 Ba	37,66 Cb	40,60 Aa	84,84**
IAC86-2480	35,82 Cc	35,67 CDd	34,94 Dc	38,55 Bb	40,61 Aa	38,43 Bb	123,86**
F	401,13**	98,07**	54,14**	96,17**	537,37**	244,56**	

TR: teor relativo; DAA: dias após aplicação; tss: trifloxysulfuron-sodium; ^{ns} não significativo; ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem estatisticamente entre si a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.



Analisando os tratamentos herbicidas para cada cultivar, verificou-se que aos 30 DAA (Tabela 2) somente o clomazone (27,25) foi inferior à testemunha (35,74) no cultivar IACSP94-2101, para o qual nenhum herbicida diminuiu o teor de clorofila, em relação à testemunha. RB74454 teve os herbicidas sulfentrazone (36,34), imazapic (36,46) e clomazone (37,66) inferiores à testemunha (39,81), diferentemente do IAC86-2480, em que somente o imazapic (34,94) foi inferior à testemunha (35,82). IACSP94-2094 apresentou teor de clorofila total, em todos os tratamentos, inferior ao da testemunha (42,52); nos tratamentos com isoxaflutole (37,76), clomazone (38,38) e imazapic (38,40), o mesmo foi observado em IAC94-4004. No trabalho realizado por Azania et al. (2005) observou-se redução no teor de clorofila para o cultivar RB835089, soqueira de terceiro corte, quando tratado com o isoxaflutole.

Nos cultivares IACSP94-2094 e IACSP94-4004, o teor de clorofila total foi inferior ao da testemunha, fato observado quando se aplicou qualquer um dos herbicidas; IACSP94-2094 foi mais sensível a imazapic, isoxaflutole e clomazone; e IACSP94-4004, a imazapic. O teor de clorofila total de IACSP94-2101 foi reduzido apenas quando foi aplicado clomazone, e o de RB72454, com sulfentrazone, imazapic e clomazone. O aumento na clorofila total do cultivar IACSP93-3046 em todos os tratamentos indica ser uma possível característica genética do cultivar. Para IAC86-2480, resultados similares foram observados, os quais também podem ser atribuídos ao desenvolvimento das plantas e não ao efeito dos herbicidas.

Aos 60 DAA (Tabela 1) não foi constatada redução no teor de clorofila total ao se considerar o efeito dos herbicidas, porém os cultivares IACSP94-2101 e IAC86-2480 apresentaram menores valores para essa variável, em relação às demais. Souza et al. (2009), ao estudarem os mesmos cultivares, observaram diferenças no teor de clorofila total entre cultivares no tratamento testemunha, considerando esse fator como atributo genético. Os autores também não observaram, após 60 DAA, redução no teor de clorofila ao considerarem o efeito dos herbicidas.

Não houve efeito quanto ao índice de fluorescência (F_v/F_m) dos cultivares quando

tratados com herbicidas até os 60 DAA. Apesar dos sintomas de fitotoxicidade, a fase fotoquímica, que compreende todas as reações químicas nos tilacoides dos cloroplastos na presença de luz, não foi influenciada. Importantes reações da fotossíntese são originadas nesta fase, produzindo moléculas ricas em energia, como adenosina-5-trifosfato (ATP), e poder redutor, como a nicotinomida-adenin dinucleotídeo-fosfato redutase (NADPH) que são utilizadas na fixação do CO_2 . Souza et al. (2009) obtiveram dados semelhantes quando estudaram os mesmos cultivares (IACSP94-2094, IACSP94-2101, IACSP94-4004, IACSP93-3046, IAC86-2480 e RB72454) submetidos aos herbicidas diuron+hexazinone, metribuzin, tebuthiuron e amicarbazone.

O efeito dos herbicidas também pôde ser observado na altura das plantas apenas aos 30 DAA; no tratamento com imazapic foram aferidos os menores valores, com média de 15,83 cm, porém com recuperação aos 270 DAA (Tabela 3). Em experimentos de tolerância de cultivares a herbicidas é comum haver diminuição na altura ou no estande das plantas nas primeiras avaliações após tratamento e recuperação posterior. Montório et al. (2005), ao estudarem os herbicidas diuron+ ametryn, 2,4-D+ametryn, 2,4-D+hexazinona+diuron e ametryn aplicados em pós-emergência no cultivar RB835089, e Azania et al. (2005), ao estudarem isoxaflutole, diuron+hexazinone, azafenidin+hexazinone e metribuzin no cultivar RB835089, verificaram o mesmo.

O perfilhamento (estande) e o diâmetro médio de colmos dos cultivares não foram afetados pelos herbicidas. Apenas foi possível observar diferenças inerentes à genética de cada material (Tabela 3). Observou-se que IACSP94-2094 apresentou aos 180 DAA maior número de colmos (m lineares), e IACSP94-4004 e RB72454, os menores valores. Em relação à espessura de colmos, verificou-se que IACSP94-4004 apresentou maiores valores, e IACSP94-2094, os menores.

O perfilhamento e a espessura dos colmos dos cultivares podem ser prejudicados pela aplicação de herbicidas, mas é necessário que haja interação significativa entre cultivares e herbicidas. No presente trabalho não houve prejuízos nos cultivares pelos

Tabela 3 - Altura, estande das plantas e diâmetro do colmo de diferentes cultivares de cana-de-açúcar, em função dos tratamentos herbicidas aplicados em pós-emergência inicial da soqueira. Ribeirão Preto-SP, 2010

Causa de variação	Altura		Estande		Diâmetro
	(cm)		(colmos m ⁻¹)		(cm)
	30 DAA	270 DAA	30 DAA	180 DAA	270 DAA
Cultivar (A)					
IACSP94-2094	18,75 a	196,75 a	6,20 ab	17,13 a	2,14 c
IACSP94-2101	18,75 a	205,63 a	5,70 ab	15,75 ab	2,44b
IACSP93-3046	14,84 b	199,13 a	6,54 ab	16,63 ab	2,55 ab
IACSP94-4004	15,77 b	214,67 a	4,67 b	15,29 bc	2,61 a
RB72454	16,68 b	216,75 a	5,17 b	13,83 c	2,48 ab
IAC86-2480	15,68 b	198,21 a	7,58 a	15,54 ab	2,42 b
F	17,53**	2,77 ^{ns}	5,27**	9,67**	23,97**
CV (%)	11,23	12,51	37,07	11,50	6,73
DMS	1,75	24,11	2,08	1,70	0,15
Herbicida (B)					
testemunha	16,59 ab	200,88 a	6,13 a	16,08 a	2,43 a
sulfentrazone (0,8 kg ha ⁻¹)	17,12 a	208,00 a	6,21 a	15,88 a	2,41 a
imazapic (0,147 kg ha ⁻¹)	15,83 b	204,50 a	5,88 a	15,71 a	2,43 a
isoxaflutole (0,1125 kg ha ⁻¹)	16,78 ab	203,00 a	6,08 a	15,21 a	2,48 a
clomazone (1,1 kg ha ⁻¹)	17,10 a	209,04 a	6,04 a	16,00 a	2,48 a
ametryn+tss (1463+0,037 kg ha ⁻¹)	16,42 ab	205,71 a	5,54 a	15,29 a	2,40 a
F	2,64*	1,26 ^{ns}	0,88 ^{ns}	2,44 ^{ns}	0,83 ^{ns}
CV (%)	8,75	6,53	21,07	7,35	7,30
DMS	1,22	11,26	1,06	0,97	0,15
Interação A x B	1,00 ^{ns}	0,89 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,69 ^{ns}	1,02 ^{ns}

DAA: dias após aplicação; tss: trifloxysulfuron-sodium; * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} não significativo; Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey; CV: coeficiente de variação; DMS: diferença mínima significativa.

herbicidas. Fagliari et al. (2001), avaliando o efeito de clomazone (1,0 kg ha⁻¹) e isoxaflutole (0,15 kg ha⁻¹) aplicados na condição de pré-emergência sobre a soqueira de segundo corte do cultivar RB835089, não observaram diferenças significativas no diâmetro e na altura dos seus colmos.

A produtividade e os atributos tecnológicos dos cultivares não foram afetados pelos herbicidas aplicados – apenas foi possível observar diferenças inerentes à genética de cada material (Tabela 4). Verificou-se que IACSP94-2094 apresentou produtividade inferior à de IACSP93-3046 e de IACSP94-4004, possivelmente devido ao seu crescimento tardio, enquanto os demais apresentaram ciclo precoce. De modo geral, em IACSP94-4004, embora tenha apresentado maior produtividade, os teores de Brix, Pol, pureza, fibra e ATR foram

inferiores aos dos demais. No trabalho de Galon et al. (2009), RB72454, RB835486, RB855113, RB855156, RB857515, RB925211, RB925345, RB937570, RB947520 e SP80-1816 apresentaram prejuízos nas mesmas variáveis, quando tratados com ametryn+trifloxysulfuron-sodium.

Os herbicidas sulfentrazone, imazapic, isoxaflutole, clomazone e ametryn+trifloxysulfuron-sodium foram fitotóxicos aos cultivares IACSP94-2094, IACSP94-2101, IACSP93-3046, IACSP94-4004, IACSP86-2480, RB72454 e IACSP94-2101 até 30 dias após aplicação. Entretanto, todos os cultivares apresentaram grande capacidade de recuperação dos efeitos fitotóxicos; os tratamentos herbicidas não desencadearam efeitos negativos sobre a produção e as demais características tecnológicas.



Tabela 4 - Produtividade agrícola e variáveis tecnológicas de diferentes cultivares de cana-de-açúcar, em função da aplicação de herbicidas em pós-emergência aos 270 DAA. Ribeirão Preto-SP, 2010

Causa de variação	Produtividade (t ha ⁻¹)	Variável tecnológica					
		%caldo				Fibra	ATR
		Brix	Pol	PZ	AR	% cana	(kg t cana)
Cultivar (A)							
IACSP94-2094	81,51 b	18,26 a	15,77 a	86,29 a	0,68 b	11,79 a	132,87 a
IACSP94-2101	100,91 ab	18,36 a	15,90 a	86,51 a	0,67 b	11,32 ab	135,02 a
IACSP93-3046	112,17 a	17,92 a	15,22 a	84,91 a	0,73 b	11,15 ab	130,26 a
IACSP94-4004	116,37 a	16,03 b	12,93 b	79,95 b	0,90 a	9,82 c	115,25 b
RB72454	96,31 ab	17,37 a	14,55 a	83,69 ab	0,77 ab	10,87 b	125,63 ab
IAC86-2480	94,95 ab	17,44 a	14,55 a	83,36 ab	0,78 ab	10,71 b	126,15 ab
F	6,17**	9,21**	10,54**	8,22**	8,29**	15,06**	8,25**
CV (%)	24,81	7,87	11,10	4,91	18,67	7,69	9,43
DMS	23,39	1,30	1,55	3,88	0,13	0,79	11,29
Herbicida (B)							
testemunha	99,89 a	17,24 a	14,67 a	83,50 a	0,78 a	10,93 a	124,80 a
sulfentrazone (0,8 kg ha ⁻¹)	100,69 a	17,57 a	14,82 a	84,10 a	0,76 a	10,81 a	127,82 a
imazapic (0,147 kg ha ⁻¹)	100,15 a	17,54 a	14,76 a	83,85 a	0,77 a	11,03 a	126,90 a
isoxaflutole (0,1125 kg ha ⁻¹)	99,64 a	17,62 a	14,87 a	84,19 a	0,75 a	10,91 a	127,99 a
clomazone (1,1 kg ha ⁻¹)	106,80 a	17,59 a	14,83 a	84,12 a	0,76 a	10,99 a	127,59 a
ametryn+tss (1,463+0,037 kg ha ⁻¹)	95,03 a	17,81 a	15,17 a	84,95 a	0,73 a	10,98 a	130,08 a
F	0,97 ^{ns}	0,96 ^{ns}	1,02 ^{ns}	1,14 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,39 ^{ns}	1,10 ^{ns}
CV (%)	18,67	5,23	7,30	2,62	9,95	5,53	6,27
DMS	15,76	0,77	0,91	1,85	0,06	0,51	6,73
Interação A x B	0,78 ^{ns}	0,97 ^{ns}	0,99 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,98 ^{ns}

tss: trifloxysulfuron-sodium; ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} não significativo; Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey; CV: coeficiente de variação; DMS: diferença mínima significativa; Brix: sólidos solúveis totais; Pol: sacarose aparente; PZ: pureza do caldo; AR: açúcares redutores; ATR: açúcar total recuperável.

LITERATURA CITADA

AABENDROTH, J. A.; MARIN, A. R.; ROETH, F. W. Plant response to combinations of mesotrione and photosystem II inhibitors. **Weed Technol.**, v. 20, n. 1, p. 267-274, 2006.

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.

CAMADRO, J. M. et al. Kinetic studies on protoporphyrinogen oxidase inhibition by diphenyl ether herbicides. **Biochem. J.**, v. 277, n. 1, p. 17-21, 1991.

CARVALHO, S. J. P. et al. Review herbicides seletivity differential metabolism: considerations for reducing crop damages. **Sci Agric**, v. 66, n. 1, p. 136-142, 2009.

CONSELHO DE PRODUTORES DE CANA, AÇÚCAR E ÁLCOOL DE SÃO PAULO - CONSECANA. **Manual de instruções**. 5.ed. Piracicaba: 2006. 112 p. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/publicacoes.com.br>>. Acesso em: 18 jul. 2008.

DUKE, S. O. Overview of herbicide mechanisms of action. **Environ Health Perspect**, v. 87, p. 263-271, 1990.

FAGLIARI, J. R.; OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J. Métodos de avaliação da seletividade de herbicidas para a cultura da cana-de-açúcar. **Acta Sci.**, v. 23, n. 5, p. 1229-1234, 2001.

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.

JACOBS, J. M.; JACOBS, N. J. Porphyrin accumulation and export by isolated barley (*Hordeum vulgare*) plastids. **Plant Physiol.**, v. 101, n. 4, p. 1181-1187, 1993.

MACIEL, C. D. G. et al. Eficiência e seletividade dos herbicidas trifloxysulfuron-sodium + ametryne 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.

MONTÓRIO, A.G. et al. **Metodologia para estudo de seletividade de herbicidas na cultura da cana-de-açúcar.** Disponível em: <<http://www.upf.br/rbherbicidas/download/RBH230.pdf>> . Acesso em: 21 abr. 2010.

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

PAULILLO, L. F. et al. Álcool combustível e biodiesel no Brasil: quo vadis? **R. Econ. Sociol. Rural**, v. 45, n. 3, p. 531-565, 2007.

ROMAN, E. S. et al. **Como funcionam os herbicidas:** da biologia à aplicação. Passo Fundo: Berthier, 2007. 160 p.

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 orxyfluorfen e ametryn, 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.

YUAN, J. S.; TRANEL, P. J.; STEWART JR., N. C. Non-target-site herbicide resistance: a family business. **Trends Plant Sci**, v. 12, n. 1, p. 6-13, 2007.

