

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR A HERBICIDAS SELETIVOS

PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF SUGARCANE CULTIVARS TO SELECTIVE HERBICIDES

Marcel Tomás ARANTES¹; Andressa Freitas de Lima RHEIN¹; Renata Passos PINCELLI¹; Marcelo de Almeida SILVA²

1. Alunos de Pós-Graduação em Agricultura, Faculdade de Ciências Agronômicas, Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu, SP, Brasil. marcel_agro@yahoo.com.br; 2. Professor Assistente Doutor, Faculdade de Ciências Agronômicas, Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal - UNESP, Botucatu, SP, Brasil.

RESUMO: A utilização de herbicidas seletivos no controle de plantas daninhas tem causado diferentes respostas em cultivares de cana-de-açúcar, e alguns produtos afetam as características fisiológicas e reduzem a atividade fotossintética. O presente trabalho teve como objetivo avaliar as variáveis fisiológicas de cultivares de cana-de-açúcar sob efeito da aplicação de herbicidas seletivos em pós-emergência. O ensaio foi desenvolvido em Jaú, SP. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, no esquema fatorial 5 x 4 (cultivares x herbicidas), com quatro repetições. Foram utilizadas as cultivares SP81-3250, RB855156, RB855453, RB867515, IACSP95-5000. Aos 30 dias após o plantio foram aplicados os herbicidas clomazone (1200 g.i.a. ha⁻¹); mistura comercial de clomazone + ametryn (1000 + 1500 g.i.a. ha⁻¹) e ametryn (3000 g.i.a. ha⁻¹), além da testemunha sem aplicação. As cultivares IACSP95-5000 e RB867515 foram menos afetadas fisiologicamente, podendo ser consideradas seletivas aos herbicidas aplicados. Clomazone e ametryn afetaram negativamente as variáveis máxima eficiência fotoquímica do fotossistema II (F_v/F_m), índice SPAD e pigmentos fotossintéticos, porém a mistura desses herbicidas causou maiores reduções, indicando ser menos seletiva para as cultivares.

PALAVRAS-CHAVE: *Saccharum* spp. Clomazone. Ametryn. Seletividade. Fitotoxicidade. Clorofila.

INTRODUÇÃO

Uma das características da cultura da cana-de-açúcar é a grande capacidade de crescimento rápido, por apresentar fisiologia do tipo C₄, porém nas fases iniciais este crescimento é lento, dando a oportunidade para as plantas daninhas competirem diretamente por luz e nutrientes.

As plantas daninhas, em destaque as gramíneas (Poaceae), adquirem particular importância nesta cultura, por apresentarem similaridade em termos taxonômicos, morfológicos e fisiológicos, tornando a utilização de herbicidas seletivos capazes de controlá-las de forma eficaz sem causar injúrias à cana-de-açúcar numa tarefa difícil (VELINI et al., 1993).

Os herbicidas são caracterizados como seletivos quando causam a morte das plantas invasoras que se encontram na área, sem redução da produtividade e qualidade do produto final da cultura (NEGRISOLI et al., 2004). As moléculas herbicidas atualmente em uso na cana-de-açúcar apresentam variações específicas quanto ao grau de seletividade, que depende da dose, época de aplicação, condições edafoclimáticas e estágio fenológico, além das condições fisiológicas e bioquímicas da cultura (SOUZA et al., 2009). Ainda, as injúrias causadas pela aplicação em pós-

emergência em cultivares de cana-de-açúcar podem ser mais severas, tornando a seletividade dos herbicidas um fator importante (AZANIA et al., 2005; AZANIA et al., 2006).

Estudos objetivando a tolerância à herbicidas em plantas cultivadas vêm sendo realizados por meio da verificação de sintomas de fitotoxicidade, porém, alguns produtos podem causar redução na produtividade das culturas sem causar efeitos visualmente detectáveis, e outros provocam injúrias acentuadas, mas que permitem a recuperação plena da cultura (SILVA et al., 2003). Dentro desse contexto tem se buscado trabalhar com avaliações fisiológicas na investigação da seletividade de cultivares a herbicidas, por meio de modificações no metabolismo das plantas, podendo alterar os padrões de emissão de fluorescência da clorofila *a* (BAKER, 2008).

Dentre os herbicidas utilizados, destacam-se aqueles que interferem na biossíntese de clorofila, resultando na degradação deste pigmento, alterando o funcionamento dos cloroplastos (FAYEZ, 2000). Esses compostos também podem afetar a formação de outros pigmentos, como os carotenoides (KIM et al., 2004), causando interferência no fluxo de elétrons e redução da produção de ATP por inibição da atividade da ATP-sintase no processo de fosforilação (WAKABAYASHI; BÖGER, 2004).

São exemplos de herbicidas seletivos o ametryn, pertencente ao grupo químico das triazinas, apresenta mecanismo de ação que atua na inibição do fotossistema II, interrompendo o fluxo de elétrons entre os fotossistemas; e o clomazone, herbicida do grupo das isoxazolidinonas, com mecanismo de ação que atua sobre a rota de síntese dos carotenoides. Como esses pigmentos são substâncias protetoras da clorofila contra a destruição pela luz solar (foto-oxidação), indiretamente, o produto possibilita a destruição da clorofila (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005), bloqueando a formação de isoprenóides cloroplásticos incluindo pigmentos fotossintéticos, carotenoides, carregadores de elétrons e tocoferol em plantas superiores (NORMAN et al., 1990).

Cultivares de cana-de-açúcar tem apresentado respostas diferenciadas aos herbicidas, tendo como consequências frequentes problemas de fitotoxicidade, levando a ocasionar redução na produtividade do canavial (FERREIRA et al., 2005). Rolim e Christoffoleti (1982) relataram que as diversas variedades de cana-de-açúcar apresentam características morfológicas e fisiológicas diferenciais, sendo provável que ocorram alterações de comportamento quanto a sua tolerância a herbicidas específicos. O comportamento diferenciado de genótipos de cana-de-açúcar diante de diversos herbicidas, associado ao estágio de desenvolvimento cultura, tem sido fator importante na tolerância de cultivares a herbicidas (VELINI et al., 2000).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a fluorescência da clorofila *a* e os teores dos pigmentos fotossintéticos em cultivares de cana-de-açúcar sob efeito da aplicação de herbicidas em pós-emergência.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com controle de temperatura e umidade, localizada na Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - APTA, município de Jaú, SP (22° 15' latitude Sul e 48° 33' longitude Oeste e altitude 580 m).

Valores de temperatura e umidade relativa do ar máxima e mínima foram coletados diariamente utilizando-se de um aparelho portátil termohigrômetro (Acurite, China); e também a luminosidade através do fluxo de fótons fotossintéticos (Apogee Model QMSS-E *Quantum PAR Meter*). Assim, durante o período experimental a temperatura média do ar foi de 23,53°C ± 3,2,

umidade relativa média do ar de 59,57% ± 2,5, e a radiação fotossinteticamente ativa foi em média 687 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

O experimento foi implantado no dia 4 de fevereiro de 2010, conduzido em vasos plásticos de 22 litros contendo solo classificado como Argissolo Vermelho Amarelo eutroférrico com textura argilosa, segundo Prado (2003), sendo a adubação realizada conforme as características químicas baseando-se nas recomendações técnicas para a cultura.

O delineamento foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 4, constituído de cinco cultivares de cana-de-açúcar (SP81-3250, RB855156, RB855453, RB867515 e IACSP95-5000) e de quatro tratamentos com herbicidas seletivos a cultura da cana-de-açúcar, clomazone (1200 g i.a.ha⁻¹), ametryn (3000 g i.a.ha⁻¹), mistura comercial de clomazone + ametryn (1000 g i.a.ha⁻¹ + 1500 g i.a.ha⁻¹) e testemunha sem aplicação, com quatro repetições.

A aplicação dos herbicidas foi realizada em pós-emergência 30 dias após plantio (DAP) da cana-de-açúcar, utilizando-se de pulverizador costal pressurizado a CO₂ acoplado a uma barra de bico único do tipo jato plano defletor poliactal Lurmack DT 2.0. A pressão de trabalho escolhida foi de 30 lbf pol² em um volume de calda de 300 L ha⁻¹. As condições ambientais médias dentro da casa de vegetação no momento da aplicação eram de umidade relativa do ar de 68% e temperatura do ar de 32°C.

As variáveis analisadas foram máxima eficiência fotoquímica do fotossistema II (F_v/F_m), estimativa do conteúdo de clorofila (índice SPAD) aos 0, 3, 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA). Aos 60 DAA foram avaliados os teores de pigmentos fotossintéticos.

O monitoramento da fluorescência da clorofila *a* (F_v/F_m) foi realizada por meio de um fluorômetro portátil de luz modulada (Opti-Sciences *Chlorophyll Fluorometer*, modelo OS-30 p, Hudson, USA). Para se obter as leituras de F_v/F_m , utilizou-se de cliques especiais para o escurecimento da folha +1 por 30 minutos e posteriormente obtido o valor da variável, segundo a metodologia de Maxwell e Johnson (2000), onde F_m é a máxima intensidade da fluorescência em que todas as reações do fotossistema II (FSII) se fecham; F_0 é a mínima intensidade de fluorescência, quando os centros de reações do FSII estão abertos, F_v é a fluorescência variável, sendo calculada através da diferença entre a máxima e mínima intensidade de fluorescência do fotossistema II ($F_v = F_m - F_0$).

O monitoramento do índice SPAD (*Soil and Plant Analyzer Development*) foi obtido utilizando-se um clorofilômetro portátil (SPAD-502 Minolta Corp., Ramsey, New Jersey, USA). As leituras foram realizadas nos terços superior, médio e inferior da folha +1, sendo posteriormente obtida a média geral das diferentes partes da folha. Tanto a leitura da fluorescência da clorofila *a* quanto o índice SPAD foram realizadas entre as 8 e 10 horas da manhã como forma de padronização dos horários.

Para avaliar os teores dos pigmentos fotossintéticos (clorofilas *a*, *b*, total *a+b*, razão *a/b*, carotenoides *c* e a razão *a+b/c*) foram retirados da folha +1 discos foliares de 7,0 mm de diâmetro e colocados em 2 ml de N,N-dimetilformamida (DMF) por 24h, sendo posteriormente retirado 1 ml do extrato de clorofila diluído em 1 ml de água deionizada e lidas em espectrofotômetro nos comprimentos de onda 480, 647 e 664 nm em absorbância (A); através da metodologia de Wellburn (1994), sendo:

$$\text{Clorofila (a)} = 12,00 A^{664} - 3,11 A^{647}$$

$$\text{Clorofila (b)} = 20,78 A^{647} - 4,88 A^{664}$$

$$\text{Clorofila (a+b)} = 17,67 A^{647} + 7,12 A^{664}$$

$$\text{Carotenoides (c)} = (1000 A^{480} - 1,12 \text{ Chl a} - 34,07 \text{ Chl b})/245$$

Os dados obtidos de todas as variáveis foram submetidos à análise de variância com comparações entre médias dos tratamentos experimentais pelo teste F seguido da aplicação do teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR 5.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados do monitoramento das condições climáticas (temperatura e umidade relativa máxima e mínima e radiação fotossinteticamente ativa) dentro da casa de vegetação durante a condução do experimento são apresentados na Figura 1. Houve pouca variação nos valores diários máximos e mínimos de temperatura e umidade relativa durante a condução do experimento (Figura 1A). Também foi verificada pequena queda nos valores de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) (Figura 1B), devido à diminuição da intensidade luminosa causada pelos dias curtos.

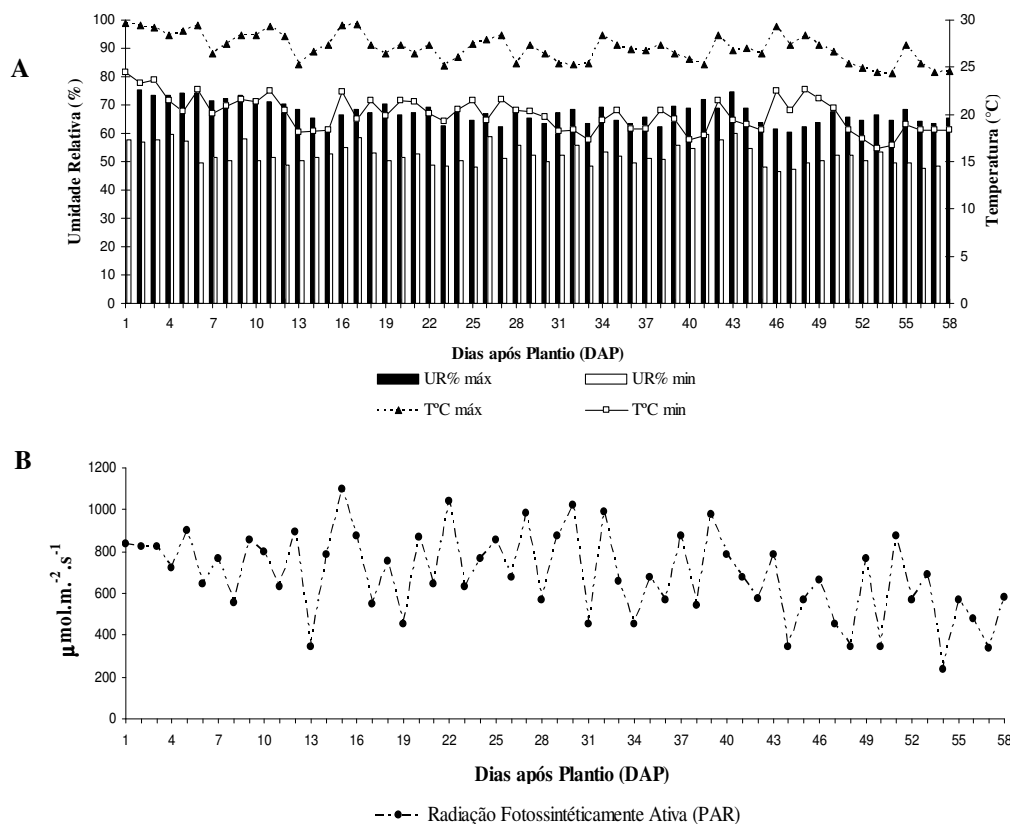


Figura 1. Condições climáticas de temperatura e umidade relativa (**A**) e radiação fotossinteticamente ativa (**B**) no interior da casa de vegetação durante o experimento com diferentes cultivares de cana-de-açúcar e herbicidas seletivos.

Verificou-se pela análise de variância (Tabela 1) efeito significativo ($P < 0,01$) na variável fluorescência da clorofila a (F_v/F_m) promovido pelos fatores cultivares, herbicidas e épocas, bem como pelas interações entre herbicidas x épocas e cultivares x herbicidas x épocas; efeito significativo a ($P < 0,05$) na interação cultivares x épocas. Já para a variável índice SPAD houve efeito significativo ($P < 0,01$) para todos os fatores e suas interações, com exceção para a interação cultivares x herbicidas x épocas que não foi significativa (Tabela 1).

Por meio do desdobramento das interações cultivares x épocas e herbicidas x épocas da variável F_v/F_m (Figura 2A), não foi observado efeito entre as cultivares no tratamento testemunha nas cinco épocas de avaliação, cujos valores foram próximos a 0,8. Comprovadamente, Silva et al. (2007, 2013) relataram que valores de F_v/F_m em cana-de-açúcar sem nenhum estresse encontram-se próximos de 0,8, sendo um excelente indicador do efeito fotoinibitório quando as plantas estão submetidas ao estresse químico (ARAUS; HOGAN, 1994).

Tabela 1. Análise de variância da máxima eficiência quântica do FSII (F_v/F_m) e do índice SPAD em cinco cultivares de cana-de-açúcar, aos 3, 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação, submetidas à aplicação dos herbicidas clomazone, clomazone + ametryn e ametryn.

Tratamentos	Quadrado Médio	
	F_v/F_m	SPAD
Bloco	0,005 ^{ns}	56,87 ^{ns}
Cultivares (C)	0,054**	270,19**
Herbicidas (H)	2,411**	6642,34**
Épocas (E)	3,417**	3765,73**
C x H	0,007 ^{ns}	99,85**
C x E	0,016*	71,54**
H x E	0,591**	923,97**
C x H x E	0,015**	45,47 ^{ns}
CV (%)	13,65	12,35

^{ns}, **, *** = Não significativo, significativo a 5% de probabilidade, significativo a 1% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

O herbicida clomazone reduziu F_v/F_m entre 3 e 7 DAA, sendo que aos 3 DAA não houve diferença estatística entre cultivares, mas aos 7 DAA as cultivares RB855156 e RB855453 tiveram os menores valores, e diferiram significativamente das demais. Entretanto, a partir deste período as cultivares apresentaram aumento da F_v/F_m (Figura 2B). As aplicações de alguns herbicidas seletivos para a cultura da cana-de-açúcar podem prejudicar a máxima eficiência do FSII podendo obter valores inferiores a 0,7 (SOUZA et al., 2009).

Os herbicidas clomazone + ametryn, em virtude do sinergismo dos princípios de ação, promoveram significativa diminuição no fluxo de elétrons e inibição da síntese de carotenoides, em todas as cultivares, entre 3 e 7 DAA. Todavia, houve aumento da máxima eficiência quântica do FSII, a partir dos 7 DAA, principalmente na cultivar IACSP95-5000 (Figura 2C), mostrando sua habilidade em rápida recuperação do dano causado pela mistura.

A aplicação de ametryn também provocou grande redução dos valores de F_v/F_m aos 3 DAA, a partir do qual houve recuperação do fluxo de

elétrons, principalmente para as cultivares IACSP95-5000 e RB867515 aos 7 DAA e para as cultivares SP81-3250 e RB855453 a partir dos 14 DAA (Figura 2D).

Quanto ao índice SPAD, o desdobramento das interações cultivar x herbicida, cultivar x época e herbicida x época (Figura 3). Os resultados indicam que a partir do 21º dia de avaliação, foram observadas diferenças no tratamento testemunha, em que a cultivar SP81-3250 superou as demais cultivares (Figura 3A), provavelmente por uma característica genética de folhas de coloração verde mais intenso.

O índice SPAD foi afetado durante as épocas de avaliação, principalmente entre os 3 e 14 DAA, independente da cultivar e do herbicida, entretanto diferenças foram observadas. O herbicida clomazone reduziu a estimativa do conteúdo de clorofilas entre 3 e 7 DAA, nas cultivares SP81-3250 e RB855156. Entretanto, a partir de 14 DAA foi observada recuperação da cor verde nas folhas de todas as cultivares, que atingiram os valores iniciais aos 21 DAA (Figura 3B).

A mistura clomazone + ametryn promoveu diminuição no índice SPAD com aparecimento de sintomas de clorose intensa e necrose de tecidos, em todas as cultivares até os 14 DAA, a partir do qual houve recuperação desse índice, principalmente nas cultivares RB867515 e IACSP95-5000 (Figura 3C).

O herbicida ametryn provocou redução do índice SPAD nas cultivares SP81-3250, RB855453, RB867515 e IACSP95-5000 até os 7 DAA, a partir do qual houve aumento dos valores estimados do conteúdo de clorofila, principalmente para a cultivar IACSP95-5000. Também, houve redução desse índice na cultivar RB855156 até os 14 DAA, aumentando posteriormente (Figura 3D). De maneira geral, a cultivar IACSP95-5000 apresentou

maior capacidade de recuperação do fluxo de elétrons (F_v/F_m), da síntese de carotenoides e do índice SPAD aos 21 DAA dos herbicidas.

A causa da redução do índice SPAD por esses herbicidas é devida aos princípios ativos de suas moléculas, sendo que a mistura comercial é composta pela associação de molécula do ametryn, que interfere no fluxo de elétrons entre os fotossistemas I e II, com a molécula do clomazone, que inibe a síntese de pigmentos fotossintéticos. Assim, os herbicidas aplicados causam injúrias foliares, diminuindo a refletância da coloração verde das folhas, que indiretamente representa a presença de clorofila.

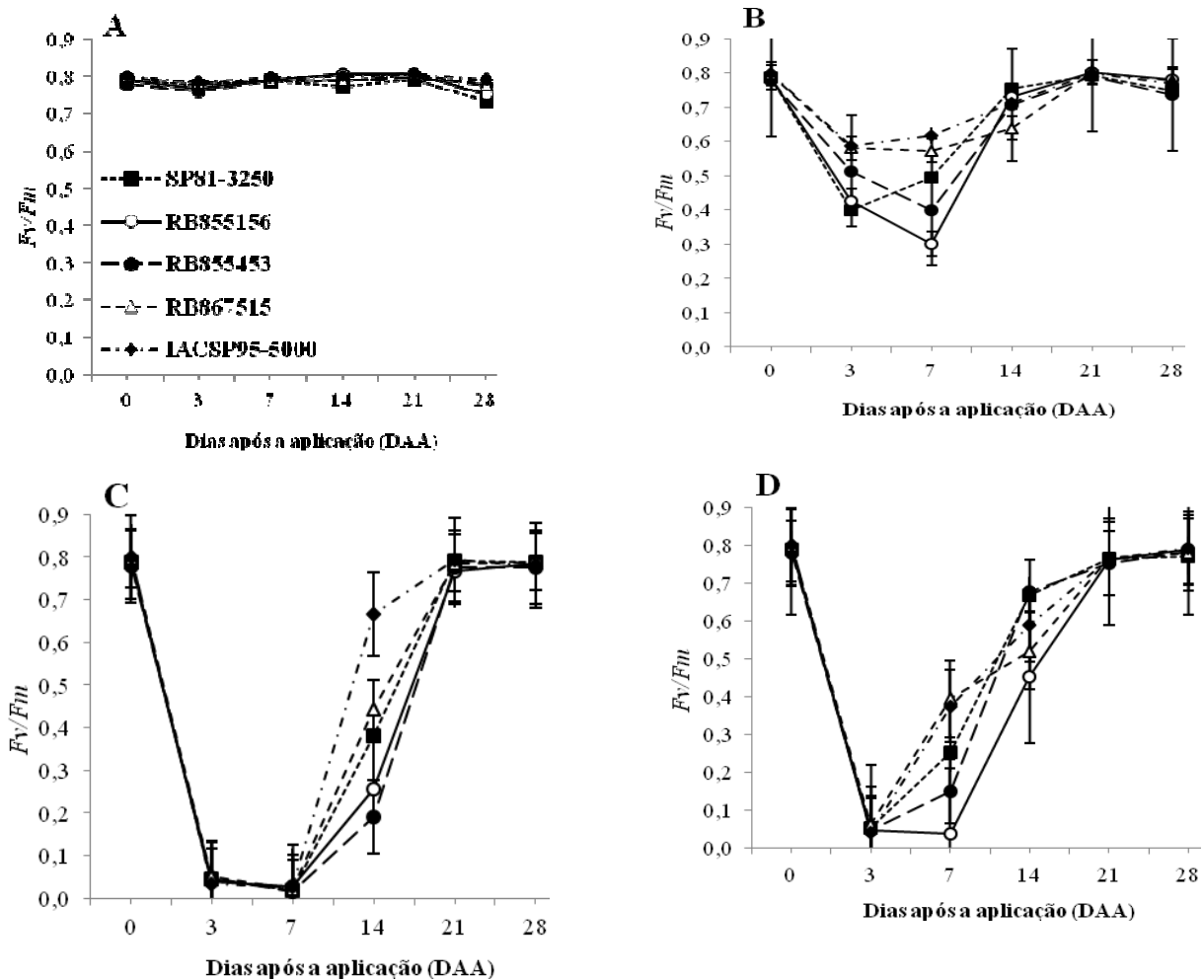


Figura 2. Máxima eficiência quântica do FSII (F_v/F_m) de cinco cultivares de cana-de-açúcar, aos 0, 3, 7, 14, 21, 28 DAA dos tratamentos: testemunha (A), clomazone (B), clomazone + ametryn (C) e ametryn (D).

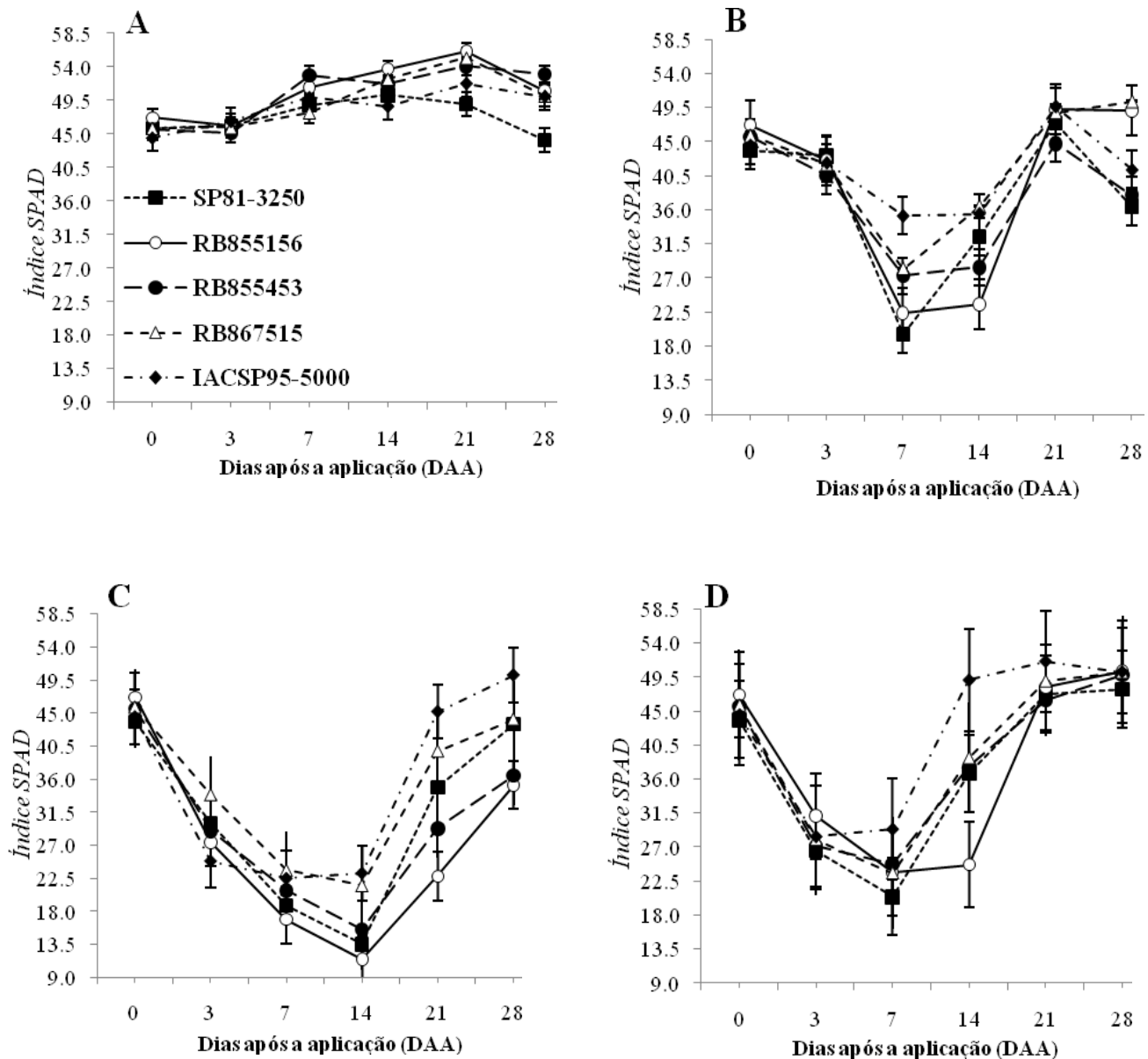


Figura 3. Índice SPAD de cinco cultivares de cana-de-açúcar, aos 0, 3, 7, 14, 21, 28 DAA dos tratamentos: testemunha (A), clomazone (B), clomazone + ametryn (C) e ametryn (D).

Quanto aos pigmentos fotossintéticos, observou-se pela análise de variância apenas efeito significativo ($P < 0,05$) para cultivares na variável razão a/b . Todas variáveis foram altamente significativas para herbicidas ($P < 0,01$) (Tabela 2). Já para a interação, foi observada significância nas variáveis clorofila b ($P < 0,05$), razão a/b e razão $a+b/c$ ($P < 0,01$).

Pelo desdobramento da interação cultivar x herbicidas observa-se que a aplicação do herbicida clomazone reduziu a clorofila b nas cultivares RB855156, RB855453 e IACSP95-5000 e a mistura

clomazone + ametryn afetou a cultivar RB855156. O clomazone, devido seu mecanismo de ação inibir a síntese de pigmentos carotenoides, o que favorece a degradação de clorofila (Tabela 3). Já para razão clorofila a/b o herbicida clomazone afetou as cultivares SP81-3250, RB855453 e RB867515.

A aplicação da mistura clomazone + ametryn afetou negativamente os valores da razão a/b nas cultivares RB867515 e IACSP95-5000 e o herbicida ametryn reduziu os valores da cultivar IACSP95-5000 (Tabela 3).

Tabela 2. Quadro de análise de variância dos teores das clorofilas (Chl) *a*, *b*, total (*a+b*), razão clorofila (*a/b*), carotenoides (*c*) e a razão clorofila total (*a+b*)/carotenoides de cinco cultivares de cana-de-açúcar submetidas a aplicação de herbicidas em pós-emergência.

Tratamentos	Teores dos pigmentos fotossintéticos ($\mu\text{g cm}^{-2}$)					
	Chl <i>a</i>	Chl <i>b</i>	Total <i>a+b</i>	Razão <i>a/b</i>	Car (<i>c</i>)	Razão <i>a+b/c</i>
Bloco	26,97 ^{ns}	2,17 ^{ns}	43,67 ^{ns}	0,0271 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,0757 ^{ns}
Cultivares (C)	98,30 ^{ns}	6,23 ^{ns}	152,27 ^{ns}	0,0389*	2,6373 ^{ns}	0,2123 ^{ns}
Quadrado Herbicidas (H)	1007,95**	76,29**	1652,63**	0,1348**	48,0302**	1,6663**
Médio C x H	100,70 ^{ns}	12,55*	183,54 ^{ns}	0,0457**	3,8846 ^{ns}	0,2203**
CV (%)	18,44	18,62	18,41	3,43	14,91	5,34

^{ns}, **, *** = Não significativo, significativo a 5% de probabilidade, significativo a 1% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Tabela 3. Desdobramento da interação entre cultivares x tratamentos referente à clorofila *b*, razão *a/b*, razão *a + b/c*.

Herbicidas (H)	Cultivares (C)				
	SP81-3250	RB855156	RB855453	RB867515	IACSP95-5000
	Chl <i>b</i>				
Testemunha	12,34 aB ¹	17,31 aA	14,48 aAB	13,15 aAB	14,60 aAB
Clomazone (C)	9,49 aA	11,23 bA	9,55 bA	11,38 aA	7,68 bA
C + A	12,19 aAB	10,63 bAB	10,50 abAB	12,56 aAB	15,26 aA
Ametryn (A)	13,60 aA	13,68 abA	13,58 abA	11,59 aA	14,86 aA
	Razão (<i>a/b</i>)				
Testemunha	3,48 aA	3,45 aA	3,45 aA	3,61 aA	3,47 abA
Clomazone (C)	3,33 aB	3,43 aAB	3,37 aB	3,39 abB	3,63 aA
C + A	3,30 aAB	3,45 aA	3,32 aAB	3,26 bAB	3,20 cAB
Ametryn (A)	3,30 aB	3,57 aA	3,35 aAB	3,46 abAB	3,32 bcB
	Razão <i>a+b/c</i>				
Testemunha	5,38 abA	5,75 aA	5,31 abA	5,40 aA	5,59 aA
Clomazone (C)	4,94 bAB	5,44 aA	4,84 bB	5,33 aAB	4,82 bB
C + A	5,89 aA	5,48 aA	5,57 aA	5,86 aA	6,06 aA
Ametryn (A)	5,27 abA	5,25 aA	5,35 abA	5,36 aA	5,72 aA

¹ Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O desdobramento para a razão *a+b/c* demonstra que o herbicida clomazone reduziu significativamente esses valores nas cultivares RB855453 e IACSP95-5000. A aplicação isolada do herbicida clomazone reduziu a razão *a+b/c* nas cultivares SP81-3250, RB855453 e IACSP95-5000 (Tabela 3). Segundo Hendry et al. (1987), plantas submetidas ao estresse por herbicidas têm destruição da clorofila total com maior intensidade que os carotenoides, sendo a razão entre Chl *a + b/c* utilizada como fator de avaliação de danos na planta.

CONCLUSÕES

As cultivares IACSP95-5000 e RB867515 foram menos afetadas pelos herbicidas quanto a

máxima eficiência fotoquímica do fotossistema II (F_v/F_m) e índice SPAD, indicando ser seletivas.

Clomazone e ametryn afetaram negativamente as variáveis máxima eficiência fotoquímica do fotossistema II (F_v/F_m), índice SPAD e pigmentos fotossintéticos, porém a mistura desses herbicidas causou maiores reduções, indicando ser menos seletiva para as cultivares.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pelas bolsas de mestrado e doutorado concedidas ao primeiro e segundo autores, respectivamente. Ao CNPq pelas bolsas de mestrado e produtividade em pesquisa ao terceiro e quarto autores, respectivamente.

ABSTRACT: The use of selective herbicides to control weeds has caused different responses in cultivars of sugar cane, and some products affect physiological characteristics and reduce the photosynthetic activity. This study aimed to evaluate the physiological traits in cultivars of sugar cane under the effect of applying post-emergence herbicides. The test was developed in Jau, SP. The experimental design was randomized blocks in factorial scheme 5 x 4 (cultivar x herbicide) with four replications. SP81-3250, RB855156, RB855453, RB867515, IACSP95-5000 were grown in this studied. Herbicides clomazone (1200 g i.a.ha⁻¹); commercial mixture of clomazone + ametryn (1000 + 1500 g i.a.ha⁻¹) and ametryn (3000 g i.a.ha⁻¹) and a control were applied at 30 days after planting. Cultivars IACSP95-5000 and RB867515 were less affected physiologically and can be considered selective to these herbicides. The application of clomazone and ametryn affected negatively the traits maximum photochemical efficiency of photosystem II (*Fv/Fm*), SPAD index and photosynthetic pigments, but the mixture of these herbicides caused higher reductions, indicating to be the more aggressive to the cultivars.

KEYWORDS: *Saccharum* spp. Clomazone. Ametryn. Selectivity. Phytotoxicity. Chlorophyll

REFERÊNCIAS

- ARAUS, J. L.; HOGAN, K. P. Comparative leaf structure and patterns of photoinhibition of the neotropical palms. *Scheelea zonensis* and *Socratea durissima* growing in clearing and forest understory during the dry season in Panama. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 81, n. 6, p. 726-738, 1994.
- AZANIA, C. A. M.; ROLIM, J. C.; CASAGRANDE, A. A.; LAVORENTI, N. A.; AZANIA, A. A. P. M. Seletividade de herbicidas. II – Aplicação de herbicidas em pós-emergência inicial e tardia da cana-de-açúcar na época das chuvas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 669-675, 2005.
- AZANIA, C. A. M.; ROLIM, J. C.; CASAGRANDE, A. A.; LAVORENTI, N. A.; AZANIA, A. A. P. M. 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.
- BAKER, N. R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 59, p. 89-113, 2008.
- FAYEZ, K. A. Action of photosynthetic diuron herbicide on cell organelles and biochemical constituents of the leaves of two soybean cultivars. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v.66, n. 2, p.105-115, 2000.
- FERREIRA, E. A.; SANTOS, J. B.; SILVA, A. A.; VENTRELLA, M. C.; BARBOSA, M. H. P.; PROCÓPIO, S. O.; REBELLO, V. P. A. Sensibilidade de cultivares de cana-de-açúcar a mistura trifloxysulfuron-sodium + ametryn. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 1 p. 93-99, 2005.
- HENDRY, G. A. F.; HOUGHTON, J. D.; BROWN, S. B. The degradation of chlorophyll – a biological enigma. **New Phytologist**, Cambridge, v. 107, n. 2, p. 255-302, 1987.
- KIM, J. S.; YUN, B. W.; CHOI, J. S.; KIM, T. J.; KWAK, S. S.; CHO, K. Y. Death mechanisms caused by carotenoid biosynthesis inhibitors in green and in undeveloped plant tissues. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 78, n. 3, p. 127-139, 2004.
- NEGRISOLI, E.; VELINI, E. D. TOFOLI, G. R.; CAVENAGHI, A. L.; MARTINS, D.; MORELLI, J. L. ; COSTA, A. G. F. Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura de cana-de-açúcar tratada com nematocidas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 567-575, 2004.
- NORMAN, M. A.; LIEBL, R. A.; WIDHOLM, J. M. Site of clomazone action in tolerant-soybean and susceptible-cotton photomixotrophic cell suspension cultures. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 94, n. 2, p. 704-709, 1990.

PRADO, H. **Solos do Brasil: gênese, morfologia, classificação, levantamento e manejo**. 3.ed. Piracicaba: H. do Prado, 2003. 275p.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 5.ed. Londrina: 2005. 592 p.

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

SILVA, A. A.; SILVA, J. F.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R. **Controle de plantas daninhas**. Brasília: ABEAS, 2003. 260p.

SILVA, M. A.; JIFON, J. L.; SILVA, J. A. G.; SANTOS, C. M.; SHARMA, V. Relationships between physiological traits and productivity of sugarcane in response to water deficit. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, publicado online como primeira visualização, 2013. Acesso em: 30 jan. 2013. doi: <http://dx.doi.org/10.1017/S0021859612000834>.

SILVA, M. A.; JIFON, J. L.; SILVA, J. A. G.; SHARMA, V. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Viçosa, v. 19, n. 3 p. 193-201, 2007.

SOUZA, J. R.; PERECIN, D.; AZANIA, C. A. M.; SCHIAVETTO, A. R.; PIZZO, I. V.; CANDIDO, L. S. Tolerância de cultivares de cana-de-açúcar a herbicidas aplicados em pós-emergência. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p. 941-951, 2009.

VELINI, E. D.; FREDERICO, L. A.; MORELLI, J. L.; KOJIMA, K. 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, 5., 1993, Águas de São Pedro. **Anais...** Águas de São Pedro: STAB, 1993, p. 125-128.

VELINI, E. D.; MARTINS, D.; MANOEL, L. A.; MATSUOKA, S.; TRAVAIN, J. C.; CARVALHO, J. C. 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. 1, p. 123-134, 2000.

WAKABAYASHI, K.; BÖGER, P. Phytotoxic sites of action for molecular design of modern herbicides: the photosynthetic electron transport system. **Weed Biology and Management**, Kita-ku, v. 4, n. 1, p. 8-18, 2004.

WELLBURN, A. R. The spectral determination of chlorophylls *a* and *b*, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 144, n. 3, p. 307-313, 1994.