

## Parâmetros tecnológicos e produtivos da cana-de-açúcar quando submetida à aplicação de maturadores químicos no início de safra<sup>1</sup>

*Technological parameters of sugarcane submitted to chemical ripening agents in the early harvest*

Ronaldo da Silva Viana<sup>2</sup>; Lucas Aparecido Manzani Lisboa<sup>3</sup>; Paulo Alexandre Monteiro Figueiredo<sup>4</sup>; Arthur Duarte Rodrigues Neto<sup>5</sup>

**Resumo** - O uso de maturadores químicos é uma realidade no setor sucroenergético. O objetivo deste trabalho foi avaliar os parâmetros tecnológicos e produtivos da cana-de-açúcar, quando submetida à aplicação de maturadores químicos no início de safra. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados arranjados em parcelas subdivididas, com 4 repetições. As parcelas principais consistiram da aplicação dos seguintes produtos com suas respectivas dosagens: controle - sem aplicação; sulfometuron-metil 0,02 kg ha<sup>-1</sup> + glyphosate 0,15 L ha<sup>-1</sup>; ethephon 0,34 L ha<sup>-1</sup> + glyphosate 0,15 L ha<sup>-1</sup>; glyphosate 0,35 L ha<sup>-1</sup>; compostos de radicais carboxílicos orgânicos 1,0 L ha<sup>-1</sup> + glyphosate 0,15 L ha<sup>-1</sup>. As subparcelas foram constituídas de diferentes épocas de avaliação: 0, 15 e 30 dias após a aplicação dos produtos. As amostras foram colhidas manualmente e encaminhadas ao laboratório para determinação do brix, pol, açúcares redutores, açúcares redutores totais, fibra, pureza, umidade e açúcar teórico recuperável. Além disso, foram determinados os parâmetros produtivos: toneladas de colmos por hectare e toneladas de açúcar por hectare. Por fim, foram realizadas as análises dos teores de ácido chiquímico e ácido salicílico. A aplicação da mistura de maturadores químicos compostos de radicais carboxílicos orgânicos + glyphosate apresentou um incremento para os parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar aos 15 dias após a aplicação (DAA), seguido pelo tratamento com a aplicação de glyphosate aos 30 DAA. **Palavras-chaves:** fitorreguladores; herbicidas; qualidade da matéria-prima; *Saccharum* spp.

**Abstract** - The use of chemical ripeners is a reality in the sugarcane sector. The objective of this work was to evaluate the technological and productive parameters of sugarcane when submitted to the application of chemical ripeners in the beginning of the harvest. The experimental design used was in randomized blocks arranged in split plots with four repetitions. The main plots consisted of the application of the following products with their respective dosages: control - without application; sulfometuron-methyl 0.02 kg ha<sup>-1</sup> + glyphosate 0.15 L ha<sup>-1</sup>; ethephon 0.34 L ha<sup>-1</sup> + glyphosate 0.15 L ha<sup>-1</sup>; glyphosate 0.35 L ha<sup>-1</sup>; compounds of organic carboxylic radicals – CC 1.0

<sup>1</sup> Recebido para publicação em 07/10/2016 e aceito em 19/03/2017.

<sup>2</sup> Professor Assistente Doutor da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Campus de Dracena, Dracena, São Paulo, Brasil. E-mail: <[ronaldo@dracena.unesp.br](mailto:ronaldo@dracena.unesp.br)>.

<sup>3</sup> Professor Adjunto Doutor da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Campus de Dracena, Dracena, São Paulo, Brasil. E-mail: <[paulofigueiredo@dracena.unesp.br](mailto:paulofigueiredo@dracena.unesp.br)>.

<sup>4</sup> Doutor e Assistente de Suporte Acadêmico II, da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Campus de Dracena, Dracena, São Paulo, Brasil. E-mail: <[lisboa@dracena.unesp.br](mailto:lisboa@dracena.unesp.br)>.

<sup>5</sup> Discente do Curso de Engenharia Agrônoma da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Campus de Dracena, Dracena, São Paulo, Brasil. E-mail: <[arthurodrigues@gmail.com](mailto:arthurodrigues@gmail.com)>.

L ha<sup>-1</sup> + glyphosate 0.15 L ha<sup>-1</sup>. The subplots were composed of many different evaluation times: 0; 15 and 30 days after the application of products. The samples were collected manually and sent to the laboratory to determination of the brix, pol; reducing sugars; total reducing sugars; fiber; purity; humidity; theoretical recoverable sugar. Moreover, the productive parameters were determined: tons of culms per hectare and tons of sugar per hectare. Lastly, it was made the analysis of contents of shikimic acid and salicylic acid. The application of the mixture of chemical ripening compounds of organic carboxylic radicals + glyphosate showed an increase for the technological parameters of sugarcane 15 days after application (DAA), followed by the treatment with application of glyphosate at 30 DAA.

**Keywords:** phyto regulators; herbicides; feedstock quality; *Saccharum* spp.

## Introdução

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é originária do sudeste da Ásia e cultivada no Brasil desde o século XVI. Atualmente, devido ao melhoramento genético, foram desenvolvidas várias variedades adaptadas às diferentes condições de climas, solos, etc. (Caputo et al., 2007).

A utilização de maturadores químicos na cultura da cana-de-açúcar tem sido cada vez mais frequente, uma vez que facilitam o planejamento da colheita de colmos e aumentam a produtividade agroindustrial da cana-de-açúcar (Caputo et al., 2008). No Brasil, têm sido utilizados, preferencialmente, os maturadores classificados como retardadores de crescimento, como o etephon, ethyl-trinexapac e os inibidores de crescimento, como o glyphosate e o sulfometuron-methyl (Leite et al., 2011). O uso do glyphosate na cana-de-açúcar apresenta efeito maturador em decorrência do estresse químico que modifica a partição dos fotoassimilados, acumulando-os na forma de sacarose nos colmos, de forma a melhorar o rendimento agroindustrial da cultura (Mutton, 1993).

Os maturadores são capazes de modificar a morfologia e a fisiologia vegetal, podendo ocasionar modificações qualitativas e quantitativas na produção (Leite et al., 2009b). Tais compostos favorecem o acúmulo mais uniforme de açúcares nos entrenós da região apical, que normalmente são imaturos. São aplicados com a finalidade de antecipar o processo de maturação, promover melhorias na

qualidade da matéria-prima a ser processada, otimizar os resultados agroindustriais e econômicos, além de auxiliar no planejamento da safra (Caputo et al., 2008; Roberto et al., 2015).

Alguns indicadores são utilizados para avaliar estresses abióticos em plantas, como a produção do ácido salicílico (AS) a partir do aminoácido aromático fenilalanina, cuja a síntese pode ser bloqueada pela ação do glyphosate. Assim, baixas doses de glyphosate podem causar a inibição ou ativação da síntese de ácido salicílico. O ácido salicílico exerce também importante função na biossíntese de etileno, no comportamento estomático e na respiração (Meschede et al., 2012).

Outra função importante do glyphosate é atuar inibindo a síntese da enzima 5-enol-piruvil-shikimato-3-fosfato sintetase (EPSPs), responsável por uma das etapas da síntese de aminoácidos aromáticos. Com o bloqueio da rota do chiquimato há o acúmulo de ácido chiquímico e redução dos níveis desses aminoácidos, que são precursores de metabólitos secundários, como as fitoalexinas, envolvidas na resposta das plantas aos fitopatógenos (Duke et al., 2007).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os parâmetros tecnológicos e produtivos da cana-de-açúcar quando submetida à aplicação de maturadores químicos no início de safra.

## Material e Métodos

O experimento foi instalado e conduzido a partir de março de 2008, em sistema de cana

planta, na fazenda Santo Antônio localizada no município de Igarauçu do Tietê, Estado de São Paulo, nas coordenadas geográficas: latitude de 22° 33' 18" S e longitude 48° 31' 51", altitude de 509 m. A área apresenta ambiente com topografia semiplana e Latossolo Vermelho Ferríco eutrófico (Embrapa, 2013). De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante da região é o Aw, seco definido, com temperatura média anual de 21,6°C, umidade relativa média de 70% e média pluviométrica anual de 1.344 mm.

A variedade utilizada foi a RB85-5453, sendo seu plantio realizado em fevereiro de 2007. O solo foi corrigido com 2.000 kg ha<sup>-1</sup> de calcário e a adubação de plantio de 600 kg ha<sup>-1</sup> de NPK 10-25-25, seguindo a recomendação técnica, em função da análise química. Cada parcela foi formada por sete linhas espaçadas 1,40 m entre si e com 10 m de comprimento. As amostras foram colhidas nas cinco linhas centrais, perfazendo uma área útil de 70 m<sup>2</sup>.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, no esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas pelas misturas de maturadores químicos e as subparcelas por três épocas de amostragens: 0; 15 e 30 dias após a aplicação dos produtos utilizados como maturadores (DAA) na safra agrícola de 2008. Nas respectivas ocasiões ocorreram as aplicações dos maturadores químicos, sendo a época caracterizada como início de safra.

As parcelas foram constituídas pela aplicação dos seguintes produtos: C – controle - sem aplicação; SG – sulfometuron-metil 0,02 kg ha<sup>-1</sup> - Curavial<sup>®</sup>, 750 g kg<sup>-1</sup> de i.a., GD Dupont + glyphosate 0,15 L ha<sup>-1</sup> - RoundupTransorb<sup>®</sup>, 480 g i.a. L<sup>-1</sup>, SC, Monsanto; EG - etephon 0,34 L ha<sup>-1</sup> - Ethrel<sup>®</sup> 720 SC, 720 g i.a. L<sup>-1</sup>, SC, Bayer + glyphosate 0,15 L ha<sup>-1</sup> - RoundupTransorb<sup>®</sup>, 480 g i.a. L<sup>-1</sup>, SC, Monsanto; G - glyphosate 0,35 L ha<sup>-1</sup> - RoundupTransorb<sup>®</sup>, 480 g i.a. L<sup>-1</sup>, SC, Monsanto; CG - compostos de radicais carboxílicos orgânicos 1,0 L ha<sup>-1</sup> – MTD<sup>®</sup> (pool de aminoácidos com marcador em L-alpha-metionina) + glyphosate 0,15 L ha<sup>-1</sup> -

RoundupTransorb<sup>®</sup>, 480 g i.a. L<sup>-1</sup>, SC, Monsanto.

A aplicação dos maturadores químicos foi realizada por meio de um pulverizador costal com CO<sub>2</sub> pressurizado com seis bicos AXI 11002, jato plano espaçados 0,5 m entre si. A pressão utilizada foi de 40 libras pol<sup>-2</sup>, com volume de calda de 300 L ha<sup>-1</sup>. As aplicações foram realizadas no período matutino. A temperatura média variou entre 25 e 30°C; com umidade relativa entre 60 e 80%.

Aos 0, 15 e 30 dias após a aplicação (DAA) foi realizado o corte manual dos colmos da cana-de-açúcar em um metro linear. Os colmos foram despontados na altura da gema apical, ou seja, no ponto de quebra e destinados ao laboratório para análise das seguintes características: brix (% caldo); pol (% caldo); açúcares redutores (AR %); açúcares redutores totais (ART %); fibra (%); pureza (%); umidade (%) e açúcar teórico recuperável – ATR (kg t<sup>-1</sup>), segundo os métodos de determinações químico-tecnológicas da Consecana (2006). Por ocasião da colheita as parcelas foram totalmente colhidas e os colmos despontados para pesagem e determinação das características tonelada de colmos por hectare (TCH) e tonelada de açúcar por hectare (TAH).

Por ocasião da colheita, foram coletadas aleatoriamente 15 plantas por parcela e encaminhadas ao laboratório para determinação do ácido chiquímico – AC e ácido salicílico – AS. As folhas foram secas em estufa de circulação forçada a 60°C por 72 horas. Depois foram trituradas, em moinho do tipo Wiley.

Para análise do AC e AS, foi realizada a pesagem de 400 mg de cada uma das amostras, que foram adicionadas a 10 mL de água a pH 7,0 em béquer de vidro de 50 mL de capacidade, sendo colocados individualmente no centro do disco de um forno micro-ondas (Panasonic Model NN-S62 B) durante 20 segundos na potência de 100 W à uma temperatura média de 49,8°C (±2,8°C), conforme Matallo et al. (2009). Após o esfriamento, a amostra foi filtrada em filtro de papel Whatmann n° 1 e filtro de membrana Millex - GV (Millipore).

As análises foram realizadas em cromatógrafo líquido e espectrômetro de massas (LCMS), da marca Shimadzu, cujas características foram: bomba LC-20AD; injetor SIL-10AF; forno CTO-10AS vp; controladora CBM-20 A; de gaseificador DGU-20A5; e espectrômetro de massa LCMS- 2010 EV. O método analítico empregou coluna Gemini (Phenomenex) C18, tamanho de partícula de 5nm, dimensões 150 x 4,6 mm; fase móvel A: água com 0,5% de ácido acético; fase móvel B: metanol e 0,5% de ácido acético; vazão de 0,4 L min<sup>-1</sup>; temperatura do forno de 30°C; tipo de ionização em modo negativo; m/z ácido chiquímico: 173; m/z ácido salicílico: 137; condição do tuning do equipamento efetuado por rotina própria, utilizando-se polietilenoglicol como padrão.

Foi determinado o tempo total de 20 minutos de corrida dos ácidos. O tempo de retenção do ácido chiquímico foi de 5 minutos ( $\pm 0,1$ ), e o do ácido salicílico, de 19 minutos ( $\pm 0,1$ ) conforme Matallo et al. (2009).

As variáveis foram submetidas à análise de variância pelo teste F ( $p < 0,05$ ), e suas médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foi utilizado o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2008).

## Resultados e Discussão

Houve interação entre os fatores maturadores químicos e as diferentes épocas de amostragens para as variáveis tecnológicas brix (% caldo) e pol (% caldo), açúcares redutores (AR) e açúcares redutores totais (ART%). Na Tabela 1 estão apresentados os valores médios relativos aos desdobramentos da interação significativa entre as misturas de maturadores químicos e diferentes épocas de amostragens para estas variáveis.

O melhor resultado para a característica brix (% caldo) foi encontrado com a aplicação dos compostos de radicais carboxílicos orgânicos + glyphosate aos 15 DAA e glyphosate, somente aos 30 DAA, que causaram incremento próximo a 20%; e 22,70%,

respectivamente. Resultados semelhantes foram observados por Viana et al. (2008) na cultura de cana-de-açúcar, onde o glyphosate e compostos de radicais carboxílicos orgânicos induziram o aumento de sacarose em todas as secções do colmo da cana-de-açúcar, em decorrência do estresse fisiológico.

Dessa maneira, a utilização de misturas de maturadores químicos torna-se uma ferramenta com a finalidade de antecipar o processo de maturação, promover melhorias na qualidade da matéria-prima e auxiliar no planejamento da safra, o que pode favorecer um incremento na produtividade agrícola final do canavial. Caputo et al. (2008) evidenciam esses resultados quando relataram que a maturação natural em início de safra pode ser deficiente, mesmo em variedades precoces.

Para as características pol (% caldo) e ART (%) foi encontrada diferença estatística entre os tratamentos, destacando a aplicação das misturas de maturadores químicos: compostos de radicais carboxílicos orgânicos + glyphosate aos 15 DAA e com glyphosate aos 30 DAA.

Isto ocorreu, provavelmente, devido à ação estressante causada por esses maturadores, que favoreceu o acúmulo de sacarose no colmo. Dessa maneira, os resultados demonstrados neste trabalho foram semelhantes aos apresentados por Siqueira et al. (2014), que observaram uma antecipação na maturação e um incremento no teor de pol quando houve à aplicação de sulfometuron metil e glyphosate isoladamente ou mesmo em mistura. Para Roberto et al. (2015) observaram uma antecipação na maturação e um incremento no teor de Pol quando houve a aplicação de sulfometuron metil e glyphosate isoladamente ou em mistura.

Conforme resultados demonstrados na Tabela 1, houve decréscimo nos teores de AR (%) para o tratamento controle ao longo das épocas avaliadas. Para o tratamento com glyphosate, o menor valor para essa característica foi observado aos 30 dias após a aplicação. Esses resultados corroboram com Leite et al. (2009a) que verificaram que a

redução desses carboidratos melhora a qualidade tecnológica do caldo, favorecendo a maturação da cana-de-açúcar. O mesmo foi observado por Viana et al. (2008), onde os valores decresceram significativamente com o passar do tempo, alcançando valores menores aos 71 DAA.

**Tabela 1.** Valores médios relativos aos desdobramentos das interações significativas entre misturas de maturadores químicos e diferentes épocas de amostragens de colmos de cana-de-açúcar para as características tecnológicas brix; pol; açúcares redutores (AR) e açúcares redutores totais (ART).

Maturadores	Brix (% caldo)		
	0 DAA	15 DAA	30 DAA
C	11,62dB	13,29cA	12,86cA
EG	13,67cA	14,16bcA	13,35cA
SG	15,21abA	14,78bA	15,02abA
G	14,85bAB	13,91bcB	15,78aA
CG	15,97aA	16,07aA	14,76bB
	DMScoluna: 1,00		DMSlinha: 0,93
Maturadores	Pol (% caldo)		
	0 DAA	15 DAA	30 DAA
C	8,35cB	10,17cA	10,30cA
EG	11,05bAB	11,64bA	10,54cB
SG	12,84aA	12,32bA	12,11bA
G	12,93aA	11,37bcB	13,60aA
CG	13,77aA	13,85aA	12,39abB
	DMScoluna: 1,32		DMSlinha: 1,00
Maturadores	AR (%)		
	0 DAA	15 DAA	30 DAA
C	1,01aA	0,87aAB	0,76aB
EG	0,74bA	0,71bA	0,79aA
SG	0,63bcA	0,67bA	0,74aA
G	0,55cB	0,71abA	0,56bB
CG	0,57cA	0,58bA	0,64abA
	DMScoluna: 0,16		DMSlinha: 0,13
Maturadores	ART (%)		
	0 DAA	15 DAA	30 DAA
C	9,81cB	11,59cA	11,61cA
EG	12,38bAB	12,97bA	11,89cB
SG	14,15aA	13,64bA	13,50bA
G	14,17aA	12,69bcB	14,89 aA
CG	15,07aA	15,16aA	13,69abB
	DMScoluna: 1,28		DMSlinha: 0,98

C = controle; SG = sulfometurom metil + glyphosate; EG = etephon + glyphosate; G = glyphosate; CG = compostos de radicais carboxílicos orgânicos + glyphosate. Letras minúsculas comparam médias na coluna; Letras maiúsculas comparam médias na linha; Letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey 5% probabilidade.

Houve interação entre os fatores para as variáveis tecnológicas: fibra (%); pureza (%); umidade (%) e ATR ( $\text{kg t}^{-1}$ ) (Tabela 2). Para a característica fibra (%), as melhores respostas ocorreram com a aplicação das misturas de maturadores químicos compostos de radicais carboxílicos orgânicos + glyphosate aos 15 DAA e o glyphosate aos 30 DAA, com incremento de aproximadamente 12 e 17% respectivamente.

Conforme observado nesse trabalho, o aumento no teor de fibra pode ser decorrente da aplicação de maturadores químicos, como já observado por Leite e Crusiol (2008). Porém, Caputo et al. (2008) e Leite et al. (2009c) não observaram as alterações significativas no teor de fibra mediante a aplicação de maturadores sem misturas. Para Prasad et al. (2007), o aumento do teor de fibras em variedades precoces não é benéfico, devido a relação



negativa entre teor de fibras e açúcar, porém os teores de fibra expressos em todos os tratamentos ficaram dentro do considerado adequado para a indústria, entre 12 e 13%.

Ocorreu diferença estatística entre os tratamentos para a característica pureza (%), onde aos 15 DAA, o tratamento controle teve a

menor média, com redução de aproximadamente de 12,66%. Já na época de 30 DAA, com a aplicação do glyphosate, foi encontrado o maior valor para essa característica, onde ocorreu um acréscimo de 9,11%.

**Tabela 2.** Valores médios relativos aos desdobramentos das interações significativas entre misturas de maturadores químicos e diferentes épocas de amostragens de colmos de cana-de-açúcar para as características tecnológicas de fibra (%); pureza (%); umidade (%) e ATR ( $\text{kg t}^{-1}$ ).

Maturadores	0 DAA			15 DAA			30 DAA				
	Fibra (% caldo)										
C	11,03	bA		10,84	bA		11,04	cA			
EG	11,01	bAB		10,66	bB		11,41	bcA			
SG	11,69	abA		11,30	abA		11,33	bcA			
G	11,46	bB		11,34	abB		13,02	aA			
CG	12,45	aA		11,94	aA		12,10	bA			
			DMScoluna: 0,86			DMSlinha: 0,57					
Pureza (% caldo)											
C	71,85	cB		76,48	bA		80,12	bA			
EG	80,81	bA		82,22	aA		79,00	bA			
SG	84,44	abA		83,34	aA		80,71	abA			
G	87,20	aA		81,69	abB		86,20	aAB			
CG	86,19	abA		86,17	aA		83,94	abA			
			DMScoluna: 5,55			DMSlinha: 4,59					
Umidade (%)											
C	77,34	aA		75,85	aB		76,09	aB			
EG	75,30	bA		75,17	aA		75,23	aA			
SG	73,09	cB		73,91	bA		73,64	bAB			
G	73,67	cB		74,73	abA		71,18	cC			
CG	71,57	dB		71,97	cB		73,13	bA			
			DMScoluna: 1,15			DMSlinha: 0,79					
ATR ( $\text{kg t}^{-1}$ )											
C	88,78	cB		104,91	cA		105,12	cA			
EG	112,07	bAB		117,40	bA		107,69	cB			
SG	128,11	aA		123,48	bA		122,17	bA			
G	128,29	aA		114,86	bcB		134,79	aA			
CG	136,44	aA		137,26	aA		123,89	abB			
			DMScoluna: 11,62			DMSlinha: 8,85					

C = controle; SG =sulfometurom metil + glyphosate; EG = etephon + glyphosate; G =glyphosate;CG = compostos de radicais carboxílicos orgânicos + glyphosate.Letras minúsculas comparam médias na coluna; Letras maiúsculas comparam médias na linha; Letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey 5% probabilidade.

Os resultados corroboram com Caputo et al. (2007), que também encontraram maiores valores de pureza após a aplicação de maturadores químicos. Leite et al. (2009b) observou um incremento no parâmetro pureza do caldo aos 75 e 80 DAA com a utilização de alguns maturadores químicos. Leite et al.

(2009c) observaram que o sulfometurom metil e o glyphosate quando aplicados de forma isolada elevaram de forma significativa a pureza do caldo de cana.

Para a característica umidade (%) foi encontrado efeito significativo entre os tratamentos e épocas, onde a mistura de

compostos de radicais carboxílicos orgânicos + glyphosate aos 15 DAA; e juntamente com o glyphosate aos 30 DAA apresentaram menores valores. Isso ocorreu devido à ação estressante causada pelos maturadores químicos que reduziram os teores de umidade e favoreceu o acúmulo de sacarose na planta. Estes resultados confirmam aos encontrados por Siqueira et al. (2014) e Roberto et al. (2015), que verificaram um decréscimo da umidade durante a maturação. Os autores observaram que o glyphosate e o sulfometuron metil revelaram destaque em promover maiores incrementos de ATR na colheita (60 DAA).

Os resultados encontrados para o teor ATR ( $\text{kg t}^{-1}$ ) apresentaram comportamento similar aos encontrados nos teores de brix (%) e pol (%), onde a mistura de compostos de radicais carboxílicos orgânicos + glyphosate aos 15 DAA e juntamente com o glyphosate aos 30 DAA apresentaram os maiores valores.

Esta tendência também foi observada por Silva e Segato (2011) que verificaram que, conforme a cana-de-açúcar amadurece, há uma tendência de estabilização com posterior redução no ATR dos dois terços inferiores do colmo. Porém, esses resultados são superiores aos encontrados por Costa et al. (2011), quando estudaram quatro variedades de cana-de-açúcar.

Leite et al. (2009a) relataram que a eficiência agrônômica dos maturadores depende da época de aplicação, da condição climática e da característica genética da variedade.

Além disso, os maturadores devem ser aplicados quando a condição de maturação não é favorecida, como em casos de aplicação fora de época, ou em condições climáticas que não favorecem este processo, de forma a explorar o potencial genético das variedades quanto ao acúmulo de sacarose, melhorando a qualidade da matéria-prima. Essa tendência também foi observada por Viana (2007) que verificou que, conforme a cana-de-açúcar amadurece, há uma estabilização nos valores de ATR nos colmos.

Para a característica tonelada de colmos por hectare (TCH) foi possível observar que o tratamento etephon + glyphosate apresentou os maiores valores (Tabela 3). Os valores de TCH encontrados neste ensaio corroboram com Leite e Crusciol (2008), que observaram reduções significativas na produtividade nos tratamentos com glyphosate e na associação glyphosate + compostos carboxílicos. Silva et al. (2007) observaram também que sulfometuron-metil não alterou a produtividade. Por outro lado, maior produtividade foi obtida com o uso do etephon.

**Tabela 3.** Valores médios dos parâmetros de produtividade agrícola toneladas de colmos por hectare (TCH) e toneladas de açúcar por hectare (TAH) e características bioquímicas ácidochiquímico (AC) e ácido salicílico (AS) de cana-de-açúcar submetida à aplicação de maturadores químicos.

Maturadores	TCH	TAH	AC ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	AS ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )
C	114,43b	15,14ab	1,81b	1,80bc
EG	130,46a	15,42ab	1,03d	1,02c
SG	112,53b	16,28a	2,09a	1,62bc
G	120,76ab	15,64ab	1,77b	5,22a
CG	114,43b	14,10b	1,44c	2,07b
DMS	11,94	1,86	1,91	1,00
CV%	3,52	4,32	0,41	1,5
F	8,65**	4,39*	1,07**	6,50**

C = controle; SG = sulfometuron metil + glyphosate; EG = etephon + glyphosate; G = glyphosate; CG = compostos de radicais carboxílicos orgânicos + glyphosate. Letras minúsculas comparam médias na vertical; Letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey 5% probabilidade dentro do mesmo fator \*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); \*significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 = p < 0,05$ ).

Leite et al. (2010) também observaram a interferência do glyphosate na diminuição dos valores TCH em relação a outros tratamentos, porém não acarretando na diminuição dos níveis de açúcar (TAH) para a mesma variedade de cana-de-açúcar. A diminuição observada em TCH no tratamento com glyphosate está, provavelmente, relacionada ao efeito dessecante causada pelo produto, que acarreta a perda da umidade e, conseqüentemente, o retardamento do desenvolvimento vegetativo (Leite et al., 2010).

Ainda de acordo com a Tabela 3, para as características TAH e ácido chiquímico foi possível observar que as plantas tratadas com a mistura de sulfometurom metil + glyphosate apresentaram as maiores médias. Estes resultados corroboram com Silva et al. (2010) que verificaram que o maturador sulfometuron-metil e a testemunha promoveram a maior produtividade de TAH.

Para as concentrações de ácido salicílico, a cana-de-açúcar apresentou os maiores teores quando aplicado o glyphosate como maturador. Essa elevação ocorreu devido, provavelmente, ao efeito estressante causado pelo produto, onde desencadeou uma série de reações bioquímicas intra e intercelular, pois a sua produção é intensificada como mecanismo de defesa da planta em resposta a esses estresses. Matallo et al., (2009) verificaram que as concentrações de ácido chiquímico e ácido salicílico em citrus apresentaram sempre as maiores concentrações quando as plantas que receberam aplicação de glyphosate. Em girassol, trigo e milho, níveis elevados de ácido chiquímico foram detectados a partir de aplicações de glyphosate (Henry et al., 2007).

## Conclusões

O uso de maturadores químicos compostos de radicais carboxílicos orgânicos + glyphosate e glyphosate causou incremento nos parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar, aos 15 e 30 dias após a aplicação, respectivamente.

## Referências

- Caputo, M.M.; Beauclair, E.G.F.; Silva, M.A.; Piedade, S.M.S. Resposta de genótipos de cana-de-açúcar à aplicação de indutores de maturação. **Bragantia**, v.67, p.15-23, 2008.
- Caputo, M.M.; Silva, M.A.; Beauclair, E.G.F.; Gava, G.J.C. Acúmulo de sacarose, produtividade e florescimento de cana-de-açúcar sob reguladores vegetais. **Asociación Interciencia**, v.32, n.12, p.834-840, 2007.
- Costa, C.T.S.; Ferreira, V.M.; Endres, L.; Ferreira, D.T.R.G.; Gonçalves, E.R. Crescimento e produtividade de quatro variedades de cana-de-açúcar no quarto ciclo de cultivo. **Revista Caatinga**, v.24, n.3, p.56-63, 2011.
- CONSECANA - Conselho dos Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar, Alcool do Estado de São Paulo. **Manual de instruções**. 5.ed. Piracicaba: Consecana, 2006. 112p.
- Duke, S.O.; Wedge, C.E.; Cerdeira, A.L.; Matallo, M.B. Herbicide effects on plant disease. **Outlooks on Pest Management**, v.18, n.1, p.36-40, 2007.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.
- Ferreira, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v.6, p.36-41, 2008.
- Henry, B.W.; Shaner, D.L.; West, M.S. Shikimate accumulation in sunflower, wheat and proso millet after glyphosate application. **Weed Science**, v.55, n.4, p.1-5, 2007.
- Leite, G.H.P.; Crusciol, C.A.C.; Siqueira, G.F.; Silva, M.A. Qualidade tecnológica em diferentes porções do colmo e produtividade da cana-de-açúcar sob efeito de maturadores. **Bragantia**, v.69, n.4, p.861-870, 2010.
- Leite, G.H.; Crusciol, C.A.C.; Silva, M.A. Desenvolvimento e produtividade da cana-de-açúcar após aplicação de reguladores vegetais



- em meio de safra. **Semina: Ciências Agrárias**, v.32, n.1, p.129-138, 2011.
- Leite, G.H.P.; Crusciol, C.A.C.; Silva, M.A.; Venturini Filho, W.G.; Suriano, A. Qualidade tecnológica, produtividade e margem de contribuição agrícola da cana-de-açúcar em função da aplicação de reguladores vegetais no início da safra. **Ciência Rural**, v.39, n.3, p.726-732, 2009b.
- Leite, G.H.P.; Crusciol, C.A.C.; Lima, G.P.P.; Silva, M.A. Reguladores vegetais e atividade de invertases em cana-de-açúcar em meio de safra. **Ciência Rural**, v.39, n.3, p.718-725, 2009c.
- Leite, G.H.P.; Crusciol, C.A.C. Reguladores vegetais no desenvolvimento e produtividade da cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.8, p.995-1001, 2008.
- Leite, G.H.P.; Crusciol, C.A.C.; Silva, M.A.; Venturini Filho, W.G. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar em função da aplicação de maturadores em meio de safra. **Bragantia**, v.68, n.2, p.527-534, 2009a.
- Matallo, M.B.; Almeida, S.D.B.; Cerdeira, A.L.; Franco, D.A.; Blanco, F.M.G.; Menezes, P.T.C.; Luchini, L.C.; Moura, M.A.M.; Duke, S.O. Microwave-assisted solvent extraction and analysis of shikimic acid from plant tissues. **Planta Daninha**, v.27, n.esp., p.987-994, 2009.
- Meschede, D.K.; Velini, E.D.; Tonin, F.G.; Carbonari, C.A. Alterações no metabolismo da cana-de-açúcar em função da aplicação de maturadores. **Planta Daninha**, v.30, n.1, p.113-119, 2012.
- Mutton, M.A. Modo de ação do sal de isopropilamina de N-(fosfonometil) glicina (glifosate) e efeito maturador na cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO ROUNDUP EFEITO MATURADOR, 1., 1993, Guarujá. **Anais...** Guarujá: 1993. p.9-17.
- Prasad, S.; Anoop, S.; Jain, N.; Joshi, H.C. Ethanol production from sweet sorghum syrup for utilization as automotive fuel in India. **Energy and Fuels**, v.21, p.2415-2420, 2007.
- Roberto, G.G.; Cunha, C.; Sales, C.R.G.; Silveira, N.M.; Ribeiro, R.V.; Machado, E.C.; Lagôa, A.M.M.A. Variation of photosynthesis and carbohydrate levels induced by ethephon and water deficit on the ripening stage of sugarcane. **Bragantia**, v.74, n.4, p.379-386, 2015.
- Silva, M.A.; Gava, G.J.C.; Caputo, M.M.; Sorrilla, P.F.; Bassetto, S.C. Produtividade de colmos e de sacarose em cana-de-açúcar em função da interação entre cultivares e maturadores. **Scientia Agraria**, v.11, n.4, p.323-329, 2010.
- Silva, R.F. dos S.; Segato, S.V. Importância do uso de maturadores vegetais na cultura da cana-de-açúcar. **Nucleus**, v.8, n.2, p.35-46, 2011.
- Silva, M.A.; Gava, G.J.C.; Caputo, M.M.; Pincelli, R.P.; Jerônimo, E.M.; Cruz, J.C.S. Uso de reguladores de crescimento como potencializadores do perfilhamento e da produtividade em cana-soca. **Bragantia**, v.66, n.4, p. 545-552, 2007.
- Siqueira, G.F.; Crusciol, C.A.C.; Leite, G.H.P. Maturadores em cana-de-Açúcar: Efeito de Misturas de Produtos. **STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.33, n.1, p. 46-51, 2014.
- Viana, R.S.; Mutton, M.A.; Barbosa, V.; Durigan, A.M.P.R. Maturadores químicos na cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) aplicado em final de safra. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.7, n.2, p.100-107, 2007.
- Viana, R.S.; Silva, P.H.; Mutton, M.A.; Mutton, M.J.R.; Guimarães, E.R.; Bento, M. Efeito da aplicação de maturadores químicos na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) variedade SP81-3250. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.30, n.1, p.65-71, 2008.