

---

**REGULADORES VEGETAIS NA PROPAGAÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR POR  
MINI-TOLETES**

**PLANT REGULATORS IN SUGARCANE PROPAGATION BY MINI-STALKS**

Bruno Teixeira de Sousa <sup>1\*</sup>  
Andréia Paula Carneiro Martins <sup>2</sup>  
Renan Aparecido Paes <sup>2</sup>  
Vitor Amado Martin <sup>2</sup>  
Valdir Zucareli <sup>2</sup>

**RESUMO**

A cultura canavieira necessita de avanços em seu método de propagação, sendo uma alternativa o uso de mini-toletes. Reguladores vegetais atuam como hormônios, mediando respostas das plantas aos estímulos do ambiente. Objetivou-se no presente trabalho avaliar a brotação de gemas axilares e crescimento dos brotos e raízes em mini-toletes de cana-de-açúcar tratados com reguladores vegetais auxina (AIB), citocinina (BAP) e giberelina (GA<sub>3</sub>) nas doses zero, 25, 50, 75 e 100 mg L<sup>-1</sup>. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado e esquema fatorial 3x5 (regulador x dose). Colmos inteiros de cana-de-açúcar permaneceram em tambores com 10 L de solução durante 18 horas para tratamento via transpiração. Em seguida, foram seccionados em mini-toletes contendo uma gema, colocados em bandejas com substrato, levados a câmara de germinação e avaliados após 12 dias. Os dados obtidos foram submetidos a ANOVA (teste F  $p \leq 0,05$ ) e quando significativo, as médias para regulador comparadas por Tukey ( $p \leq 0,05$ ) e as médias de doses por estudo de regressão. O regulador vegetal giberelina influenciou na brotação de forma negativa. Auxina e citocinina promoveram as maiores médias de comprimento e massa seca de parte aérea, que variaram conforme a dose aplicada. Para crescimento e massa seca de raízes, as maiores médias foram encontradas para auxina e giberelina, resultado que também variou com a dose. Conclui-se que giberelina é prejudicial à brotação de gemas axilares em mini-toletes de cana-de-açúcar e que o crescimento de brotos e raízes é influenciado pelos três reguladores estudados, sendo o estímulo ou inibição dependente da dose aplicada.

11

**Palavras-chave:** Auxina. Citocinina. Giberelina. *Saccharum officinarum* L.

---

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina - PR. E-mail: brunotdsousa@gmail.com

<sup>2</sup> Departamento de Ciências Agronômicas, Universidade estadual de Maringá (UEM), Campus Regional de Umuarama (CAU), Umuarama – PR. E-mail: deiapcmartins@hotmail.com, vzucareli@uem.br

\* Resultados do trabalho PIBIC desenvolvido pelo autor enquanto graduando no curso de Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá, Campus Regional de Umuarama.

## ABSTRACT

Sugarcane cultivation needs advances in its propagation method, with the use of mini-stalks being an alternative. Plant regulators act as hormones, mediating plant responses to environmental stimuli. The objective of the present work aim to evaluate the sprouting of axillary buds and growth of sprouts and roots in mini-stalks of sugarcane treated with plant regulators auxin (IAB), cytokinin (BAP) and gibberellin (GA<sub>3</sub>) at doses zero, 25, 50, 75 and 100 mg L<sup>-1</sup>. The experiment was carried out in a completely randomized design and factorial scheme 3x5 (regulator x dose). Whole sugarcane stalks were kept in drums with 10 L of solution for 18 hours for treatment via transpiration. Then, they were sectioned on mini-stalks containing a bud, placed in trays with substrate, taken to the germination chamber and evaluated after 12 days. The data obtained were submitted to ANOVA (F test  $p \leq 0.05$ ) and when significant, the means for regulator compared by Tukey ( $p \leq 0.05$ ) and the dose means per regression study. The gibberellin plant regulator negatively influenced sprouting. Auxin and cytokinin promoted the highest means length and dry mass of the shoot, which varied according to the dose applied. For growth and dry mass of roots, the highest means were found for auxin and gibberellin, a result that also varied with the dose. It is concluded that gibberellin is harmful to the sprouting of axillary buds in sugarcane mini-stalks and that the growth of sprouts and roots is influenced by the three regulators studied, with the stimulus or inhibition dependent on the applied dose.

**Keywords:** Auxin. Cytokinin. Gibberellin. *Saccharum officinarum* L.

12

## INTRODUÇÃO

Os reguladores vegetais são moléculas químicas sintéticas ou extraídas de compostos naturais que promovem ação semelhantes aos hormônios produzidos pelos vegetais, atuando como moléculas sinalizadoras mediadoras das respostas dos vegetais ao ambiente durante as fases de crescimento e desenvolvimento, sem apresentar efeito nutriente (MACEDO; CASTRO, 2015; RODRIGUES; FIOREZE, 2015). A aplicação desses produtos nas plantas pode alterar as respostas à estímulos externos através de mudanças bioquímicas e fisiológicas, tanto pela ativação como desativação das moléculas de hormônios vegetais e de seus precursores.

O crescimento e desenvolvimento dos vegetais é mediado principalmente por um grupo de cinco hormônio vegetais: auxinas, citocininas, giberelinas, etileno e ácido abscísico, porém, existem outros grupos de moléculas como os brassinosteróides, jasmonatos e estrigolactonas que também atuam como moléculas sinalizadoras, mas com menor intensidade e em momentos pontuais (TAIZ *et al.*, 2017).

As auxinas foram os primeiros hormônios vegetais descobertos, e têm ação principalmente sobre o crescimento e alongamento celular, mediando respostas quanto aos

estímulos de crescimento direcionado (tropismos), dominância apical e formação de raízes laterais. As giberelinas, tem relação direta com o processo de germinação de sementes, estimulando a síntese de enzimas hidrolíticas, e no alongamento celular das células do caule e das raízes. Já as citocininas desempenham papel importante na multiplicação e na diferenciação celular, na senescência das plantas e na modificação da dominância apical e brotação de gemas laterais (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O crescimento das plantas de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é mediado principalmente pelo hormônio vegetal auxina, pois as plantas apresentam dominância apical (SEGATO *et al.*, 2006). Nesse fenômeno, a gema do meristema apical produz a maior quantidade de auxina da planta, e o distribui até as gemas axilares da base para inibir a sua brotação (FAGAN *et al.*, 2015). No entanto, quando o ápice das plantas é retirado, as citocininas entram em ação para promover a brotação (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A propagação da cana-de-açúcar é realizada principalmente de forma assexuada, utilizando os colmos que contém as gemas axilares e primórdios radiculares nas regiões nodais, os quais darão origem às novas plantas (SEGATO *et al.*, 2006; THOMAS, 2016). Normalmente, os colmos são fracionados em toletes contendo entre três e quatro gemas no momento do plantio, e colocados da forma pé com ponta (base com ápice), pois o processo de brotação pode variar conforme a posição de origem da gema no colmo pelas diferentes concentrações de hormônios e energia (açúcares de reserva) (MANHÃES *et al.*, 2015; MAY; RAMOS, 2019; SOUSA *et al.*, 2020).

A utilização de mini-toletes com apenas uma gema tem se mostrado uma alternativa de inovação para a propagação da cultura canavieira (CIVIERO *et al.*, 2016; MAY; RAMOS, 2019). Esse método permitiria o aproveitamento dos entrenós na indústria e facilitaria as operações de plantio, no entanto, com a redução da fração de colmo, podem ocorrer alterações no processo de brotação e desenvolvimento dos brotos. Resultados positivos para o aumento do perfilhamento, diâmetro de caule e produtividade da cana-de-açúcar já foram encontrados com a aplicação de reguladores vegetais no sulco de plantio (FERREIRA *et al.*, 2013; SIMÃO *et al.*, 2019).

Dessa forma, objetivou-se avaliar a brotação e o crescimento inicial de brotos de cana-de-açúcar presentes em mini-toletes de colmos tratados com os reguladores vegetais auxina, citocinina e giberelina.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi desenvolvido no laboratório de Fisiologia Vegetal da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Campus Regional de Umuarama (CAU) (23°47'28.3"S 53°15'21.3"W). As plantas de cana-de-açúcar da cultivar CTC9001 utilizadas no experimento foram colhidas em campo de propagação da Usina Santa Teresinha (USACUCAR), unidade situada no distrito de Serra dos Dourados, pertencente ao município de Umuarama, Paraná (23°39'51.2"S 53°24'33.6"W).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado e organizado em esquema fatorial 3 x 5 (regulador vegetal x dose), e constou de quatro repetições, contendo 10 mini-toletes em cada uma das repetições. Os reguladores vegetais utilizados foram auxina, citocinina e giberelina, nas doses 0, 25, 50, 75 e 100 mg L<sup>-1</sup>. As soluções para o tratamento foram preparadas utilizando uma solução estoque concentrada em 100 mL, que no momento do tratamento foram diluídas em 9,9 L de água. Os reguladores vegetais tiveram como fontes de auxina o AIB (ácido indol-3-butírico), citocinina BAP (6-Benzilaminopurina) e ácido giberélico (Pro-Gibb®-GA<sub>3</sub>).

14

As plantas de cana-de-açúcar foram colhidas com aproximadamente 11 meses de idade, em dia de sol pleno, no período da tarde, e transportadas ainda com as folhas até o campus UEM-CAU. A preparação dos colmos para o tratamento foi iniciada com a retirada das folhas secas, seguida de uma seleção, descartando-se aqueles com sinais de injúrias e ataque de pragas. Após serem selecionados, os colmos ainda com as folhas do ponteiro foram colocados na posição vertical dentro de tambores contendo 10 L das soluções para tratamento. Essa quantidade de líquido foi suficiente para cobrir o primeiro nó e entrenó dos colmos.

Os colmos permaneceram dentro dos tambores por 18 horas, em ambiente coberto e arejado, sendo dessa forma o tratamento realizado via transpiração (Martins *et al.*, 2016). Após esse período, foram retirados e seccionados em mini-toletes com aproximadamente 3 cm, contendo apenas uma gema axilar. As primeiras gemas da região apical e da região basal foram descartadas, assim como as que apresentavam qualquer sinal de inviabilidade. Em seguida, os mini-toletes com gemas viáveis foram dispostos em bandejas com substrato vermiculita umedecido com água, envoltos por filme PVC e levados para câmara de germinação, regulada a 28 °C ± 3 °C e umidade relativa de 80% para a indução da brotação.

Após 12 dias na câmara de germinação, foram avaliados a porcentagem de brotação das gemas nos mini-toletes, os comprimentos e massas secas de parte aérea e raízes das

brotações. Para a avaliação de brotação, foram consideradas como gemas brotadas aquelas que apresentaram comprimento igual ou maior que 5 mm. Os comprimentos de parte aérea e raízes foram avaliados com régua milimetrada. Após a obtenção dessas medidas, a parte aérea e as raízes dos brotos foram retiradas dos mini-toletes, com auxílio de lâmina de corte descartável, e acondicionadas em sacos de papel que foram levados a estufa com circulação de ar a temperatura à 65 °C durante cinco dias. Em seguida, essas amostras foram pesadas em balança digital semi-analítica.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) por teste F ( $p \leq 0,05$ ), e quando significativo, as médias para regulador foram comparadas pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ), e as médias para dose submetidas a estudo de regressão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No resumo da análise de variância apresentado na Tabela 1, é possível observar que para o fator regulador vegetal, todas as variáveis foram significativas, enquanto para o fator dose, foram significativas para brotação, comprimento de raízes e massa seca de raízes das brotações. A interação entre fatores foi significativa para todas as variáveis, exceto para massa seca total das brotações.

15

**Tabela 1** - Resumo da análise de variância (ANOVA) com os dados obtidos para as variáveis brotação, comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raízes (CR), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raízes (MSR) e massa seca total (MST) dos mini-toletes de cana-de-açúcar tratados com reguladores vegetais auxina (AX), citocinina (CK) e giberelina (GA) nas doses zero, 25, 50, 75 e 100 mg L<sup>-1</sup>.

	Valor F					
	Brotação	CPA	CR	MSPA	MSR	MST
<b>Regulador (R)</b>	46,53**	61,04**	12,11**	93,49**	33,06**	11,53**
<b>Dose (D)</b>	7,06**	2,44 <sup>ns</sup>	2,73*	2,06 <sup>ns</sup>	5,39**	1,01 <sup>ns</sup>
<b>R x D</b>	3,37**	6,51**	2,53*	7,27**	2,67*	1,97 <sup>ns</sup>
<b>C.V. (%)</b>	13,6	19,93	9,42	15,38	14,11	11,56

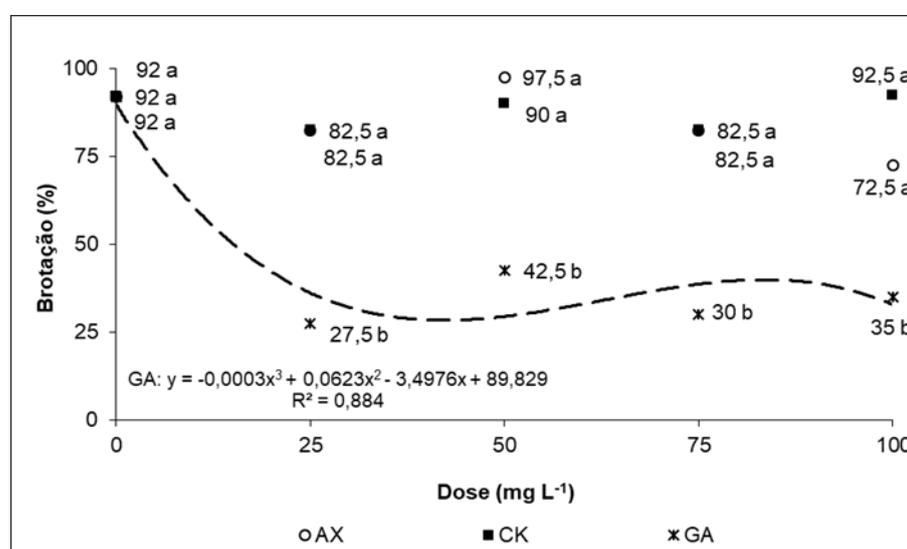
\*\* significativo a  $p \leq 0,01$ ; \* significativo a  $p \leq 0,05$ ; ns: não significativo a  $p \leq 0,05$ . C.V.: Coeficiente de variação.

Na Figura 1 estão apresentados os desdobramentos para a interação entre regulador vegetal e dose na brotação de gemas axilares presentes em mini-toletes de cana-de-açúcar. Nessa figura, pode-se observar que quando os colmos foram tratados com auxina ou citocinina, foram encontradas as maiores médias para porcentagem de brotação de gemas, semelhantes

para ambos os reguladores. Os colmos tratados com giberelina apresentaram médias de brotação menores, diferindo dos demais reguladores.

Apenas para as médias de brotação de gemas em mini-toletes de colmos com tratamento com o regulador vegetal giberelina foi significativo o estudo de regressão, com as médias ajustadas a uma equação polinomial de terceiro grau.

**Figura 1** - Porcentagem de brotação de gemas axilares em mini-toletes de cana-de-açúcar tratados com os reguladores vegetais auxina (AX), citocinina (CK) e giberelina (GA) nas doses zero, 25, 50, 75 e 100 mg L<sup>-1</sup>.



Médias seguidas de letras diferentes dentro de cada dose diferem por teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ).  
**Fonte:** próprio autor.

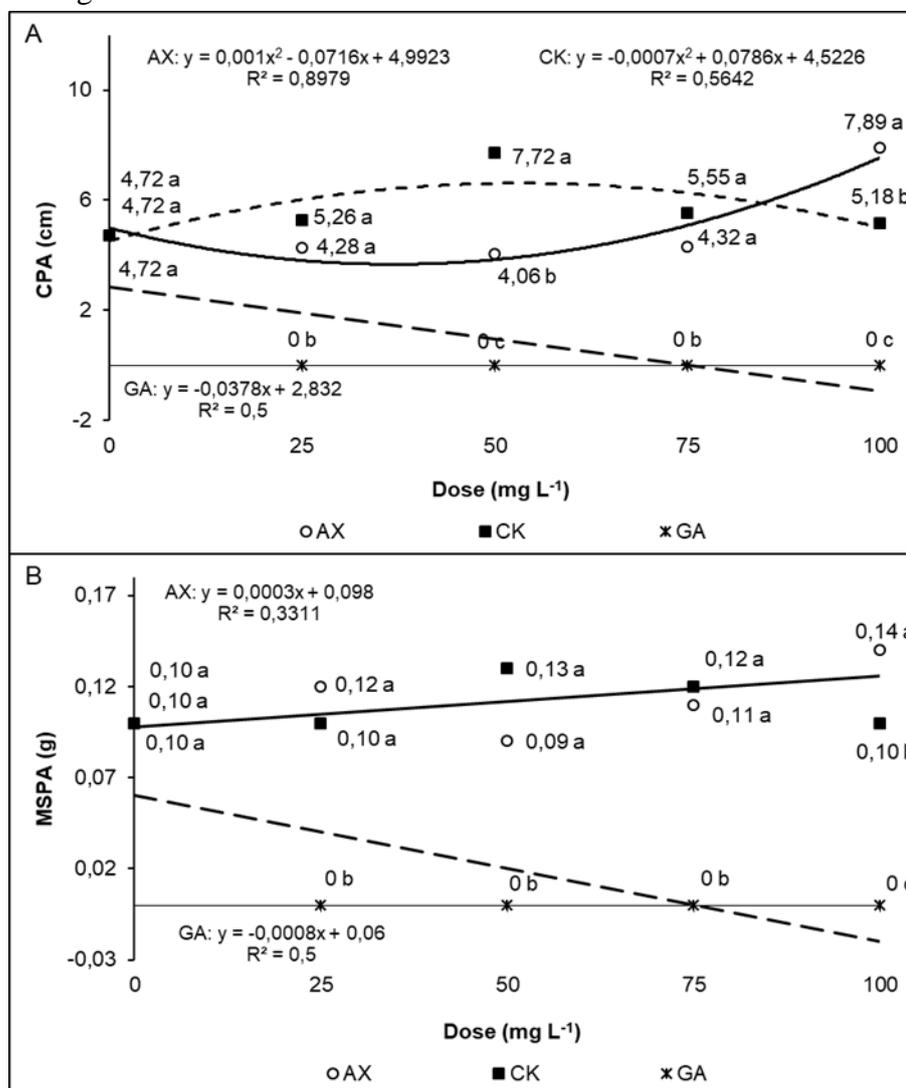
Os desdobramentos para as variáveis comprimento e massa seca de parte aérea estão apresentados na Figura 2. Para o comprimento de parte aérea (Figura 2A), de maneira geral, as maiores médias de comprimento foram obtidas nas brotações em mini-toletes de colmos tratados com auxina ou citocinina, as quais foram estatisticamente semelhantes. Nos mini-toletes de colmos tratados com giberelina, apesar das gemas apresentarem brotação, apresentaram crescimento de parte aérea nulo, diferindo dos demais reguladores.

Para os três reguladores vegetais, o estudo de regressão das médias de comprimento de parte aérea quanto às doses foram significativos. As médias de comprimento das brotações em mini-toletes de colmos tratados com auxina foram ajustadas à uma equação polinomial de segundo grau com ponto de menor crescimento na dose 35,8 mg L<sup>-1</sup>. Para as médias de comprimento das brotações em mini-toletes de colmos tratado com citocinina, também foi

significativo o ajuste a equação polinomial de segunda grau, com ponto de máximo crescimento das brotações na dose 56,1 mg L<sup>-1</sup>. Já para as brotações em mini-toletes de colmos tratados com giberelina, o ajuste foi significativo a uma equação linear decrescente, com redução do crescimento de parte aérea conforme o aumento da dose do regulador vegetal.

Assim como para o comprimento das brotações, o maior acúmulo de massa das brotações também ocorreu em mini-toletes de colmos tratados com auxina e citocinina (Figura 2B). Apenas para os tratamentos com os reguladores vegetais citocinina e giberelina tiveram ajustes de médias significativos para o estudo de regressão. Para citocinina, o ajuste encontrado foi linear crescente, onde ocorreu o maior acúmulo de massa das brotações conforme o aumento da dose de regulador vegetal, enquanto para giberelina, o ajuste encontrado foi linear decrescente, menor o acúmulo de massa das brotações conforme o aumento da dose de regulador vegetal.

**Figura 2** - Comprimento de parte aérea (CPA) e massa seca de parte aérea (MSPA) de brotações de gemas axilares em mini-toletes de cana-de-açúcar tratados com os reguladores vegetais auxina (AX), citocinina (CK) e giberelina (GA) nas doses zero, 25, 50, 75 e 100 mg L<sup>-1</sup>.



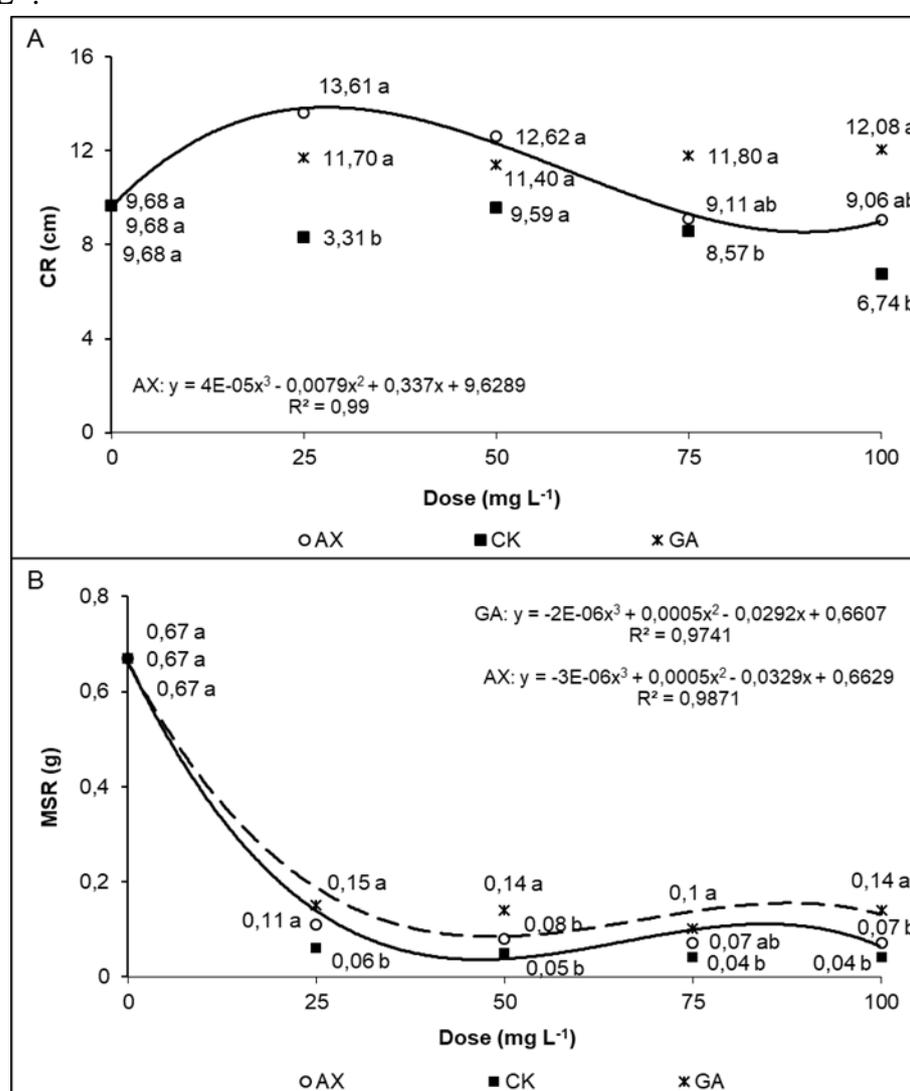
Médias seguidas de letras diferentes dentro de cada dose diferem por teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ). **Fonte:** próprio autor.

Os desdobramentos da interação entre regulador vegetal e dose para as variáveis comprimento de raízes e massa seca de raízes estão apresentados na Figura 3. Para o crescimento de raízes (Figura 3A), de maneira geral, as maiores médias foram obtidas em mini-toletes de colmos tratados com auxina ou giberelina, e as menores médias para os colmos tratados com citocinina, exceto nas doses zero e 50 mg L<sup>-1</sup>, onde o crescimento foi semelhante para os três reguladores vegetais.

Apenas as médias de comprimento de raízes em mini-toletes de colmos tratados com

o regulador vegetal auxina foram significativas para o estudo de regressão, sendo ajustadas a uma equação polinomial de terceiro grau. O acúmulo de massa nas raízes (Figura 3B), de maneira geral, foi maior em mini-toletes dos colmos tratados com giberelina. Tanto para as médias de acúmulo de massa de raízes em colmos tratados com auxina quanto nos tratados com giberelina, foi significativo o estudo de regressão, com ajustes de médias a equações polinomiais de terceiro grau.

**Figura 3** - Comprimento de raízes (CR) e massa seca de Raízes (MSR) de brotações de gemas axilares em mini-toletes de cana-de-açúcar tratados com os reguladores vegetais auxina (AX), citocinina (CK) e giberelina (GA) nas doses zero, 25, 50, 75 e 100 mg L<sup>-1</sup>.



Médias seguidas de letras diferentes dentro de cada dose diferem por teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ). **Fonte:** próprio autor.

O processo de propagação vegetativa da cana-de-açúcar envolve diversos fatores bióticos e abióticos até resultar na brotação das gemas, como a disponibilidade e o tipo de açúcares (reserva energética) presentes nos colmos, concentração de hormônios vegetais, atividade enzimática, cultivar, idade das plantas, disponibilidade hídrica, temperatura, condições do solo, nutrição mineral e sanidade das gemas (AUDE, 1993; LEITE *et al.*, 2009; LANDELL *et al.*, 2012; MANHÃES *et al.*, 2015; SOUSA *et al.*, 2020).

O hormônio vegetal auxina tem influência nos processos de divisão, alongamento e diferenciação celular (TEALE; POPONOV; PALME, 2006). Nas plantas de cana-de-açúcar é produzido em maior quantidade no meristema apical das plantas e distribuídos até a região da base (transporte polar), fenômeno conhecido por dominância apical (FAGAN *et al.*, 2015). A quantidade de auxina presente no colmo das plantas de cana-de-açúcar é suficiente para inibir a brotação das gemas axilares, no entanto, quando o ápice é retirado, ocorre um aumento no conteúdo de citocinina na região nodal para o estímulo de superação de dormência da gema e sua brotação (TANAKA *et al.*, 2006). Após a brotação, a gema inicia a sua produção de auxina (TAIZ; ZEIGER, 2013). Já As citocininas também são importantes para o processo de brotação, sendo um grupo hormonal que quando aplicada diretamente as gemas axilares estimula a divisão celular e a brotação, e interage diretamente com a auxina na divisão e diferenciação celular para a formação da parte aérea e raízes (TAIZ; ZEIGER, 2013; DE MARTIN *et al.*, 2017; KIEBER; SCHALLER, 2018; LI *et al.*, 2021).

20

No presente trabalho, a aplicação exógena desses dois reguladores (auxina e citocinina), independente da dose, não causou prejuízo ao processo de brotação das gemas axilares presentes nos mini-toletes de cana-de-açúcar, no entanto, exerceram influência no crescimento da parte aérea das brotações e de suas raízes.

O hormônio vegetal giberelina está intimamente ligado ao processo de germinação de sementes, atuando como ativador da síntese de enzimas hidrolíticas responsáveis pela degradação de reservas para o fornecimento de energia ao embrião no processo de crescimento (YAMAGUCHI, 2008; TAIZ; ZEIGER, 2013). No entanto, não parece ser um hormônio vegetal necessário à brotação das gemas axilares de cana-de-açúcar, como pode ser observado o efeito inibitório, resultando na baixa porcentagem de brotação em qualquer uma das doses de regulador aplicadas.

Os hormônios vegetais giberelina e citocinina atuam por diversas vezes de forma antagônica no metabolismo vegetal (WEISS; ORI, 2007). Alguns estudos demonstraram que

para o funcionamento normal do meristema apical da parte aérea é necessária a alta concentração de citocininas e baixa concentração de giberelinas, sendo esse equilíbrio regulado por meio da ação de proteínas que induzem a síntese de citoninas e a desativação das giberelinas (JASINSKI *et al.*, 2005; YANAI *et al.*, 2005). No entanto, Greenboim-Wainberg *et al.* (2005) demonstraram que as giberelinas também podem suprimir a ação das citocininas quando os níveis celulares aumentam. Como visto anteriormente, as citocininas têm papel importante na brotação de gemas axilares, e a aplicação exógena de giberelina provavelmente tenha suprimido a sua ação.

Os efeitos da auxina no crescimento e desenvolvimento das plantas é dependente do tipo e da concentração aplicada (TEALE; POPONOV; PALME, 2006). As menores doses de auxina aplicadas de forma exógena aparentam ser tóxicas ao desenvolvimento da parte aérea das brotações. Provavelmente, somadas ao conteúdo endógeno desse hormônio atingem uma concentração desfavorável aos tecidos. No entanto, com a aplicação de maiores doses o desenvolvimento das brotações volta a ser positivo, possivelmente pela ativação de um mecanismo de detoxificação. O catabolismo de auxina é um mecanismo presente nos vegetais, que tendem a degradar a forma ativa do hormônio excedente ou que já tenha desempenhado a sua função (TAIZ; ZEIGER, 2013).

21

Os resultados benéficos para o crescimento de parte aérea das brotações nos mini-toletes de colmos tratados com citocinina foram encontrados em doses baixas com pico em 56 mg L<sup>-1</sup>, e a partir disso, a aplicação tende a ser negativa ao desenvolvimento das brotações. As citocininas estimulam a divisão celular na presença adequada de auxina, e o crescimento da planta ocorre devido ao equilíbrio entre as auxinas produzidas no ápice da parte aérea e as citocininas produzidas no ápice das raízes (CAMPOS *et al.*, 2017; TAIZ *et al.*, 2017). Desse modo, na aplicação das maiores doses de citocinina, o conteúdo de auxina presente naturalmente nos mini-toletes deve ter ficado abaixo do ideal para a ocorrência do estímulo ao crescimento.

Além de seu efeito negativo para brotação, o tratamento de colmos de cana-de-açúcar com o regulador vegetal giberelina comprometeu o desenvolvimento de parte aérea dos brotos, apesar de ser conhecida a ação desse grupo hormonal para o alongamento de caules (YANG *et al.*, 1996), mas para que isso ocorra, também é essencial a presença de auxina AIA (ácido indol-3-acético) para a manutenção da biossíntese forma ativa de giberelina que atua no alongamento (ROSS *et al.*, 2000).

Nos mini-toletes de colmos de cana-de-açúcar tratados com auxina, as raízes tiveram maior desenvolvimento em baixas concentrações de auxina, assim como encontrado por Sousa *et al.* (2020), demonstrando a grande sensibilidade desse órgão à auxina, que em concentrações mais elevadas tem o crescimento inibido (FAGAN *et al.*, 2015). Já o menor crescimento de raízes nos mini-toletes tratados com citocinina ocorre, possivelmente, pelo fato de que as citocininas aumentam a taxa de diferenciação das células do meristema apical da raiz e promovem a mais rápida diferenciação das células em tecido vascular, causando a redução do número de células do meristema de crescimento (DELLO LOIO *et al.*, 2008).

Apesar do tratamento de colmos com giberelina ter efeito negativo para brotação e desenvolvimento de parte aérea dos brotos, mostrou-se benéfico para o desenvolvimento das raízes, pois também é um hormônio importante para o alongamento das células desse órgão (FU; HARBERD, 2003).

Dessa forma, a brotação das gemas axilares de cana-de-açúcar e o desenvolvimento dos brotos e raízes mostra-se bastante complexo, visto que é um processo biológico desempenhado pela interação entre os grupos hormonais e dependente da concentração ideal de cada um deles. Todavia, abrem-se oportunidades de estudos que avaliem a aplicação de combinações entre reguladores vegetais e a avaliação dos teores endógenos desses hormônios vegetais após o tratamento dos colmos para o melhor entendimento.

22

## **CONCLUSÕES**

A utilização de mini-toletes de cana-de-açúcar, nas condições experimentais, mostrou-se viável para propagação da cultura.

A brotação das gemas axilares presentes nos mini-toletes foi influenciada apenas pela aplicação do regulador vegetal giberelina, de forma negativa.

O crescimento da parte aérea das brotações e das raízes foi sensível aos três reguladores vegetais, e o estímulo ou inibição dependente da dose aplicada.

## **AGRADECIMENTOS**

À Usina Santa Teresinha pela disponibilidade em fornecer as plantas de cana-de-açúcar utilizadas no experimento.

À Fundação Araucária do Governo do Estado do Paraná pela concessão de bolsa de iniciação científica (PIBIC) ao primeiro autor.

## REFERÊNCIAS

- AUDE, M. I. S. Estádio de desenvolvimento da cana-de-açúcar e suas relações com a produtividade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.23, n.2, p.241-248, 1993. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84781993000200022>
- CAMPOS, J.A.; OLIVEIRA, N.J.F.; CHAMBA, J.S.V.; COLEN, F.; COSTA, C.A.; FILHO, A.S.S. Brotação de ora-pro-nóbis em substrato alternativo de casca de arroz carbonizada. **HOLOS**, Natal, v.7, p.148-167, 2017. <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2017.6424>
- CIVIERO, J. C.; FIORI-TUTIDA, A. C.; DAROS, E.; ALVES, M. J.; FIGUEIREDO, G.G. Crescimento inicial da cana-de-açúcar em função do tamanho do mini-rebolo e aplicação de bioestimulantes. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava, v.9, n.1, p.7-15, 2016. <http://dx.doi.org/10.5935/PAeT.V9.N1.01>
- DE MARTIN, M.S.; PETRI, J.L.; FENILI, C.L.; GABARDO, G.C. Quebra da dormência de macieiras 'Daiane' pelo uso do tidiazurom. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.16, n.2, p.81-87, 2017. <http://dx.doi.org/10.5965/223811711622017081>
- DELLO LOIO, R.; NAKAMURA, K.; MOUBAYIDIN, L.; PERILLI, S.; TANIGUCHI, M.; MORITA, M.T.; AOYAMA, T.; COSTANTINO, P.; SABATINI, S. A genetic framework for the control of cell division and differentiation in the root meristem. **Science**, Washington, v.322, p.1380-1384. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1164147>
- FAGAN, E.B.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D.; CALFUN JUNIOR, A.; DOURADO NETO, D. **Fisiologia Vegetal: Reguladores vegetais**. São Paulo: Andrei Editora, 2015. 300p.
- FERREIRA, M. M. R.; FERREIRA, L. H. Z.; BOLONHEZI, A. C. Reguladores vegetais aplicados no sulco de plantio em cultivares de cana -de-açúcar. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.14, n.2, p.59-64, mar/ago, 2013. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99535875001>
- FU, X.; HARBERD, N.P. Auxin promotes *Arabidopsis* root growth by modulating gibberellin response. **Nature**, [S.l.], v.421, p.740-743, 2003. <https://doi.org/10.1038/nature01387>
- GREENBOIM-WAINBERG, Y.; MAYMON, I.; BOROCHOV, R.; ALVAREZ, J.; OLSZEWSKI, N.; ORI, N.; ESHED, Y.; WEISS, D. Cross talk between gibberellin and cytokinin: the *Arabidopsis* GA-response inhibitor SPINDLY plays a positive role in cytokinin signaling. **Plant Cell**, [S.l.], v.17, p.92-102, 2005. <https://doi.org/10.1105/tpc.104.028472>
- JASINSKI, S.; PIAZZA, P.; CRAFT, J.; HAY, A.; WOOLLEY, L.; RIEU, I.; PHILLIPS, A.; HEDDEN, P.; TSIANTIS, M. KNOX action in *Arabidopsis* is mediated by coordinate regulation of cytokinin and gibberellin activities. **Curr Biol**, [S.l.], v.15, p.1560-1565, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2005.07.023>
- KIEBER, J.J.; SCHALLER, G.E. Cytokinin signaling in plant development. **Development**, Cambridge, v.145, n.4, 145, 2018. <http://dx.doi.org/10.1242/dev.149344>

LANDELL, M. G. A.; CAMPANA, M. P.; FIGUEIREDO, P. **Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas**. 1ª ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 2012. 16p.

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**, Santa Maria, v.39, n.3, p.718-725, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009000300014>

LI, Y.; HU, J.; XIAO, J.; GUO, G.; JEONG, B.R. Foliar Thidiazuron Promotes the Growth of Axillary Buds in Strawberry. **Agronomy**, [S.l.], v.11, n.3, 594. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030594>

MACEDO, W.R.; CASTRO, P.R.C. Biorreguladores, bioestimulantes e bioativadores na agricultura tropical. In: VISOTTO, L.E. et al. **Avanços Tecnológicos Aplicados à Pesquisa na Produção Vegetal**. 1ª Ed. Universidade Federal de Viçosa, 2015. p.506-530.

MANHÃES C.M.C.; GARCIA, R.F.; FRANCELINO, F.M.A.; FRANCELINO, H.O.; COELHO, F.C. Fatores que afetam a brotação e o perfilhamento da cana-de-açúcar. **Vértices**, Campos dos Goytacazes, v.17, n.1, p.163-181, 2015. <http://dx.doi.org/10.5935/1809-2667.20150011>

MARTINS, A.P.C.; ZUCARELI, V.; PASSOLONGO JÚNIOR, M.R.; SOUSA, B.T.; MINZON, P.R.S.; MARTIN, V.A. Uso da transpiração como veículo de aplicação de reguladores vegetais em gemas caulinares de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 67.. 2016, Vitória – ES. **Anais** [...]. Vitória, 2016.

MAY, A.; RAMOS, N. P. **Uso de gemas individualizadas de cana-de-açúcar para a produção de mudas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2019, 19p. (Circular Técnica 29).

RODRIGUES, J.D.; FIOREZE, S.L. Reguladores são, para muitos cultivos, indispensáveis ao alcance de bons níveis. **Revista Visão Agrícola**, Piracicaba, v.13, p.35-39, jul./dez. 2015.

ROSS, J.J.; O'NEILL, D.P.; SMITH, J.J.; KERCKHOFFS, L.H.J.; ELLIOTT, R.C. Evidence that auxin promotes gibberellin A<sub>1</sub> biosynthesis in pea. **The Plant Journal**, [S.l.], v.21, n.6, p.547-552, 2000. <https://doi.org/10.1046/j.1365-313x.2000.00702.x>

SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Livrocere, 2006. 415p.

SIMÃO, R. M.; CLEMENTE, J. M.; DUARTE, A. R.; SOUZA, A. R.; SANTOS, T. M.; MACHADO, M. G. Interferência do hormônio giberelina no desenvolvimento inicial da cultura da cana-de-açúcar. **Humanidades e Tecnologia (FINOM)**, Paracatu, v.18, n.1, p.1-7, 2019.

SOUSA, B.T.; ZUCARELI, V., MARTINS, A.P.C. Quantificação de açúcares totais e auxina no desenvolvimento inicial de mini-toletes de cana-de-açúcar. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v.16, n.3, p.94-103, 2020. <http://dx.doi.org/10.5747/ca.2020.v16.n3.a375>

TAIZ, L.; ZEIGER, E. (Org.). **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed. 2013. 918p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I.M.; MURPHY, A. (Org.). **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed. 2017. 888p.

TANAKA, M.; TAKEI, K.; KOJIMA, M.; SAKAKIBARA, H.; MORI, H. Auxin controls local cytokinin biosynthesis in the nodal stem in apical dominance. **The Plant Journal**, [S.l.], v.45, p.1028–

1036, 2006. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-313X.2006.02656.x>

TEALE, W.D.; PAPONOV, I.A.; PALME, K. Auxin in action: signalling, transport and the control of plant growth and development. **Nature reviews Molecular cell biology**, [S.l.], v.7, n.11, p.847-859, 2006. <http://dx.doi.org/10.1038/nrm2020>

THOMAS, A.L. **Desenvolvimento das plantas de batata, mandioca, fumo e cana-de-açúcar**. Porto Alegre: UFRGS, 2016. 76p.

WEISS, D.; ORI, N. Mechanisms of cross talk between gibberellin and other hormones. **Plant physiology**, [S.l.], v.144, n.3, p.1240-1246, 2007. <https://doi.org/10.1104/pp.107.100370>

YAMAGUCHI, S. Gibberellin metabolism and its regulation. **Annu Rev Plant Biol**, [S.l.], v.59, p.225-251, 2008. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092804>

YANAI, O.; SHANI, E.; DOLEZAL, K.; TARKOWSKI, P.; SABLowski, R.; SANDBERG, G.; SAMACH, A.; ORI, N. *Arabidopsis* KNOXI proteins activate cytokinin biosynthesis. **Curr Biol**, [S.l.], v.15, p.1566–1571, 2005.

YANG, T.; DAVIES, P.J.; REID, J.B. Genetic dissection of the relative roles of auxin and gibberellin in the regulation of stem elongation in intact light-grown peas. **Plant Physiology**, [S.l.], v.110, p.1029–1034, 1996.