

Influência de diferentes fontes de fósforo e tamanho do tolete no desenvolvimento da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*)

*Influence of different sources of phosphorus and stem size on the development of sugarcane (*Saccharum officinarum*)*

Diego Aparecido Carvalho Moreira¹*, Diogo Aristóteles Rodrigues Gonçalves¹

¹Centro Universitário do Planalto de Araxá, Av. Min. Olavo Drummond, 05, São Geraldo, CEP 38180-129, Araxá, MG, Brasil

*autor correspondente

✉ diegoacmoreira@gmail.com

RESUMO: A cana-de-açúcar é uma gramínea semiperene pertencente à família Poaceae, do gênero *Saccharum*, oriunda do sudeste da Ásia, a qual foi introduzida no Brasil pelos colonizadores portugueses. Evidencia-se entre as gramíneas tropicais como a planta de maior capacidade na produção de matéria seca e energia por unidade de área. A cana-de-açúcar possui múltipla utilização e uma enorme importância econômica no país, especialmente na produção de açúcar e etanol, por substituir, em grande escala, o combustível derivado do petróleo. A partir da cana-de-açúcar produz-se a rapadura, melado e aguardente, além de ser uma opção forrageira na alimentação de bovinos pelo fornecimento in natura ou na forma de silagem. Com o aumento na produção da cana-de-açúcar, há uma enorme necessidade de se estudar o manejo da adubação, principalmente do fósforo (P), pois é um dos nutrientes que mais limitam a produção nesse ecossistema. Outro estudo que vem sendo realizado, recentemente, é a utilização de minitoletes, visando aumentar a produção e reduzir custos. O experimento foi conduzido em Araxá (MG). O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 4x4, com 4 blocos. O plantio foi realizado em vasos com capacidade para 4 litros, a uma profundidade de 0,05 m. As 4 fontes de fósforo utilizadas foram: fosfato natural, superfosfato simples, superfosfato triplo e fosfato monoamônico (MAP), conforme recomendação de adubação em função da análise química do solo utilizado; os 4 tamanhos de toletes foram: 1 cm, 2 cm, 4 cm e 8 cm de comprimento. Foram avaliadas as seguintes variáveis: massa seca de raiz em gramas por planta, avaliadas aos 60 dias após o plantio (DAP); volume de raiz; massa seca de parte aérea em gramas por planta, avaliada aos 60 DAP. O presente trabalho mostrou que as fontes de fósforo, MAP e superfosfato simples proporcionaram maior volume de raiz às plantas, independentemente do tamanho do propágulo e da fonte de fósforo; quando utilizado o tolete de 8 cm no plantio as plantas apresentaram maior massa seca da parte aérea. Para massa seca de raiz, utilizando o tolete de 1 cm apresentou maior quantidade em gramas quando usado como fonte de fósforo o superfosfato simples; já no tolete de 8 cm o MAP apresentou maior massa, os demais não apresentaram diferenças significativas.

PALAVRAS-CHAVE: Fósforo, nutrição, propágulos, crescimento vegetativo.

ABSTRACT: Sugarcane is a semi-perennial grass belonging to the Poaceae family, of the genus *Saccharum*, originated from Southeast Asia, which was introduced in Brazil by Portuguese colonizers. It is noteworthy by being among tropical grasses as the plant with the highest development potency in the production of dry matter and energy per unit of area. Sugarcane has multiple uses and is of enormous economic importance in the country, especially in the production of sugar and ethanol, as it replaces, on a large scale, petroleum-derived fuel. Sugarcane is used to produce brown sugar, molasses and brandy, in addition to being a forage option in cattle feed, either in natura or in the form of silage. With the increase in sugarcane production, there is a huge need to study the management of fertilization, especially phosphorus (P), as it is one of the nutrients that most limits production in this ecosystem. Another study that has been carried out recently is the use of mini billets, aiming to increase production and reduce costs. The experiment was conducted in Araxá – in the State of Minas Gerais (MG). The experimental design used was randomized blocks in a 4x4 factorial scheme, consisting of 4 blocks. Planting was carried out in pots with a capacity of 04 liters, at a depth of 0.05 m. The 4 sources of phosphorus used were as following: rock phosphate; single superphosphate (SSP); triple superphosphate (TSP) and monoammonium phosphate (MAP). According to the fertilization recommendation as a function of the chemical analysis of the soil used, the 4 slug sizes were 1cm, 2cm, 4cm and 8cm of length. The following items were evaluated: root dry mass in grams per plant, evaluated 60 days after planting (DAP); root volume; aerial part dry mass (DM) in grams per plant, evaluated at 60 DAP. The present work showed that the sources of phosphorus, MAP and SSP had higher root volume, regardless of the size of the propagule. And regardless of the source of phosphorus used, the 8 cm stem size presented higher shoot dry mass. For root dry mass, the 1 cm piece had the highest amount in grams when simple superphosphate was used as a phosphorus source, whereas in the 8 cm piece the MAP had the greatest mass, the others did not show significant differences.

KEYWORDS: Phosphorus, nutrition, propagules, vegetative growth.

Introdução

A cana-de-açúcar, originária da espécie *Saccharum officinarum*, provém do território asiático, e essa cultura era semeada desde tempos ancestrais. Com o passar do tempo, outros espécimes foram produzidos com a ajuda de inovações tecnológicas, pois a planta original trazia diversas enfermidades (AGROBYTE, 2017).

Nas regiões de clima tropical, o cultivo da cana-de-açúcar é um dos mais importantes, pois, além dos produtos que gera, também proporciona diretamente milhares de empregos, apesar de promover uma alta convergência de renda. No Brasil a produção de cana-de-açúcar deve ficar em 592 milhões de toneladas na safra 2021/2022 (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2021). A região de Ribeirão Preto é detentora da área que mais produz essa cultura. A indústria canavieira se define especialmente pelo modelo latifundiário, pois muitas terras são deixadas nas mãos de poucos senhores de terra. Essa estrutura resulta em um temível êxodo do campo.

Normalmente, as avaliações de variedades das diferentes culturas estão baseadas na parte aérea das plantas. Embora seja a extensão, a distribuição e a atividade das raízes que determinam a quantidade de água e de nutrientes absorvidos, essenciais para o desenvolvimento das culturas, pouco do sistema radicular tem sido estudado, negligenciando a sua importância (VASCONCELOS; GARCIA, 2005). Na cana-de-açúcar o fósforo (P) tem grande importância no vigor do enraizamento e no perfilhamento (CLEMENTS, 1980; MALAVOLTA et al., 1967) e, portanto, na produtividade final.

Pela circunstância do fósforo mostrar grandes interações com os demais componentes do solo e principalmente pela sua importância para o desenvolvimento da cana-de-açúcar, dessa forma estudos desta natureza são cada vez mais necessários (TOMAZ, 2009).

Estudos do sistema radicular são de grande importância para a compreensão dos diversos fenômenos de desenvolvimento, mas exigem procedimentos criteriosos. Além de trabalhosos, os parâmetros radiculares são influenciados pela variabilidade físico-química do solo, dentre outros fatores (VASCONCELOS; CASAGRANDE; PERECIN, 2003).

A fase de brotação se dá desde a plantação até a formação da brotação das gemas. Em função das condições do solo, a brotação inicia de 7 a 10 dias e geralmente dura ao redor de 30-35 dias. Na cana, a brotação apresenta ativação e posteriormente florescimento da gema vegetativa. Fatores externos e internos influenciam a brotação da gema. Sendo os externos: umidade do solo, temperatura do solo e aeração. E os internos: saúde da gema, umidade do seto, redução do conteúdo de açúcar do seto e status do nutriente seto. A temperatura ideal para florescimento é ao redor de 28-30 °C. A temperatura básica para brotação é ao redor de 12 °C. Uma brotação rápida é assegurada pelo solo úmido e calor (TOMAZ, 2009). Sua multiplicação é realizada por meio do plantio de porções caulinares contendo em média 3 gemas. Essa prática exige grande quantidade de material vegetal, o que diminui o ganho dos agricultores. Em função dessa grande quantidade de material para o plantio são dificultadas algumas práticas no manejo da cultura, como por exemplo seu transporte e seu armazenamento.

Com a utilização de minitoletes, por outro lado com aproximadamente 1.200 a 1.500 quilos de minitoletes de 4 cm de comprimento, é possível fazer o plantio de um hectare, reduzindo assim a área plantada para propagação (ROYO; PITOMBEIRA, 2011). Métodos que reduzam o volume de material para multiplicação são imprescindíveis para incorporação de ganhos produtivos e o sucesso da lavoura de cana-de-açúcar (LANDELL et al., 2012).

O emprego de minitoletes envolvendo uma única gema representa uma opção ao plantio convencional. O plantio de minitoletes causa algumas limitações, relacionadas à baixa disponibilidade de reservas de nutrientes e de água, devido ao reduzido tamanho dos toletes (ARAUJO, 2016).

Assim as formas de se trabalhar no campo vêm se moldando às reais necessidades da agricultura brasileira, buscando eficiência e economia, se adequando às reais necessidades, quando se faz necessária a busca por métodos alternativos e pesquisas, provando sua eficácia ou não, que, além do aumento da produtividade e rentabilidade, sejam sustentáveis e agronomicamente corretas. Pensando nisso, o objetivo deste trabalho foi avaliar: massa seca da raiz, volume de raiz e massa seca da parte aérea, em diferentes fontes de fósforo e tamanho de toletes.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no município de Araxá (MG), com altitude de 973 m. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é cwa (clima temperado úmido com inverno seco e verão quente).

O plantio foi realizado em setembro de 2021, e as variáveis avaliadas 60 dias após o plantio.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 4x4, com 4 blocos. As 4 fontes de fósforo utilizadas foram: fosfato natural, superfosfato simples, superfosfato triplo e MAP, os 4 tamanhos de toletes foram: 1 cm, 2 cm, 4 cm e 8 cm. O plantio foi realizado em vasos com capacidade para 4 litros, a uma profundidade de 0,05 m.

Foi realizada amostragem do solo utilizado para análise química e física, cujos valores estão descritos no Quadro 1 e 2. A adubação de plantio foi determinada com base na necessidade da cultura, em complementação aos níveis de nutrientes já presentes no solo. Sendo assim, os tratamentos foram os seguintes: 1- 160,600 mg/dm³ de P₂O₅ utilizando fosfato natural na concentração de 6% de P₂O₅; 2- 44,610 mg/dm³ de P₂O₅ utilizando superfosfato simples na concentração de 18% de P₂O₅; 3- 18,250 mg/dm³ de P₂O₅ utilizando superfosfato triplo na concentração de 41% de P₂O₅; e no tratamento 4- 15,440 mg/dm³ de P₂O₅ utilizando MAP na concentração de 46% de P₂O₅.

Foram avaliadas as seguintes variáveis: massa seca de raiz em gramas por planta, avaliada aos 60 DAP. Para avaliar a massa seca de raiz e parte aérea foi utilizado um forno micro-ondas, foi colocado um béquer com a amostra, juntamente com um copo de água dentro do aparelho. A água evita que a amostra queime. Foi programado o aparelho para 3 minutos em potência máxima. Após os 3 minutos, a amostra foi retirada e revolvida com cuidado, evitando derrubar qualquer partícula fora do

Quadro 1. Análise química do solo.

| pH | P | K | Al | Ca | Mg | H + Al | SB | t | T | V | m |
|------------------|---------------------|------|------------------------------------|-----|-----|--------|-----|-----|-----|------|-----|
| H ₂ O | mg dm ⁻³ | | cmol _c dm ⁻³ | | | | % | | | | |
| 6,3 | 1,3 | 45,0 | 0,0 | 1,8 | 0,6 | 1,7 | 2,5 | 2,5 | 4,2 | 59,7 | 0,0 |

H₂O: Água; P: Fósforo; K: Potássio; Al: Alumínio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; H+Al: Acidez potencial; SB: Soma de bases; t: CTC efetiva; T: CTC a pH 7.0; V: Saturação por bases; m: Saturação por alumínio.

Quadro 2. Análise textural.

| Areia | Silte | Argila |
|-------|-------|--------|
| 43,0% | 26,0% | 31,0% |

béquer, isso para uniformizar a secagem. Depois a amostra foi pesada, utilizando uma balança de precisão, e colocada no micro-ondas por mais 2 minutos, em seguida foi retirada a amostra e pesada novamente. Foi colocada novamente no micro-ondas por 1 minuto e depois disso pesada. Após essa pesagem foram repetidos os ciclos de 30 segundos, pesando a amostra no fim de cada ciclo até que o peso estabilizasse, concluindo assim o processo.

Volume de raiz em litros por planta foi avaliado através da diferença do volume inicial do béquer contendo água e sua diferença com o volume final. Para avaliar o volume de raiz, utilizou-se um béquer contendo água, após verificar o volume de água no béquer colocou-se a raiz dentro do béquer e verificou-se novamente o volume de água, através da diferença do volume inicial do béquer contendo água e sua diferença com o volume final, pôde-se obter o volume da raiz.

Massa seca de parte aérea em gramas por planta, avaliada aos 60 DAP, utilizando-se da mesma metodologia para avaliação da massa seca de raiz.

Após a tabulação dos dados, foi realizada análise de variâncias, e as médias submetidas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade, com auxílio do software estatístico SISVAR.

Resultados e Discussões

Na Tabela 1, para volume de raiz, em diferentes tamanhos de toletes submetidos a diferentes fontes de fósforo, o MAP e o superfosfato simples se apresentaram como as melhores fontes de fósforo em detrimento do fosfato natural e o superfosfato triplo; com relação ao tamanho do propágulo, essa variável não apresentou significância pelo teste de Tukey a 0.05 de probabilidade.

A reserva do tolete de diferentes comprimentos influenciou significativamente as características do sistema radicular, segundo Civiero et al. (2014), que ainda identificaram semelhanças na massa seca do sistema radicular, observadas para as variáveis comprimento radicular, área superficial radicular e volume radicular, porém a pesquisa realizada com bioestimulante composto de auxina, giberelina e citocinina aplicado em minitoletes de duas cultivares de cana-de-açúcar (IAC-873396 e RB72454), realizado por Arévalo, Rossetto e Matta Júnior (2002). Observaram aumento da brotação para a cultivar RB72454, e embora não tenha promovido aumento do sistema radicular em nenhuma das variedades, esses autores ainda concluíram que

Tabela 1. Valores médios de volume (ml) da raiz das plantas de cana-de-açúcar tratadas com diferentes fontes de fósforo e tamanhos de toletes.

| FONTES DE P | 1 cm | 2 cm | 4 cm | 8 cm | Média geral | |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------------|-------|
| Fosfato natural | 7.50 | 15.00 | 16.25 | 20.75 | 14.88 | B |
| MAP | 27.50 | 25.00 | 22.50 | 33.75 | 27.19 | A |
| Superfosfato simples | 20.00 | 28.75 | 30.00 | 36.25 | 28.75 | A |
| Superfosfato triplo | 21.75 | 15.50 | 8.75 | 14.50 | 15.13 | B |
| DMS | | | | | | 9,26 |
| CV (%) | | | | | | 45,67 |

Letras iguais, maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0.05 de probabilidade. DMS: desvio médio significativo; CV: coeficiente de variação; MAP: fosfato monoamônico.

Tabela 2. Valores médios de massa seca da parte aérea (g) das plantas de cana-de-açúcar tratadas com diferentes fontes de fósforo e tamanhos de toletes.

| FONTES DE P | 1 cm | 2 cm | 4 cm | 8 cm | DMS |
|----------------------|---------|----------|---------|---------|-------|
| Fosfato natural | 1.57 Ab | 4.95 Aab | 5.77 Aa | 5.42 Aa | |
| MAP | 4.25 Aa | 4.38 Aa | 5.08 Aa | 6.57 Aa | |
| Superfosfato simples | 3.24 Aa | 5.74 Aa | 6.24 Aa | 6.70 Aa | 3,47 |
| Superfosfato triplo | 3.06 Ab | 3.38 Ab | 1.41 Bb | 8.24 Aa | |
| DMS | | | | | 3,47 |
| CV (%) | | | | | 38,75 |

Letras iguais, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0.05 de probabilidade.

a resposta desse produto foi dependente do cultivar estudado, o que corrobora o presente trabalho, encontraram diferenças respectivas a volume, devido às fontes de P e não influenciado pelo tamanho do tolete.

Para análise da massa seca da parte aérea (Tabela 2), podemos observar que para todas as fontes o tolete de 8 cm apresentou maior produção de massa seca, porém quando utilizado MAP e superfosfato simples, o tamanho do tolete não apresentou diferenças significativas; porém individualmente, dentro de cada tamanho de reserva nutricional disponibilizado para a gema, apenas o minitolete de 4 cm foi inferior com superfosfato triplo em relação às demais fontes, nutriente este que apresentou significativa melhoria apenas quando o tolete continha 8 cm de comprimento, em que o fosfato natural, mesmo sendo uma fonte insolúvel de fósforo, proporcionou condições para que a partir de 2 cm já obtivesse resultados significativamente melhores que em 1 cm.

Civiero et al. (2014) observaram aumento linear da massa seca da parte aérea de acordo com o aumento do tamanho da

Tabela 3. Valores médios de massa seca (g) da raiz das plantas de cana-de-açúcar tratadas com diferentes fontes de fósforo e tamanhos de toletes.

| FONTES DE P | 1cm | 2cm | 4cm | 8cm | DMS |
|----------------------|----------|---------|---------|----------|------|
| Fosfato natural | 1.13 Ca | 3.60 Aa | 4.18 Aa | 4.52 Ba | |
| MAP | 5.57 Bb | 5.53 Ab | 4.36 Ab | 11.07 Aa | |
| Superfosfato simples | 11.98 Aa | 6.58 Ab | 4.97 Ab | 5.30 Bb | 4,07 |
| Superfosfato triplo | 2.54 BCa | 4.43 Aa | 1.98 Aa | 3.38 Ba | |
| DMS | | | 4,07 | | |
| CV (%) | | | 42,60 | | |

Letras iguais, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0.05 de probabilidade.

reserva dos toletes. Apresentando os toletes com reserva de 0, 4, 8, 12 e 16 cm, a massa seca da parte aérea de 12,1; 22,9; 23,2; 24,4; e 32,0 g por touceira, respectivamente.

Para análise da massa seca da raiz, avaliada em gramas, como descrito na Tabela 3, pode ser observado que para os minitoletes de 2 e 4 cm não teve diferença significativa estatisticamente em função da fonte de P utilizada, porém para 1 cm o superfosfato simples foi o que apresentou maior massa seca da raiz, enquanto o fosfato natural como esperado foi aquele que apresentou menor desenvolvimento; já para o de 8 cm somente o MAP se destacou para a produção de massa seca; com relação aos diferentes tamanhos de toletes, o fosfato natural e superfosfato triplo não influenciaram significativamente, enquanto que para MAP e superfosfato simples houve um destaque para os toletes de 8 cm no MAP e os toletes de 1 cm para o superfosfato simples, sendo os que apresentaram maior massa seca de raiz.

Medina et al. (2002) observaram que quanto maior o enraizamento da planta, maior sua capacidade de explorar o solo e aproveitar os nutrientes e a água disponível. Dessa forma, o estímulo ocasionado ao sistema radicular pode ter contribuído ao maior desenvolvimento da parte aérea das plantas.

Sendo que conforme foi aumentando o tamanho da reserva, os efeitos desses biofertilizantes tenderam a diminuir, ou seja, a utilização desses produtos com os resultados encontrados indica que estes podem ser uma alternativa na compensação da diminuição da reserva do tolete. Pois ao analisarem os valores obtidos para a massa seca de raiz, com a utilização das substâncias húmicas para os minitoletes de menor tamanho, observa-se que estão próximos aos valores da testemunha com os minitoletes de maiores tamanhos (Civiero et al., 2014).

Conclusão

O presente trabalho mostrou que as fontes de fósforo, MAP e superfosfato simples apresentaram maior volume de raiz, independentemente do tamanho do propágulo. O tolete de 8 cm apresentou maior massa seca da parte aérea, independentemente da fonte de fósforo utilizada.

Para a massa seca de raiz o tolete de 1 cm apresentou maior quantidade em gramas quando utilizado como fonte de fósforo

o superfosfato simples; já no tolete de 8 cm o MAP foi o que apresentou maior massa, os demais não apresentaram diferenças significativas.

Referências

- AGROBYTE. **CANA-DE-AÇÚCAR**: historia. 2017. Disponível em: <http://www.agrobyte.com.br/cana.htm>. Acesso em: 16 dez. 2021.
- ARAUJO, S. H. C. **Mini-toletes de cana-de-açúcar**: gemas, biorreguladores, adubação nitrogenada e déficit hídrico. 2016. 83 f. Tese (Doutorado em Ciências)-Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11144/tde-17062016-095201/en.php>. Acesso em: 16 dez. 2021.
- ARÉVALO, R. A.; ROSSETTO, R.; MATTA JÚNIOR, J. P. Efeito de hormônios na brotação e crescimento inicial da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 8., 2002, Recife. **Anais...** Recife: STAB, 2002. p. 417-424.
- CIVIERO, J. C. et al. Aplicação de substância húmica e do aminoácido L-glutâmico em diferentes comprimentos da reserva nutricional de tolete de uma gema de cana-de-açúcar. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 37, n. 3, p. 340-347, 2014.
- CLEMENTS, H. F. **Sugarcane crop logging and crop control**: principles and practices. London: Pitman Publis, 1980. 520 p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Boletim da safra de cana de açúcar**: segundo levantamento, agosto 2021. Brasília, 2021. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 17 dez. 2021.
- LANDELL, M. G. A. et al. **Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas**. Campinas: IAC, 2012. 16 p. (Documentos IAC, 109).
- MALAVOLTA, E. et al. **Nutrição mineral de algumas culturas tropicais**. São Paulo: Livraria Pioneira; EDUSP, 1967. 251 p.
- MEDINA, C. C. et al. Crescimento radicular e produtividade de cana-de-açúcar em função de doses de vinhaça em fertirrigação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 23, n. 2, p. 179-184, 2002.
- ROYO, J.; PITOMBEIRA, K. Cana-de-açúcar: novo sistema de produção de cana-de-açúcar. **Jornal Dia de Campo**, Ribeirão Preto, 16 maio 2011. Disponível em: <http://diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=24306&secao=Pacotes Tecnológicos&c2=Cana-de-açucar>. Acesso em: 17 dez. 2021.
- TOMAZ, H. V. Q. **Fontes, doses e formas de aplicação de fósforo na cana-de-açúcar**. 2009. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciências)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-24022010.../Halan_Tomaz.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2021.
- VASCONCELOS, A. C. M.; CASAGRANDE, A. A.; PERECIN, D. Avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar por diferentes métodos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 849-858, 2003.
- VASCONCELOS, A. C. M.; GARCIA, J. C. **Cana-de-açúcar**: ambientes de produção. Desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar. Ribeirão Preto: IAC/Apta, 2005. 5 p. (Encarte Técnico, 110).