

Sensibilidade da cana-de-açúcar ao excesso de água no solo⁽¹⁾

Antonio Clarette Santiago Tavares⁽²⁾, Sergio Nascimento Duarte⁽³⁾, Nildo da Silva Dias⁽⁴⁾, Jarbas Honório de Miranda⁽⁵⁾, Kelly Tagianne Santos de Souza⁽⁶⁾, Francisco Dirceu Duarte Arraes⁽⁷⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP

⁽²⁾ Professor; Instituto Federal do Norte de Minas Gerais; ⁽³⁾ Professor; Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz'; Professor; ⁽⁴⁾ Universidade Federal Rural do Semi-Árido; Mossoró, RN; nildo@ufersa.edu.br; ⁽⁵⁾ Professor; Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz'; ⁽⁶⁾ Professora; Universidade Federal de Roraima; ⁽⁷⁾ Estudante de Doutorado; Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz'.

RESUMO: É de interesse agrônômico conhecer os mecanismos fisiológicos das plantas mesófitas sob aeração deficiente no solo. Portanto, com o objetivo de avaliar o efeito de velocidades de rebaixamento do nível freático (NF) na produção de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp, cultivar RB 867515), em três estádios de desenvolvimento de um ciclo de cana planta, desenvolveu-se um experimento, utilizando 64 lisímetros, em delineamento experimental de blocos casualizados, arranjado em um fatorial de (3 x 5 + 1) com 4 repetições, aplicando-se a inundação em 3 estádios de desenvolvimento (67, 210 e 300 Dias Após o Plantio - DAP), com 5 velocidades de rebaixamento do NF (3, 6, 9, 12 e 15 dias) e um tratamento testemunha (irrigação sem inundação). Foram avaliadas as massas verdes e secas: dos colmos, dos ponteiros e a total. Os resultados evidenciaram que não houve diferenças significativas entre as massas verdes e secas dos ponteiros da cana-planta cultivada sob inundação aos 210 e 305 DAP, sendo estas superiores às massas das plantas inundadas aos 67 DAP e irrigadas sem inundação.

Termos de indexação: Drenagem, Encharcamento, Nível freático.

INTRODUÇÃO

Em virtude do aumento da demanda por açúcar e etanol combustível, a área de plantio da cana-de-açúcar continua se expandindo no Brasil, com frequente aumento de produtividade. A cana-de-açúcar é a *commodity* agrícola que mais cresceu nos últimos anos no Brasil e sua área cultivada está aumentando acentuadamente em razão da sua utilização na produção de etanol e açúcar refinado, com valor econômico elevado (Galon et al., 2012).

No Brasil, existem expressivas áreas produtivas aptas para o cultivo da cana-de-açúcar, mas com problemas relacionados à deficiência natural de drenagem; dentre as quais se destacam as áreas de várzea, localizadas à meia encosta, aquelas sujeitas à temporária interferência do lençol

freático, aquelas situadas em topografia desfavorável, aquelas sujeitas ao acúmulo temporário de água proveniente do escoamento superficial, áreas com solos em recuperação e degradados pelo manejo inadequado e, ainda, as áreas em terras altas cujos solos são de estrutura ou textura que acarretem baixa capacidade de infiltração de água (Calheiros et al., 2000).

Para sanar a deficiência de drenagem natural e permitir o cultivo rentável da cana-de-açúcar com sustentabilidade, têm-se implantados sistemas de drenagem em várias áreas de cultivo dos Estados do Brasil, como São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Goiás e Zona da Mata dos Estados do Nordeste, entre outros. Entretanto, estes sistemas, em sua maioria, são projetados de forma empírica, ou seja, dimensionados com base na experiência prática do projetista, sem critérios técnicos racionais. Como a necessidade de drenagem artificial e o seu dimensionamento dependem das propriedades físico-hídricas e geométricas do perfil do solo, a adoção desse procedimento empírico é a principal causa do insucesso do cultivo da cana-de-açúcar nessas áreas com deficiência de drenagem (Mingoti et al., 2006).

A variabilidade do solo dificulta a adoção de valores representativos para as propriedades físico-hídricas e geométricas do perfil do solo, entretanto, este problema pode ser contornado com uma investigação de campo mais detalhada.

Pesquisas têm demonstrado que a sensibilidade da cana-de-açúcar ao excesso de umidade do solo depende, dentre outros fatores, do clima da região e do estágio fenológico em que o encharcamento ocorre. Assim, é necessário identificar o estágio mais restritivo e a velocidade média mínima de rebaixamento do lençol capaz de não comprometer a produtividade da cultura explorada, de forma que o sistema de drenagem possa ser dimensionado com segurança (Calheiros et al., 2000).

Deste modo, este trabalho tem o objetivo de avaliar a produção da cana-de-açúcar sob cultivo

inundado em diferentes velocidades rebaixamento do nível freático, em três estádios de desenvolvimento de um ciclo de cana planta.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados em ambiente protegido no Departamento de Engenharia Biosistemas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - USP, no município de Piracicaba-SP (22° 42' de latitude sul e 47° 38' de longitude oeste e altitude de 540 m).

O estudo consistiu em determinar a produção da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*, cultivar RB 867515) sob cultivo inundado e posterior rebaixamento do nível freático de 0,3 m nas velocidades de 3, 6, 9, 12 e 15 dias (V_1 , V_2 , V_3 , V_4 e V_5 , respectivamente). Além disso, adicionou-se um tratamento com irrigação convencional, sem inundação, de forma a obter valores oriundos de plantas não submetidas ao estresse (Testemunha).

A lâmina de inundação foi inicialmente mantida acima da superfície do solo em, aproximadamente, 2 cm por 12 horas e, após esse intervalo, o rebaixamento progressivo continuou até a drenagem total do lisímetro. O momento da inundação foi determinado pelos estádios de desenvolvimento das culturas, quais sejam: a) estágio vegetativo – aos 67 Dias Após o Plantio (DAP), quando as plantas estavam num estágio inicial de desenvolvimento, b) aos 210 DAP, quando o desenvolvimento do sistema radicular ainda se encontrava em ritmo lento e c) aos 300 DAP, estágio em que a cana-de-açúcar tem um desenvolvimento acelerado do seu sistema radicular - estágio próximo a data de colheita, podendo o estresse influenciar no valor qualitativo da produção.

Obtiveram-se, assim, as seguintes combinações: T_1 , P_1V_1 , P_1V_2 , P_1V_3 , P_1V_4 , P_1V_5 , T_2 , P_2V_1 , P_2V_2 , P_2V_3 , P_2V_4 , P_2V_5 , T_3 , P_3V_1 , P_3V_2 , P_3V_3 , P_3V_4 e P_3V_5 .

A cana-de-açúcar foi cultivada em 64 lisímetros, constituídos de tubulões de concreto impermeabilizados, com 1,2 m de altura e 0,5 m de diâmetro, com área uma plantada de 0,20 m² e volume útil de 240 litros, instalados na área experimental; os recipientes foram posicionados em 4 linhas de 16 tubulões e cada um desses recipientes representou uma parcela experimental.

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados, arranjado em um fatorial de [(3 x 5) + 1] x 4, ou seja, 3 estádios de desenvolvimento em que o encharcamento foi

aplicado, 5 velocidades de rebaixamento do NF e uma testemunha (com irrigação mas sem estresse por excesso de umidade), constituindo em 16 tratamentos com 4 repetições, totalizando 64 parcelas.

O material de solo utilizado no preenchimento dos lisímetros foi coletado em um perfil de um Latossolo Vermelho Amarelo, de textura franco-arenosa, presente no campus da ESALQ/USP, denominado Série Sertãozinho, retirado do seu perfil natural na profundidade de 0 a 0,50 m.

A cana foi irrigada ao longo do ciclo, exceto no período em que os tratamentos com inundação foram aplicados, garantindo que as diferenças obtidas fossem proporcionadas apenas pelo estresse por excesso de umidade (hipoxia). Após aplicados os tratamentos, rebaixou-se o NF até a 0,80 m da superfície do solo e a irrigação destas plantas recomeçava no momento em que o valor das leituras dos tensiômetros instalados a 0,30 m de profundidade nos lisímetros atingia o valor de 50 kPa.

A colheita da cana-planta foi realizada aos 340 DAP, sendo determinadas as variáveis de produção: massa verde dos colmos (MVC), massa seca dos colmos (MSC), massa verde dos ponteiros (MVP), massa seca dos ponteiros (MSP), massa verde total (MVT) e massa seca total (MST).

Os resultados foram interpretados por meio de análise de variância. Tendo em vista que os fatores empregados foram quantitativos e qualitativos, realizou-se o teste F conjuntamente com os testes de Tukey e Dunnett, em nível de 5% de probabilidade, para comparação da média entre os tratamentos e dos tratamentos como a testemunha, respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância, não houve efeitos significativo dos fatores velocidade de rebaixamento e do estágio de desenvolvimento sob as variáveis de produção da cana-de-açúcar, exceto para o fator estágio de desenvolvimento sob as variáveis massas verde e seca dos ponteiros. Além disso, houve efeito significativo da interação velocidade de rebaixamento x estágio de desenvolvimento para as variáveis massas verde e seca do colmo e, também para as massas verde e seca total. A massa seca dos colmos também não apresentou diferença significativa para o desdobramento da interação velocidade de rebaixamento x estágio de desenvolvimento. Os valores médios de massa seca de colmo obtidos com o rebaixamento de 0,3 m em 3, 6, 9, 12 e 15

dias foram 1,2; 1,1; 1,16; 1,08 e 1,11 kg, respectivamente.

A massa verde dos ponteiros está diretamente relacionada ao vigor vegetativo das plantas, números de folhas abertas, as presentes no cartucho e, conseqüentemente, a área foliar. A **Figura 1A** compara as médias de MVP entre os estádios de desenvolvimento e o tratamento testemunha (plantas que não sofreram inundação), por meio dos valores médios obtidos em cada período nos quais as plantas sofreram o estresse por excesso de umidade. A **Figura 1B** apresenta os valores médios de massa verde dos ponteiros para os diferentes tratamentos, resultantes da combinação entre o rebaixamento de 0,30 m em 3, 6, 9, 12 e 15 dias e os períodos que ocorreu o estresse por excesso de água no sistema radicular das plantas.

Observa-se que as médias de massa verde dos ponteiros foram superiores nas plantas de cana cultivadas sob inundação provocada aos 210 e 305 DAP, diferindo dos valores médios de massa verde das parcelas que sofreram estresse aos 67 e do tratamento testemunha. Analisando-se as médias da massa verde dos ponteiros para os diferentes tratamentos, verifica-se que o P₂V₄ com 1,64 kg diferiu significativamente dos valores médios encontrados nas parcelas com plantas testemunha e com os tratamentos P₁V₁ e P₁V₄, com 0,79; 0,70 e 0,76 kg, respectivamente. Entretanto, na grande maioria dos tratamentos, a massa verde dos ponteiros mostrou valores médios semelhantes estatisticamente.

Os efeitos da inundação do solo na parte aérea das plantas são geralmente atribuídos à inibição da expansão foliar e à redução do número de folhas, relacionada com abscisão foliar.

Esse mesmo efeito foi observado por Calheiros et al. (2000), trabalhando com trigo, também sob a condição encharcamento. Com base nesta constatação, pode-se inferir que, com o aumento da evapotranspiração, o sistema radicular já estaria fortemente afetado pela inundação das parcelas, limitado pelo NF a 0,3 m de profundidade, não conseguindo suprir a planta de forma conveniente, o que foi agravado pela temperatura.

Com relação à massa do ponteiro, para o fator velocidade de rebaixamento, o valor extremo de massa seca média dos ponteiros, foi de 0,32 kg, sendo que as plantas da testemunha contribuíram com uma massa seca de 0,23 kg. Os valores médios de massa seca dos ponteiros obtidos nas parcelas com as plantas da testemunha e dos diferentes períodos de avaliação são apresentados na **Figura 2A**. A **Figura 2B** apresenta os valores

médios de massa seca dos ponteiros para os diferentes tratamentos.

As respostas aos efeitos do encharcamento do solo são descritos na literatura para outras espécies (Davanso et al., 2002; Garcia et al., 2010), embora, muitas vezes, as adaptações fisiomorfológicas são suficientes para manter as plantas vivas e até mesmo produzindo. Desse modo, pode-se inferir que, comportamento das espécies aos efeitos do encharcamento depende, entre outros fatores, das características botânicas entre as espécies, ou seja, da sua tolerância ou sensibilidade à deficiência de oxigênio.

CONCLUSÕES

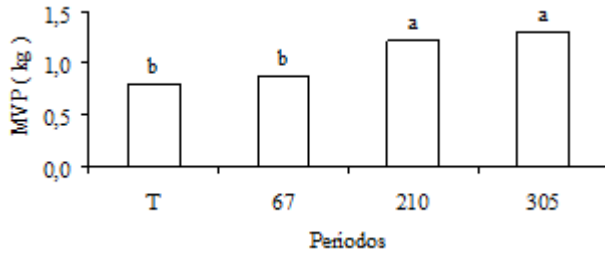
Não houve diferenças entre as massas verde e seca dos ponteiros da cana-planta para os períodos de estresse aplicados aos 210 e 305 DAP; entretanto estes foram superiores às massas das plantas inundadas aos 67 DAP e às irrigadas sem inundação.

Os estresses por encharcamento não foram suficientemente severos ao ponto de causar diferenças que permitissem estabelecer um critério de drenagem para a cana-de-açúcar, baseado na produção e seus componentes.

REFERÊNCIAS

- CALHEIROS, R. O. *et al.* Efeito do manejo do lençol freático na adaptação fisiomorfológica de duas espécies de trigo ao encharcamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 4:194-202, 2000.
- DAVANSO, V. M. *et al.* Photosynthesis, growth and development of *Tabebuia avellanadae* Lor. Ex. Griseb (Bignoniaceae) in flooded soil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 45:375-384, 2002.
- GALON, L. *et al.* Disponibilidade de macronutrientes em cultivares de cana-de-açúcar submetidas à competição com *Brachiaria brizantha*. *Ciência Rural*, 42:1372-1379, 2012.
- GARCIA, G. O. *et al.* Fator de susceptibilidade e produtividade da ervilha para diferentes alturas de lençol freático. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 5:265-271, 2010.
- MINGOTI, R. *et al.* Dimensionamento econômico de profundidades e espaçamentos de drenos para a produção de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 10:535-540, 2006.

A.



B.

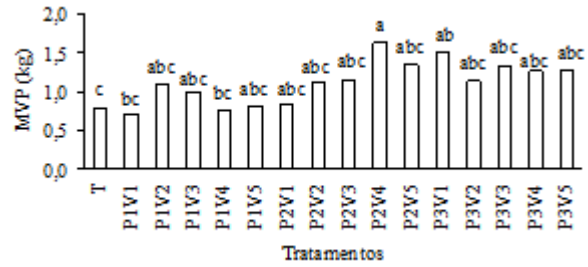
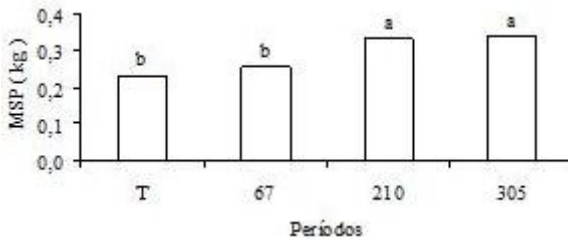


Figura 1 – Médias para a massa verde dos ponteiros dentro dos estádios de desenvolvimento (A) e massa verde dos ponteiros para a velocidade de inundação e estágio de desenvolvimento (B).

A.



B.

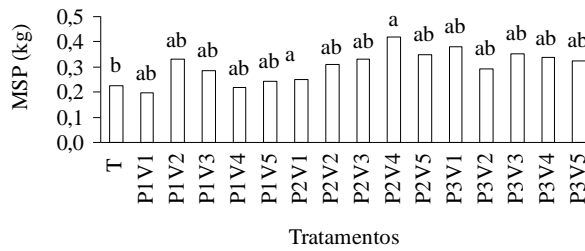


Figura 2 – Médias para a massa seca dos ponteiros dentro dos estádios de desenvolvimento (A) e massa seca dos ponteiros para a velocidade de inundação e estágio de desenvolvimento (B).