

Interferência do excesso de água no solo e componentes de produção em beterraba

Raimundo Nonato T Costa¹; José Paulino de Vasconcelos¹; Luís Antônio da Silva¹; Ricardo Luiz L Ness²

¹UFC-CCA, C. Postal 12.168, 60451-970 Fortaleza-CE; ²R. Silva Jardim 515, José Bonifácio, 60040-260 Fortaleza-CE; rntcosta@ufc.br

RESUMO

O experimento, realizado no Laboratório de Hidráulica e Irrigação da UFC, em Fortaleza, de julho a setembro de 2002, utilizou tanques de drenagem de nível freático constante para verificar a relação existente entre o Índice Diário de Estresse (IDS) e componentes de produção em beterraba, cultivar Early Wonder. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (0; 120; 180; 240 e 300 cm de soma de excesso de água no solo (SEW₃₀)), quatro repetições e parcelas de 48 plantas úteis. O coeficiente de suscetibilidade da cultura (SC) ao encharcamento foi calculado para o primeiro, segundo e terceiro estádios de desenvolvimento, submetendo-se as plantas a um encharcamento de quatro dias de duração com lençol freático à profundidade de 0,10 m, em cada um desses estádios. Avaliou-se o diâmetro médio do hipocótilo (DM), o comprimento da maior folha (CMF) e a produtividade (PT). Somente DM apresentou variação significativa em função do excesso de água, passando de 5,51 quando não houve estresse para 4,71 quando o estresse foi aplicado no último estágio de desenvolvimento. Os valores obtidos para SC para o primeiro, segundo e terceiro estádios de crescimento foram de 0,10; 0,16 e 0,28, respectivamente. O produto do valor ponderado de SC (0,17) juntamente com os respectivos valores de SEW₃₀ (0; 120; 180; 240 e 300 cm) permitiu calcular, para cada tratamento, os valores de índice diário de estresse (IDS), de 0; 20,4; 30,6; 40,8 e 51,0, respectivamente. Somente o tratamento com maior nível de estresse (lençol freático a 5 cm de profundidade) diferiu estatisticamente ($p < 0,05$) da testemunha sem estresse: DM passou de 5,51 na testemunha para 4,00; CMF foi reduzido 43,35 para 26,10 e; a produtividade caiu de 40,4 para 15,8 t ha⁻¹. A estimativa de IDS que produziu os maiores valores para produtividade (41,8 t ha⁻¹) foi de 12,8 cm, obtida através de regressão quadrática ($r^2 = 0,87$).

Palavras-chave: *Beta vulgaris* L., índice diário de estresse, soma do excesso de água.

ABSTRACT

Effect of excess of water on sugarbeet yield components

The experiment was conducted in a laboratory at the Federal University of Ceara, in Fortaleza, Ceara State, Brazil, from July to September 2002. Constant water table depth drainage tanks were used to study the relationship between the Stress Daily Index (SDI) and sugarbeet yield (cultivar Early Wonder). The experimental design was completely randomized with five treatments in four replications using 48-useful plant plots. Treatments consisted of 0; 120; 180; 240 and 300 cm as the total of excess water (SEW₃₀). The crop flooding susceptibility coefficient (SC) was calculated for the first, second and third development stage. Plants were submitted to a four-day flooding period by raising the water depth up to 0.10 m, at each stage. The root mean diameter (DM) was evaluated as well as the length of the largest leaf (CMF) and the productivity (PT). Only DM presented significant variation as a result of soil water excess, varying from 5.51 without stress to 4.71 when the stress was applied at the last stage. The values of SC obtained for the first, the second and the third development stages were 0.10, 0.16 and 0.28, respectively. The weighted value of SC (0.17) associated with the respective values of SEW (0; 120; 180; 240 and 300 cm) allowed us to calculate values of stress daily index (SDI), for each treatment: 0; 20.4; 30.6; 40.8 and 51.0, respectively. Only the treatment with highest stress level treatment (water table at 5 cm) presented statistical difference ($p < 0.05$). DM varied from 5.51 to 4.00, while CMF was reduced from 43.35 to 26.10, and the productivity dropped from 40.4 to 15.8 t ha⁻¹. The estimate of SDI that produced the highest value of productivity (41.8 t ha⁻¹) was 12.8 cm, based on quadratic regression ($r^2 = 0.87$).

Keywords: *Beta vulgaris* L., stress day index, sum excess water.

(Recebido para publicação em 17 de dezembro de 2006; aceito em 22 de fevereiro de 2008)

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) apresenta elevado consumo no mundo, ocupando lugar de destaque entre as hortaliças, principalmente pelo seu valor nutritivo para o organismo humano, sendo fonte de sódio, ferro e vitamina A (Ferreira & Tivelli, 1989). A beterraba é uma hortaliça de clima frio e plenamente adaptada a regiões onde o inverno se caracteriza por um longo período livre de temperatura e umidade extremas. O

desenvolvimento recente de cultivares mais adaptadas às condições de verão, como por exemplo a cultivar "Itapuã 202 de Verão", têm contribuído para um grande aumento na produção nacional desta hortaliça, antes julgada imprópria para o cultivo comercial no Brasil nas épocas mais quentes, exceto em regiões de elevadas altitudes (ISLA, 2002).

No Estado do Ceará, as várzeas do Baixo Jaguaribe apresentam um grande

potencial de solos propícios ao cultivo de beterraba, tanto no aspecto de área disponível, quanto de fertilidade de solo. Dessa forma, informações de suscetibilidade por excesso de água, assumem importância como ferramenta para o cálculo do espaçamento entre drenos e para a determinação do calendário de cultivo. A drenagem torna-se necessária para a produção de beterraba nos solos de várzeas para evitar o

encharcamento na superfície do solo, quando o lençol freático atinge a zona radicular do cultivo. Conforme Bouwer (1974), uma das maiores limitações aos projetos de drenagem tem sido a ausência de coeficientes que representem os requerimentos de drenagem das diversas culturas sob condições locais. O SEW_{30} (somatório dos excedentes de água acima de 0,30 m de profundidade) e o IDS (índice diário de estresse) têm sido utilizados para relacionar a redução na produtividade com a ocorrência de flutuação do lençol freático acima de um nível crítico. Este trabalho teve por objetivo determinar as relações existentes entre os índices SEW_{30} e IDS e componentes de produção em beterraba.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado de julho a setembro de 2002 no Laboratório de Hidráulica e Irrigação da Universidade Federal do Ceará, em um conjunto de oito tanques de drenagem, tendo cada tanque as dimensões: 1,5 m de largura x 2,0 m de comprimento x 1,5 m de profundidade. Os tanques são dotados de sistema de drenagem interna e abastecimento de água individual por meio de um reservatório elevado situado ao lado dos mesmos, contendo um sistema de bóia para regular a altura máxima da água no reservatório.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram em cinco profundidades do lençol freático em relação à superfície do solo, posicionadas a intervalos de dez dias e com duração de três dias. A unidade experimental foi constituída por quatro fileiras centrais de plantio em cada um dos tanques, desprezando-se as duas fileiras junto às bordas e a primeira e a última planta de cada fileira, permanecendo, portanto, 12 plantas por fileira, e 48 plantas úteis por unidade experimental. O solo utilizado como substrato nos tanques de drenagem foi do tipo luvissole.

Os tratamentos foram assim constituídos: 1) $SEW_{30} = 0$ cm (lençol freático a 30 cm da superfície do solo); 2) $SEW_{30} = 120$ cm (lençol freático a 20 cm da superfície do solo); 3) $SEW_{30} = 180$ cm

(lençol freático a 15 cm da superfície do solo), 4) $SEW_{30} = 240$ cm (lençol freático a 10 cm da superfície do solo), 5) $SEW_{30} = 300$ cm (lençol freático a 5 cm da superfície do solo). Os tratamentos consistiram em quatro elevações do lençol freático, realizadas de dez em dez dias e com duração de três dias.

Os valores de SEW_{30} , acima mencionados, foram determinados com a utilização da seguinte equação:

$$SEW_P = \sum_{j=1}^m (P - X_j), \text{ em que:}$$

SEW_P = somatório dos excedentes de água acima da profundidade p , em cm; P = profundidade crítica do lençol freático, cm; X_j = profundidade do lençol freático durante o dia j , cm; m = número de dias da estação de crescimento.

Adaptou-se um tubo de PVC soldável de 25 mm de diâmetro junto à parte externa de cada um dos tanques, com sistema de comunicação com o interior dos mesmos através de sua base. Em cinco tanques de drenagem, colocaram-se saídas de água a 5; 10; 15; 20 e 30 cm de profundidade em relação ao nível do solo nos respectivos tanques, com a finalidade de obter as condições necessárias para aplicar os tratamentos. Nos outros três tanques de drenagem, as saídas de água foram colocadas a 10 cm de profundidade, para a determinação dos coeficientes de suscetibilidade da cultura no primeiro, segundo e terceiro estádios de desenvolvimento.

As elevações e rebaixamentos dos níveis freáticos foram realizados abrindo-se o registro de cada tanque até o nível freático atingir a profundidade de 30 cm para todos os tratamentos, com acompanhamento simultâneo através de um poço de observação localizado no interior de cada tanque. Ao iniciar os tratamentos para elevação de níveis freáticos às profundidades de 5; 10; 15 e 20 cm, abriam-se os registros dos respectivos tanques, fechavam-se as saídas de água a 30 cm de profundidade e acompanhava-se a subida do nível freático até que ocorresse drenagem de água pelos tubos de saída. Simultaneamente realizava-se acompanhamento do nível do lençol freático através de um poço de observação. Durante os três dias

de duração de cada tratamento os níveis freáticos eram monitorados ao longo do dia com o propósito de restabelecer o nível freático quando necessário.

Para determinação do fator de suscetibilidade ao excesso de água, os estádios de desenvolvimento da cultura foram assim considerados: estágio I = da germinação até o início da formação da "raiz" (hipocótilo) e aproximadamente 15% de cobertura do solo; 30 dias (de 17/07 a 15/08), estágio II = final do estágio I até a formação completa do hipocótilo e aproximadamente 90% de cobertura do solo; 24 dias (de 16/08 a 08/09) e estágio III = final do estágio II até a colheita: 21 dias (de 09 a 29/09), totalizando um ciclo de 81 dias. No cálculo do coeficiente de suscetibilidade em cada estágio de crescimento, utilizaram-se três tanques, onde a cultura foi submetida ao encharcamento da zona radicular. Durante quatro dias o lençol foi mantido a 0,10 m de profundidade em cada um dos três estádios de crescimento. Ao final dos quatro dias, o lençol era rebaixado para o nível de 0,30 m de profundidade. O fator de suscetibilidade da cultura em cada estágio de crescimento foi determinado em função das produtividades, sem estresse (testemunha) e com estresse imposto em cada um dos estádios, utilizando-se a equação:

$$SC = \frac{Y_0 - Y_i}{Y_0}, \text{ sendo:}$$

Y_0 = produtividade da cultura sem estresse; Y_i = produtividade da cultura sob condições de estresse no estágio i .

A semeadura foi realizada manualmente no local definitivo em 10/07/02, em sulcos com profundidade de 1-2 cm. Entre as linhas, o espaçamento foi de 0,20 m, orientado no menor comprimento do tanque, em um total de seis por unidade experimental. Utilizou-se a cultivar Early Wonder, uma das mais cultivadas no Nordeste brasileiro. A adubação de plantio constou de 20 L de esterco bovino curtido, 60 g de sulfato de amônia, 360 g de superfosfato simples e 40 g de cloreto de potássio em cada tanque de 3,0 m², em conformidade com a análise de solo.

A emergência teve início três dias após a semeadura. Durante este período

foram realizadas, diariamente, duas irrigações com a finalidade de manter o solo úmido, de modo a evitar a formação de crostas na superfície que poderiam comprometer a germinação e a emergência das plântulas. O desbaste teve início 12 dias após a semeadura, quando aproximadamente 80% das plantas se encontravam com dois pares de folhas definitivas e teve continuidade por vários dias até obter-se um espaçamento de 0,10 m entre plantas. Neste período realizou-se, também, o replantio. A primeira adubação em cobertura foi realizada 21 dias após a semeadura, utilizando 33 g m⁻² de área plantada de sulfato de amônia. A segunda aplicação em cobertura ocorreu 25 dias após, à base de 22 e 5 g m⁻² de área plantada de respectivamente sulfato de amônia e cloreto de potássio por metro quadrado. O controle de ervas daninhas foi realizado de forma manual e diariamente sempre que necessário. A diferenciação entre tratamentos teve início 30 dias após a semeadura.

O controle de pragas foi realizado mediante uma aplicação de abamectin, na dose 1cc L⁻¹ de água de produto comercial. Foi feita também uma aplicação de Metamidofós, na mesma dose. Ambos os produtos foram aplicados via água de irrigação. O controle de fungos causadores do tombamento foi realizado com uma única aplicação do fungicida Benomil na dose de 0,6 g m⁻² de produto comercial, diluído e aplicado via água de irrigação aos sete dias após a semeadura.

A colheita foi realizada manualmente, 12 dias após o término da aplicação dos tratamentos, quando a cultura apresentou ponto ideal de colheita. As plantas colhidas em cada unidade experimental foram acondicionadas em sacos plásticos, devidamente etiquetadas e conduzidas imediatamente às dependências do laboratório, sendo lavadas manualmente em água corrente. Após a operação de lavagem, a parte aérea foi cortada rente à parte superior do hipocótilo. Foram cortadas também a raiz pivotante e as radículas. Em seguida, mediou-se o comprimento da maior folha. A massa seca das raízes e da parte aérea foi obtida pelo método da secagem a 65°C até peso constante, em estufa de circulação de ar forçada. Após a

Tabela 1. Diâmetro médio de raízes, comprimento da maior folha e produtividade de beterraba em função do estresse por excesso de água em cada estágio de desenvolvimento da cultura (average root diameter, length of largest leaf and yield of sugarbeet as a function of water excess in each crop development stage). Fortaleza, UFC, 2002.

Período de elevação do lençol freático	DM ¹ (cm)	CMF ² (cm)	PT ³ (cm)
Sem estresse (testemunha)	5,51 a	43,35 ns	40,38 ns
1º Estádio	5,10 ab	41,20 ns	36,60 ns
2º Estádio	5,11 ab	45,50 ns	34,21 ns
3º Estádio	4,71 b	41,30 ns	29,39 ns

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si, Tukey 5% (means followed by the same letter in the columns did not differ from each other, Tukey 5%)

¹DM = diâmetro médio das raízes (average root diameter); ²CMF = comprimento da maior folha (longest leaf length); ³PT = produtividade (yield).

secagem, as raízes foram pesadas em balança de precisão de 0,01 g, para determinar a produção total correspondente aos diferentes tratamentos.

Analysaram-se a produtividade, o diâmetro do hipocótilo e o comprimento da maior folha. No cálculo da produtividade levou-se em consideração o número de falhas da parcela experimental, sendo realizada a correção do peso de campo conforme metodologia proposta por Zuber (1942), de acordo com a expressão:

$$PCC = PC \cdot \frac{T - 0,3.F}{T - F}, \text{ sendo:}$$

PCC= peso de campo corrigido (g); PC= peso de campo (g); T= número total de plantas por subparcela, na área útil; F= número de plantas perdidas por subparcela, na área útil.

Os dados obtidos foram tratados estatisticamente, utilizando-se análise de regressão para determinar a relação entre o índice diário de estresse (IDS) e os componentes de produção. O IDS é o resultado do produto entre o SEW e o fator de sensibilidade da cultura ao excesso de água (SC) para cada estágio de desenvolvimento da cultura. Neste caso os coeficientes de regressão foram testados a 5% de probabilidade pelo teste F e, o rendimento total, no caso do fator de suscetibilidade para cada estágio da cultura (SC), utilizando-se o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comprimento da maior folha e a produtividade não apresentaram diferença estatística significativa pelo estresse

de excesso de água imposto à cultura nos três estádios de desenvolvimento (Tabela 1). Já o diâmetro médio das raízes apresentou decréscimo à medida que o estresse por excesso de água era aplicado em plantas com estágio de desenvolvimento mais avançado. Estes decréscimos foram estatisticamente significativos em nível de 0,03% de probabilidade. No 3º estágio, o diâmetro médio das raízes submetidas ao excesso de água foi significativamente menor que no tratamento testemunha.

Os valores obtidos para o fator de suscetibilidade (SC) para o primeiro, segundo e terceiro estádios de crescimento foram de 0,10; 0,16 e 0,28, respectivamente. Para os tratamentos, utilizou-se um fator de suscetibilidade (SC) ponderado em função da duração de cada estágio (0,17) para o cálculo dos índices diários de estresse. A cultura demonstrou ser mais sensível ao encharcamento no terceiro estágio, se comparado ao primeiro e ao segundo estádios de desenvolvimento. A queda de rendimento no terceiro estágio em relação ao tratamento sem nível de estresse, embora não significativa foi da ordem de 27,2%.

O produto do valor ponderado de SC (0,17) juntamente com os respectivos valores de SEW₃₀ (0; 120; 180; 240 e 300 cm) permitiu calcular, para cada tratamento, os valores de índice diário de estresse (IDS), de 0; 20,4; 30,6; 40,8 e 51,0, respectivamente. As análises relativas ao teste de Tukey indicaram que, somente, o tratamento com maior nível de estresse diferiu estatisticamente ao nível de significância de 5%, se comparado ao tratamento testemunha. Tal fato

sugere alto grau de resistência dos componentes de produção analisadas na cultura aos níveis de estresse impostos no experimento. Porém, o nível de estresse imposto pelo tratamento T₅ = 300 cm, com o lençol freático a 5 cm de profundidade da superfície, reduziu de forma significativa os valores médios das variáveis-resposta diâmetro médio das raízes, comprimento da maior folha e produtividade, face a redução no volume de solo com poros drenados explorado pelas plantas (Tabela 2).

Ao longo do ciclo da cultura não foi observada diferença na coloração, no formato e no comprimento da folhagem, exceto para o tratamento SEW₃₀ = 300 cm que apresentou uma folhagem pequena e de coloração um pouco amarelada, por ter sido submetido ao maior estresse hídrico. Ao se comparar o nível de rendimento do tratamento com maior estresse por excesso de água e o tratamento testemunha, verifica-se uma queda no rendimento de 61%. De acordo com Sieben (1964), citado por Bengtson *et al.* (1984), a produtividade da maioria das culturas começa a decrescer quando os valores de SEW₃₀ situam-se entre 1,00 e 2,00 m. Os rendimentos obtidos com a cultura da beterraba demonstraram, no entanto, que embora tenham apresentado quedas com o incremento do nível de estresse, tais decréscimos ainda se mostraram inferiores a 20% quando o SEW₃₀ foi inferior a 0,24 m. Tendo em vista que o rendimento da cultura é a variável mais importante dentre todas as analisadas, aliado ao fato de o IDS também ser uma variável quantitativa, foram realizadas análises de regressão para verificar a relação entre essas duas variáveis.

Dentre os modelos avaliados (linear, potencial e polinomial), a função quadrática foi a que melhor se ajustou, apresentando o maior coeficiente de determinação ($r^2 = 0,87$), a maior significância no teste F e a menor percentagem de erro ao aceitar-se este modelo para explicar o comportamento entre referidas variáveis. Em base a relação funcional de melhor ajuste entre a produtividade e o índice diário de estresse (IDS), tem-se uma produtividade máxima estimada de 41,8 t ha⁻¹, obtida com um IDS de 12,8 cm (Figura 1).

Tabela 2. Diâmetro médio das raízes, comprimento da maior folha e produtividade para os tratamentos em função do índice diário de estresse (average root diameter, length of largest leaf and yield of sugarbeet as a function of daily stress index). Fortaleza, UFC, 2002.

Tratamentos	IDS ¹ (cm)	DM ² (cm)	CMF ³ (cm)	PT ⁴ (cm)
T1	0,0	5,51 a	43,35 a	40,4 a
T2	20,4	5,21 a	44,35 a	35,9 a
T3	30,6	5,49 a	44,25 a	39,3 a
T4	40,8	4,98 ab	44,48 a	32,5 a
T5	51,0	4,00 b	26,10 b	15,8 b

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si, Tukey 5% (means followed by the same letter in the columns did not differ from each other, Tukey, 5%)

¹IDS= índice diário de estresse (daily stress index); ²DM= diâmetro médio das raízes (average root diameter); ³CMF= comprimento da maior folha (longest leaf length); ⁴PT= produtividade (yield) T1, T2, T3, T4 e T5= lençol freático a 30; 20;15; 10 e 5 cm da superfície do solo, respectivamente.

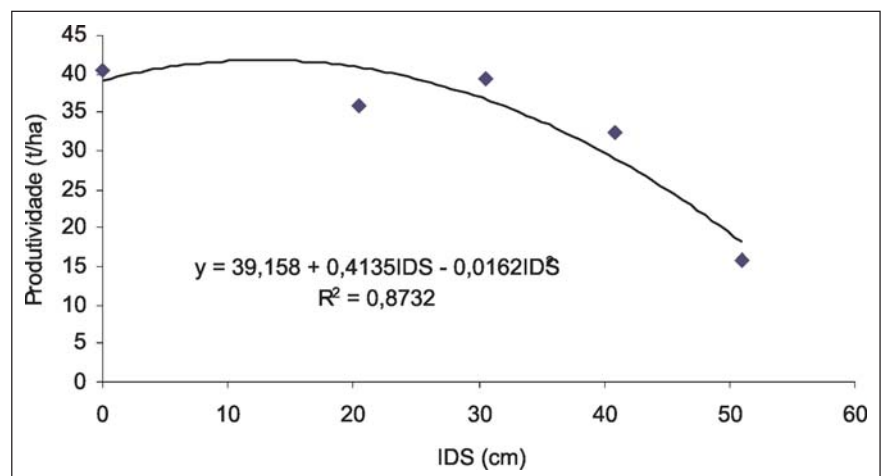


Figura 1. Produtividade da beterraba em função do IDS (índice diário de estresse) (yield of sugarbeet depending on IDS (daily stress index)). Fortaleza, UFC, 2002.

Considerando o nível de estresse de excesso de água utilizado no estudo, a beterraba demonstrou ser mais sensível ao encharcamento no terceiro estágio, se comparado ao primeiro e segundo estágios de desenvolvimento. A queda de rendimento no terceiro estágio, se comparado ao tratamento sem nível de estresse foi da ordem de 27,2%.

REFERÊNCIAS

AHMADN; KANWARRS. 1989. Crop susceptibility factors of corn and their effect on stress day index. *Transactions of the ASAE* 32: 1979.

BENGTSON RL; CARTER CE; McDANIEL V; HALVERSON BE. 1984. Corn silage responses to subsurface drainage on alluvial soil. *Transactions of the ASAE* 30: 1391-1395.

BOUWER H. 1974. Developing drainage design. In: Van Schilfgaarde, J. ed. *Drainage for agriculture. American Society of Agronomy* 17: 67-79.

CHENG SS. 1977. Comportamento de doze cultivares de cenoura na baixada do Sul de Minas Gerais. In: Projeto Olericultura; Relatório Anual 73/74. Belo Horizonte, EPAMIG, p.105-107.

FERREIRA MD; TIVELLI SW. 1989. Cultura da beterraba: recomendações gerais. Guaxupé, Cooxupé, 14p. (Boletim Técnico, 2).

ISLA. 2002. Disponível em: http://isla.com.br/cgi-bin/detalhe_plantio.cgi?id=70.

PINTO CMF; FONTES PCF; ROCHADM. 1987. Utilização das várzeas com hortaliças na Zona da Mata. *Horticultura Brasileira* 5, n.2.

SIEBEN WH.1964. Het verban tussen ontwatering en opbrengst bij de jonge zavelgronden in de Noordoostpolder. Van Zee tot Land. 40, Tjeenk Willink V. Zwolle, The Netherlands.

ZUBER MS. 1942. Relative efficiency of incomplete block designs using corn uniformity trial data. *Journal of the American Society of Agronomy*, p.30-47.