

SILVA AO; SILVA EFF; BASSOI LH; KLAR AE. 2015. Desenvolvimento de cultivares de beterraba sob diferentes tensões da água no solo. *Horticultura Brasileira* 33: 012-018. DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620150000100003>

Desenvolvimento de cultivares de beterraba sob diferentes tensões da água no solo

Alexsandro O Silva¹; Ênio FF Silva²; Luis H Bassoi³; Antonio E Klar¹

¹UNESP-FCA, C. Postal 237, 18603-970 Botucatu-SP; alexsandro_oliveira01@hotmail.com; klar@fca.unesp.br ²UFRPE, C. Postal 2171, 52171-900 Recife-PE; enio.silva@ufrpe.br; ³Embrapa Semiárido, C. Postal 23, 56300-000 Petrolina-PE; luis.bassoi@embrapa.br

RESUMO

O déficit hídrico gerado pelo manejo inadequado da irrigação pode afetar o desenvolvimento e produção das culturas. Com o objetivo de avaliar os efeitos de níveis de tensão da água no solo sobre o desenvolvimento da beterraba, foi conduzido um experimento em casa de vegetação em Botucatu-SP, entre abril e junho de 2012, em delineamento em blocos casualizados com 4 repetições. Os tratamentos compreenderam seis níveis de tensões de água no solo (15, 25, 35, 45, 55, 65 KPa) e duas cultivares de beterraba (Early Wonder e Itapuã 202), totalizando 48 parcelas experimentais. Foram avaliadas a massa fresca e seca da parte aérea e da raiz, altura das plantas, diâmetro da raiz, produtividade total e a relação entre a raiz e a parte aérea das plantas. O aumento da tensão da água no solo levou à redução da produção e crescimento das plantas. De acordo com os tratamentos utilizados, o melhor desenvolvimento da cultura da beterraba, foi obtido com irrigações realizadas sob valores de tensão da água no solo em torno de 15 KPa e profundidade de 20 cm do solo. A cultivar Itapuã 202 apresentou menor crescimento das plantas e rendimento das raízes do que a Early Wonder, porém a redução percentual em função da tensão de água no solo foi equivalente para ambas as cultivares. Plantas submetidas à tensão de 65 KPa apresentaram menores valores de produção e crescimento.

Palavras-chave: *Beta vulgaris*, manejo da irrigação, déficit hídrico.

ABSTRACT

Development of beet cultivars under different soil water tensions

The water deficit generated by inadequate irrigation management can affect directly the crop development and yield. Hence, to evaluate the effects of water deficit on sugarbeet crop, an experiment was carried out in Botucatu, São Paulo state, Brazil, from April to June 2012, in a randomized block design with four replications. The treatments were six levels of soil water tension (15, 25, 35, 45, 55, 65 KPa) and two sugar beet cultivars (Early Wonder and Itapuã 202), making a total of 48 plots. Shoot and root fresh mass, shoot and root dry mass, plant height, root diameter, total productivity and the relationship between the root and aboveground parts of plants were measured. The increase in the soil water tension (lower soil water content) led to a reduction in plant growth and yield. Cultivar Itapuã 202 presented lower plant growth and root yield than cv. Early Wonder, but the percentage of reduction depending on soil water tension was the same for both, whereas plants subjected to tension of 65 KPa presented lower levels of income and crop growth.

Keywords: *Beta vulgaris*, irrigation management, water deficit.

(Recebido para publicação em 18 de abril de 2013; aceito em 8 de setembro de 2014)

(Received on April 18, 2013; accepted on September 8, 2014)

A beterraba (*Beta vulgaris*) pertence à família Quenopodiáceae, sendo originária das regiões de clima temperado da Europa e do Norte da África. Apresenta raiz tuberosa de formato globular que se desenvolve quase à superfície do solo, com sabor acentuadamente doce e coloração púrpura utilizada para cultivo em olericultura, como forrageira ou como matéria prima para a produção de açúcar, sendo esses últimos predominantes na Europa (Shrestha *et al.*, 2010).

No Brasil, a estimativa de área plantada com beterraba está em torno de 10.000 hectares, com produtividade média oscilando entre 20 e 35 t/ha, o

cultivo é exclusivamente de beterraba para mesa, sendo a cultivar Early Wonder a mais cultivada no país e a cultivar Itapuã 202 a única de origem nacional (Filgueira, 2008), o volume comercializado na CEAGESP em São Paulo foi de 31558, 31174, 29589 e 31364 t em 2008, 2009, 2010 e 2011, respectivamente (Agrifinal, 2013).

A prática da irrigação depende da relação entre cultura, clima e solo; portanto, o manejo de sistemas de produção irrigada deve levar em conta esses fatores, a fim de otimizar a quantidade de água aplicada nas culturas (Morillo-Velarde, 2010). Apesar de

climas amenos no inverno, ideal para o cultivo da beterraba (Filgueira, 2008), o baixo regime de precipitações no Sudeste do Brasil neste período pode ocasionar a redução na produtividade, devido à baixa umidade do solo que reduz o potencial de água no solo, dificultando a absorção de nutrientes pela planta. A ocorrência de déficit hídrico em hortaliças compromete a produtividade e a sua qualidade por causa do seu ciclo curto e do alto teor de água em sua constituição. Por isso, qualquer ocorrência de estresse pode levar ao baixo rendimento e prejuízos na produção.

Segundo Marouelli (2008), devido

à irrigação no Brasil ser conduzida em muitos casos de forma empírica, alguns plantios irrigados são submetidos a condições de déficit hídrico, levando empreendimentos voltados para a produção de hortaliças a uma condição de baixa sustentabilidade econômica e sócio ambiental. Em algumas áreas agrícolas, o grande problema para elevar a produtividade e a qualidade do produto das culturas consiste em irrigar no momento e na quantidade adequada, juntamente com a escolha correta do sistema de irrigação, principalmente em hortaliças sensíveis à falta de água como a cultura da beterraba (Topak *et al.*, 2011). Fabeiro *et al.* (2003), em estudos com a cultura da beterraba submetida à irrigação com déficit controlado, observaram que esta estratégia pode ser utilizada no início de desenvolvimento da cultura diminuindo consumo e aumentando a eficiência do uso da água neste período. Uçan & Gençoglan (2004) em estudos sobre déficit hídrico na cultura da beterraba observaram que irrigações menos frequentes reduzem a produção das raízes das plantas. Neste sentido, existem diversos métodos para auxiliar o correto manejo da irrigação com a finalidade de melhorar a aplicação da água além de reduzir os gastos de água e energia.

A tensiometria destaca-se por ser um método de baixo custo e fácil utilização, (Azevedo & Silva, 1999). Os tensiômetros são utilizados para medir a tensão com que o solo retém a água (potencial matricial de água no solo), sendo usados para indicar a quantidade de água e o momento apropriado para realizar as irrigações com auxílio da curva de retenção de água pelo solo. A tensão com que a água se encontra retida no solo tem influência direta no desenvolvimento e rendimento das culturas entre elas a beterraba. Wright *et al.* (1997), em estudos sobre o uso da água e sua influência na produção da cultura da beterraba, observaram que o potencial matricial crítico para a cultura da beterraba foi em torno de 40 KPa com profundidade de enraizamento de 1,5 m. Rinaldi *et al.* (2005) observaram que a germinação da beterraba é sensível a potenciais matriciais de 1,13 e 1,23 MPa.

O objetivo deste trabalho foi estu-

dar vários níveis de tensão da água no solo, como indicativo para o manejo da irrigação na cultura da beterraba e seus efeitos nos aspectos de desenvolvimento da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da UNESP, Botucatu -SP (22°57'34"S, 48°31'20"O, altitude 830 m), de abril a junho de 2012. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen é definido como Cwa, ou seja, clima temperado quente (mesotérmico), com chuvas no verão e seca no inverno, sendo a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C (Cepagri, 2011).

As condições ambientais foram monitoradas diariamente por meio de leitura da temperatura e umidade relativa do ar, com auxílio de um termo higrômetro digital, instalado no centro do ambiente protegido, a uma altura de 1,5 m em relação à superfície do solo, com capacidade de registrar valores médios, máximos e mínimos, sendo as leituras realizadas diariamente.

Inicialmente foram preparadas mudas de beterraba em bandejas de poliestireno expandido com 200 células por um período de 30 dias. Em seguida, foi realizado o transplante para vasos de polietileno com capacidade para 15 L, colocando-se duas plantas por vasos. Dez dias após o transplantio (DAT) foram retiradas as plantas com menor desenvolvimento deixando apenas uma planta por vaso. O solo utilizado no preenchimento dos vasos é classificado como Latossolo Amarelo (Embrapa, 1999). O material utilizado foi retirado de uma camada superficial de 0-30 cm, seco ao ar, destorroado e peneirado em malha de 4 mm. As análises físico-hídricas do solo foram realizadas no Laboratório de Análise do Solo, segundo metodologia proposta por Bouyoucus (1951) para a granulometria do solo e Embrapa (1997) para a densidade do solo (d_s , kg/dm³) e das partículas (d_p , kg/dm³); a umidade na capacidade de campo (u_{cc} , kg/kg) e a umidade do ponto

de murcha permanente (u_{pmp} , kg/kg) correspondentes às tensões de 6 KPa e 1500 KPa respectivamente, foram obtidos através da câmara de Richards (Mantovani *et al.*, 2009) conforme Figura 1.

A porosidade (P, %) foi obtida pela equação: $P=(1- d_s/d_p).100$ (1)

Os resultados das análises de solo apresentaram os seguintes valores: 395,5 g/kg de areia, 138,1 g/kg de silte, 466,4 g/kg de argila; d_p de 2,77 kg/dm³; d_s de 1,28 kg/dm³; porosidade de 53,9%; θ_{cc} de 0,357 m³/cm³ e θ_{pmp} de 0,209 m³/m³.

Os parâmetros da equação de ajuste da curva de retenção de água no solo (Genutchen, 1980), demonstrado na equação 2, foram obtidos com auxílio do software SWRC - Soil Water Retention Curve (Dourado Neto *et al.*, 2000). (2)

$$\theta = \theta_r + \left(\frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\Psi_m / \alpha)^n]^m} \right)$$

Onde: θ é a umidade do solo à base de volume (m³/m³); Ψ_m é o potencial matricial da água no solo (KPa); θ_r é a umidade volumétrica residual (m³/m³); θ_s é a umidade volumétrica na saturação (m³/m³); e m, n e α são parâmetros de ajuste do modelo. Os valores de θ_r , θ_s , α , n e m foram, respectivamente, 0,200, 0,406, 0,231, 2,087 e 0,249 m³/m³.

A adubação foi realizada com base nos resultados da análise de fertilidade do solo (pH CaCl₂: 5,1; condutividade elétrica: 0,32 d/Sm; matéria orgânica: 11 g/dm³; P: 6 mg/dm³; K: 0,6 mg/dm³; Ca: 22 mg/dm³; Mg: 7 mg/dm³; H+Al: 26 mmol/dm³; soma de bases: 29%, capacidade de troca catiônica: 55%; saturação por bases: 53%) e nas recomendações de Trani *et al.* (1997).

As plantas foram irrigadas utilizando-se o sistema de irrigação por gotejamento com emissores inseridos para cada vaso. O manejo da irrigação foi realizado com base no potencial matricial da água do solo, determinado por tensiômetros de punção instalados a 20 cm de profundidade em cada tratamento. As leituras de tensão da água no solo eram realizadas por meio de tensiômetro digital. A umidade do solo correspondente foi determinada

por meio da curva de retenção de água assim, considerando-se o volume de solo presente no vaso, calculou-se o volume de reposição (Mantovani *et al.*, 2009), conforme a equação 3.

$$LLI = (\theta_{cc} - \theta_{atual}) \cdot Z \cdot PAM \quad (3)$$

Onde: LLI é a lâmina líquida de irrigação (mm); θ_{cc} é a umidade na capacidade de contêiner (m^3/m^3); θ_{atual} é a umidade atual (m^3/m^3); Z é a profundidade do sistema radicular (mm); e PAM é a área do vaso (m^2).

Até 10 dias após o transplante das mudas para os vasos, realizado em 17 de maio de 2012, todas as plantas foram irrigadas igualmente para garantir o pegamento das mudas. Após este período, iniciou-se a aplicação dos tratamentos, que compreenderam seis níveis de tensão de água no solo (15, 25, 35, 45, 55, 65 KPa) e duas cultivares de beterraba (Early Wonder e Itapuã 202), totalizando 48 parcelas experimentais contendo uma planta por vaso. O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados com 4 repetições. Quando a média da tensão da água no solo de cada tratamento alcançava o valor estabelecido, a irrigação era realizada para elevar a umidade do solo até a capacidade de contêiner.

No momento da colheita, realizada em 7 de julho [50 dias após o transplante (DAT)], foram determinadas a massa fresca da parte aérea (MFPA, g) e da raiz (MFR, g) por meio de balança digital; a altura das plantas (ALT, cm) a partir da superfície do solo até a folha de maior comprimento, por meio de fita métrica; o diâmetro transversal da raiz tuberosa (DR, mm) por meio de um paquímetro

digital; e a massa seca da parte aérea (MSPA, g) e da raiz (MSR, g), por meio de balança digital, após serem secas em estufa ventilada por 48 horas com temperatura de 65°C até atingir peso constante, produtividade total (PT, t/ha) e a relação entre a raiz e a parte aérea das plantas (R/P).

As variáveis obtidas foram submetidas à análise de variância (teste F) e o efeito dos tratamentos foi obtido pela análise de regressão sendo testados os modelos linear, polinomial de 2º grau e exponencial. As equações de regressão foram escolhidas com base na significância dos coeficientes de regressão a 0,01 e 0,05 de probabilidade, pelo teste F e no maior valor do coeficiente de determinação (R^2). Também foram comparados os desempenhos de cada cultivar pelo teste de médias de Tukey a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período de condução do experimento os valores médios de temperatura máxima e mínima do ar foram de 33,2 e 10,7°C, respectivamente, enquanto que os valores médios de umidade relativa do ar máxima e mínima foram de 88 e 28%, respectivamente. Os valores de temperatura do ar apresentados não estão de acordo com os recomendados por Filgueira (2008) no qual o mesmo afirma que o melhor desenvolvimento da cultura se encontra na faixa de temperatura de 15 a 25°C; o autor destaca ainda que no verão as cotações dos preços pelo produto são superiores, mas o risco é maior pela incidência de doenças e a época ideal de plantio na região Sudeste podem se estender por todo ano.

As lâminas de água aplicadas após o início da diferenciação dos tratamentos (Irrig) bem como os totais aplicados estão apresentados na Tabela 1. Observa-se que a maior lâmina aplicada durante um evento de irrigação foi de 110,5 mm

Tabela 1. Tensões de água no solo no momento das irrigações aplicadas na profundidade de 20 cm, lâmina de irrigação por aplicação nos tratamentos (Irrig), lâmina de irrigação total e número de irrigações realizadas (NI) {soil water tensions at the time of irrigation applied at a depth of 20 cm, water depth by applying the treatments (Irrig), water depth and total number of irrigations carried out (NI)}. Botucatu, UNESP, 2012.

Tratamentos	Tensão (KPa)	Lâmina de irrigação (mm)		NI
		(Irrig)	Total	
T ₁	15,0	49,80	449	9
T ₂	25,0	53,71	376	7
T ₃	35,0	69,80	349	5
T ₄	45,0	98,75	395	4
T ₅	55,0	95,30	286	3
T ₆	65,0	110,50	221	2

Tabela 2. Massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), produtividade total (PT), relação raiz parte aérea (R/P), altura das plantas (ALT) e diâmetro da raiz (DR) das cvs. Early Wonder e Itapuã 202 {fresh matter of aboveground part (MFPA), fresh matter of roots (MFR), dry matter of aboveground part (MSPA), dry matter of roots (MSR), overall productivity (PT), root shoot ratio (R/P), plant height (ALT) and root diameter (DR) of sugarbeet cvs. Early Wonder and Itapuã 202}. Botucatu, UNESP, 2012.

Cultivar	MFPA	MFR	MSPA	MSR	PT (t/ha)	R/P	ALT (cm)	DR (mm)
	(g/planta)							
Early Wonder	107,20a	89,5a	11,54a	11,79a	29,8a	0,87a	35,3a	49,2a
Itapuã202	93,12a	63,9b	9,87a	9,95a	21,4a	0,91a	31,5b	45,7a
DMS	26,74	25,32	2,43	4,32	8,54	0,53	2,74	6,79

Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (same letters do not differ statistically, Tukey 5%); DMS = diferença mínima significativa (DMS = minimal significant difference).

Tabela 3. Redução relativa da massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca das raízes (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca das raízes (MSR) em função da tensão de água no solo nas cvs. Early Wonder (C1) e Itapuã202 (C2) {relative reduction of fresh matter of aboveground part (MFPA), fresh matter of roots (MFR), dry matter of aboveground part (MSPA), and dry matter of roots (MSR), depending on soil water tension on cvs. Early Wonder (C1) and Itapuã 202 (C2)}. Botucatu, UNESP, 2012.

Tensão (KPa)	MFPA (%)		MFR (%)		MSPA (%)		MSR (%)	
	C ₁	C ₂	C ₁	C ₂	C ₁	C ₂	C ₁	C ₂
15	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
25	43,5 b	33,7 ab	41,5 ab	42,7 ab	25,5 ab	35,0 ab	38,5 ab	54,2 b
35	49,7 b	39,2 bc	64,5 b	55,5 b	45,7 b	28,7 ab	64,0 bc	61,7 b
45	52,0 b	54,2 bc	61,2 b	75,5 b	48,7 b	50,0 b	58,7 bc	69,5 b
55	61,6 b	73,7 c	73,2 b	79,7 b	55,2 b	64,5 b	77,4 c	66,7 b
65	48,0 b	72,7 c	77,0 b	81,7 b	48,2 b	62,2 b	71,2 bc	77,2 b
DMS	35,32	35,93	46,38	47,17	43,32	37,17	38,55	39,21

Redução relativa tomando como referencial o valor absoluto do tratamento inicial (15kPa) {relative reduction using the absolute value of initial treatment as reference}; Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (same letters in the columns do not differ statistically, Tukey 5%); DMS = diferença mínima significativa (DMS = minimal significant difference).

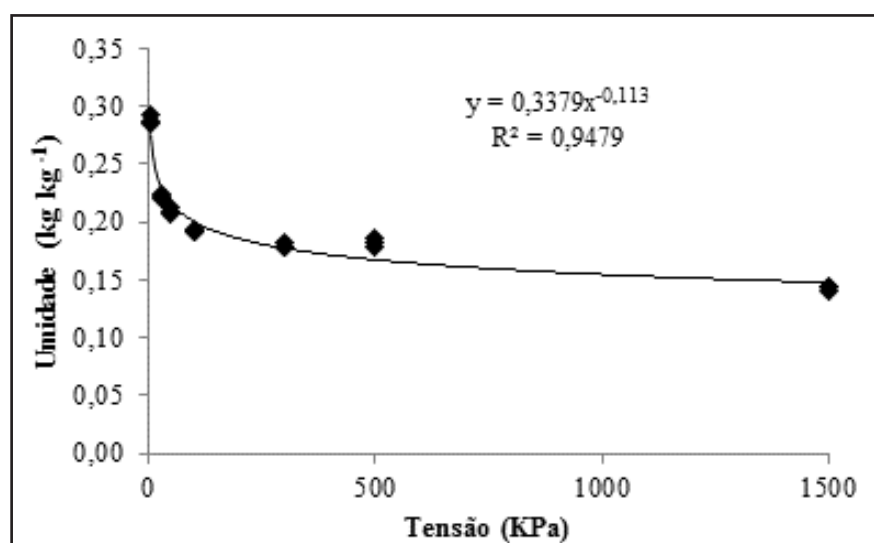


Figura 1. Curva de retenção de água no solo utilizada para o manejo da irrigação (retention curve of soil water used for irrigation management). Botucatu, UNESP, 2012.

para o tratamento T₆ (65 KPa) devido ao menor número de irrigações (NI) durante o ciclo. A lâmina de irrigação total apresentou os maiores valores para os tratamentos T₁ e T₂ devido à alta frequência da irrigação durante o ciclo de cultivo. Segundo Camposeo & Rubino (2003), a extração de água pela cultura da beterraba submetida a intervalos longos de irrigação ocorre nas camadas mais profundas do solo, aumentando a eficiência de absorção da água.

Pelo teste de comparação de médias, confirmou-se a diferença entre as cultivares estudadas para a MFR e

ALT, registrando-se maior produção e crescimento da cultivar Early Wonder (Tabela 2). Não houve diferença entre as médias das cultivares estudadas para as variáveis MFPA, MSPA, MSR, PT, R/P e DR. Segundo Levitt (1980), durante um déficit hídrico as respostas adaptativas das plantas sofrem variações de acordo com a espécie e cultivar além da duração e intensidade deste déficit hídrico. Deve-se ressaltar que a cultura da beterraba pode apresentar diferentes rendimentos das raízes de acordo com o sistema de irrigação adotado como afirmaram Sharmasarkar *et al.* (2001)

em que o sistema de irrigação por gotejamento auxiliou na melhor eficiência do uso da água pela cultura da beterraba do que a irrigação por superfície.

Pela análise de variância, verificou-se que as tensões de água no solo influenciaram significativamente ($p < 0,01$) as seguintes variáveis estudadas: MFPA, MFR, MSPA, PT, ALT e DR. As variáveis de rendimento (Figura 2) apresentaram um decréscimo nas respostas em função do aumento da tensão de água no solo, sendo explicadas por modelos exponenciais decrescentes onde as maiores produções foram obtidas sob a tensão de 15 KPa. A MFPA (Figura 2A) obteve valores máximos de 147,83 g/planta para a cultivar Early Wonder (C1) e 166,25 g para a cultivar Itapuã (C2). Para a MFR (Figura 2B) o ponto de maior produtividade foi obtido com a tensão de 15 KPa, equivalente a uma produção de 157,78 g/planta, para C1, e 132,85 g/planta para a C2. Marouelli & Silva (2007), em estudos com tomateiro, observaram que o aumento da tensão da água no solo influenciou nos pesos das plantas. Portanto, os pesos da massa fresca da parte aérea e das raízes, foram reduzidos em função do aumento dos valores de tensão da água no solo, no intervalo de 15 a 65 KPa.

A MSPA (Figura 2C) apresentou efeito semelhante dentre as cultivares estudadas para as tensões da água no solo submetidas, resultados semelhantes

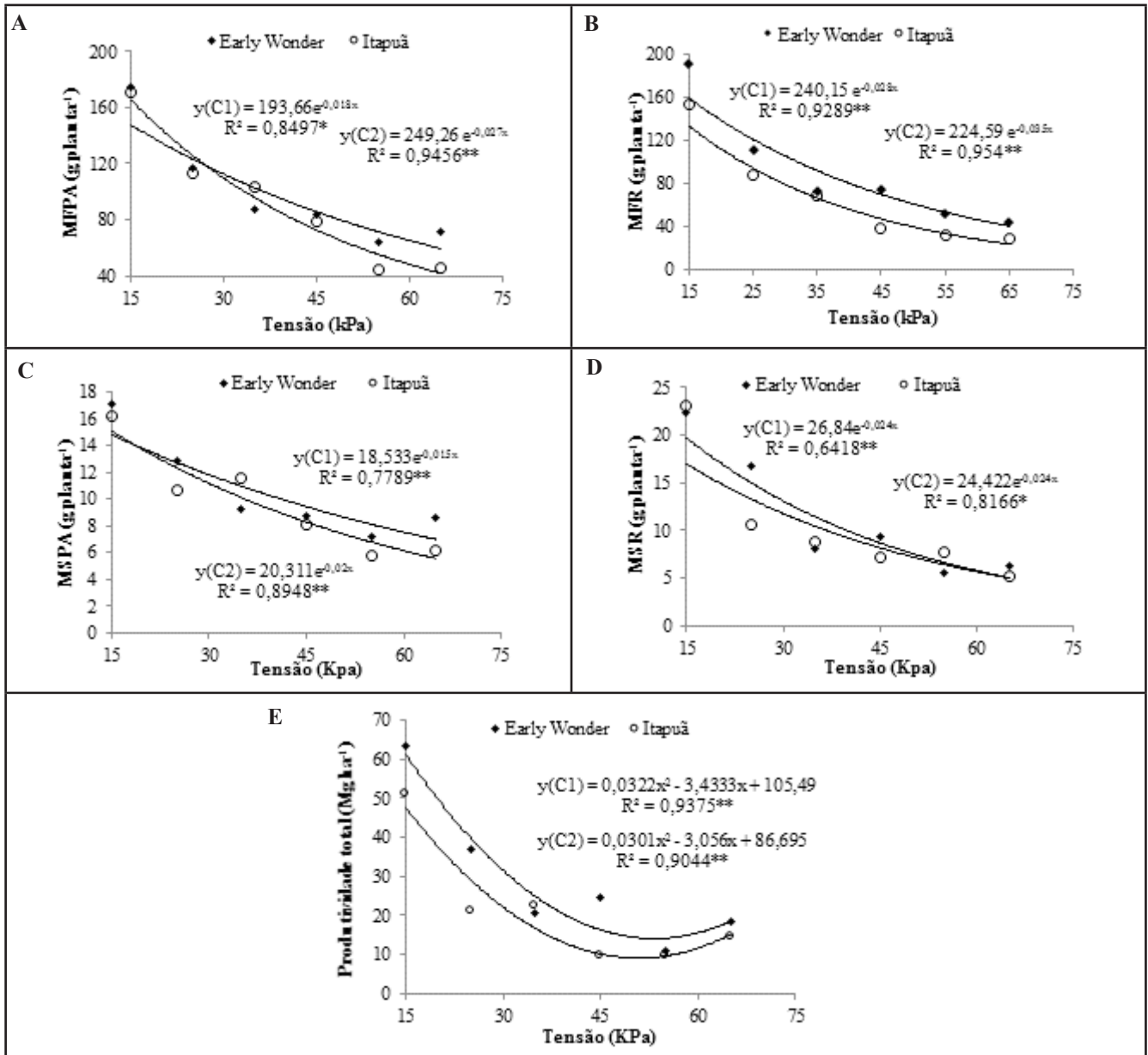


Figura 2. Efeito de diferentes valores de tensão da água no solo nas massas frescas da parte aérea das cvs. Early Wonder e Itapuã 202 (A); massa fresca da raiz das cvs. Early Wonder e Itapuã 202 (B); massa seca da parte aérea das cvs. Early Wonder e Itapuã 202 (C); massa seca da raiz das cvs. Early Wonder e Itapuã 202 (D) e produtividade total das cvs. Early Wonder e Itapuã 202 (E) {effect of different values of soil water tension on fresh matter of aboveground part of cv. Early Wonder and Itapuã 202 (A), fresh matter of roots of cv. Early Wonder and Itapuã 202 (B), dry matter of aboveground part of cv. Early Wonder and Itapuã 202 (C), and dry matter of roots of cv. Early Wonder and Itapuã 202 (D) and total yield of cv. Early Wonder and Itapuã202 (E)}. Botucatu, UNESP, 2012.

e* = significativo a 1 e 5% de probabilidade; C1 e C2 = cultivares Early Wonder e Itapuã 202 (and* = significant at 1 and 5% probability; C1 and C2 = cvs. Early Wonder and Itapuã 202).

também foram obtidos para MSR (Figura 2D) com decréscimo de acordo com o aumento da tensão. Topak *et al.* (2010) observaram uma redução no rendimento da cultura da beterraba para tratamentos submetidos a déficit hídrico com redução relativa de produção da raiz de 36,4% quando comparado com tratamentos de irrigação plena. Ghamarnia *et*

al. (2012), em estudos sobre diferentes sistemas e lâminas de irrigação na cultura da beterraba obtiveram redução no peso das raízes das plantas que receberam menores lâminas de água. A tendência de redução nas variáveis estudadas pode ser atribuída à dificuldade que as plantas tiveram em absorver água, pois numa situação de menor potencial

matricial a água fica mais retida no solo, dificultando assim, a absorção de água pelas plantas que precisam gastar mais energia para adquirir água para uso em seus processos fisiológicos vitais, fato que afeta negativamente as características de rendimento (Silva *et al.*, 2012; Wang *et al.*, 2007).

A produtividade total (Figura 2E)

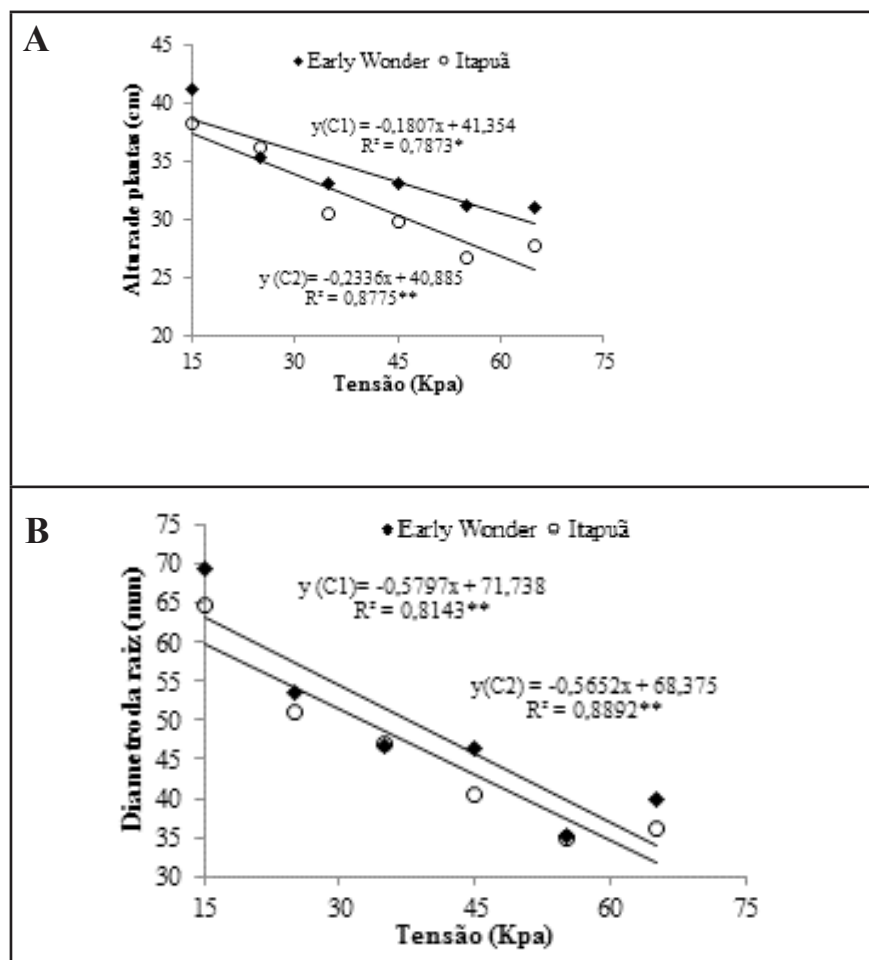


Figura 3. Efeito de diferentes valores de tensão da água no solo na altura das plantas das cvs. Early Wonder e Itapuã 202 (A); e no diâmetro da raiz das cvs. Early Wonder e Itapuã 202 (B) {effect of different values of soil water tension on the plant height of cvs. Early Wonder and Itapuã 202 (A); and root diameter of cvs. Early Wonder and Itapuã 202 (B)}. Botucatu, UNESP, 2012.

e*= significativo a 1 e 5% de probabilidade; C1 e C2= cultivares Early Wonder e Itapuã 202 (and*= significant at 1 and 5% probability; C1 and C2= cvs. Early Wonder and Itapuã 202).

apresentou um modelo polinomial para ambas as cultivares com maiores valores (63,3 e 50,8 t/ha para Early Wonder e Itapuã 202, respectivamente) para a tensão de 15 KPa com decréscimo até a tensão de 45 KPa sendo este possivelmente o ponto crítico na queda de rendimento das plantas, não sendo observadas reduções extremas a partir de então. Resultados semelhantes foram observados por Carvalho *et al.* (2011) em estudos sobre lâminas de irrigação associadas com cobertura morta na cultura da beterraba, com produtividade total de 47,7 t/ha para tratamentos possuindo cobertura morta no solo.

A variável altura das plantas apre-

sentou ajuste linear com decréscimo dos valores apresentados de acordo com a redução da tensão da água no solo (Figura 3A). Para C1 houve uma redução de 0,108 cm enquanto C2 apresentou redução de 0,23 cm para cada aumento unitário da tensão de água no solo. Sadeghian & Yavari (2004), estudando o efeito do déficit hídrico no crescimento e germinação da beterraba observaram uma redução das plantas de acordo com a diminuição do potencial. A Figura 3B apresenta a variável diâmetro transversal da raiz (DR) em função dos diferentes níveis de tensão de água no solo. O DR apresentou ajuste linear para ambas as cultivares estudadas, indicando uma

diminuição de 0,5797 e 0,5652 mm para cada aumento unitário da tensão de água no solo. Sepaskhah & Kamgar-Haghighi (1997), em estudos sobre a produção da cultura da beterraba submetida a diferentes intervalos de irrigação observaram uma redução nos parâmetros de produção das plantas como raiz e parte aérea. Sharmasarkar *et al.* (2001) concluíram que o tipo e o manejo da irrigação influenciam de maneira direta o rendimento da cultura da beterraba. Oliveira Neto *et al.* (2011) notaram que diferentes tipos de cobertura do solo diminuem de maneira significativa o consumo hídrico da planta, podendo ser assim uma opção para diminuir o efeito do potencial de água no solo. De acordo com os tratamentos utilizados, o melhor desenvolvimento da cultura da beterraba, foi obtido com irrigações realizadas com valores de tensão da água no solo em torno de 15 KPa e profundidade de 20 cm do solo.

Na Tabela 3, nota-se a redução percentual do rendimento da cultura da beterraba nas duas cultivares em estudo. Houve reduções equivalentes entre ambas as cultivares no domínio dos valores das tensões estudadas. As maiores quedas de rendimento foram observadas para a massa fresca da raiz (MFR) submetida a tensões de 65 KPa com valores superiores a 70%. Deve-se ressaltar que estudos posteriores devem ser realizados com o objetivo de estudar menores níveis de potencial matricial, para que sejam estabelecidos os maiores níveis de produção da cultura. Para os resultados analisados, a cv. Itapuã 202 apresentou menor crescimento e menor rendimento das raízes do que a cv. Early Wonder. Porém, a redução percentual em função da tensão da água no solo foi equivalente para ambas as cultivares.

Segundo Carvalho *et al.* (2011), em estudos sobre o manejo da irrigação em diferentes coberturas mortas, a produtividade da cultura da beterraba sem cobertura morta é reduzida de maneira significativa de acordo com a lâmina de irrigação aplicada porém, a aplicação da água não deve ser excessiva como destacam Costa *et al.* (2008). Estes autores, estudando os efeitos do excesso de

água no solo na produção da beterraba, verificaram uma queda na produção da cultura de acordo com a profundidade do lençol freático; tais avaliações dos trabalhos citados, demonstram que tanto a falta (déficit hídrico) quanto o excesso de água (estresse hídrico) podem provocar queda na produtividade da cultura, devendo-se ter cuidado não só com o manejo da irrigação, como também com a drenagem dos solos utilizados para o cultivo. Estas ações possibilitam maiores rendimentos da cultura.

REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL. Anuário da Agricultura Brasileira. 2013. São Paulo: AGR FNP. 480 p.
- AZEVEDO JA; SILVA EM. 1999. Tensiômetro: Dispositivo prático para controle da irrigação. Brasília: EMBRAPA, 37p. (Comunicado Técnico).
- BOUYOUCUS GJ. 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal* 43: 434-438.
- CAMPOSEO S; RUBINO P. 2003. Effect of irrigation frequency on root water uptake in sugar beet. *Plant and Soil* 253: 301-309.
- CARVALHO DF; OLIVEIRA NETO DH; RIBEIRO RLD; GUERRA JGM; ROUWS JRC. 2011. Manejo da irrigação associada a coberturas mortas vegetais no cultivo orgânico da beterraba. *Engenharia Agrícola* 31: 269-277.
- CEPAGRI. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. 2011, 12 de dezembro. *Clima dos municípios paulistas*. Disponível em: http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_086.html.
- COSTA RNT; VASCONCELOS JP; SILVA LA; NESS RLL. 2008. Interferência do excesso de água no solo e componentes de produção em beterraba. *Horticultura Brasileira* 26: 74-77.
- DOURADONETO D; NIELSEN DR; HOPMANS JW; REICHARDT K; BACCHI OOS. 2000. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 3.00). *Scientia agricola* 57: 191-192.
- EMBRAPA. 1997. *Manual de métodos de análises de solo*. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 212p.
- EMBRAPA. 1999. *Sistema Brasileiro de classificação de solos*. Brasília, Embrapa Produção de Informação. Rio de Janeiro: Embrapa solos. 412p.
- FABEIRO C; OLALLA FMS; LÓPEZ R; DOMÍNGUEZ A. 2003. Production and quality of the sugar beet (*Beta vulgaris*) cultivated under controlled deficit irrigation conditions in a semi-arid climate. *Agricultural Water Management* 62: 215-227.
- FILGUEIRA FAR. 2008. *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Viçosa: UFV, 412p.
- GENUTCHEN MT. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of American Journal* 44: 892-898.
- GHAMARNIA H; ARJI I; SEPEHRI S; NOROZPOUR S; KHODAEI E. 2012. Evaluation and comparison of drip and conventional irrigation methods on sugar beets in semiarid region. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 138: 90-97.
- LEVITT J. 1980. Response of plants to environmental stress. II: Water radiation, salt and other stress. *Academic Press*, 606p.
- MANTOVANIEC; BERNARDO S; PALARETTI LF. 2009. *Irrigação: princípios e métodos*. Viçosa: UFV, 355p.
- MAROUELLI WA. 2008. Tensiômetros para o controle de irrigação em hortaliças. Brasília: Embrapa Hortaliças, 15p. (Boletim Técnico).
- MAROUELLI WA; SILVA WL. 2007. Water tension threshold for processing tomatoes under drip irrigation in Central Brazil. *Irrigation Science* 25: 411-418.
- MORILLO-VELARDE R. 2010. Water management in sugar beet. *Sugar Tech* 12: 299-304.
- OLIVEIRA NETO DH; CARVALHO DF; SILVA LDB; GUERRA JGM; CEDDIA MB. 2011. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo da beterraba orgânica sob cobertura morta de leguminosa e gramínea. *Horticultura Brasileira* 29: 330-334.
- RINALDI M; DI PAOLO E; RICHTER GM; PAYNE RW. 2005. Modelling the effect of soil moisture on germination and emergence of wheat and sugar beet with the minimum number of parameters. *Annals of Applied Biology* 147: 69-80.
- SADEGHIAN SY; YAVARI N. 2004. Effect of water-deficit stress on germination and early seedling growth in sugar beet. *Journal Agronomy & Crop Science* 190: 138-144.
- SEPASKHAH AR; KAMGAR-HAGHIGHI AA. 1997. Water use and yields of sugarbeet grown under every-other-furrow irrigation with different irrigation intervals. *Agricultural Water Management* 34: 71-79.
- SHARMASARKAR FC; SHARMASARKAR S; MILLER SD; VANCE GF; ZHANG R. 2001. Assessment of drip and flood irrigation on water and fertilizer use efficiencies for sugarbeets. *Agricultural Water Management* 46: 241-251.
- SHRESTHA N; GEERTS S; RAES D; HOREMANS S; SOENTIENS S; MAUPAS F; CLOUET P. 2010. Yield response of sugar beets to water stress under Western European conditions. *Agricultural Water Management* 97: 346-350.
- SILVA WG; CARVALHO JA; OLIVEIRA EC; REZENDE FC; LIMA JÚNIOR JA; RIOS GFA. 2012. Manejo de irrigação para o feijoeiro-de-metro, nas fases vegetativa e produtiva, em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 16: 978-984.
- TOPAK R; SÜHERI S; ACAR B. 2011. Effect of different drip irrigation regimes on sugar beet (*Beta vulgaris*) yield, quality and water use efficiency in Middle Anatolian, Turkey. *Irrigation Science* 29: 79-89.
- TRANI PE; PASSOS FA; TAVARES M; AZEVEDO FILHO JA. 1997. Beterraba, cenoura, nabo, rabanete e salsa. In: RAIJ B; CANTARELLA H; QUAGGIO JA; FURLANI AMC (eds). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo, (Boletim técnico, N°100, 2.ed.ver. atual)*. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 174p.
- UÇAN K; GENÇOĞLAN C. 2004. The effect of water deficit on yield and yield components of sugar beet. *Turkish Journal Agricultural Forestry* 28: 163-172.
- WANG D; KANG Y; WAN S. 2007. Effect of matric potential on tomato yield and water use under drip irrigation condition. *Agricultural Water Management* 87: 180-186.
- WRIGHT E; CARR MKV; HAMER PJC. 1997. Crop production and water-use. IV. Yield functions for sugarbeet. *Journal of Agricultural Science* 129: 33-42.