



UTILIZAÇÃO DA TENSIOMETRIA NO MANEJO DA IRRIGAÇÃO NA CULTURA DA CENOURA IRRIGADA POR PIVO CENTRAL

Grégori Henrique Soares¹, André Luís Teixeira Fernandes²

1. Graduando em Engenharia Ambiental da Universidade de Uberaba-UNIUBE (gregori.soares@msn.com)
2. Professor Doutor da Universidade de Uberaba-UNIUBE. Uberaba, Minas Gerais, Brasil.

Recebido em: 12/04/2014 – Aprovado em: 27/05/2014 – Publicado em: 01/07/2014

RESUMO

O fornecimento de água através da irrigação se torna cada vez mais indispensável para o desenvolvimento da agricultura, tornando assim, a correta gestão dos recursos hídricos, fundamental principalmente diante do aumento da demanda de irrigação das lavouras. A utilização de tensiômetros para realizar o manejo da irrigação tem se mostrado eficiente e de baixo custo. Neste contexto, objetivou-se com este trabalho demonstrar de maneira prática a eficiência da utilização da tensiometria para o manejo da irrigação, com o propósito de diminuir custos de produção e aumentar a produtividade, sem haver desperdício de água. Foram utilizadas oito baterias de tensiômetros em três profundidades distintas: 20, 40 e 60 cm. Os testes foram realizados nos anos de 2010 e 2011, com 17 testes em 2010 e 11 testes em 2011, envolvendo cultivares de cenoura de verão e inverno. Foram avaliadas a produtividade, em caixas por hectare e a qualidade do produto final, que foi medida por meio do índice de descarte. Nos testes conduzidos com o solo na capacidade de campo, a produtividade foi 12,7% inferior e o descarte foi 3,4% superior aos testes em que as cenouras foram submetidas a déficit hídrico nos estádios de “engrossamento de raízes” e “maturação”.

PALAVRAS-CHAVE: Aumento da produtividade e da qualidade, *Daucus carota*, tensiômetros.

USE OF TENSIOMETERS FOR IRRIGATION MANAGEMENT IN CARROT CROWING IRRIGATED BY CENTER PIVOT

ABSTRACT

The water supply through irrigation becomes more and more essential for the agricultural development for this reason, the correct water resource management is fundamental, mainly because of the growing number of crop irrigation demand. The usage of water pressure sensors to irrigate has showed itself effective and low-cost. In this context, the target of this project is to show, in a practical way, the efficiency of tensiometry for the irrigation management, with the purpose to bring the production costs down and raise the production itself, without having any water waste. Eight water pressure sensor batteries with three different depths were used: 20, 40 and 60 cm. Tests were performed in 2010 and 2011, consisting of 17 tests in 2010 and 11

tests in 2011, involving summer and winter carrot cultivars. The productivity was evaluated in boxes per hectare and the quality of the final product was measured through the rejection rate. On the tests conducted with the soil at field capacity, the productivity was 12.7% lower and the rejection was 3.4% higher than the tests whose carrots were submitted to water deficit in the stages of “root thickening” and “maturation”.

KEYWORDS: *Daucus carota*, tensiometers, production and quality increase.

INTRODUÇÃO

A cenoura (*Daucus carota*) é uma espécie da família das Apiaceas, pertencente ao grupo das raízes tuberosas (TEIXEIRA et al., 2011). No Brasil, é largamente cultivada nas regiões Sul, Nordeste e Sudeste (SILVA, 2012). É a principal hortaliça, cujo produto final é a raiz, em valor econômico e está entre as dez mais cultivadas no país (LUZ et al., 2009).

O fornecimento de água na cultura da cenoura, além de ser indispensável na maioria das hortaliças, é o fator que mais contribui para o aumento na produção e na qualidade das raízes (LIMA JÚNIOR et al., 2012). As irrigações devem ser bem distribuídas, atendo às exigências da cultura para cada estágio. Desta forma, o ciclo da cultura, em termos hídricos, foi dividido em quatro estádios (Tabela 1) (MAROUELLI et al., 2007).

TABELA 1 – Classificação do ciclo da cenoura em estádios

Estádio	Início (DAP)	Final (DAP)	Duração (dias)
Inicial	0	30 ^V -35 ^I	30 ^V -35 ^I
Vegetativo	31 ^V -36 ^I	60 ^V -70 ^I	30 ^V -35 ^I
Engrossamento de raízes	40	110 ^V -115 ^I	71 ^V -76 ^I
Maturação	Senescência	Colheita	-

^VCultivares de verão; ^ICultivares de inverno; DAP – Dias Após Plantio.

Fonte: Adaptado de MAROUELLI et al. (2007).

Além do desenvolvimento da cultura, deve-se considerar: a) as condições climáticas: a evapotranspiração é influenciada diretamente pelas condições de ventos, umidade relativa e radiação solar (BANDYOPADHYAY et al., 2009; XU et al. 2006); b) tipo de solo: em solos arenosos, a perda de água é maior tanto pela percolação quanto pela evaporação; entre outros.

A função do manejo da irrigação é determinar precisamente o momento correto e a lâmina ser aplicada. São vários os métodos de manejo para a irrigação, dentre eles: a) aspectos visuais: enrolamento das folhas, alteração no ângulo foliar, entre outros; b) calendário de irrigações: determinação do turno de rega e lâmina considerando a capacidade de retenção de água no solo, a evapotranspiração da cultura e dados climáticos de anos anteriores; c) balanço de água no solo: somatório de todas as entradas e saídas de água de uma determinada porção de solo, sob influência dos aspectos climatológicos e da cultura, por um determinado período de tempo (BRITO et al., 2009a). A lâmina a ser irrigada corresponde ao resultado do somatório, quando negativo; d) tanque classe A: integra valores meteorológicos e valores da cultura. As irrigações correspondem, basicamente, à lâmina total evapotranspirada (CUNHA et al., 2013).

Além dos métodos citados, a tensiometria vem se mostrando como uma eficiente ferramenta. Os tensiômetros medem o potencial mátrico do solo através do equilíbrio da solução do solo com a água que está no interior do equipamento. Quando a primeira está sob tensão, a mesma exerce uma força succionando o interior do aparelho, fazendo com que a pressão interna diminua. A diminuição da pressão interna gera um vácuo e esta pressão negativa fornece o potencial mátrico (COELHO & TEIXEIRA, 2004).

O tensiômetro de coluna de mercúrio possibilita a leitura em tempo real do potencial mátrico. Porém, o mercúrio, quando oxidado, se transforma num metal altamente tóxico, podendo contaminar o ambiente e quem o manuseia (BRITO et al. 2009b).

O tensiômetro de punção possui o mesmo princípio de funcionamento do tensiômetro tipo Bourdon, porém o vacuômetro, ou tensímetro, não é acoplado ao tensiômetro. Em trabalho realizado em Lavras-MG, foram utilizados tensiômetros para medir o desempenho de dois cultivares de cenoura, sob seis tensões diferentes de água no solo (15, 25, 35, 45, 60 e 75 kPa). Os autores concluíram que a maior eficiência no consumo de água foi obtida com os tratamentos nas tensões de 15 e 75 kPa, atingindo respectivos valores de 579,87 e 621,81 kg ha⁻¹ mm⁻¹. Logo, observou-se maior relação produtividade/lâmina de irrigação nos tratamentos que foram conduzidos em maiores tensões de água no solo (LIMA JÚNIOR et al., 2012).

A tensão de água no solo interfere diretamente na qualidade do produto final. Em trabalho semelhante, foi utilizada a tensiometria para a verificação da influência de variadas tensões de água no solo na qualidade de raízes da cenoura em duas cultivares sob seis diferentes tensões de água no solo: 15, 25, 35, 45, 60 e 75 kPa. Os autores concluíram que o teor de açúcar aumenta e a acidez diminui com o aumento das tensões (LIMA JÚNIOR et al., 2011).

Quando as tensões são baixas, as cenouras adquirem sabor mais ácido e menos característico, diminuindo a palatabilidade do alimento (LIMA JÚNIOR et al., 2011). Dentro deste contexto, objetivou-se demonstrar de maneira prática a eficiência da utilização da tensiometria para o manejo da irrigação, com o propósito de diminuir custos de produção e aumentar a produtividade, sem haver desperdício de água.

MATERIAL E METODOS

O trabalho foi conduzido no município de Santa Juliana – MG, em solo Franco Argilo-Arenoso, em cultura de cenoura irrigada por pivô central, no período de janeiro de 2010 a dezembro de 2011. A área situa-se a Oeste do Alto Paranaíba, a 1030 m de altitude, com coordenadas 19° 17' 49,50" latitude Sul e 47° 28' 1,46" longitude Oeste.

Os tratamentos se constituíram de dois cultivares de verão, Juliana e Poliana; e quatro cultivares de inverno, Nikki, Nayarit, Belgrado e Maestro. Para a determinação da umidade do solo foram utilizadas oito baterias de tensiômetros, com três equipamentos por bateria, nas profundidades de 20, 40 e 60 cm. Foram realizados 28 testes, sendo 17 no ano de 2010 (11 com cultivares de verão e 6 com cultivares de inverno) e 11 testes no ano de 2011 (6 testes com cultivares de verão e 5 com cultivares de inverno). O sistema de irrigação utilizado foi o de aspersão mecanizada tipo pivô central.

A retenção da água no solo foi medida por meio do aparelho extrator de umidade. As amostras de terra fina seca ao ar, previamente saturadas, foram submetidas aos potenciais matriciais da água no solo de -4, -10, -33, -100, -300, -900, e -1500 kPa, em duplicata, conforme metodologia idealizada por RICHARDS (1949). As curvas de retenção obtidas para cada horizonte (Figura 1) foram ajustadas ao modelo de VAN GENUCHTEN (1980), descrito na Equação 1. Para isso, utilizou-se o software Soil Water Retention Curve (SWRC), versão Beta 3.0. (DOURADO NETO et al., 2000).

$$\theta_{Solo} = \theta_{Residual} + \frac{\theta_{Saturado} - \theta_{Residual}}{[1 + (\alpha \cdot |\Psi_{m\ solo\ (cmca)}|)^n]^{(1-\frac{1}{n})}}$$

em que:

θ = umidade do solo com base em volume, $cm^3\ cm^{-3}$;

ψ = tensão de água no solo, cmca; e

n, α = parâmetros variantes de acordo com o tipo de solo

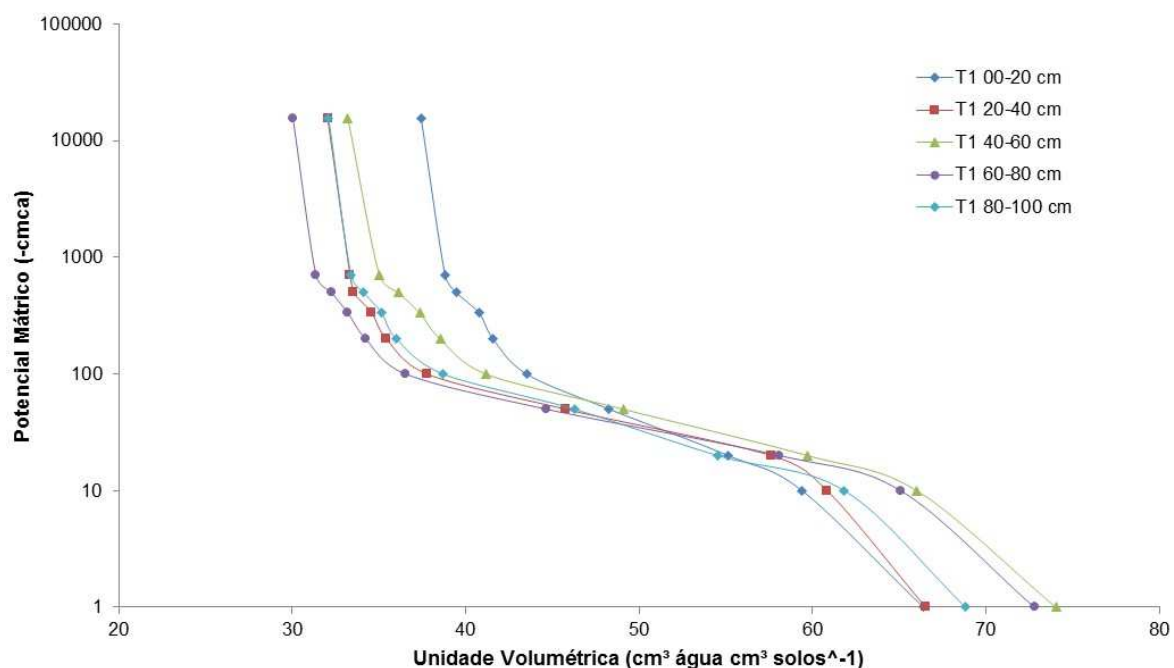


FIGURA 1 – Curva de retenção de água no solo

Os 17 ensaios realizados em 2010 foram submetidos a déficit hídrico, nas profundidades de 40 e 60 cm, nos estádios de “engrossamento de raízes” e de “maturação”, com a finalidade de incentivar o crescimento vertical das raízes, pois as plantas, em situação de baixa umidade, desenvolvem verticalmente as raízes para poder absorver a umidade em profundidade. No ano de 2011, as plantas não foram submetidas ao déficit hídrico.

No momento em que as tensões das profundidades de 40 e 60 cm atingiram valores maiores que 35 kPa, realizou-se a irrigação para diminuir a tensão próximo à capacidade de campo, proporcionando turno de regas diários ou de 2 dias, conforme as medidas. As tensões pré-irrigação eram significativamente maiores que as

tensões de capacidade de campo, que, para o solo em teste, foram: 7 kPa (0-20 cm), 9 kPa (20-40 cm) e 11 kPa (40-60 cm). Nos estádios de “engrossamento de raízes” e de “maturação”, a cultura foi conduzida em solo mais seco.

Com o déficit realizado, além do incentivo do crescimento vertical das cenouras, foi realizado um teste na cultivar Juliana, no ano de 2010, para comprovar se há antecipação do ciclo nas áreas onde é realizado o déficit hídrico. Foram então plantadas duas áreas, com mesma cultivar (ciclo de 110 dias), tipo de solo e tratos culturais, com diferença de 10 dias de plantio. No final do ciclo, foram avaliadas as características das cenouras dos dois testes (tamanho, uniformidade de raízes e formato), para verificar se o teste realizado em condições de menor umidade antecipou o ciclo.

Foi realizado o monitoramento das características fenológicas da cenoura nos diversos estádios de desenvolvimento, observando características de déficit/excesso hídrico e realizando as correções quanto ao fornecimento de água e a determinação dos extremos de tensão, máximo e mínimo, em cada estádio. Para a avaliação da produtividade, adotou-se a Equação 2.

$$PL = \frac{\left(\frac{PB - D}{29}\right)}{A}$$

em que:

PL - Produção Líquida, em cx ha⁻¹;

PB - Produção Bruta (quantidade total de cenouras, em Kg, colhidas no campo);

D - Descarte, em Kg;

29 - Fator de conversão para uma caixa de cenoura; e

A - Área, ha.

As cenouras foram colhidas, lavadas e selecionadas na usina de beneficiamento. Logo, a produtividade levou em consideração apenas as cenouras com características para comercialização. Cenouras fora do padrão (com deformações, avariadas, maiores que 25 cm ou menores que 10 cm) não foram contabilizadas.

A qualidade foi determinada por meio da classificação das cenouras quanto ao tamanho: 10 (10 a 13 cm), 14 (14 a 17 cm), 18 (18 a 21 cm) e 22 (22 a 25 cm) (CEAGESP, 2000). As raízes que se encontrarem fora da classificação são consideradas cenouras “descarte”. As cenouras dos testes foram lavadas, em lavador automático e classificadas de acordo com o tamanho.

Os dados foram analisados por análise estatística descritiva, sendo a totalidade da produção de cenouras colhida, lavada e embaladas para comercialização. Os dados de descarte foram obtidos durante o processo de lavagem e seleção.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade média no ano de 2010 atingiu 1.874,46 cx ha⁻¹, sendo que a média dos ciclos de verão foi de 1.619,30 cx ha⁻¹, enquanto que a de inverno foi 2.342,25 cx ha⁻¹. Nesse ano, as irrigações foram conduzidas realizando o déficit hídrico nos estádios de “maturação” e “engrossamento de raízes”, nas

profundidades de 40 e 60 cm. O déficit foi realizado com a finalidade de incentivar o crescimento vertical das raízes, aumentando o tamanho das mesmas e contribuindo com o incremento em produtividade.

A maior e a menor produtividade foram observadas na cultivar “Juliana”, com 3.012,71 cx ha⁻¹ e 606,35 cx ha⁻¹, respectivamente. Nos dois ensaios, o fornecimento de água foi diferente. No de maior produtividade, o solo foi conduzido com menor teor de umidade que no de menor produtividade. As tensões médias da área mais produtiva, nas profundidades de 40 e 60 cm, atingiram valores consideravelmente maiores, sendo de 40,00 e 38,03 kPa no estágio de “engrossamento de raízes” para as profundidades de 40 e 60 cm respectivamente, e 45,15 e 43,47 kPa no estágio de “maturação”, nas mesmas profundidades.

Sabendo-se que a capacidade de campo do solo varia de 7 kPa na profundidade de 20 cm até 11 kPa para a profundidade de 60 cm, as tensões médias das profundidades de 40 e 60 cm comprovam que houve déficit hídrico durante os estádios de “engrossamento de raízes” e “maturação”. Esse déficit hídrico foi ocasionado para promover o crescimento vertical da cultura. Apesar de o crescimento primário (vertical) ocorrer no estágio vegetativo (MAROUELLI et al., 2007), a planta necessita absorver água em profundidade em caso de déficit hídrico. Este crescimento forçado é em menor escala que no estágio vegetativo, porém proporciona incremento na produção.

Na área de menor produtividade, praticamente todo o ciclo da cenoura foi conduzido em capacidade de campo. As tensões médias no estágio de “engrossamento de raízes” foram de 29,01 e 36,56 kPa para as profundidades de 40 e 60 cm respectivamente, e no estágio de “maturação”, as tensões médias foram de 27,37 e 41,58 kPa, para as mesmas profundidades.

No ensaio que resultou na menor produtividade, o solo foi conduzido com maior umidade em relação ao ensaio mais produtivo. Nas duas áreas, configurou-se déficit hídrico. Porém, no ensaio menos produtivo, o déficit hídrico foi realizado com menor intensidade, não contribuindo para o aumento da produtividade.

As plantas sofrem alterações no comportamento vegetal sob condições de déficit hídrico (SANTOS & CARLESSO, 1998). Na área de menor produtividade, não foram observadas alterações no comportamento vegetal, comprovando que o déficit hídrico foi aplicado com baixa intensidade, não promovendo acréscimo em produtividade.

No ano de 2011 foram coletados 11 ciclos, sendo 6 ciclos de cultivares de verão e 5 ciclos de cultivares de inverno. A produtividade média geral atingiu 1.636,61 cx ha⁻¹, 12,7% menor que a produtividade média do ano anterior.

Para os ciclos de verão, a produtividade média atingiu 1.304,64 cx ha⁻¹, permanecendo 19% menor em relação a 2010 e a produtividade média das cultivares de inverno foi de 2.034,98 cx ha⁻¹, 13% menor que em 2010.

A redução das produtividades ocorreu porque não houve déficit hídrico na cultura, nos estádios de “engrossamento de raízes” e “maturação”. Os testes realizados nos cultivares de verão em 2011 foram conduzidos na capacidade de campo em todo o ciclo. As tensões médias para as cultivares de verão foram de 16,28 e 18,15 kPa no estágio de “engrossamento de raízes” para as profundidades de 40 e 60 cm respectivamente, e de 17,44 e 19,42 kPa no estágio de “maturação” para as profundidades de 40 e 60 cm.

É possível observar que as tensões médias indicam que não houve déficit hídrico durante o ano de 2011. Logo, não se estimulou o crescimento vertical das raízes nos estádios “engrossamento de raízes” e “maturação” e, com isso, não houve incremento de produtividade. Para as cultivares de inverno, pôde-se observar que houve déficit hídrico, porém, em menor intensidade que a maior produtividade do ano de 2010. As tensões foram de 24,14 e 27,56 kPa no estágio de “engrossamento de raízes” nas profundidades de 40 e 60 cm respectivamente, e de 22,53 e 30,75 kPa no estágio de “maturação” nas profundidades de 40 e 60 cm respectivamente.

A relação proporcional entre o déficit hídrico nos dois últimos estádios e produtividade é evidenciada analisando os dados coletados nos ensaios, durante o estágio de “Engrossamento de Raízes”, nas profundidades de 40 e de 60 cm (Figura 2), onde é possível observar que houve uma relação direta entre déficit hídrico e produtividade. Algumas exceções foram verificadas nos testes 10, 11, 18 e 27, onde as tensões nas profundidades de 40 cm e 60 cm foram relativamente altas; porém, não houve ganhos em produtividade.

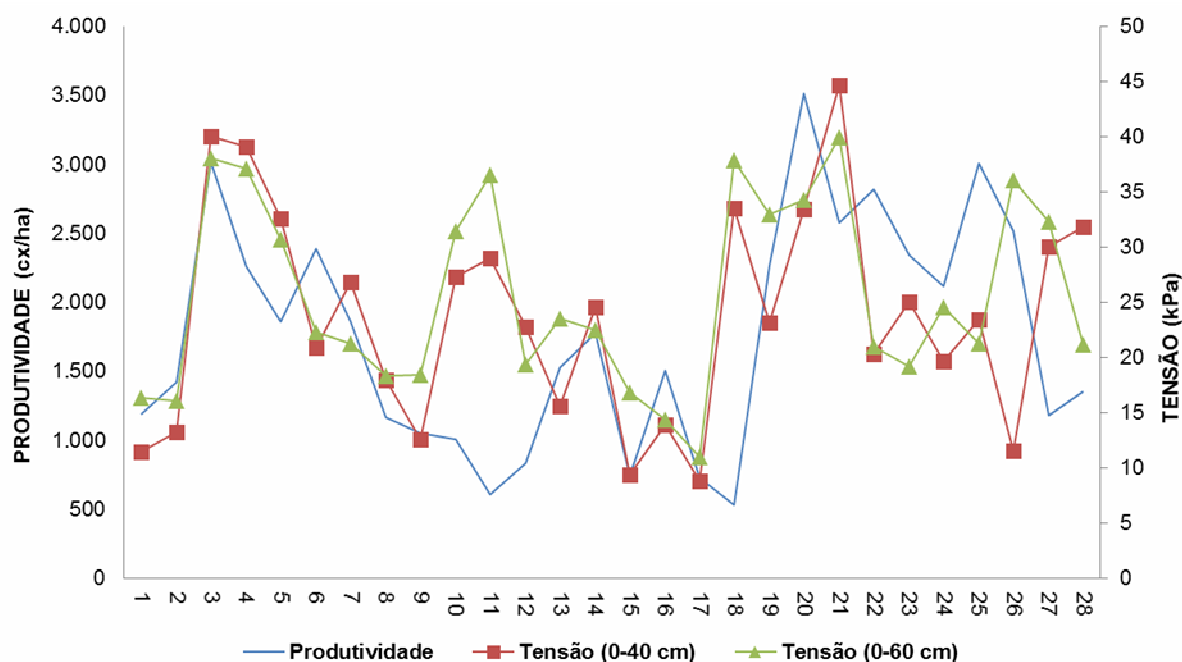


FIGURA 2 – Tensão versus produtividade no estágio de Engrossamento de Raízes em 40 e 60 cm

A relação inversa se justifica pelo fato de que os ensaios experimentais sofreram ataque de Alternária (*Alternaria dauci*) e Cercospora (*Cercospora carotae*), duas doenças fúngicas que acometem a cultura da cenoura, conhecidas popularmente como “Queima das Folhas”, por causar necrose do tecido vegetal, comprometendo a taxa fotossintética. Logo, o ataque das doenças comprometeu a produtividade e fez com que o efeito do déficit hídrico não fosse evidenciado. Conforme LANGENBERG et al. (1977), a “queima das folhas”, com incidência entre 10 e 20%, reduz significativamente a produtividade da cenoura.

O comportamento diretamente proporcional entre o déficit hídrico e produtividade também foi observado no estágio de “maturação” (Figura 3). Foram

detectadas quatro inconsistências, nos testes 10, 11, 18 e 27, sendo também de considerada severidade a ocorrência das doenças no estágio de “engrossamento de raízes”.

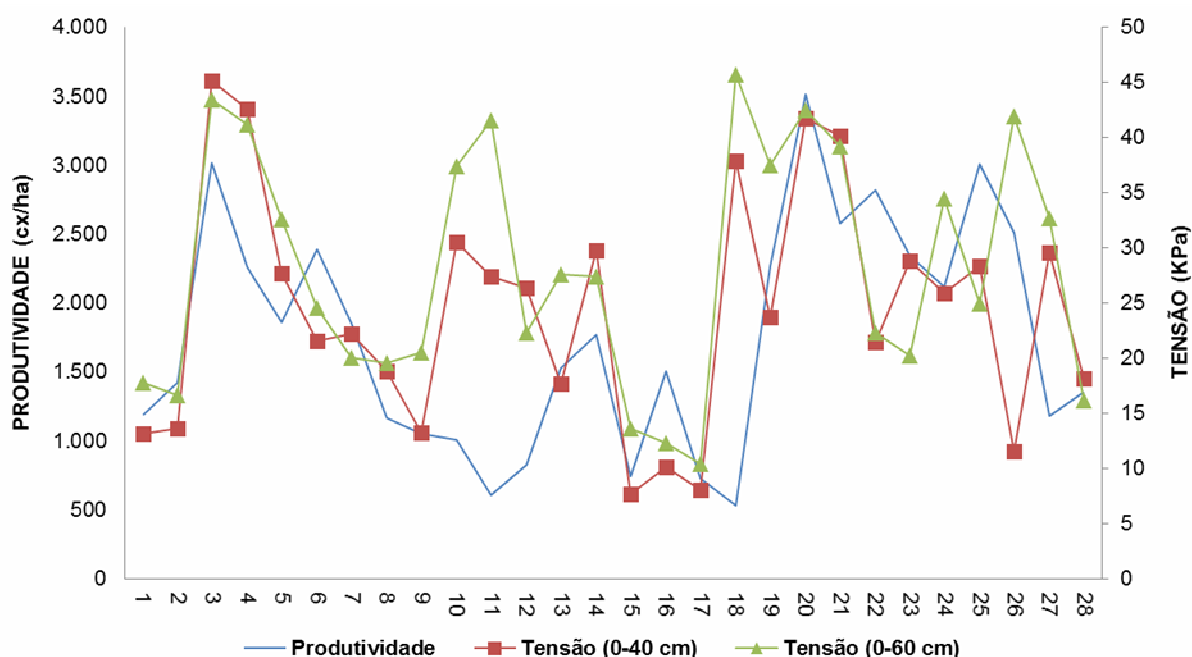


FIGURA 3 – Tensão x produtividade no estágio de Maturação em 40 e 60 cm

Ainda assim é possível afirmar que o déficit hídrico realizado nos dois últimos estádios promoveu incremento na produtividade. Quando a cultura da cenoura foi conduzida com o solo na capacidade de campo durante todo o ciclo, as plantas apresentaram danos pelo excesso de água. A capacidade do solo foi mantida basicamente com as chuvas, nos experimentos realizados com variedades de verão; e com irrigações, nos experimentos realizados com variedades de inverno.

Entre os danos encontrados, um aspecto que foi observado nos ensaios conduzidos com o solo na capacidade de campo foi o bifurcamento das raízes (Figura 4), já que quando se conduz a cultura da cenoura em condições de excesso de água, a quantidade de oxigênio no solo diminui, pela ocupação do espaço com água. Assim, as plantas emitem uma ou mais raízes na mesma planta para aumentar a superfície de contato com o solo e, conseqüentemente, aumentam o contato com o oxigênio (DISQUAL, 2000).



FIGURA 4 – Cenouras bifurcadas devido ao excesso hídrico

Normalmente, o crescimento vegetativo (folhas e pecíolos), em situação ideal de irrigação, deve ser proporcional ao crescimento radicular. Quando há uma extrapolação do crescimento vegetativo em relação ao radicular, a planta está sendo conduzida em solo com excesso de água. O peso de matéria fresca das folhas da cenoura tende a aumentar com o incremento da lâmina de irrigação aplicada (SILVA et al., 2011). Comportamento semelhante foi observado na área de menor produtividade no ano de 2010 e nos ensaios realizados no ano de 2011. Nestes ensaios, o solo foi conduzido com elevada umidade, tanto pela chuva quanto pelas irrigações, e foi constatado visualmente que as folhas das plantas tiveram crescimento elevado, desproporcional ao desenvolvimento radicular.

Outro fator que foi observado e que indica excedente hídrico é a diminuição ou a perda da pubescência do pecíolo foliar. A cenoura apresenta pelos ao longo do pecíolo como mecanismo de autodefesa contra ataque de insetos. Os pelos impedem que os insetos cheguem ao pecíolo, evitando o contato dos mesmos com a planta. Em situação de excesso de água, a planta perde esse mecanismo, fazendo com que os pelos caiam parcial ou totalmente. Tal fato também foi observado nos ensaios experimentais que apresentaram a menor produtividade em 2010 e em todos os ensaios realizados em 2011.

O crescimento deficiente das raízes também se constitui em aspecto visual de excesso de água, que foi verificado nos ensaios, pois nestas condições, as cenouras não atingiram o tamanho ideal. Isso ocorreu pelo fato de que a planta encontra água facilmente, a poucos centímetros da superfície, não havendo necessidade de desenvolver verticalmente o sistema radicular para realizar a absorção. Quando há excesso de água no solo, os nutrientes são lixiviados e tornam-se indisponíveis às plantas. Assim, não há nutrientes suficientes, impossibilitando o desenvolvimento radicular e favorecendo o ataque de doenças, corroborando com o trabalho realizado por MAROUELLI et al. (2007), onde os autores concluíram que o excesso de água no solo, além de favorecer a ocorrência de doenças, prejudica o crescimento das raízes da cenoura.

Outro aspecto importante do déficit hídrico é a antecipação do ciclo da cultura. Com essa antecipação, menores são os gastos com irrigação, controle fitossanitário

e práticas operacionais. Foi aplicado o déficit hídrico no início do estágio de “engrossamento de raízes” (Figura 5) nas cenouras do ensaio mais novo.



FIGURA 5 – À direita 3 cenouras plantadas 10 dias após o plantio das 3 à esquerda

Com 100 dias após plantio, as cenouras do ensaio mais novo atingiram mesmo porte radicular das cenouras com 110 dias e ainda obteve maior uniformidade (Figura 6). Essa antecipação ocorre pelo fato de que o déficit hídrico incentiva o crescimento vertical, fazendo com que a cenoura adquira comprimento em curto espaço de tempo.



FIGURA 6 – À esquerda, cenouras com 110 dias de ciclo. À direita, cenouras com 100 dias de ciclo

Além do incremento na produtividade, o déficit hídrico nos estágios de “engrossamento de raízes” e “maturação” contribui também para a melhoria da qualidade e uniformidade do produto final.

Porém, destaca-se que o déficit hídrico não deve ser acentuado e/ou intenso, a fim de se evitar danos irreversíveis às plantas como a deformação das raízes. A falta de água dificulta a penetração das raízes no solo e as mesmas adquirem formatos irregulares (Figura 7) (DISQUAL, 2000).



FIGURA 7 – Cenouras tortas devido ao déficit hídrico acentuado

Logo, a cultura deve ser conduzida com o solo na capacidade de campo nos estádios “inicial” e “vegetativo”. No estágio de “engrossamento de raízes”, as lâminas devem ser reduzidas e o turno de rega aumentado. Quando as tensões da camada de 20-40 e/ou 40-60 atingirem valores maiores que 35 kPa, devem ser realizadas as irrigações diminuindo as tensões à capacidade de campo.

CONCLUSÕES

A cultura da cenoura apresentou melhor produção e qualidade nas áreas onde foi submetida a déficit hídrico nos estádios de “engrossamento de raízes” e “maturação”. O ciclo da cenoura diminuiu em 10 dias (9,1%) onde se aplicou o déficit hídrico. Houve maior uniformidade entre raízes nos testes submetidos ao déficit hídrico.

REFERÊNCIAS

BANDYOPADHYAY, A.; BHADRA, N. S.; RAGHUWANSHI, R.; SINGH, J. Temporal trend in estimates of reference evapotranspiration over India. **Journal of Hydrologic Engineering**, v.14, n.5, p.508-515, 2009.

BRITO, A. dos S.; LIBARDI, P. L.; GHIBERTO, P. J. Componentes do balanço de água no solo com cana-de-açúcar, com e sem adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.2, p.295-303, 2009a.

BRITO, A. dos S.; LIBARDI, P. L.; MOTA, J. C. A.; MORAES, S. O. Desempenho do tensiômetro com diferentes sistemas de leitura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.1, p.17-14, 2009b.

CEAGESP - Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. **Classificação de cenoura**, 2000.

COELHO, S. L.; TEIXEIRA, A. dos S. Avaliação do tensiômetro eletrônico no monitoramento do potencial matricial de água no solo. **Engenharia Agrícola**, v.24, n.3, p.536-545, 2004.

CUNHA, P. C. R. da; SILVEIRA, P. M. da; NASCIMENTO, J. L. do; ALVES JÚNIOR, J. Manejo da irrigação no feijoeiro cultivado em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.7, p.735-742, 2013.

DISQUAL – Programa Praxis XXI – Otimização da qualidade e redução de custos na cadeia de distribuição de produtos hortofrutícolas frescos. **Manual de boas práticas – Cenoura**, 2000.

DOURADO NETO, D.; DONALD, R. N.; HOPMANS, J. W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S. **Programa computacional para modelagem de curvas de retenção de água no solo (SWRC, versão 2.00)**. Scientia Agricola, Piracicaba, v.57, n.1, 2000.

LANGENBERG, W. J.; SUTTON, J. C.; GILLESPIE, T.J. Relation of weather variables and periodicities of airborne spores of *Alternaria dauci*. **American Phytopathological Society Board & Staff**, v.67, n.7, p.879-883, 1977.

LIMA JÚNIOR, J. A. de; PEREIRA, G. M.; GEISENHOFF, L. O.; SILVA, W. G. da; VILAS BOAS, R. C.; SOUZA, R. J. de. Desempenho de cultivares de cenoura em função da água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.5, p.514-520, 2012.

LIMA JÚNIOR, J. A. de; SILVA, A. L. P. da; GUEDES, M. G. M. Avaliação da qualidade de raízes de cenouras em função do manejo de irrigação. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, n.12, p.1-7, 2011.

LUZ, J. M. Q.; ZORZAL FILHO, A.; RODRIGUES, W. L.; RODRIGUES, C. R.; QUEIROZ, A. A. Adubação de cobertura com nitrogênio, potássio e cálcio na produção comercial de cenoura. **Horticultura Brasileira**, v.27, n.4, p.543-548, 2009.

MARQUELLI, W. A.; OLIVEIRA, R. A.; SILVA, W. L. C. **Irrigação da cultura da cenoura**. Circular Técnica 48. Embrapa Hortaliças, 1.ed., p-1-14, 2007.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. de C. e; SILVA, H. R. da. **Irrigação por Aspersão em Hortaliças: Qualidade da Água, Aspectos do Sistema e Método Prático de Manejo**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 150 p.

RICHARDS, L. A. Methods of measuring moisture tension. **Soil Science**, v. 58, p. 95-112, 1949.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.3, p.287-294, 1998.

SILVA, G. O. da; CARVALHO, A. D. F. de; VIEIRA, J. V.; FRITCHE-NETO, R. Adaptabilidade e estabilidade de populações de cenoura. **Horticultura Brasileira**, v.50, n.1, p.80-83, 2012.

SILVA, V. J. da; TEODORO, R. E. F.; CARVALHO, H. de P.; MARTINS, A. D.; LUZ, J. M. Q. Resposta da cenoura à aplicação de diferentes lâminas de irrigação. **Bioscience Journal**, v.27, n.6, p.954-963, 2011.

TEIXEIRA, L. J. Q.; POLA, C. C.; JUNQUEIRA, M. da S.; MENDES, F. Q.; RODRIGUES JÚNIOR, S. Cenoura (*Daucus carota*): Processamento e composição química. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, n.12, p.1-21, 2011.

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science**. Soc. Am. J., v.44, p.892-898, 1980.

XU, C. Y.; GONG, L.; JIANG, T.; CHEN, D. Decreasing reference evapotranspiration in a warming climate: a case of Changjiang (Yangtze River) catchment during 1970-2000. **Advances in Atmospheric Sciences**, v.23, n.4, p.513-520, 2006.