10.30612/agrarian.v12i45.4566

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Efeito da tensão crítica de irrigação e cobertura do solo sobre o cultivo de rabanete

Effect of soil-water tension on the growth of radish under two cropping systems

Alexsandro Claudio dos Santos Almeida[1], Maiara Pusch[1], Jéssica Souza Bonifácio[1], Fabricio Correia Oliveira[1], Luciano Geisenholff[1], Guilherme Augusto Biscaro[1]

Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Faculdade de Ciências Agrárias, Rodovia Dourados/Itahum, Km 12 - Unidade II | Caixa Postal: 364;

CEP: 79.804-970 email: ameidaacs@yahoo.com.br

Recebido em: 26/10/2015 Aceito em:17/01/2019

Resumo: A cobertura do solo no cultivo sob plantio direto de hortaliças tendem a promover redução das perdas de água no solo e melhorar o desenvolvimento das plantas. A tensão de água no solo utilizada para o acionamento da irrigação afeta o crescimento das plantas. Com isso, objetivou-se avaliar tensões de água no solo na produção de rabanete cultivada em solo com cobertura e sem cobertura de palha. O experimento foi conduzido na Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com um fatorial de 2 x 2, sendo duas tensões de acionamento da irrigação (12 e 18 kPa) e dois tipos de sistemas de cultivo (solo com cobertura e sem cobertura de palha), com quatro repetições. O manejo da irrigação foi baseado nas leituras provenientes de 16 tensiômetros instalados um em cada parcela. As variáveis avaliadas foram: diâmetro da maior raiz (DR), produtividade total (PT), produtividade comercial (PC), produtividade da água (PA) e percentual de raízes rachadas (PR). O maior DR (46,73 cm) foi obtido com o sistema com cobertura do solo e tensão de 12 kPa. Não houve diferença para os parâmetros de rendimento (PT, PC e PA). A tensão de 18 kPa associada à cobertura do solo com palha pode ser considerada a condição mais adequada para o cultivo de rabanete, pois além da redução da evaporação direta de água do solo, proporcionou menor quantidade de raízes rachadas (1,98%).

Palavras-chave: requerimento hídrico, plantio direto, manejo da irrigação, *Raphanus sativus*

Abstract: Soil cover in no tillage systems on growing vegetables tend to promote reduction in water losses and better soil condition to plants growth. Soil water tension used to active irrigation affects the plant growth also. Thus, this study aimed to evaluate soil-water tensions on the production of radish grown in soil with cover and without straw cover. The experiment was conducted at the Universidade Federal da Grande Dourados, in Dourados, MS, latitude 22º13'16 "longitude 54º48'20" and altitude of 430 m. The experimental design was completely randomized with a factorial 2 x 2, which two irrigation tension (12 and18 kPa) and two tillage systems (soil with cover and without straw cover), with four replications. Irrigation management was based on readings from 16 tensiometers installed one in each plot. The variables evaluated were: diameter of the largest root (DR), total productivity (PT), commercial productivity (PC), water productivity (PA) and percentage of cracked roots (PR). The most DR (46.73 cm) was obtained with the system irrigated with 12 kPa of tension and ground covered. It was not observed significant difference in yield parameters (PT, PC and PA). However, the tension of 18 kPa associated with soil cover with straw can be considered the most suitable condition for radish cropping, due its behavior to provide reducing of direct evaporation of water from the soil and the fewer cracked roots (1.98 %).

Keywords: water requirement, irrigation management, no-tillage, *Raphanus sativus*

Introdução

A agricultura no Cerrado brasileiro pode ser considerada uma das mais tecnificadas do mundo. Essa região apresenta alto potencial para a agricultura devido à topografia plana e à boa estrutura física. O Mato Grosso do Sul apresenta

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

seu setor econômico baseado na agricultura. No entanto, as condições climáticas da região são muito variáveis, apresentando alto índice pluviométrico no verão com alto poder erosivo e ocorrências de veranicos longos no inverno ambos quem podem comprometem a produtividade das culturas (Fietz e Fisch, 2008).

Neste contexto, o plantio direto permite melhor conservação da quantidade da água no perfil do solo e das propriedades físicas do solo na região, e, ainda redução do custo de produção (Castro et al., 2005; Branco et al., 2010; Yadav et al., 2014). Ainda segundo esses autores, o plantio direto consiste na disposição de uma cobertura vegetal morta sobre a superfície do solo cujo objetivo é formar uma proteção física contra os intempéries climáticos. Devido às vantagens proporcionadas pelo plantio direto na produção de grãos, a prática também vem sendo implementada no cultivo de hortaliças.

A resposta das plantas cultivadas sob cobertura do solo pode variar muito em função das condições edafoclimáticas locais. Branco et al. (2010) avaliaram o efeito de duas coberturas de solo (palha e plástico) em dois sistemas de irrigação (gotejamento e aspersão convencional) na região de São Roque no estado de São Paulo e observaram que não houve diferença significativa entre as coberturas no cultivo de alface americana, tomate, brócolis e repolho. A cobertura de palha tem a vantagem de ser mais econômica e produzida no próprio local. A utilização de palha em cobertura também proporciona outros benefícios no cultivo de hortaliças, como: melhor conservação do solo, redução de extremos de temperatura no solo, aumento dos teores de matéria orgânica, aumento da atividade biológica do solo e redução de capinas (Castro et al., 2005; Yadav et al., 2014).

Em rabanete, o déficit hídrico acentuado reduz o diâmetro do bulbo e a produtividade de raízes, principalmente na fase de crescimento vegetativo (Bregonci et al., 2008, Cunha et al., 2017; Marques e Santos, 2005). O excesso de água no solo, por outro lado, causa o aumento no número de raízes rachadas, com consequente redução da produtividade comercial (Wan e Kang, 2006; Koetz et al., 2014; Santos et al., 2014). Portanto, para garantir uma elevada qualidade e quantidade de rabanete produzindo, é necessário realizar um adequado manejo da irrigação. Uma das estratégias para reduzir a evaporação direta e melhorar a infiltração e o armazenamento de água, é a cobertura do solo, a qual pode favorecer o cultivo do rabanete, que apresenta alta sensibilidade ao excesso e ao déficit de água no solo (Wan e Kang, 2006; Carmichael et al., 2012;).

O manejo da irrigação baseado na tensão de água no solo consiste em realizar as irrigações quando a tensão no solo atinge um determinado valor crítico, que não afete o desenvolvimento da cultura e seu desempenho produtivo. Ainda, o cálculo da quantidade total de irrigação irá depender das características físico-hídricas do solo, sendo a lâmina de irrigação necessária para elevar a umidade do solo entre a tensão crítica e a tensão na capacidade de campo. Assim, é possível evitar tanto problemas com escassez hídrica quando por excesso de água no solo (Vilas Boas et al., 2011; Carmichael et al., 2012; Lima et al., 2012; Dabach et al., 2013).

Existem poucas pesquisas relacionadas à irrigação de rabanete, sendo que aqueles disponíveis na literatura fazem o uso da evapotranspiração para realizar a irrigação (Marques e Santos, 2005; Wan e Kang, 2006; Slomp et al., 2011; Carmichael et al., 2012; Koetz et al., 2014; Santos et al., 2014: Cunha et al., 2017). Neste cenário, estudos que avaliem a relação da cobertura e umidade do solo com as características produtivas do rabanete tornam-se relevantes, pois contribuem com informações sobre o plantio direto em hortaliças. Portanto, é de extrema importância realizar o estudo com manejo de irrigação para rabanete baseado no monitoramento da umidade do solo e sobre o efeito da cobertura com palha nas características produtivas do rabanete. Diante do exposto, o presente trabalho teve o objetivo de avaliar a produção de rabanete sob tensões de água no solo e sistema de cultivo com e sem cobertura de palha.

Material e Métodos

O experimento foi realizado entre o período de julho a agosto de 2013, na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), localizada no município de Dourados, MS (latitude 22º13'16", longitude 54º48'20" e altitude de 430 m). O clima da região de acordo com a

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

classificação de Köppen, é do tipo Cwa (mesotérmico úmido), com verão chuvoso e inverno seco e com temperatura média anual de 22 ºC. O solo da área experimental é um LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico, com classe textural muito argilosa (Santos et al., 2013), com densidade aparente igual a 0,92 g cm^{-3}.

Antes do plantio foi realizado o preparo da área que constituiu de uma gradagem com profundidade de aproximadamente de 20 cm, em seguida, com o auxílio de uma enxada rotativa foram realizados a construção dos canteiros. O rabanete foi cultivado em oito canteiros com área de 8 m^2 cada (10 m de comprimento por 0,80 m de largura). Foi realizada uma adubação com esterco de caprino curtido utilizando a dosagem de 6 kg m^2, além de uma adubação química (150 g m^{-2}) utilizando o fertilizante no formulado N-P-K 04-14-08. A semeadura foi realizada no dia 20 de julho de 2013, para isso foram feitos sulcos com profundidade de 2 cm e espaçados 15 cm. Os sulcos foram abertos no sentido longitudinal do canteiro, resultando em 04 fileiras de plantas ao longo do canteiro. Foram semeadas de 30 a 40 sementes por metro linear da variedade Vip-Crimson. Treze dias após o plantio foi realizado o desbaste das plantas, permanecendo 10 plantas por metro linear, obtendo-se uma densidade populacional de 66 plantas m^2 (66666 plantas ha^{-1}).

O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado com um fatorial de 2 x 2 (duas tensões de acionamento da irrigação e dois tipos de sistemas de cultivo). As tensões de acionamento foram de 12 kPa e 18 kPa. Os sistemas de cultivo foram constituídos de solo coberto com palha (um camada de palhada de grama com altura média de 04 cm) e solo descoberto. A combinação dos sistemas de cultivo com as tensões de irrigações resulta combinação de 4 tratamentos, sendo T12CC- tensão de acionamento da irrigação de 12 kPa e solo com cobertura; T12SC- tensão de acionamento da irrigação de 12 kPa e solo sem cobertura; T18CC- tensão de acionamento da irrigação de 18 kPa e solo com cobertura; e, T18SC- tensão de acionamento da irrigação de 18 kPa e solo sem cobertura. O tamanho de cada parcela foi 4 m^2 (5 m de comprimento por 0,80 m de largura), alocou-se duas parcelas por canteiro. A área útil de cada parcela foi de 1 m^2 (duas fileiras centrais de plantas com comprimento de 3,3 m; Figura 1), resultando em aproximadamente 66 plantas.



Figura 1. Layout da parcela experimental. Indicando a área útil da parcela, o sistema de irrigação, a disposição das plantas e tensiômetro.

As plantas foram irrigadas utilizando fitas gotejadoras, sendo que, cada fita irrigava duas fileiras de plantas. O espaçamento entre as fitas foi de 0,30 m e o espaçamento entre gotejadores foi de 0,20 cm (Figura 1). A vazão dos gotejadores foi de 1,46 L h^{-1} com espaçamento de 20 cm, fornecendo uma lâmina de água de 16 mm h^{-1}. O manejo da irrigação na fase de germinação e crescimento inicial (até 15 dias após semeadura) foi realizado com base na evapotranspiração da cultura (ETc). A ETc foi estimada pela multiplicação do coeficiente de cultivo do rabanete para fase inicial (0,5) pela evapotranspiração de referencia (ETo) obtida em estação meteorológica padrão, localizada próxima ao experimento. Em seguida, o manejo foi realizado com base na tensão da água no solo. Para tanto, foram instalados dois tensiômetros por canteiro a 0,10 m de profundidade, totalizando 4 tensiômetros por tratamento. A irrigação foi

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

acionada quando a tensão em dois desses tensiômetros atingiram valores igual ou maiores que as tensões estabelecidas para acionamento (12 ou 18 kPa) do sistema de irrigação.

As leituras da tensão do solo foram realizadas diariamente às 16:00 h. O tempo de irrigação foi determinado em função da lâmina requerida para recompor a umidade do solo à capacidade de campo (tensão de 06 kPa e umidade de 0,41 cm^3cm^{-3}), em função da tensão de acionamento e da curva de retenção de água do solo. Para a tensão de acionamento de 12 kPa (θ de 0,36 cm^3cm^{-3}) e 18 kPa (θ de 0,33 cm^3cm^{-3}), as lâminas aplicadas em cada evento de irrigação foram de 11,7 e 17,3 mm, respectivamente. Utilizou-se o programa SWRC (DOURADO NETO et al., 2000) para ajustar uma equação para descrever o comportamento da umidade do solo (cm^3 cm^{-3}) em relação a tensão de água do solo segundo o modelo proposto por van Genuchten (1980), para encontrar os valores de umidades intermediários aos obtidos na curva de retenção (Equação 01). O ajuste dos dados do modelo foi feito por meio da planilha eletrônica EXCEL®. O coeficiente de determinação (R^2) foi equivale a 0,96.

$$\theta_a = 0{,}277 + \frac{0{,}755 - 0{,}277}{[1 + (0{,}2907|\Psi m|^{1{,}730})]^{0{,}420}}$$

Em que: $\theta_{a=}$ Umidade atual do solo com base volumétrica, em cm^3 cm^{-3}; Ψm = Tensão de água no solo, em kPa.

A colheita foi realizada no dia 30 de agosto de 2013 (41 dias após a semeadura). Para as avaliações dos parâmetros produtivos foram colhidas todas as plantas de uma área útil (aproximadamente 66 plantas). Uma amostra de 15 plantas foi selecionada para avaliação das seguintes características: diâmetro da maior raiz (cm), produtividade total (kg ha^{-1}), produtividade comercial (kg ha^{-1}), produtividade da água (kg m^{-3}) e percentual de raízes rachadas (%). O diâmetro da maior raiz (DR) foi obtido através da medição da circunferência (cm) das raízes utilizando fita métricas. A produtividade total (PT, em kg ha^{-1}) foi calculada em função da massa fresca das plantas colhidas considerando uma área útil (kg m^{-2}) por parcela de um m^2 e a população de plantas (Equação 02).

$$\text{PT} = \text{Produção de massa fresca das plantas na área útil x } 10000 \quad (02)$$

A produtividade comercial (PC, em kg ha^{-1}) foi calculada com base na massa fresca das plantas com raízes não rachadas (kg m^{-2}) na área útil considerando a população de plantas (Equação 03).

$$\text{PT} = \text{Produção de massa fresca das plantas com raízes não rachadas na área útil x } 10000 \quad (03)$$

A produtividade da água (PA, em kg m^{-3}) em cada tratamento foi determinada em função da lâmina de irrigação (m^3 ha^{-1}) aplicada durante o ciclo da cultura em cada tratamento e da produtividade comercial da cultura (kg ha^{-1}) (Equação 04).

$$\text{PA} = \frac{\text{Produtividade comercial de raízes}}{\text{Lâmina de água}} \quad (04)$$

O percentual de raízes rachadas (PR, em %) foi determinado por meio da relação (Equação 05) entre a produtividade de raízes rachadas (kg ha^{-1}) e a produtividade total de raízes (kg ha^{-1}).

$$\text{PR} = \left(\frac{\text{Produtividade de raízes rachadas}}{\text{Produtividade total de raízes}}\right) \text{ x } 100 \quad (05)$$

Os resultados foram submetidos ao teste Tukey a 5% probabilidade para comparações entre as médias dos tratamentos.

Os resultados foram avaliados pelo programa ASSISTAT (Assistência Estatística) desenvolvido pelo Prof. Dr. Francisco de Assis do Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (SILVA et al., 2002), o teste realizado foi o de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

A temperatura durante o experimento variou entre 34,2 a -0,7 ºC, com média de 17,4 ºC (Figura 2). Os valores de evapotranspiração de referência (ETo) estimados durante todo o ciclo da cultura permaneceram abaixo de 6 mm dia^{-1}. Esses valores foram próximos dos valores médios

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

normais para região no período de inverno, sendo que a maior ETo foi de 5,3 mm dia^{-1} e a menor foi de 0,6 mm dia^{-1} (Figura 3). Durante todo o ciclo da cultura a precipitação acumulada foi de 30,8 mm, com distribuição irregular, sendo 24,6 mm acorridos um dia após a semeadura (Figura 3). Durante o período de cultivo, ocorreram duas frentes frias acarretando a queda das temperaturas na fase de germinação (por volta do 5º dia após plantio-DAP) e na fase final de desenvolvimento vegetativo (entre 25 e 28 DAP). Nesses dois eventos as temperaturas mínimas atingiram valores próximos à zero, que resultaram geadas.

Com relação ao diâmetro da maior raiz (DR), houve diferença entre os sistemas de cultivo para os tratamentos com tensão de 12 kPa, porém entre as tensões de irrigação não houve diferença. O tratamento com cobertura do solo proporcionou diâmetros de raiz 6,21% superior em relação ao tratamento sem cobertura do solo, considerando a média das tensões de irrigação. Analisando os sistemas de cultivo dentro de cada tratamento de tensão, observou-se que no tratamento com tensão 12 kPa as raízes das plantas apresentaram maior diâmetro no sistema com cobertura (46,73 cm), no entanto a mesma tendência não ocorreu no tratamento onde se irrigou com a tensão de 18 kPa (Tabela 1).

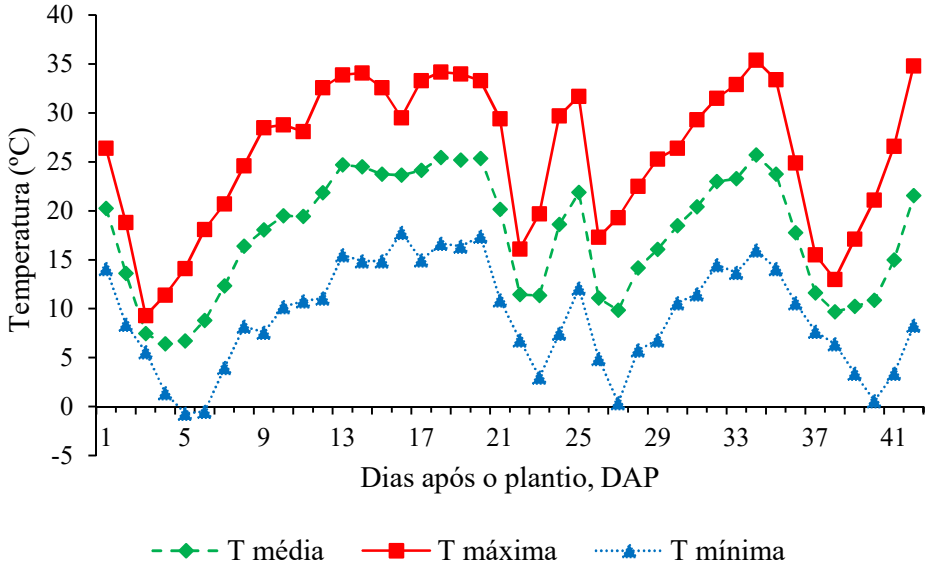


Figura 2. Temperaturas médias, ºC (T média), máximas (T máxima) e mínimas (T mínima) diárias do ar durante o período de cultivo

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

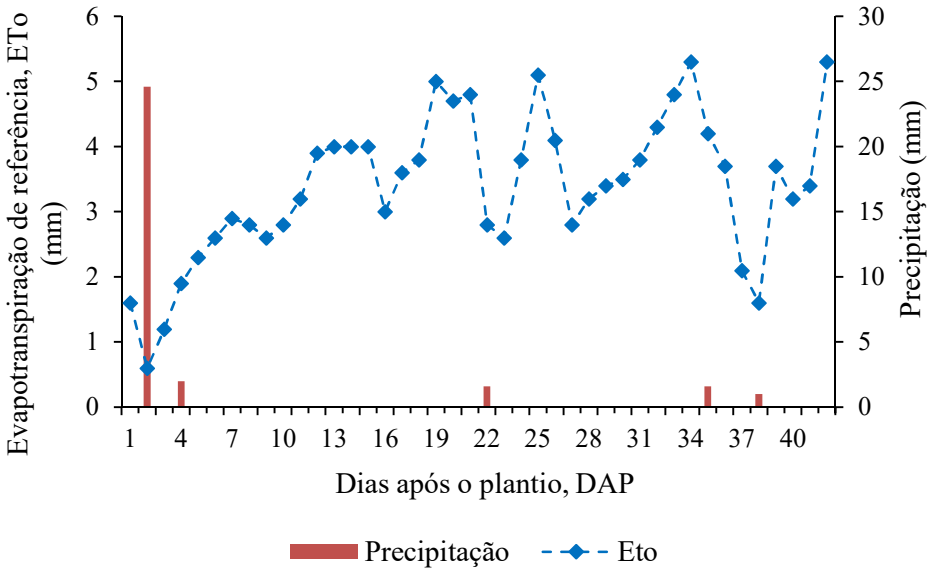


Figura 3. Evapotranspiração de referência, (ETo, em mm dia^{-1}) e precipitação (mm) durante o período de cultivo

Tabela 1. Médias do diâmetro da maior raiz (DR) (cm) observadas em diferentes tensões de irrigação (12 e 18 kPa) dentro dos cultivos com cobertura (CC) e sem cobertura (SC) para o rabanete

Sistemas de cultivo[1]	Diâmetro da maior raiz (cm)		
	Tensão 12 kPa	Tensão 18 kPa	Média dos sistemas de cultivo (cm)
Sem cobertura, SC	42,43 a A	43,20 a A	42,81 a
Com cobertura, CC	46,73 b A	44,21 a A	45,47 b
Médias das Tensões (cm)	44,58 A	43,70 A	Média geral 44,14

[1]Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05); Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05)

Quando se utilizou a tensão de 12 kPa, o sistema com cobertura resultou maiores DR, o mesmo não ocorreu quando a tensão crítica de irrigação foi de 18 kPa (Figura 4 a e 4b). A cobertura do solo com palha apresentou maior contribuição para manutenção da umidade do solo no sistema que apresenta maior frequência de irrigação, ou seja, onde a umidade permanece por mais tempo próximo à capacidade de campo.

Em relação à produtividade total (PT), produtividade comercial (PC) e produtividade da água (PA), não houveram diferenças entre os tratamentos (Tabela 2), com médias de 25.863,25; 25.021,5 kg ha^{-1} e 17,60 kg m^{-3}, respectivamente. Com relação ao sistema de cultivo com cobertura, em outras pesquisas também não se observaram diferenças para os fatores de rendimentos produtivos de outras culturas, como alface americana, tomate, brócolis, repolho (Branco et al., 2010; Yadav et al., 2014), berinjela (Lima et al., 2012) e rabanete (Azevedo e Saad, 2012; Carmichael et al., 2012; Koetz et al., 2014).

A tensão crítica de irrigação interfere na frequência de irrigação, quanto maior a tensão, menor frequência de irrigação, ou seja, solo permanece por mais tempo distante da capacidade de campo. O rabanete não apresentou redução dos parâmetros de rendimento com a variação das frequências de irrigação avaliadas. A redução dos parâmetros tende a ocorrer quando a planta é submetida ao déficit hídrico devido a longos intervalos de irrigação (Marques e Santos, 2005; Koetz et al., 2014; Santos et al., 2014: Cunha et al., 2017). Wang e Kang (2006) ao avaliarem frequências de irrigação, variando de 1 a 8 dias, observaram tendência de redução da PT e PC do rabanete com aumento do intervalo de irrigação. Os autores observaram que as maiores PT e PC

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

ocorreram nas frequências entre 2 e 4 dias, as menores produtividades foram obtidas com frequências de 1 e 8 dias. As frequências de irrigação no tratamento com 12 kPa entre 1 e 2 dias. Enquanto no tratamento com 18 kPa variaram de 2 a 4 dias. Como não houve diferença para PT, PC e PA, pode-se dizer que a maior tensão avaliada (18 kPa) não promoveu estresse hídricos a cultura do rabanete.

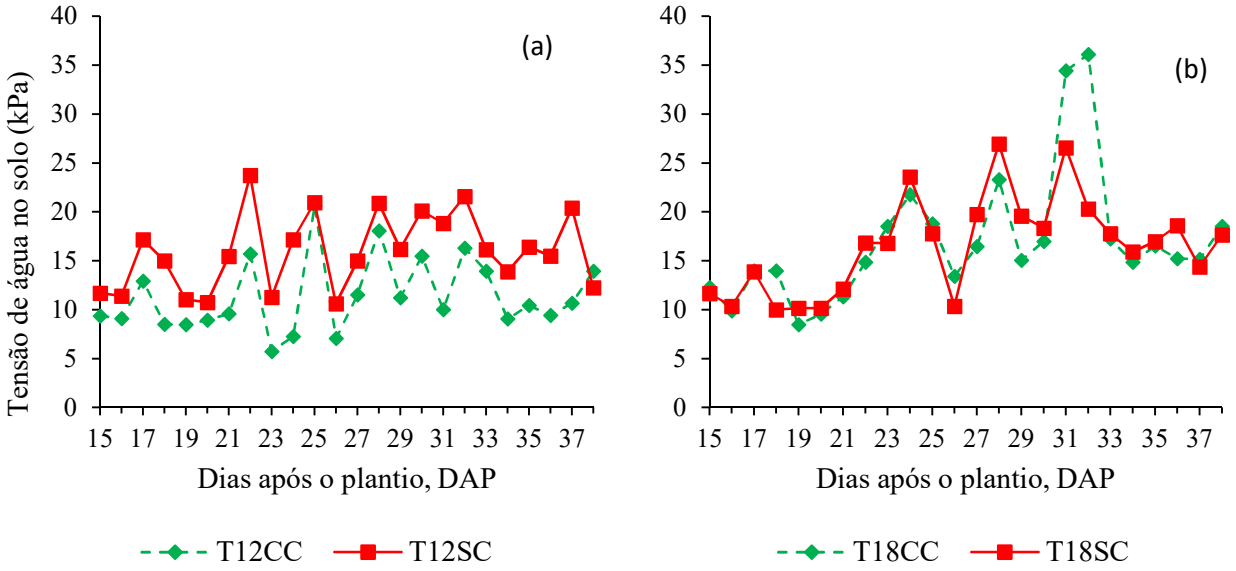


Figura 4. a)Tensão de água no solo observada no tratamento irrigado com tensão crítica de 12 kPa para o rabanete cultivado no sistema com cobertura (T12CC) e sem cobertura (T12SC) durante as fases de crescimento vegetativo e maturação da cultura, e b) com cobertura (T18CC) e sem cobertura (T18SC)

Tabela 2. Produtividade total (PT), Produtividade comercial (PC) e Produtividade da água (PA) observadas nos quatro tratamentos (T12CC- tensão de acionamento da irrigação de 12 kPa e solo com cobertura; T12SC- tensão de acionamento da irrigação de 12 kPa e solo sem cobertura; T18CC- tensão de acionamento da irrigação de 18 kPa e solo com cobertura; e, T18SC- tensão de acionamento da irrigação de 18 kPa e solo sem cobertura)

Parâmetros avaliados	Tratamentos			
	T12CC	T12SC	T18CC	T18SC
PT ^{ns}, (kg ha^{-1})	27.335,25	25.323,75	25.992,75	24.801,25
PC ^{ns} (kg ha^{-1})	25.769,00	24.072,50	25.992,75	24.251,75
PA^{ns} (kg m^{-3})	17,31	16,17	20,31	16,61

^{ns} não significativo pela teste Tukey (P<0,05)

Os valores médios de tensão da água no solo dos tratamentos T12CC, T12SC (Figura 1), T18CC e T18SC (Figura 2) foram 11 kPa, 16 kPa, 17,6 kPa e 16,5 kPa, respectivamente. Esses valores foram obtidos nas leituras realizadas em cada fim de tarde, portanto, não consideram os valores mínimos que ocorreram logo após as irrigações. O maior valor médio observado no T18CC deve-se ao alto valor de tensão observado em um determinado dia. Entretanto, as tensões de água no solo observada nos tratamentos com solo coberto (T12CC e T18CC) foram, em geral, menores do que nos tratamentos com solo sem cobertura (T12SC e T18SC). O que comprova que a palha sobre a superfície do solo reduz as perdas de água por evaporação, proporcionando maior conservação da umidade do solo (Figura 4).

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Em relação à porcentagem de raízes rachadas (PR), houve diferença entre as tensões de irrigação, contudo os sistemas de cultivo (com cobertura, CC e sem cobertura, SC) não resultaram diferença entre os tratamentos (Tabela 3). Resultados semelhantes foram observados por Wang e Kang (2006) e Cunha et al. (2017), onde houve aumento da porcentagem de raízes rachadas nos tratamentos que permaneceram por mais tempo próximo à capacidade de campo, ou seja, a manutenção da umidade do solo muito próximo à capacidade de campo causa danos às raízes do rabanete (Koetz et al., 2014; Santos et al., 2014). Os autores observaram os maiores PR nos tratamentos submetidos a tensões superiores a 30 kPa e muito próximas a capacidade de campo. Irrigações muito frequentes, como no tratamento com 12 kPa, resulta em uma região muita úmida na zona radicular e o crescimento pode ser afetado por inadequada difusão de oxigênio na zona radicular. Além disso, em condição de alta umidade no solo, o parênquima celular no xilema da raiz expande rapidamente, mas as células no floema e periderme não acompanham essa expansão, podendo causar rachaduras nas raízes. Em situações com longos intervalos de irrigação (manejo de irrigação com maiores valores de tensão, superior a 30 kPa) ocasionam em frequentes flutuações da umidade do solo que promovem maior lignificação da periderme quando solo seco com posterior rachaduras quando o solo é umedecido. Assim, considera-se que a tensões de acionamento entre 20 e 30 kPa (intervalos de irrigações de 3 a 4 dias) podem favorecer uma adequada favorável a difusão de oxigênio na zona radicular e crescimento normal das raízes de rabanete (Wang e Kang, 2006; Carmichael et al., 2012; Dabach et al., 2013; Cunha et al., 2017).

O tratamento no qual se utilizou a menor tensão como critério de irrigação (12 kPa) apresentou maior PR, em média 5,05% das raízes. Quando se comparam as tensões de irrigação (12 e 18 kPa) dentro de cada sistema de cultivo, observa-se que diferentemente do sistema CC o sistema SC apresentou diferença para tensão de acionamento, isso evidência o efeito da cobertura por palha na redução da evaporação de água do solo, de modo que a umidade no tratamento com cobertura foi mantida por mais tempo próximo a capacidade de campo nos dois sistemas de cultivo.

Tabela 3. Médias do porcentual de raízes rachadas, PR (%) observadas em diferentes tensões de irrigação (12 e 18 kPa) dentro dos cultivos com cobertura (CC) e sem cobertura (SC) para o rabanete

Sistemas de cultivo[1]	porcentual de raízes rachadas (%)		
	Tensão 12 kPa	Tensão 18 kPa	Média dos sistemas de
Sem cobertura, SC	5,78 a A	1,84 a B	3,81 a
Com cobertura, CC	4,29 a A	2,12 a A	3,21 a
Médias das Tensões (%)	5,05 A	1,98 B	Média geral

[1]Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05); Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05)

Em geral o tratamento com tensão de 18 kPa apresentou maior vantagem em relação ao irrigado com tensão de 12 kPa, pois proporcionou menor quantidade de raízes rachadas, além disso com a tensão de 18 kPa as frequências de irrigações geralmente são menores, o que pode proporcionar redução dos custos com energia elétrica e maior facilidade do manejo da irrigação. Em relação aos sistemas de cultivo, a cobertura com palha do solo proporcionou maior manutenção da umidade do solo e maiores diâmetros de raízes, no entanto, os efeitos da cobertura não refletiram nos parâmetros de rendimento da cultura, possivelmente por se tratar do primeiro ano de cultivo (Bregonci et al., 2008, Marques e Santos, 2005; Carmichael et al., 2012), com o decorrer dos anos a decomposição da palha poderá proporcionar aumento da matéria orgânica do solo e, contribuir devido à cobertura, na manutenção da umidade do solo e aumento da fertilidade do solo.

A tensão de 18 kPa favoreceu condição de umidade do solo favorável a obtenção de boas PT e PC com baixos porcentual de rachaduras nas raízes. É possível que tensões entre 20 e 35 kPa também promovam condições similares ao desenvolvimento do rabanete. Assim, é recomendável realizar estudos com tensões

maiores a fim de se determinar as tensões críticas para o acionamento da irrigação nessa cultura.

Conclusão

O diâmetro da maior raiz do rabanete foi obtido com o sistema com cobertura do solo e tensão de 12 kPa. A tensão de 18 kPa associada à cobertura do solo pode ser considerada a condição mais adequada para o cultivo de rabanete, pois além da redução da evaporação direta de água do solo, proporcionou menor quantidade de raízes rachadas.

Referências

AZEVEDO, L.P.; SAAD, J.C.C. Uso de dois espaçamentos entre gotejadores na mesma linha lateral e seus efeitos sobre a formação do bulbo molhado no solo e parâmetros físicos de rabanete. **Irriga,** Botucatu, v.17, n.2, p.148 - 167, 2012.

BRANCO, R.B.F.; SANTOS, L.G. de C.; GOTO, R.; ISHIMURA, I.; SCHLICKMANN, S.; CHIARATI, C.S. Cultivo orgânico sequencial de hortaliças com dois sistemas de irrigação e duas coberturas de solo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.28, n.1, p.75-80, 2010.

BREGONCI, I.S.; ALMEIDA, G.D.; BRUM, V.J. ZINI JUNIOR, A.; REIS, E.F. Desenvolvimento do sistema radicular do rabanete em condições de estresse hídrico. **IDESIA**, Arica, v.26, n.1, p.33-38, 2008.

CARMICHAEL, P. C.; SHONGWE, V. D.; MASARIRAMBI, M. T.; MANYATSI, A. M. Effect of mulch and irrigation on growth, yield and quality of radish (Raphanus sativus L.) in a semi-arid sub-tropical environment. **Asian Journal of Agricultural Sciences**, Taiwan, v. 4, n. 3, p. 183-187, 2012.

CASTRO, C.; M.; ALMEIDA, D.L.; RIBEIRO, R.L.D.; CARVALHO, J.F. Plantio direto, adubação verde e suplementação com esterco de aves na produção orgânica de berinjela. **Pesquisa Agropecuária Brasile*ira*,** Brasília, v.40, n.5, p.495-502, 2005.

CUNHA, F.F.; CASTRO, M.A.; GODOY, A.R.; MAGALHÃES, F.F.; LEAL, A.J.F Irrigação de cultivares de rabanete em diferentes épocas de cultivo no nordeste sul-mato-grossense. **Irriga**, Botucatu, v. 22, n. 3, p. 530-546, 2017.

DABACH, S.; LAZAROVITCH, N.; SIMUNEK, J.; SHANI, U. Numerical investigation of irrigation scheduling based on soil water status. **Irrigation Science**, v. 31, p.27–36, 2013.

DOURADO-NETO, D.; NIELSEN, D.R.; HOPMANS, J.W.; REICHARDT, K. & BACCHI, O.O.S. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 2.00). **Scientia Agrícola**, 57:191-192, 2000.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. ; SHIMIZU, S. H. Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo. 6. ed. Viçosa-MG: Suprema Gráfica e Editora Ltda., 2013. v. 1. 100p

FIETZ, C.; FISCH, G.F. **O clima da Região de Doura**dos*, MS.* Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008.

KOETZ, M.; SANTOS, C. S. A.; BEZERRA, M. D. L.; MENEZES, P. C.; BONFIM-SILVA, E. M. Influência do volume de reposição de água no desenvolvimento e produtividade da cultura do rabanete. Enciclopédia Biosfera, **Centro Científico Conhecer**, v.9, n.17, p.1732-1743, 2013.

LIMA, M.E.; CARVALHO, D.F.; SOUZA, A.P. ROCHA, H.S.; GUERRA, J.G.M. Desempenho do cultivo da berinjela em plantio direto submetida a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** Campina Grande, v.16, n.6, p.604-610, 2012.

MARQUES, P.A.A; SANTOS, A.C.P. Efeito de diferentes níveis de irrigação baseadas em frações do tanque classe sobre a produção de rabanete (*Raphanus sativus* L.). **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v.1, n.2, p.23-27, 2005.

SANTOS, J. C. C.; SILVA, C, H.; SANTOS, C. S.;. SILVA, C. S.; MELO, E. B.; BARROS, A. C.Análise de crescimento e evapotranspiração da cultura do rabanete submetido a diferentes lâminas de água. **Revista verde de agroecologia**

e desenvolvimento sustentável. v.9, n.1, p.151-156. 2014.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.4,n.1,p71-78,2002.

SLOMP, J. J.; LEITE, J. A. O.; TRENTIN, A. LEDESMA, G.S.; CECCHIN, D. Efeito de diferentes níveis de irrigação baseados em frações do tanque classe "a" sobre a produção de rabanete (*Raphanus Sativus L.*) variedade "crimson giant". **PERSPECTIVA**, Erechim. v.35, n.131, p.99-107, 2011.

VILAS BOAS, R. C.; PEREIRA, G.M.; SOUZA, R.J.; CONSONI, R. Desempenho de cultivares de cebola em função do manejo da irrigação por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.2, p.117-124, 2011.

WAN, S.; KANG, P. Effect of drip irrigation frequency on radish (*Raphanus sativus* L.) growth and water use. **Irrigation Science**. New York, v.24, n.3, p.161-174, 2006.

YADAV, J.S; DATTA, M.; BABU, S.; DEBNATH, C.; BHOWMIK, S.N.; ANSARI, M.A.; NGACHAN, S.V. Effect of zero tillage basin planting and N nutrition on growth, yield, water productivity and nitrogen use efficiency of late planted broccoli (Brassica oleracea var italica) in North East Hilly Region of India. **Indian Journal of Agricultural Sciences,** v. 84, n.11, p. 1434–1437, 2014.