



DESENVOLVIMENTO INICIAL DE BRÓCOLIS EM DIFERENTES DISPONIBILIDADES HÍDRICAS

Rogério Rangel Rodrigues¹, Samuel Cola Pizetta², Marlla de Oliveira Hott³; Edvaldo Fialho dos Reis⁴, Ariany das Graças Teixeira⁵

1. Mestre em Produção Vegetal pelo Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA/UFES), Alegre-ES, Brasil (rogeriorr7@hotmail.com)
2. Graduando de Agronomia pelo CCA/UFES, Alegre-ES, Brasil
3. Mestranda em Produção Vegetal pelo CCA/UFES, Alegre-ES, Brasil
4. Prof. Dr. em Engenharia Agrícola do Departamento de Engenharia Rural, CCA/UFES, Alegre-ES, Brasil
5. Mestranda em Produção Vegetal pelo CCA/UFES, Alegre-ES, Brasil

Recebido em: 30/09/2013 – Aprovado em: 08/11/2013 – Publicado em: 01/12/2013

RESUMO

A disponibilidade de água no solo é primordial para o crescimento e desenvolvimento satisfatório do brócolis, podendo influenciar sua produtividade final. Desta forma, objetivou-se avaliar a influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial do brócolis (*Brassica oleracea* var. itálica). Para isso, foi elaborado um experimento em casa de vegetação no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, em Alegre, ES. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e quatro repetições, sendo os tratamentos constituídos de 80, 60, 40 e 20% da água disponível no solo. A época de avaliação foi aos 40 dias após semeadura. As variáveis avaliadas foram: matéria da parte aérea fresca e seca, matéria do sistema radicular fresco e seco, número de folhas, altura, diâmetro de caule e volume de raiz. Os resultados demonstraram que os maiores valores das variáveis avaliadas foram obtidos quando se utilizou até 80% da água disponível no solo, e que 20% da água disponível afetou significativamente o desenvolvimento inicial da couve brócolis.

PALAVRAS- CHAVE: *Brassica oleracea* var. itálica, estresse hídrico, irrigação.

INITIAL DEVELOPMENT OF BROCCOLI IN DIFFERENT AVAILABILITY WATER

ABSTRACT

The availability of water in the soil is essential for the growth and development of satisfactory broccoli sprouts, can influence your final yield. Thus, this study aimed to evaluate the influence of water deficit in the initial development of broccoli (*Brassica oleracea* var. itálica). For this, we designed an experiment in a greenhouse at the Center for Agricultural Sciences, Federal University of Espírito Santo, Alegre, ES. The experimental design was completely randomized with four treatments and four replications and the treatments of 80, 60, 40 and 20% of available soil water. The evaluation time was 40 days after sowing. The variables evaluated were: matter of

shoot fresh and dry matter of the root system cool and dry, number of leaves, height, stem diameter and root volume. The results showed that the highest values of the variables were obtained when using up to 80% of available water in the soil, and that 20% of available water significantly affected the early development of broccoli sprouts.

KEYWORDS: *Brassica oleracea* var. itálica, water stress, irrigation.

INTRODUÇÃO

O brócolis (*Brassica oleracea* var. Itálica) pertence à família Brassicaceae. Conhecida como brócolos, brócoli ou couve-brócolo, é uma variedade botânica da mesma espécie e morfológicamente semelhante à couve-flor. A espécie é mais rica, em termos nutricionais que a couve-flor. É uma planta que possui uma inflorescência central compacta ou então inflorescências laterais (tipo ramoso) ambas de coloração verde escura. Este último comercializa-se se agrupando os brotos em maços (ramificações) (FILGUEIRA, 2008).

Para SOUZA (1999) o brócolis é altamente exigente em água. Desta forma, é indispensável quantificar o conteúdo de água a ser aplicado ao longo do sistema de produção, evitando prejuízos como a queda da cabeça, a formação do caule oco e doenças, provocados pelo excesso de água no solo, ou pelo impacto na inflorescência (má formação e flores pequenas), ocasionado pelo déficit de água no solo.

Segundo MARENCO & LOPES (2005), a água é de extrema importância na manutenção da estrutura e atividade de células, tecidos e órgãos, pois uma célula fisiologicamente ativa necessita de um ambiente interno composto por 80 a 95% de água em relação à matéria fresca. De acordo com os mesmos autores, se a água for removida rapidamente há um colapso do protoplasma, pois a desidratação muito rápida pode causar a desnaturação irreversível das proteínas.

A água, por estar presente de forma contínua em toda a planta, é o principal meio de transporte de gases e solutos dentro e entre células e órgãos. Permite o movimento de moléculas dentro das células e entre elas, influenciando a estrutura de proteínas, ácidos nucléicos, polissacarídeos e outros constituintes celulares (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Nesse contexto, fica evidente a importância do manejo da água na agricultura irrigada, visando o uso racional dos recursos hídricos e uma maior eficiência desse recurso ao longo do processo produtivo.

Sendo assim, objetivou-se com esse trabalho entender e quantificar o efeito do déficit hídrico no solo sobre o desenvolvimento inicial do brócolis.

MATERIAL E METODOS

O trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação instalada no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), localizada no município de Alegre-ES, latitude 20°76'26,35" Sul, longitude 41°53'66,33" Oeste e altitude de 270m. O clima da região é do tipo "Aw" com estação seca no inverno, de acordo com a classificação de Köppen. A temperatura anual média é de 23°C e a precipitação anual em torno de 1200mm.

O experimento foi conduzido nos meses de julho e agosto de 2013. Foram utilizadas sementes de brócolis cultivar Calabrês de Cabeça, semeada em vasos de polietileno com capacidade de 4dm³. O solo utilizado foi classificado como Latossolo

Vermelho-Amarelo Eutrófico. O solo foi destorroado, passado em peneira de 2mm e homogeneizado. A aplicação de adubos químicos nos vasos foi realizada de acordo com a metodologia proposta por NOVAIS et al. (1991) para ambiente controlado.

No laboratório de Recursos Hídricos do CCA-UFES foram determinadas a umidade do solo na capacidade de campo (CC) na tensão de 0,01 MPa e a umidade do solo no ponto de murcha permanente (PMP) na tensão de 1,5 MPa, bem como a densidade do solo, de acordo com EMBRAPA (1997) (Tabela 1).

TABELA 1: Característica físico-hídrica do solo utilizado no experimento

CC	PMP	Ds
--- % ---		g cm ⁻³
28,57	13,24	1,03

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e quatro repetições, sendo os tratamentos constituídos de 80, 60, 40 e 20% da água disponível no solo. O déficit hídrico foi iniciado 15 dias após plantio, para permitir o estabelecimento das plantas.

Para a realização das irrigações, foi necessário determinar o peso de cada parcela experimental na capacidade de campo, sendo o peso na capacidade de campo inicial (P_{cci}). Após o plantio, todos os vasos foram saturados com água e deixados em drenagem livre por 24 horas, determinando a umidade do solo na capacidade de campo.

Após a determinação do P_{cci} de cada parcela experimental, foi calculada a lâmina de irrigação (L_I) correspondente às águas disponíveis ($AD_{80\%}$, $AD_{60\%}$, $AD_{40\%}$ e $AD_{20\%}$). Para isso, foi determinada a água disponível do solo (AD), considerando os valores de umidade volumétrica na capacidade de campo (CC = 0,01 Mpa) e no ponto de murcha permanente (PMP = 1,5 Mpa), utilizando-se a Equação 1 (CENTURION & ANDREOLI, 2000).

$$AD = CC - PMP \quad (1)$$

Em que: AD – água disponível, % em peso; CC – Capacidade de campo, % em peso; e PMP – Ponto de murcha permanente, % em peso.

A partir da água disponível, foram estabelecidas as umidades do solo correspondentes às águas disponíveis, sendo utilizadas no cálculo da lâmina de irrigação (L_I).

As lâminas de irrigação (L_I), que foram aplicadas para elevar o teor de umidade do solo (U_a) a capacidade de campo nos níveis de água disponível foram calculadas pela Equação 2 (HASSANLI et al., 2010):

$$L_I = \left(\frac{\theta_{cc} - \theta_{atual}}{10} \right) * Ds * h \quad (2)$$

Em que: L_I - lâmina de irrigação em mm; θ_{cc} – umidade na capacidade de campo, % em em peso; θ_{atual} – umidade atual do solo relativo às águas disponíveis

($AD_{80\%}$, $AD_{60\%}$, $AD_{40\%}$ e $AD_{20\%}$), % em peso; D_s – densidade do solo, em g/cm^3 ; e h – altura de solo utilizado no vaso, em cm.

Para transformar a lâmina de irrigação (L_i) em volume (mL/vaso), foi multiplicado a L_i pela área útil do vaso.

Ao final da tarde de cada dia, todas as parcelas foram pesadas em balança eletrônica, repondo a água ao peso inicial (peso na capacidade de campo - P_{cci}), repondo a água sempre que a umidade do solo atingisse a umidade correspondente a 80, 60, 40 e 20% da água disponível no solo.

Aos 40 dias após semeadura (fase vegetativa da cultura) as variáveis avaliadas foram: matéria da parte aérea fresca e seca, matéria do sistema radicular fresco e seco, número de folhas, altura, diâmetro de caule e volume de raiz. As plantas foram secas em estufa com circulação de ar forçada a $65 \sim 70^\circ C$ por 72 horas.

Os tratamentos foram estudados mediante análises de variância, aplicando-se análise de regressão para os tratamentos ao nível de 1% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do software estatístico SAEG (Sistema para Análises Estatísticas da Universidade de Federal de Viçosa – UFV), versão 9.0 (EUCLYDES, 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 é apresentada a análise de regressão para a matéria da parte aérea fresca função das disponibilidades hídricas no solo.

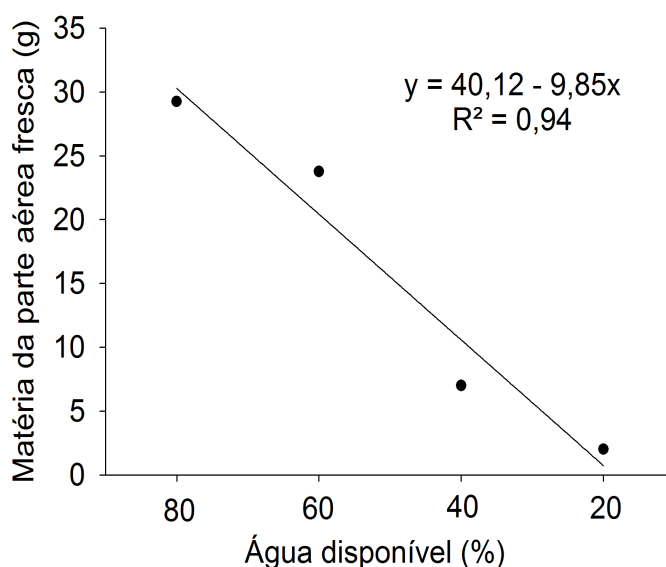


FIGURA 1: Matéria da parte aérea fresca em função dos níveis de água disponível no solo.

A matéria da parte aérea fresca apresentou comportamento linear decrescente com a redução da água disponível no solo. Pode-se observar que quando utilizado até 80% da água disponível, a produção de matéria fresca foi de 29,25g. Quando se utilizou até 60% da água disponível no solo, a produção de matéria fresca foi de 23,75g. No entanto, nota-se que houve uma queda acentuada para essa variável quando se utilizou até 40 e 20% da água disponível. Foi expressiva a diferença de matéria fresca da parte aérea quando se utilizou até 80% da água disponível, sendo 1362,5% superior ao ganho de biomassa no nível de 20%.

A matéria da parte aérea seca (Figura 2) também apresentou redução linear com menores níveis de disponibilidade de água no solo. O maior ganho de matéria seca é observado quando se utilizou até 80% da água disponível, obtendo matéria seca de 5g. O ganho em matéria seca da parte aérea ao se utilizar até 60, 40 e 20% da água disponível foi de 3,5g, 1g e 0,5g, respectivamente. Contudo, nota-se que a partir de 70% da água disponível ocorreu queda acentuada na matéria seca. As plantas mantidas até 80% da água disponível foram 900% superior àquelas mantidas com disponibilidade hídrica até 20%.

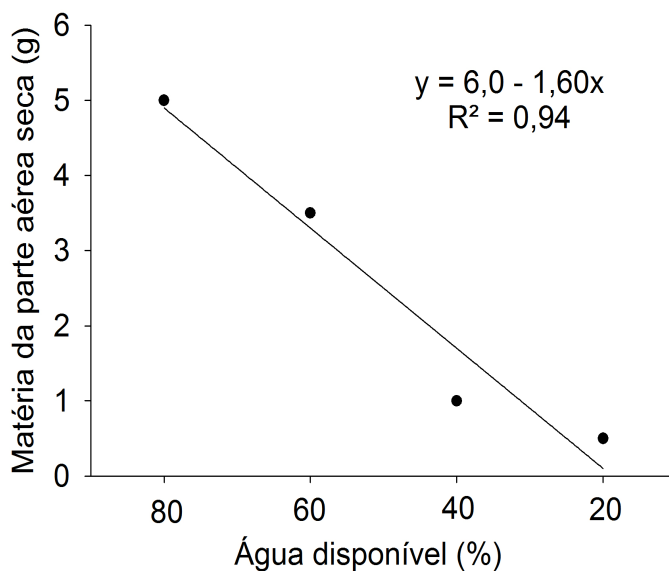


FIGURA 2: Matéria da parte aérea seca em função dos níveis de água disponível no solo.

Na Figura 3 é apresentada a análise de regressão para a matéria do sistema radicular fresco função das disponibilidades hídricas no solo.

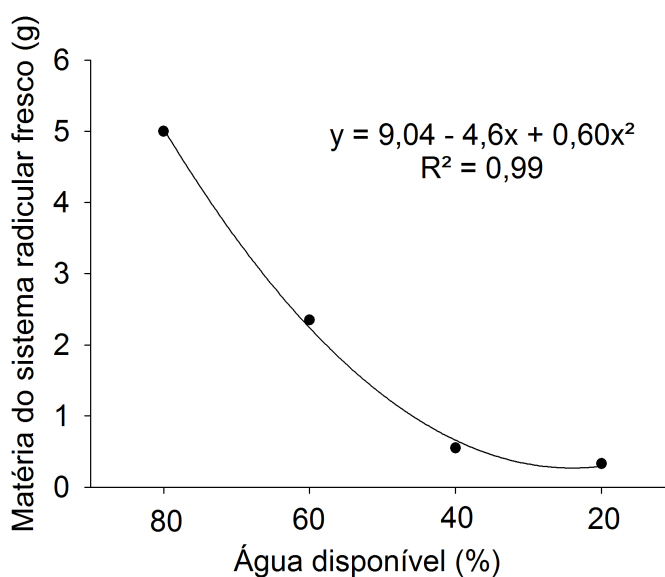


FIGURA 3: Matéria do sistema radicular fresco em função dos níveis de água disponível no solo.

A matéria do sistema radicular fresco apresentou comportamento quadrático decrescente com a redução da água disponível no solo. A maior produção de matéria fresca foi de 5g para 80% da água disponível no solo, sendo esse valor 1415,15% superior à matéria fresca das plantas submetidas a 20% da água disponível. Essa variável teve redução drástica a partir dos 80% da água disponível, obtendo matéria fresca de 2,3g para 60%, de 0,55g para o de 40% e 0,33g para o de 20%.

A matéria do sistema radicular seco (Figura 4) também apresentou comportamento quadrático decrescente com a redução da água disponível no solo.

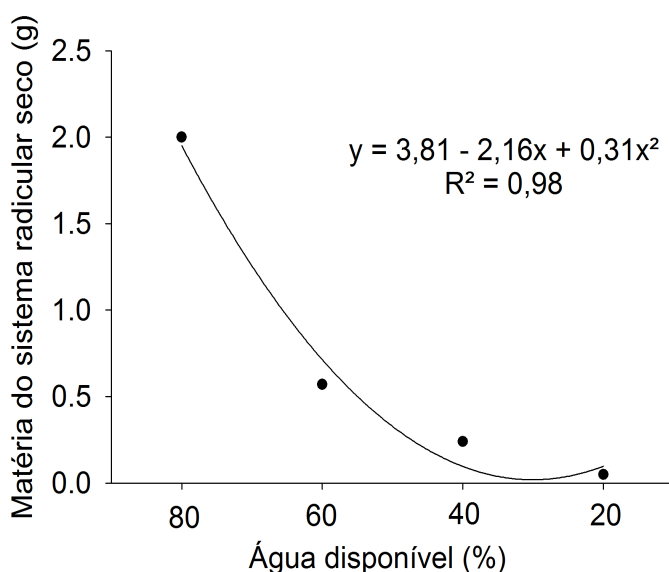


FIGURA 4: Matéria do sistema radicular seco em função dos níveis de água disponível no solo.

O maior ganho em matéria seca é constatado quando se utilizou até 80% da água disponível, obtendo 2g de matéria seca. Quando se utilizou 60%, esse valor foi de 0,57g, de 0,24g para 40% e de 0,05g para 20% da água disponível. Também é observada uma redução significativa da matéria seca de raiz após 80% da água disponível, o que demonstra uma sensibilidade dessa cultura a menores conteúdos de água no solo. Segundo LUDLOW & MUCHOW (1990), a redução no conteúdo de água no solo causa significativa variação na distribuição e desenvolvimento radicular, podendo mudar o período de disponibilidade e a quantidade de água disponível para as plantas.

Os resultados satisfatórios encontrados nesse trabalho estão de acordo com MANTOVANI et al. (2009), pois recomendam utilizar um fator de disponibilidade hídrica para verduras entre 0,2 e 0,4. Ou seja, manejar a irrigação de forma que a planta utilize até 20 e 40% da água disponível no solo, restando no solo, conseqüentemente, 80 e 60% da água disponível.

São diversas as pesquisas demonstrando o efeito do estresse hídrico na morfofisiologia do brócolis, como demonstrado por HUNTER et al., (2011), ZAICOVSKI et al. (2008), KHAN, ULRICHS & MEWIS (2011), SAN BAUTISTA et al. (2005), entre outros.

O número de folhas, apresentado na Figura 5, apresentou redução linear até o nível de 20% da água disponível no solo.

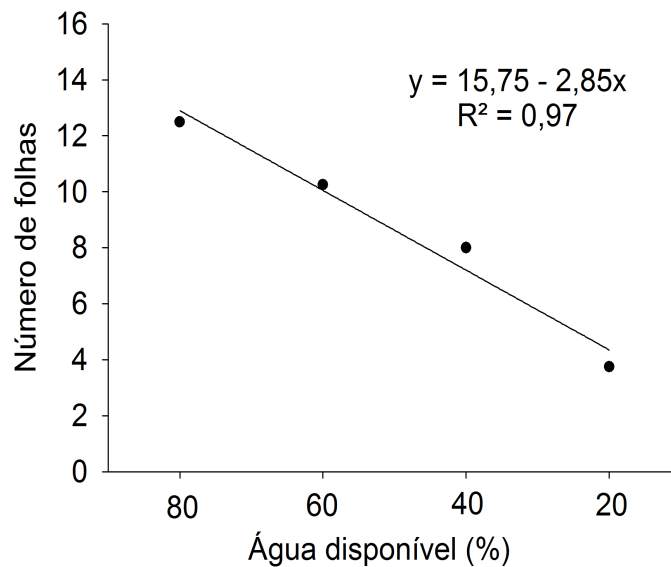


FIGURA 5: Número de folhas em função dos níveis de água disponível no solo.

Quando se utilizou até 80% da água disponível no solo o brócolis obteve maior número de folhas em relação às demais disponibilidades hídricas. A maior produção foi de 12,5 folhas em 80% da água disponível, sendo esse valor 233,33% superior à produção de folhas em 20% da água disponível.

A altura das plantas apresentou comportamento quadrático decrescente com a diminuição da água disponível no solo (Figura 6).

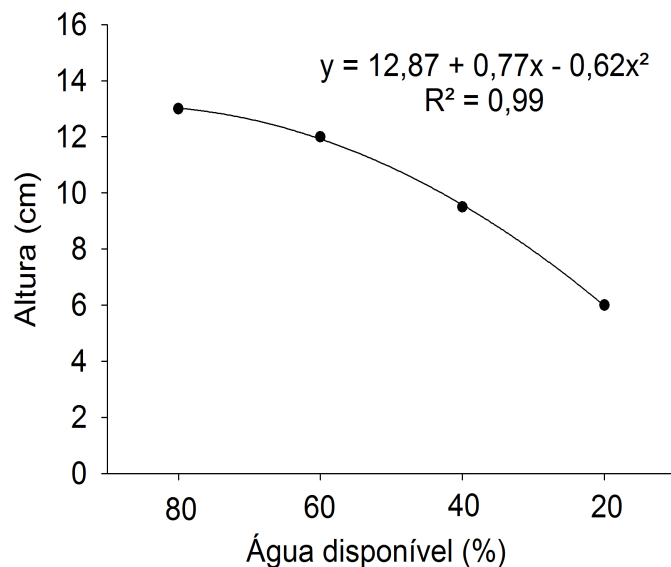


FIGURA 6: Área foliar em função dos níveis de água disponível no solo.

Ao utilizar 80% da água disponível no solo, a altura média das plantas foi de 13 cm. A disponibilidade hídrica de até 60% apresentou menor efeito na altura da planta em relação àquelas com até 20% da água disponível. As plantas mantidas com até

80% da água disponível foram 116,66% superior em altura em relação àquelas que utilizaram até 20% da água disponível no solo.

Observa-se na Figura 7 que o diâmetro de caule foi influenciado negativamente, desenvolvendo comportamento linear com a redução da água disponível no solo até 20% da mesma.

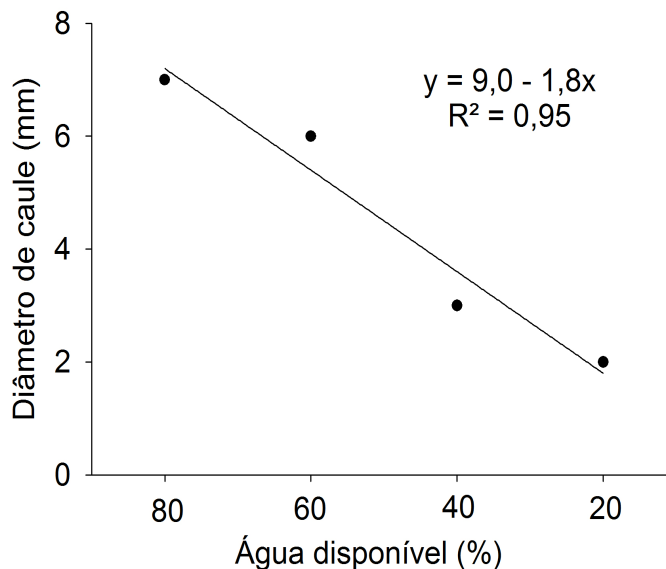


FIGURA 7: Diâmetro de caule em função dos níveis de água disponível no solo.

O maior diâmetro de caule foi constatado em 80% da água disponível no solo, com valor de 7mm. Houve pouca redução dessa variável em 60% da água disponível, sendo esse valor de 6mm. No entanto, observa-se uma queda acentuada do diâmetro de caule após 60% da água disponível, encontrando-se menor valor em 20%, onde o caule apresentou diâmetro de 2mm.

Na Figura 8, é demonstrado que o volume de raiz é comprometido linearmente com a redução da disponibilidade de água no solo.

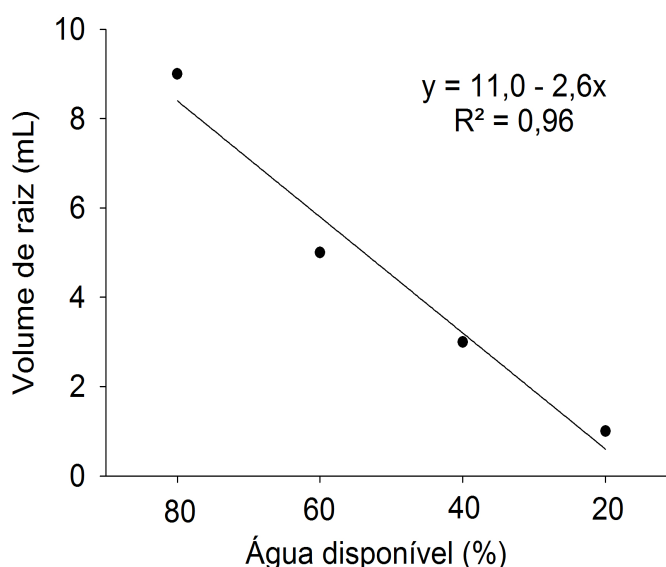


FIGURA 8: Volume de raiz em função dos níveis de água disponível no solo.

Quando se utilizou até 80% da água disponível no solo, o volume de raiz foi de 9mL. No entanto, a partir desse nível, ocorreram menores produções de raízes, diminuindo o volume das mesmas. O menor volume de raiz é observado quando se utilizou até 20% da água disponível no solo. Essa variável é de fundamental importância para seu contato com as partículas do solo, sendo essenciais para a absorção de água, e conseqüentemente, de nutrientes para as plantas.

Os danos ocasionados pelo estresse hídrico na fase vegetativa do brócolis refletirá na produtividade final dessa cultura, fato constatado por AYAS et al. (2011), que trabalharam com diferentes reposições de água evaporada a cada dois dias, observaram reduções significativas no diâmetro da inflorescência do brócolis, cultivar Monet. Também verificado por ERDEM et al., (2010), que estudando o efeito do estresse hídrico na cultura de brócolis no outono, aplicando 125, 100, 75, 50, 25 e 0% da lâmina evaporada em intervalo de rega de sete dias, obtiveram redução significativa na produtividade dessa cultura nas menores lâminas de irrigação.

Nesse contexto, pode-se inferir que a redução da água disponível no solo pode inibir o crescimento e desenvolvimento da planta, sendo essa limitação, uma possível estratégia das mesmas para adaptar-se a período de estresse hídrico, redistribuindo os recursos que se limitam com a redução da água disponível no solo. Todavia, essa estratégia compromete à produtividade da cultura.

CONCLUSÕES

A disponibilidade de água até 80% da água disponível no solo apresentou as maiores médias para as variáveis avaliadas. Em contrapartida, o menor nível de disponibilidade hídrica (20%) obteve menores médias.

REFERÊNCIAS

AYAS, S. H.; ORTA, H.; YAZGAN, S. Deficit irrigation effects on broccoli (*Brassica oleracea* L. var. Monet) yield in unheated greenhouse condition. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, Sofia, v. 17, n. 4, p. 551-559, may 2011.

CENTURION, J. F.; ANDREOLI, I. Regime hídrico de alguns solos de Jaboticabal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 701-709, 2000.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997.

ERDEM, Y.; ARIN, L.; ERDEM, T.; POLAT, S.; DEVECI, M.; OKURSOY, H.; GÜLTAS, H. T. Crop water stress index for assesseing irrigation scheduling of drip irrigated broccoli (*Brassica oleracea* L. var. italica). **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 98, n. 2, p. 148-156, feb. 2010.

EUCLYDES, R.F. **Sistema para análises estatísticas** (SAEG 9.0). Viçosa: FUNARBE/ UFV. 2004.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, MG: UFV, 2008. 421p.

HASSANLI, A. M.; AHMADIRAD, S.; BEECHAM, S. Evaluation of the influence of irrigation methods and water quality on sugar beet yield and water use efficiency. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 97, p. 357-362, 2010.

HUNTER, D. A.; PINKNEY, T. T.; WATSON, L. M.; TRIVELLINI, A.; JANSSEN, B. J.; BRUMMELL, D. A.; HEYES, J. A. Effect of postharvest water deficit stress on gene expression in heads of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). **Postharvest Biology and Technology**, v. 59, p. 113-123, 2011.

KHAN, M. A. M.; ULRICHS, C.; MEWIS, I. Water stress alters aphid-induced glucosinolate response in *Brassica oleracea* var. *italica* differently. **Chemoecology**, v. 21, p. 235-242, 2011.

LUDLOW, M. M.; MUCHOW, R. C. A critical evaluation of trits for improving crop yields in water-limited environments. **Advance in Agronomy**, São Diego, v.43, p.107-153, 1990.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação, princípios e métodos**. 3a edição., atual. Ampl. Viçosa, MG, UFV, 2009, 355 p.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: UFV, 2005. 451 p.

NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A.J.; GARRIDO, W.E.; ARAÚJO, J.D.; LOURENÇO, S. (Coord.). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília : Embrapa-SEA, p.189-253, 1991.

SAN BAUTISTA, A.; RUEDA, R.; PASCUAL, B.; MAROTO, J. V.; LÓPEZ-BALARZA, S. Influence of diferente substrates and nutriente solutions on the yields and incidence of abiotic disorders of broccoli. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 697, p. 275-280, 2005.

SOUZA, J. L. **Cultivo orgânico de hortaliças – brócolis, couve-flor e repolho**. Viçosa, CPT, 134p. 1999.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.

ZAICOVSKI, C. B.; ZIMMERMAN, T.; NORA, L.; NORA, F. R.; SILVA, J. A.; ROMBALDI, C. V. Water stress increases cytokinin biosynthesis and delays postharvest yellowing of broccoli florets. **Postharvest Biology Technology**, v. 49, p. 436-439, 2008.