

**EFEITO DO ESTRESSE HÍDRICO NO SOLO SOBRE A PRODUÇÃO DA BERINJELA  
(*Solanum melongena* L.).**

**EFFECT OF THE SOIL WATER DEFICIT ON THE EGGPLANT (*Solanum melongena*  
L.) YIELD.**

Ana Rita Rodrigues Vieira<sup>1</sup>, Luiz Roberto Angelocci<sup>2</sup>, Keigo Minami<sup>3</sup>

**RESUMO**

Estudou-se o efeito do estresse hídrico no solo sobre a produtividade da berinjela, cultivar embu, em experimento realizado em Piracicaba-SP, no ano de 1992, em uma só época de plantio. Esse efeito foi medido em diversos sub-períodos de desenvolvimento da cultura que foram: transplante/vegetativo, abertura de gema floral/início de frutificação e formação de frutos/colheita, através da relação quantitativa entre o déficit de produção relativa ( $1 - Y_a / Y_p$ ) onde  $Y_a$  representa a produção obtida e  $Y_p$  a produção potencial da cultura, e o déficit de evapotranspiração relativa ( $1 - ET_r / ET_m$ ) onde  $ET_r$  representa a evapotranspiração real e  $ET_m$  a evapotranspiração máxima. Os resultados mostraram que a relação quantitativa entre o déficit de produção relativa e o déficit de evapotranspiração relativa permitiu quantificar a sensibilidade da cultura ao estresse hídrico e que o sub-período abertura de gema floral/início de frutificação foi o mais sensível ao estresse hídrico com o fator  $K_y$  igual a 1,6.

**Palavras-chave:** estresse hídrico, berinjela, evapotranspiração relativa, produção relativa.

**SUMMARY**

The effect of soil water stress on the yield of the eggplant, cultivar embu, was studied in an

---

<sup>1</sup>Prof. Adjunto II, Doutor, UFSC /CCA- Depto de Fitotecnia. Cx Postal 476- Florianópolis. CEP 88040-900. E-mail arvieira@mbox1.ufsc.br

<sup>2</sup>Prof. Doutor. Bolsista do CNPq. ESALQ/USP-Depto de Meteorologia. Cx Postal 9. Piracicaba-SP. CEP 13418-900. E-mail lrangelocci@pintado.ciagri.usp.br

<sup>3</sup>Prof. Titular, Doutor. ESALQ /USP- Depto. de Horticultura. Cx Postal 9. Piracicaba- SP. CEP 13418-900.

experiment of Piracicaba-SP in 1992. This effect was measured in different subperiods of the cycle of the culture: transplant/vegetative, flower bud/fruit initiation and fruit formation/harvest by using of the relationship between relative yield  $(1 - Y_a/Y_p)$  where  $Y_a$  represents the observed yield e  $Y_p$  the potential yield of the culture and the relative evapotranspiration deficit and  $(1 - E_t_r/E_T_m)$ , where  $E_t_r$  represents actual evapotranspiration and  $E_T_m$  the maximum evapotranspiration. The results indicated that the quantitative relation between relative production deficit and relative evapotranspiration deficit permits quantify the culture sensibility in the to water stress and that flower bud/fruit initiation was the most sensitive subperiod to water stress with the **Ky** factor igual to 1.6.

**Key words:** water stress, eggplant, relative evapotranspiration, relative yield.

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o cultivo da berinjela vem se desenvolvendo muito, principalmente na Europa e nos Estados Unidos tendo em vista seus frutos serem muito nutritivos e saborosos. Em Israel, sua produtividade média alcançou 42.698 kg/ha, valor bem acima daquele atingido na China (16.257 kg/ha) e na América do Sul (13.061 kg/ha) segundo dados da FAO (1993), e ainda, no Brasil 25.981 kg/ha, sendo os Estados de São Paulo e do Rio de Janeiro os dois maiores produtores (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1985).

Uma das maiores limitações do cultivo da berinjela é a umidade inadequada do solo durante o ciclo. Recomenda-se inclusive que a irrigação não deva ocorrer logo no início do florescimento (sub-período abertura de gema floral/início de frutificação), especialmente se o sistema de irrigação utilizado for aspersão, porém, após a formação de frutos não deve faltar água. No entanto, o excesso hídrico também pode ser prejudicial gerando um desenvolvimento exagerado das plantas bem como dificuldade de floração e frutificação ( PIMENTEL, 1985).

Na China, SUN et al (1990) atribuíram a produtividade instável e baixa às condições desfavoráveis do clima, notadamente no que se refere à temperatura do ar e precipitação pluviométrica, sendo que para pequenas variações decorrentes de pequenos acréscimos nos valores desses elementos meteorológicos ocorrem grandes decréscimos de produtividade.

Segundo BEHBOUDIAN (1977a,b), a berinjela é conhecida por ter maior resistência à seca e ao frio do que outras hortaliças, especialmente quando comparada a solanáceas, fato decorrente, em princípio, da melhor eficiência do sistema radicular. Entretanto, os mecanismos de resistência à seca são mais complexos em função da cultura manter um balanço hídrico interno mais favorável, ou seja, um maior conteúdo relativo de água para dados valores de potencial da água na folha, um controle estomático

mais eficiente e uma melhor regulação osmótica, somada a uma recuperação mais rápida do estado hídrico dependendo da intensidade do estresse sofrido( BEHBOUDIAN, 1977a).

A FAO tem se preocupado em reunir trabalhos técnicos realizados no mundo sobre as necessidades hídricas das culturas e as relações entre produção e estresse hídrico, tendo sido proposto o fator **Ky**, definido pela relação entre déficit de produção relativa e déficit de evapotranspiração relativa, como indicador da sensibilidade da cultura ao déficit hídrico ( DOORENBOS E KASSAM,1979 ). A importância desse fator reside no fato de que ele permite um planejamento da irrigação e da conseqüente produção a ser obtida uma vez que a função matemática possibilita estimativas cabíveis, embora não torne imprescindível a experimentação à campo.

Tendo em vista que a literatura não apresenta dados sobre os efeitos do déficit hídrico sobre a produção da berinjela, a qual não se encontra relacionada entre as culturas estudadas pela FAO (DOORENBOS e KASSAM, 1979) optou-se por estudar a sensibilidade da cultura ao déficit hídrico através da determinação do fator de sensibilidade **Ky**.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Campo Experimental do Departamento de Horticultura da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- Campus da USP, em Piracicaba - SP (latitude : 22°42’S; longitude : 47°38’W e altitude : 570 m) no período de 17 de janeiro a 02 de maio de 1992, em solo terra roxa estruturada latossólica, correspondente ao *Rhodic Kanhaphudalf* (DOURADO NETO, 1989).

A cultivar utilizada foi a “embu”, em espaçamento de 0,80 m entre linhas e 1,00 m entre plantas, representando uma densidade de 12.500 plantas/ha. O transplante ocorreu aos trinta e sete dias após a semeadura quando as mudas se encontravam com quatro folhas definitivas. Para o controle da água no solo e impedimento da entrada de água de chuva nas parcelas, as quais apresentavam 2,40 x 2,00 m de medidas, foram utilizadas duas coberturas móveis de plástico transparente sendo uma com dimensão 6,2 x 40,0 m e outra com 6,4 x 43,2 m, que somente foram acionadas à noite ou quando ocorria chuva.

Na instalação dos tratamentos utilizou-se o delineamento experimental proposto em DOORENBOS e KASSAM (1979), o qual constou de dezesseis tratamentos, sendo um permanentemente com e outro sem imposição de déficit hídrico nos seguintes sub-períodos de desenvolvimento: transplante-vegetativo (até 50% das plantas com pelo menos um botão floral); abertura de gema floral-início de frutificação (até quando 50% mostravam pelo menos um fruto do qual já se desprende da flor); formação de frutos/colheita (até quando os frutos atingiam dimensões aproximadas de 4,50 cm de largura e comprimento mínimo de 14,00 cm); nos demais tratamentos o delineamento previa imposição de déficits em um ou mais dos sub-períodos combinados. Para os tratamentos que não receberam

déficit hídrico, o potencial matricial da água do solo foi mantido entre -0,007 MPa (assumido como o potencial correspondente à capacidade de campo) e -0,01 MPa através de irrigação por gotejamento, medido com tensiômetros instalados a 15 cm de profundidade. Esses valores foram retirados da curva característica ajustada de acordo com o método de VAN GENUTCHEN (1980). A crítica ao delineamento é que não se sabe, claramente, se os efeitos de déficit hídrico entre os sub-períodos de desenvolvimento são aditivos ou multiplicativos, e qual a importância de se variar as lâminas de água e o tempo de ocorrência do estresse entre os diferentes sub-períodos estudados (VAUX et al, 1981).

Para os tratamentos com déficit hídrico, a irrigação era feita quando a evapotranspiração real média ( $ET_r$ ) do período sob déficit hídrico atingia aproximadamente 50% da evapotranspiração máxima média ( $ET_m$ ) do mesmo período. Nesse caso, a  $ET_r$  era estimada pelo modelo proposto em DOORENBOS e KASSAM (1979), pelo qual evapotranspiração real é igual à evapotranspiração potencial até que se esgote a fração  $p$  de água prontamente disponível no solo; a partir desse limite para valores decrescentes do armazenamento hídrico no solo, o modelo assume uma variação linear de  $ET_r$  em função do tempo, conforme a equação :

$$ET_r = \frac{CAD}{T} \left[ 1 - (1 - p) e^{\frac{ET_m \cdot T \cdot CAD + p}{1 - p}} \right] \quad \mathbf{1}$$

sendo  $ET_r$  a evapotranspiração real média do período sob estresse hídrico; CAD a capacidade de água disponível, adotada como 21 mm ao longo do ciclo em função da profundidade média do sistema radicular medida em plantas da área da bordadura nos diferentes sub-períodos de desenvolvimento;  $p$  a água prontamente disponível, adotando-se os valores propostos por DOORENBOS e KASSAM (1979) para o grupo de culturas no qual a berinjela mais se aproxima quanto ao comportamento, incluindo-se dentre elas o pimentão;  $ET_m$  a evapotranspiração máxima média do período sob o qual a planta manteve-se em déficit hídrico estimada pela seguinte equação:

$$ET_m = K_c \cdot ETP \quad \mathbf{2}$$

sendo  $K_c$  o coeficiente da cultura adotado como aquele proposto para o pimentão, por ser a cultura de comportamento fenológico mais semelhante, com pequenos ajustes feitos através de evapotranspirômetros de lençol freático constante instalados na área vizinha, ou seja, com esses dados e aqueles do tanque classe A foram estimados valores de coeficiente de cultura que por sua vez foram comparados com aqueles recomendados por DOORENBOS e KASSAM (1979); ETP a evapotranspiração potencial estimada pelos valores da evaporação do tanque Classe A e coeficientes de

tanque ( $K_p$ ) ajustada em função dos dados de umidade relativa do ar e velocidade do vento.

O cálculo de  $ET_r$  através dessa fórmula causou problemas tanto como critério de irrigação como para os cálculos de déficit de evapotranspiração porque foi estimada a evapotranspiração média de todas as parcelas de cada tratamento sem levar em conta as variações hídricas no solo ao longo do tempo em cada parcela. Desse modo, no cálculo do déficit de evapotranspiração real para análise dos dados, a evapotranspiração real acabou sendo obtida a partir do cálculo do balanço hídrico “in situ”, considerando-se desprezíveis as variações de escoamento superficial e os fluxos de drenagem profunda ou de ascensão capilar tendo em vista as condições controladas de água no solo nas quais o trabalho foi desenvolvido. A umidade do solo para determinação da variação do armazenamento foi calculada a partir das medidas de potencial matricial obtida pelos tensiômetros juntamente com o uso de curva característica da água no solo realizada em laboratório. Os dados meteorológicos referentes à velocidade do vento, precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa do ar e evaporação do tanque Classe A foram coletados na Estação Meteorológica da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, distante cerca de 500 m da área de estudo.

Ao longo do experimento verificou-se que a duração dos diferentes sub-períodos de desenvolvimento foi bem variável entre plantas de uma mesma parcela e dentro do mesmo tratamento, dificultando o estabelecimento preciso do início e final de cada sub-período, dificuldade essa agravada pelo hábito indeterminado da cultura. Além disso, a duração do sub-período de abertura de gema floral foi muito reduzida, dificultando a imposição de déficits hídricos exatamente dentro dela. Um terceiro problema foi a dificuldade de se impor graus de déficit hídrico razoavelmente uniformes entre as parcelas pertencentes a cada tratamento.

Pelos motivos expostos no parágrafo anterior, na análise dos resultados o delineamento original foi abandonado. Os sub-períodos abertura de gema floral e início de frutificação foram reunidos em um só. Por outro lado, adotando-se como índice de deficiência o déficit de evapotranspiração relativa foi possível estabelecer graus de deficiência hídrica obtidos nos diferentes sub-períodos correlacionando a esses índices a produção relativa obtida e dessa forma separar as parcelas de comportamento semelhante para que se pudesse proceder um novo tratamento aos dados. Assim foram utilizadas para tratamento dos dados apenas parcelas (36) e não mais existiram tratamentos conforme colocava o delineamento original. Essas parcelas foram divididas em quatro grupos, conforme a divisão a seguir: **1 - parcelas que não receberam déficit hídrico: 13; 2 - parcelas que receberam déficit hídrico no sub-período transplante/vegetativo: 7; 3 - parcelas que receberam déficit hídrico no sub-período abertura de gema floral/início de frutificação, denominado de início de frutificação: 9; 4 - parcelas que receberam déficit hídrico no sub-período formação de frutos/colheita: 7.**

Utilizando-se o déficit de evapotranspiração relativa e o déficit de produção relativa e assumindo-se

pressupostos de DOORENBOS e KASSAM (1979) foram feitas análises de regressão lineares entre as duas variáveis, tomando-se como produção potencial o valor obtido na parcela sem déficit hídrico que apresentou a maior produção. Os dados de produção referem-se às três primeiras colheitas obtidas, uma vez que após a terceira colheita, em função do hábito indeterminado da cultura, a desuniformidade de duração das diferentes colheitas entre plantas de uma mesma parcela aumentou muito ficando difícil uniformizar esses dados. As regressões foram estabelecidas com o propósito de se obter o fator  $K_y$  de sensibilidade da cultura ao déficit hídrico, considerado como o coeficiente angular da equação a seguir (DOORENBOS e KASSAM, 1979) :

$$\frac{1 - Y_a}{Y_p} = K_y \frac{1 - ET_r}{ET_m} \quad 3$$

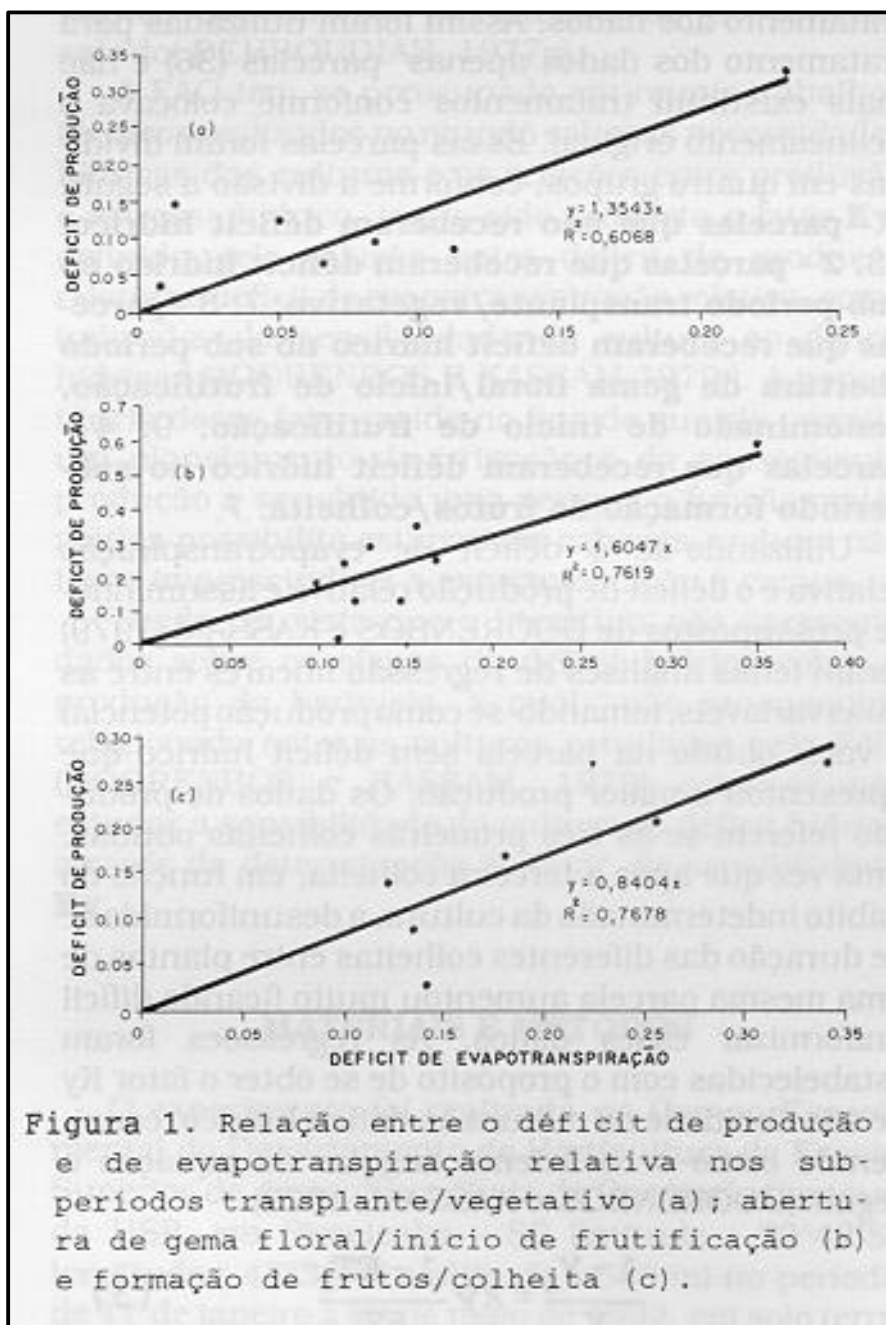
onde:  $Y_a$  é a produção real da cultura,  $Y_p$  a produção potencial da cultura;  $ET_r$  a evapotranspiração real da cultura e  $ET_m$  a evapotranspiração máxima da cultura.

A proposta visava através da obtenção desse coeficiente uma forma prática e otimizada de se obter uma estimativa de uma possível quebra de produção ao modificar-se as condições meteorológicas de plantio sem que, necessariamente, para isso fosse realizado plantios a campo, uma vez que dados de evapotranspiração são coletados, comumente, em diferentes estações meteorológicas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra a relação entre o déficit de produção ( $1 - Y_a/Y_p$ ) e o déficit de evapotranspiração relativa ( $1 - ET_r/ET_m$ ) nos sub-períodos transplante /vegetativo, abertura de gema floral/início de frutificação e formação de frutos/colheita, sendo os dados ajustados por uma equação de regressão linear forçada a passar pela origem de acordo com o proposto por HAGAN e STEWART (1972) e STEWART e HAGAN (1973).

O coeficiente angular da equação, conforme mencionou-se anteriormente, representa o coeficiente  $K_y$  sendo para o sub-período transplante/vegetativo igual a 1,35 (Figura 1). O coeficiente de correlação, embora significativo ao nível de 5% de acordo com o teste t, não foi muito elevado, o que pode ser explicado, parcialmente, pela pequena gama de variação (24%) do déficit de evapotranspiração encontrada. Algumas parcelas usadas na regressão, embora com déficit hídrico praticamente desprezível, foram utilizadas para que se pudesse observar a tendência dos dados quando os valores de estresse eram muito pequenos, pois nesses casos a tendência linear não se mantém (BAIRD et al, 1987).



Para o sub-período abertura de gema floral/início de frutificação o valor estimado de  $K_y$  foi 1,60, mostrando um coeficiente de correlação significativo ao nível de 0,1% pelo teste t empregado. Os dados desse segundo sub-período mostram uma melhor distribuição ao longo do campo de variação das variáveis além da gama de variação do déficit de evapotranspiração (35%) ter sido maior do que no sub-período transplante/vegetativo, dando maior consistência aos resultados. Contribuiu para esse aumento da gama de variação do déficit de evapotranspiração a parcela 34 a qual juntamente com outras

apresentou um déficit de produção mais acentuado, onde a compactação do solo e outros fatores que não foram perfeitamente explicáveis parecem ter sido os responsáveis por esse comportamento. O valor de  $K_y$  encontrado mostra que há maior sensibilidade da berinjela ao estresse hídrico nesse sub-período de desenvolvimento comparativamente ao sub-período transplante/vegetativo concordando com informações de PIMENTEL (1985) e MURAYAMA (1992).

Ainda na Figura 1, no sub-período formação de frutos/colheita, o valor de  $K_y$  foi 0,84, mostrando uma menor sensibilidade desse período à gama de valores de déficits hídricos impostos. Os resultados obtidos neste caso podem ser, também considerados consistentes, tendo em vista a maior gama de variação do déficit de evapotranspiração e o coeficiente de correlação elevado, significativo ao nível de 1%. Considera-se importante ressaltar que para o ciclo todo não foi possível determinar o  $K_y$ .

É difícil uma discussão comparativa desses valores de  $K_y$  com os obtidos em outros trabalhos devido a inexistência de referências em relação à berinjela. A cultura mais próxima citada por DOORENBOS e KASSAM (1979) é o pimentão com um valor de  $K_y$  de 1,1, para o ciclo todo de crescimento. Comparando-se os valores para diferentes sub-períodos e aqueles da FAO para diferentes culturas, verificou-se que o obtido para o sub-período transplante/vegetativo é alto, visto que o valor máximo citado por DOORENBOS e KASSAM (1979) é 1,0 para fumo, sendo que o valor de  $K_y$  diminui se o déficit é imposto na fase inicial do sub-período transplante/vegetativo. O valor de 1,6 encontrado para o sub-período abertura da gema floral/início de frutificação é, também, maior do que qualquer valor citado por DOORENBOS e KASSAM (1979) sugerindo conflitos entre os dados obtidos e aqueles divulgados.

BEZERRA (1995), trabalhando com batatinha, verificou que o valor de  $K_y$  por ele obtido no sub-período de frutificação foi muito maior do que o proposto por DOORENBOS e KASSAM (1979), alertando para o fato de que o valor citado no trabalho da FAO parece discutível, pois, conflita com a inclusão daquela cultura pela própria FAO no grupo dos mais sensíveis ao déficit hídrico. Há que se lembrar que a relação entre os déficits de produção relativa e de evapotranspiração relativa aplica-se a variedades bem adaptadas ao ambiente onde crescem com o uso de práticas agrônômicas e de irrigação ótimas, podendo ser afetada por outros fatores como variedade, adubação, salinidade, pragas e doenças.

No presente estudo procurou-se trabalhar com práticas agrônômicas em condições ótimas, sendo mantidos adequados os fatores que afetam a produção, exceção feita obviamente à água nos tratamentos com déficit hídrico.

Por outro lado, os aspectos metodológicos podem ter prejudicado a determinação do  $K_y$  no presente estudo, verificando-se, por exemplo, dificuldade na utilização do critério de irrigação através da evapotranspiração real da cultura calculada pela equação 1 e na imposição de déficits hídricos comparáveis entre as repetições de um tratamento. Em estudos futuros, seria conveniente fixar a frequência de



irrigação e a lâmina de água a ser aplicada em cada sub-período de desenvolvimento o que facilitaria o cálculo do balanço hídrico completo para a determinação da devida variação de armazenamento de água. Também seria importante determinar a evapotranspiração por outros métodos ( lisimetria, por exemplo).

## CONCLUSÕES

A maior sensibilidade da berinjela, cv. embu, ao déficit hídrico, quantificada pela relação entre déficit de produção potencial e déficit de evapotranspiração (fator  $K_y$ ) ocorre no sub-período de abertura de gema floral/início de frutificação, seguida, respectivamente, dos sub-períodos formação de frutos/ colheita e transplante/vegetativo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAIRD, J.R., GALLAGHER, J.N., REID, J.B. Modeling the influence of flood irrigation on wheat and barley yields: a comparison of nine different models. In: HILLEL, D., ed **Advances in Irrigation**. New York, Academic Press, 1987. v. 4, p. 242-306.
- BEHBOUDIAN, M.H. Responses of eggplant to drought. I. Plant water balance. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 7, n. 4: p. 303 -310, 1977a.
- BEHBOUDIAN, M.H. Responses of eggplant to drought. II. Gas exchange parameters. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 7, n. 4: p. 311 - 317, 1977b.
- BEZERRA, F.M.L. **Coefficientes de cultura e efeitos de déficits hídricos nos diferentes estádios fenológicos sobre a produção da batata (*Solanum tuberosum L.*)**. Piracicaba. 1995. 131 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP).
- DOORENBOS, J., KASSAM, A.A. **Yield response to water**. Rome. FAO. 1979. 193p. (Irrigation and Drainage Paper, 33).
- DOURADO NETO, D. **Variabilidade espacial das alturas de chuva e irrigação e de potencial da solução do solo**. Piracicaba. 1989. 180 p. Tese (Doutorado - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” / USP).
- FAO **Yearbook Annuaire Production**. Rome, 1993, 254 p. (v. 47).
- HAGAN, R.M., STEWART, I.J. Water deficits irrigation design and programming. **Journal of the Irrigation and Drainage Divison**, New York, v. 98, n. IR2, p. 215-37, 1972.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA **Censo Agropecuário**. Rio de

- Janeiro, IBGE, 1985, 399 p. (n. 1).
- MURAYAMA, S. A cultura da berinjela. In: -----. **Horticultura**. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1992. p. 275.
- PIMENTEL, A.A.M.P. Olericultura no trópico umido. In: -----. **Hortaliça na Amazônica**. São Paulo, Agronômica Ceres, 1985. p. 197-203.
- STEWART, J.I., HAGAN, R.M. Functions to predict effects of crop water deficits. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, New York, v. 99, n. IR4, p. 421-39, 1973.
- SUN, W., WANG, D., WU, Z. et al. Seasonal change of fruit setting in eggplants (*Solanum melongena* L.) caused by different climatic conditions. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 44, n. 1/2, p.55-9, 1990.
- VAN GENUTCHEN, M.P.H. A Closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of an saturated soils. **Soil. Sci. Soc. Am. J.**, v. 44, p. 892-898. 1980.
- VAUX Jr, H.J., PRUITT, W.O., HATCHETT, S.A. et al. **Optimization of water use with respect to crop production**. Davis, Califórnia Department of Water Resources, 1981. 174 p. (Technical Completion Report, 13-53395).
- VIEIRA, D.B.. **Estudo da irrigação por gotejamento na cultura da berinjela (*Solanum melongena* L.)**. Limeira, 1973. 80 p. Tese (Doutorado - Universidade Estadual de Campinas).