

Análise de sobrevida da área foliar de meloeiros em sistema hidropônico

¹Mara Rubia Machado Couto, ¹Luciane Flores Jacobi,
²Alessandro Dal'Col Lúcio, ²Sidinei José Lopes,
²Sandro Luis Petter Medeiros

¹*Departamento de Estatística/CCNE*, ²*Departamento de Fitotecnia/CCR*
Universidade Federal de Santa Maria, RS
e-mail: mararubiacouto@hotmail.com

Abstract

Due to the lack of research on the effect of irrigation regimes on the evolution of the muskmelon plant crop leaf area, under hydroponics system, it is necessary to investigate the plant growth since the longer leaf life span is, the greater its contribution to the crop yield. The aim of this study is to determine the influence of irrigation intervals on the muskmelon leaf survival time, under hydroponics system. With this in mind, the Kaplan-Meier method was performed for survival analysis, and the Log-rank test was applied for comparison between curves. It was concluded that there is no significant difference among the distinct irrigation intervals, despite the fact that the survival probability of irrigated plants submitted to an irrigation period of 15 minutes and interval of 30 minutes is a little lower than that of plants submitted to an irrigation period of 15 minutes and interval of 15 minutes. Therefore, irrigation periods of 15 minutes and intervals of 30 minutes shall be used as a way to minimize costs involved in the melon culture. It was observed as well that the type of irrigation doesn't affect the plant development, since for both types of irrigation survival probabilities are similar, and the median survival time is equal to 54,4 days approximately.

Key-words: survival analysis, irrigations, hydroponics.

Resumo

Devido à carência de pesquisas sobre a influência de regimes de irrigação na evolução da área foliar do cultivo do meloeiro, em sistema hidropônico, existe a necessidade de se estudar o crescimento, pois quanto maior a longevidade foliar, maior sua contribuição para a produtividade do cultivo. Assim, o objetivo foi determinar a influência dos intervalos de irri-

gações no tempo de sobrevida das folhas do meloeiro, em sistema hidropônico. Para isso, testou-se os seguintes tratamentos: períodos de irrigação de 15 minutos e intervalos de 15 minutos (T15); períodos de irrigação de 15 minutos e intervalos de 30 minutos (T30). Para realizar a análise de sobrevivência, utilizou-se o método de estimação Kaplan-Meier e para a comparação das curvas, o Teste Log-rank. Concluiu-se que não existe diferença significativa entre os diferentes intervalos de irrigação na sobrevida das folhas de meloeiro.

Palavras-chave: análise de sobrevivência, frequência de irrigações, hidroponia, *Cucumis melo*.

1. Introdução

A área foliar (AF) é uma importante medida para avaliar a eficiência fotossintética da planta (Costa, 1999), sendo o principal caminho de captação de carbono e a superfície transpirante do vegetal. Sua expansão e duração determinam o acúmulo de fitomassa de um cultivo, o qual é o resultado da incidência da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) no dossel e também da eficiência como esta é convertida em fitomassa seca (Lizaso *et al.*, 2003).

A cultura do meloeiro tem grande área foliar, promovendo alta transpiração e, conseqüentemente, demandado alto suprimento hídrico. Determinando a resposta fisiológica de um cultivo de meloeiro a distintas doses de irrigação no cultivo em campo, Cabello *et al.* (2000), verificaram que as plantas que se encontravam em condições de déficit hídrico tiveram uma diminuição da área foliar que repercutiu no decréscimo da produção de frutos.

Deste modo, devido à carência de pesquisas sobre a influência de regimes de irrigação na evolução da área foliar do cultivo do meloeiro, em sistema hidropônico, existe a necessidade de se estudar o crescimento da cultura, pois quanto maior a longevidade foliar, maior sua contribuição para a produtividade do cultivo.

O termo análise de sobrevivência refere-se, basicamente, a situações médicas envolvendo dados censurados (Chiesa, 2002). Entretanto, condições similares ocorrem em outras áreas onde se usam as mesmas técnicas de coleta de dados.

Neste trabalho, considerou-se o uso da técnica de análise de sobrevivência a dados referentes à área agronômica, tendo por finalidade estudar o tempo de sobrevivência das folhas de meloeiros, em sistema hidropônico.

Na área agronômica, a análise de sobrevivência está voltada para o controle de pragas. Bezerra *et al.* (2006) avaliaram a longevidade de machos

e fêmeas de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861); Fadini et al (2004) avaliaram a sobrevivência de fêmeas do ácaro rajado *T. urticae*, em discos foliares provenientes de plantas limpas e pré infestadas de morangueiro e Ortiz et al (2004) avaliaram o tempo de sobrevida de plantas de laranjeira doce infestadas pela epidemia morte súbita dos citros.

A análise de sobrevivência, segundo Vale et al (2006), é uma ferramenta que pode ser aplicada à fitopatologia em situações como: dias até o aparecimento de sintomas, dias até o aparecimento de estruturas reprodutivas, meses até morte da planta, horas até a germinação, entre outras.

Portanto, essa pesquisa é inovadora ao aplicar a técnica de análise de sobrevivência no estudo do estresse hídrico para avaliar a senescência de folhas não se restringindo à área fitopatológica.

O objetivo desta pesquisa foi determinar a influência dos períodos de irrigações no tempo de sobrevida das folhas do meloeiro, em sistema hidropônico.

2. Material e métodos

O experimento foi conduzido na área experimental do Núcleo de Pesquisa em Ecofisiologia e Hidroponia (NUPECH) no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria – RS, com coordenadas geográficas: latitude 29°43'S, longitude 53°43'W e altitude 95 m. O clima local, segundo a classificação de W. Köppen, pertence ao tipo “Cfa” - clima subtropical úmido com verões quentes (Moreno, 1961). Nesta região a precipitação média anual é de 1769 mm, a temperatura média anual gira em torno de 19,2°C e a umidade relativa do ar, em torno de 78,4% (Mota, 1977).

A semeadura da cultivar do meloeiro (*Cucumis melo* L.) Torreon. foi realizada no mês de fevereiro de 2004. As mudas foram produzidas em espuma fenólica, mantidas em bancada de germinação, constituída por trelha de fibra de vidro com 2-3% de declividade, onde receberam duas a três irrigações diárias com água.

As mudas foram transferidas para o “berçário” quando apresentaram duas folhas definitivas. O “berçário” foi constituído por perfis de prolipropileno com canais de 3 cm de profundidade, espaçados de 7 cm, com distância de 10 cm entre plantas nos canais. A solução nutritiva utilizada nesta fase foi adaptada de Castellane; Araújo (1995), preparada e diluída para 50% de sua concentração. Quando as mudas atingiram de cinco a seis folhas definitivas, foram transplantadas para o leito do cultivo, constituído por tubos de PVC rígido de 100 mm de diâmetro com 8 m de comprimento dispostos sobre cavaletes de madeira.

Os tratamentos constituíram-se de dois intervalos entre irriga-

ções durante o período diurno, (6h às 19 h): períodos de irrigação de 15 minutos a intervalos de 15 minutos (T15); e, períodos de irrigação de 15 minutos a intervalos de 30 minutos (T30) que foram aplicados aos sete dias após o transplante (DAT). As irrigações foram controladas por um programador horário-eletromecânico, instalado em cada sistema, acionando a moto-bomba de acordo com o tempo programado.

A área foliar da planta foi determinada por um método não destrutivo, através de fotografias. As folhas foram fotografadas com uma câmera digital da marca *Sony* série *MVC-FD75*, utilizando-se um parâmetro de comparação de tamanho. Como parâmetro utilizou-se uma folha de papel, com marcações de um centímetro, sobre a qual a folha foi apoiada no momento da foto.

As fotografias foram feitas a partir do momento em que a primeira folha definitiva atingiu aproximadamente 5 cm de comprimento, (ainda no berçário). Foram fotografadas todas as folhas ímpares da planta até atingir a 29ª folha, quando foi realizada poda apical. As plantas foram fotografadas diariamente pela manhã, entre às 7 h e 9 h, iniciando com 16 plantas na fase de berçário e passando para quatro plantas, por tratamento, quando nos canais definitivos.

As fotografias foram analisadas no *Programa Sigma Scan Pro - V.S. O, Jandel Scientific*, para determinar a área foliar, pois, foram consideradas folhas senescentes as que apresentaram mais de 50% da expansão da folha em senescência (50% de sua área foliar clorótica ou necrosada). A longevidade foliar, em dias, foi considerada como sendo o período de tempo contado a partir de 50% da expansão da folha até sua senescência (50% clorótica ou necrosada), proposta por Lizaso *et al.* (2003).

A amostra utilizada de área foliar foi composta por folhas ímpares de oito meloeiros, em sistema hidropônico, que permaneceram no experimento até a colheita dos frutos. O período de observação e coleta de dados do experimento foi de fevereiro a abril de 2004, totalizando 67 dias de observação.

A principal característica dos dados de sobrevivência é a presença de censura que é a observação parcial da resposta, isto é, por alguma razão, o acompanhamento da expansão da folha foi interrompido.

As técnicas usuais de análise de sobrevivência envolvem métodos paramétricos e não-paramétricos. Dentre os mais usados, destaca-se o estimador limite-produto de KAPLAN-MEIER (1958) Apud CHIESA (2002), que é um método não-paramétrico, geralmente, utilizado em pequenas amostras e que não impõe condições sobre a forma da função a estimar.

O dia da primeira fotografia realizada foi adotado como tempo inicial de observação, isto é, o instante de entrada da folha no grupo de estudo. Para o tempo final foi considerada a data de falha (senescência da

folha) ou data do término do estudo (folha censurada).

Para a análise de sobrevivência, em função das variáveis consideradas no estudo, as folhas foram classificadas segundo os diferentes intervalos de irrigação. A estimação da curva de sobrevivência foi realizada segundo o método de Kaplan-Meier.

A estimação através do produto-limite ou Kaplan-Meier é baseada na utilização de vários intervalos de tempo.

Supondo que o tempo em que os dados censurados (perda ou retirada do estudo) e o tempo de falha sejam medidos com um alto grau de exatidão, então, a estimação através do estimador Kaplan-Meier, consiste no método atuarial ou tabela de vida, com um número de intervalos maior, no qual a largura destes intervalos tende a zero.

A curva estimada pelo estimador Kaplan-Meier é uma função escada com degraus nos tempos observados de falha de tamanho $1/n$, onde n é o tamanho da amostra. Se existirem empates em certo tempo t , o tamanho do degrau fica multiplicado pelo número de empates; isto é, a curva estimada é constante exceto para saltos nos tempos de falhas; e o valor antes de um tempo de falha é multiplicado pela probabilidade estimada de sobreviventes para encontrar o novo valor da curva de sobrevivência.

A estimativa da função de sobrevivência expressa como uma proporção é dada por:

$$\hat{S}(t) = 1, \text{ para } t < t_1$$

$$\hat{S}(t) = \prod_{j/t_j < t} \frac{n_j - d_j}{n_j}, \text{ para } t_j \leq t < t_{j+1} \text{ (} j < k \text{)}$$

$$\hat{S}(t) = 0, \text{ para } t_k \leq t, \text{ se } d_k = n_k \text{ (isto é, nenhum indivíduo}$$

sobrevive após o tempo t_k);

Onde:

n_j = números de indivíduos sob risco;

d_j = número de falhas no tempo t_j ;

k = tempos distintos;

t_k = tempo da última falha.

$$\hat{S}(t) = \prod_{j/t_j < t} \frac{n_j - d_j}{n_j}, \text{ para } t_k \leq t \leq \text{maior observação censurada}$$

Se $d_k < n_k$, então, $\hat{S}(t)$ é indefinida, para t maior que a maior observação censurada.

O teste Log-Rank é usado para a comparação entre duas ou mais curvas de sobrevivência. A estatística deste teste é a diferença entre o número observado de falhas em cada grupo, e o número correspondente esperado de falhas sob a hipótese nula.

Hipóteses: H_0 = as curvas não apresentam diferença significativa;

H_1 = as curvas apresentam diferença significativa.

O teste Log-Rank é calculado conforme a Tabela 1 a seguir:

Tabela 1. Disposição das freqüências observadas e esperadas para o cálculo do teste Log-Rank.

Tratamentos	Mortes	
	Observadas	Esperadas
I	d_{1j}	e_{1j}
II	d_{2j}	e_{2j}

Uma aproximação da estatística Log-Rank pode ser obtida pela fórmula do Qui-quadrado com 1 grau de liberdade.

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^2 (O_i - E_i)^2}{E_i} \quad \text{ou} \quad \chi^2 = \frac{(\sum d_{1j} - \sum e_{1j})^2}{\sum e_{1j}} + \frac{(\sum d_{2j} - \sum e_{2j})^2}{\sum e_{2j}}$$

3. Resultados e discussão

Para as quatro plantas estudadas em cada tratamento, no período de acompanhamento de 67 dias; observou-se, na Tabela 2, que para o T15, a probabilidade cumulativa de sobrevivência estimada no tempo inicial é 1 (ou 100%) e decaiu para 0,5515 (55,15%) aos 61 dias, permanecendo o mesmo até o final do acompanhamento. Para o T30, a probabilidade cumulativa de sobrevivência estimada inicia em 1 (ou 100%) no tempo inicial e decaiu para 0,49665 (49,67%) aos 61 dias, permanecendo o mesmo até o final do acompanhamento.

Tabela 2. Tabela de sobrevivência para à área folhar de meloeiros submetidas a dois períodos de irrigação.

Dias*	Nº de cencuras		Nº de mortes		Prob. Acum (%)			
	T15**	T30***	T15	T30	T15	T30		
2,0	52	67	5	0	0	0	100,00	100,00
8,5	47	67	3	4	1	0	100,00	100,00
15,1	43	63	0	3	1	0	97,80	100,00
21,7	42	60	6	6	0	1	95,53	100,00
28,2	36	53	6	9	0	1	95,53	98,25
34,8	30	43	7	11	1	1	95,53	96,22
41,3	22	31	9	10	0	1	91,92	93,65
47,9	13	20	6	10	0	2	91,92	90,05
54,4	7	8	4	5	2	2	91,92	78,04
61,0	1	1	1	1	0	0	55,15	49,66

*Dias após o início das medições.

** T15 - períodos de irrigação de 15 minutos e intervalos de 15 minutos.

*** T30 - períodos de irrigação de 15 minutos e intervalos de 30 minutos.

Verifica-se na Figura 1 que o decaimento das curvas é mais acentuado em plantas que receberam irrigação de 15 minutos a intervalos de 30 minutos, enquanto para plantas que receberam irrigação de 15 minutos a intervalos de 15 minutos este decaimento é menor, indicando que a sobrevida das folhas é um pouco maior no último grupo. Observa-se, também que o resultado do teste de comparação das curvas (Log-rank), não é significativo, pois $p = 0,67063$. Assim, pode-se concluir que não existe diferença estatisticamente significativa entre as duas curvas de sobrevivência, por intervalos de irrigação, de acordo com o resultado do teste Log-Rank.

Portanto, apesar da probabilidade de sobrevida para plantas irrigadas em períodos de irrigação de 15 minutos e intervalos de 30 minutos, ser um pouco inferior quando comparada ao outro modo de irrigação, poder-se-ia utilizá-lo como um fator de minimização de custos para a produção do meloeiro.

Estes resultados são respaldados pelos estudos de Filgueira (1981), de que o meloeiro não é uma planta sensível ao estresse hídrico. Por isso, ao analisar-se a planta como um todo, os tipos de irrigação não influenciaram de modo significativo a área foliar, pois as probabilidades de sobrevida são semelhantes e o tempo mediano de sobrevida é de aproximadamente

54,4 dias. No entanto, não foram analisadas separadamente as diferentes porções do dossel, que poderiam levar a resultados diferentes deste, quanto à sobrevivência das folhas.

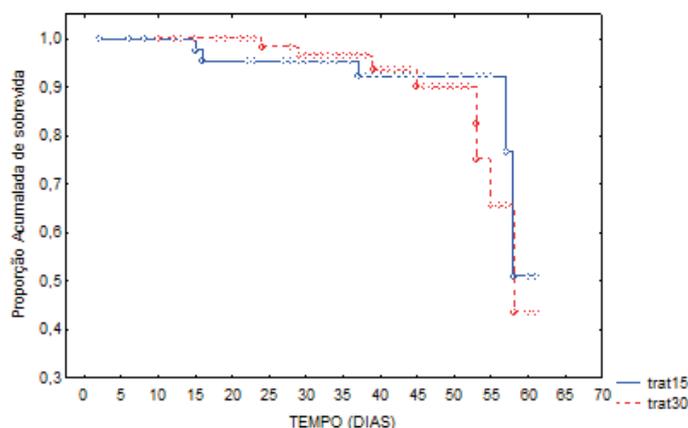


Figura 1. Curva de sobrevivência da área foliar de meloeiros.

Cabe lembrar que as folhas dos diferentes extratos do dossel podem apresentar diferentes padrões de senescência. De acordo com Dale; Milthorpe (1983) e Lizaso *et al.* (2003), a senescência é um processo genético envolvido com o decréscimo da atividade fisiológica da folha e degradação e remobilização de moléculas orgânicas. Este mecanismo pode ser acelerado por condições adversas ao ambiente, como disponibilidade hídrica, temperatura do ar e radiação solar. Deste modo, a posição da folha na planta também pode ser considerada como um dos fatores que aceleram a senescência foliar, devido ao sombreamento das folhas inferiores pelas folhas superiores.

Para a análise de sobrevivência deste estudo, a arquitetura foliar do meloeiro não foi investigada. Analisou-se estritamente a sobrevivência foliar como um todo, conforme os tipos de irrigação. Sugere-se que, para maior compreensão da sobrevivência foliar em meloeiros, seja considerada a arquitetura da planta como uma covariável no estudo.

4. Conclusão

Conclui-se que o uso da técnica não-paramétrica de análise de sobrevivência possibilitou interpretar e analisar a sobrevivência da área foliar de meloeiros, em sistema hidropônico.

Segundo esta análise, conclui-se que os diferentes intervalos de irrigação não diferem significativamente quanto ao tempo de sobrevivência de folhas de meloeiro

5. Referências bibliográficas

- BEZERRA, G.C.D. et al., *Aspectos biológicos da fase adulta de Chrysoperla esterna (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) oriunda de larvas alimentadas com Planococcus citri (Risso, 1813) (Hemiptera: Pseudococcidae)*. Ciência Agrotécnica, Lavras-MG, V.30, n. 4, p 603-610, jul/ago, 2006.
- CABELLO, M. J. et al., Respuesta fisiológica de un cultivo de melón (*Cucumis melo L.*) a distintas dosis de riego *Investigación agraria. Producción y Protección Vegetales*, v.15, n. 3, p. 195-212, 2000.
- CASTELLANE, P. D.; ARAUJO, J.C. *Cultivo sem solo – hidroponia*, Jaboticabal: FUNEP, 2ªEd, 1995, 43p.
- CHIESA, E. M. F. *Análise de sobrevivência através de um método não-paramétrico*. Santa Maria, 2002. 61 f. Monografia (especialização–Estatística e Modelagem Quantitativa) – UFSM, 2002.
- COSTA, M.C. *Efeitos de diferentes lâminas de água com dois níveis de salinidade na cultura do meloeiro*. Botucatu, UNESP, 1999, 115p. Tese.
- DALE, J. E.; MILTHORPE, F. L. *The growth and functioning of leaves*. Cambridge: Cambridge Univ. Press, p.150 – 178, 1983.
- FADINI, M.A.M. et al., *Herbivoria de Tetranychus urticae kock (Acari: Tetranychidae) induz defesa direta em morangueiro? Neotropical Entomology*, 33 (3): 293 – 297. 2004.
- FILGUEIRA, F.A.R. *Manual de olericultura: cultura e comercialização de hortaliças*. 2ª ed. São Paulo: Ceres, 338p., 1981.
- LIZASO, J.I.; BATCHELOR, W. D.; WESTGATE, M.E. A leaf area model to simulate cultivar-specific expansion and senescence of maize leaves. *Field Crops Research*, Vol.80, Number 1, p. 1 – 17, 2003.
- MORENO, J. A *Clima do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, Diretoria de Terras e Colonização, Seção de Geografia, 1961. 43p.
- MOTA, F.S. da. *Meteorologia agrícola*. 3ª ed. São Paulo: Livraria Nobel, p.100-109, 1977.

ORTIZ, C. DA C., et al., *Avaliação do progresso temporal da epidemia morte súbita dos citrus*. 49ª RBRAS, UFU-MG, 2004.

VALE, F.X.R. do, et al., *Novas ferramentas analíticas aplicadas a fitopatologia*. Fitopatologia Brasileira (Suplemento), XXXIX Congresso Brasileiro de Fitopatologia, agosto, 2006.

Submetido em: 2/12/2007

Aceito em: 9/12/2008