

ISSN 0104-1347

Absorção da radiação solar fotossinteticamente ativa pela limeira ácida 'Tahiti' sob diferentes condições de déficit hídrico¹

Absorption of photosynthetically active solar radiation in the 'Tahiti' lime under different water deficit conditions¹

Maria José Hatem de Souza², Márcio Mota Ramos³, Dalmo Lopes de Siqueira⁴, Luiz Cláudio Costa⁵, Arnaldo José Moura Lhamas⁶, Everardo Chartuni Mantovani⁷, Paulo Roberto Cecon⁸ e Luiz Carlos Chamhrum Salomão⁴

Resumo – Avaliou-se a absorção da radiação solar fotossinteticamente ativa (RFA) pela limeira ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tanaka), sob diferentes condições de déficit hídrico, em Visconde do Rio Branco – MG. Os tratamentos consistiram na aplicação de água sob a copa das árvores quando se utilizaram três diferentes microaspersores, caracterizando as porcentagens molhadas, e quatro períodos de estresse hídrico, aplicados de junho a agosto de 2000 e de maio a julho de 2001, assim como a testemunha, tratamento não-irrigado, o que totalizou 13 (12 + 1) tratamentos. Durante as aplicações de estresse hídrico, foram monitoradas as frações transmitida e refletida da radiação solar fotossinteticamente ativa pela limeira ácida, além da umidade do solo abaixo das plantas não irrigadas. Empregou-se um ceptômetro para medir as radiações no topo e abaixo do dossel, assim como a radiação refletida pela copa das árvores. As plantas em condição de déficit hídrico absorveram menos radiação solar fotossinteticamente ativa do que as plantas sob suprimento adequado de água.

Palavras-chave – Radiação solar absorvida, radiação fotossinteticamente ativa, lima ácida 'Tahiti'.

Abstract - The absorption of photosynthetically active solar radiation in the 'Tahiti' lime tree (*Citrus latifolia* Tanaka) was evaluated under different water deficit condition in Visconde do Rio Branco county - MG. The treatments constituted of applying the water beneath the canopy of the trees, by using three different microsprinklers, therefore characterizing the percent wetted areas, as well as four soil water stress, applied during the period from June to August 2000 and from May to July 2001, and the control, so totalizing 13 (12 + 1) treatments. A ceptometer was used to measure the radiation at the top and bellow and the reflected radiation by the trees crown and soil moisture in nonirrigated plants was monitored, during the application of soil water stress. Under water deficit conditions, plants absorbed less photosynthetically active solar radiation than the ones under adequate water supply.

Key words – Absorption solar radiation, photosynthetically active radiation, 'Tahiti' lime.

Introdução

A radiação solar é a principal fonte de energia para o ambiente, sendo um dos elementos meteorológicos que tem maior influência nos processos fisiológicos que regem o desenvolvimento e cres-

cimento das plantas e, conseqüentemente, a sua produtividade. Da radiação solar global, que atinge a superfície de um dossel, a energia contida na faixa de 400 a 700 nm, do espectro de radiação, corresponde à radiação fotossinteticamente ativa (RFA), esta é utilizada diretamente pelas plantas na realização dos

¹Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor

²Ms. Met. Agrícola, Dr. Eng Agrícola, Prof. Departamento de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa - MG, 36571-000, 31 3899 2734, mjhatem@ufv.br

³Eng. Agr°. Dr. Prof. Titular, DEA, UFV, 31 3899 1914, mmramos@ufv.br

⁴Eng. Agr°. Dr. Prof. Adjunto, Departamento de Fitotecnia, UFV, 31 3 899 1349, siqueira@ufv.br, lsalomao@mail.ufv.br

⁵Matemático, Dr. Prof Adjunto, DEA, UFV, 31 3 899 2179, lcosta@ufv.br

⁶Eng. Agr°, 31 3 892 6081, penalhamas@bol.com.br

⁷Eng. Agrícola. Dr. Prof. Titular, DEA, UFV, 31 3899 1913, everardo@ufv.br

⁸Estatístico., Dr. Prof. Adjunto, Departamento de Informática, UFV, 31 3899 1781, cecon@dpi.ufv.br

processos de fotoconversão, fotooxidação e fotossíntese (OMETO, 1981; MAGALHÃES, 1983).

A penetração da radiação na copa das plantas depende da arquitetura da planta, do ângulo de inclinação das folhas, da idade, das condições nutricionais e também da disponibilidade de água no solo para a planta (ROSENBERG *et al.*, 1983). Ao penetrar na copa das árvores, a radiação é atenuada de forma não-linear, sendo afetada pela densidade de folhas, de modo que as folhas superiores recebem maior quantidade de radiação.

A atenuação de radiação é função do índice de área foliar, IAF, que é a razão entre a área total das folhas e a área de projeção da copa na superfície do solo. Para a laranjeira, o IAF varia de 9 a 11, dependendo do porta-enxerto, mas muitas vezes, pode apresentar um menor valor em resposta às limitações ambientais (SYVERTSEN & LLOYD, 1994).

JAHN (1979), trabalhando com sete cultivares de citros, avaliou o efeito do desfolhamento das árvores sobre a penetração da radiação fotossinteticamente ativa (RFA). O decréscimo na penetração da RFA foi linear com o aumento do IAF. Em sua revisão, o autor relata que, em plantas com copas muito densas, ocorre uma pequena penetração de radiação, principalmente, além de um metro de profundidade da copa.

Segundo informações relatadas por SYVERTSEN & LLOYD (1994), cerca de 90% da radiação solar direta, em um dia de céu limpo, e de 20 a 50% da radiação difusa em dia nublado, são absorvidos na parte exterior da copa, em árvores adultas de laranja.

A transmissão de radiação por entre as folhas dependem do comprimento de onda, pois os pigmentos das folhas das plantas absorvem 80 a 90% da radiação fotossinteticamente ativa, mas apenas cerca de 20% da radiação infravermelha. A fração, que não é absorvida, é transmitida e refletida pelas folhas (SZEICZ, 1974).

Segundo Gates (1966), citado por COHEN *et al.* (1987), em laranjeiras, a maior parte da radiação, que é transmitida e refletida tanto na parte superior quanto inferior da árvore, está compreendida no intervalo de 350 a 2500 nm, enquanto a maior absorção ocorre de 400 a 700 nm.

COHEN *et al.* (1987) avaliaram a influência da distribuição de radiação no interior da copa das

árvores sobre a transpiração e a taxa de fotossíntese, em laranjeiras adultas. Constataram que, cerca de 50% da fotossíntese total, ocorreu no primeiro metro, em profundidade da copa.

A quantidade de radiação incidente sobre uma folha pode afetar sua morfologia. Folhas em posições da copa expostas totalmente à radiação solar, dependendo das condições de temperatura e umidade, podem ficar enroladas, reduzindo à metade a radiação incidente devido ao auto-sombreamento. Por outro lado, as folhas sombreadas são orientadas horizontalmente, resultando em máxima interceptação de radiação (SYVERTSEN & LLOYD, 1994).

A água é outro recurso natural que atua como fator essencial para o crescimento das plantas, porque com as proteínas e ácidos nucleicos, é o constituinte básico dos seus órgãos. A água exerce influência em diversos processos, como: assimilação de CO₂, transpiração, expansão foliar e partição de fotoassimilados para os diversos órgãos da planta. O suprimento de água afeta as dimensões das células e dos órgãos da planta. A redução da quantidade de água disponível às plantas leva à aceleração da respiração, ao aumento da atividade das enzimas hidrolíticas e à redução da intensidade fotossintética (KUDREV, 1994). Sob estresse hídrico, ocorre o fechamento dos estômatos, reduzindo sua transpiração e, conseqüentemente, a assimilação de CO₂ é também reduzida (BOYER, 1970).

Nos cultivares de citros, a escassez de água disponível no solo pode ocasionar sérios danos à cultura, devido à maior utilização de suas reservas hídricas para que possam tolerar o déficit de água no solo. A perda de água pelas plantas causa desidratação e turgescência das folhas, o que provoca intensa competição de água entre as folhas e os frutos, os quais podem se apresentar murchos devido ao carreamento de água para as folhas. O déficit hídrico leva à queda de muitas folhas e frutos. Dependendo das condições edafoclimáticas e das plantas, a época de florescimento pode ser alterada (CASTRO, 1994).

COSTA *et al.* (1997) mostraram os inúmeros efeitos do déficit hídrico sobre a capacidade fotossintética, respiração, crescimento e RFA absorvida pela fava (*Vicia faba* L.), em condições de campo, na Inglaterra. A deficiência de água reduziu a capacidade fotossintética, a área, o peso e a taxa de respiração das folhas, assim os efeitos do estresse foram mais acentuados na taxa fotossintética, área foliar e matéria seca do que na taxa de respiração. Os resulta-

dos mostraram que o estresse hídrico reduziu a área foliar em 67%, enquanto a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) absorvida pela cultura foi reduzida em 24%. A eficiência de conversão da radiação em biomassa foi de 2,48 e 1,94 g/MJ (RFA), respectivamente para as culturas irrigada e sob estresse hídrico.

COLLINO et al. (2001), estudando duas variedades de amendoim sob condições de estresse hídrico, observaram menores índices de área foliar, redução da fração da RFA interceptada e menores valores de uso eficiente da radiação, quando comparadas às plantas irrigadas. O déficit de água produziu uma mudança no ângulo de inclinação da folha, fazendo com que a fração da RFA interceptada pela planta fosse reduzida.

Segundo Bauer et al. (1980) e Ripple (1985), ambos citados por MOREIRA (2001), o conteúdo de água na folha afeta a concentração de clorofila e provoca desordem nas estruturas internas da folha. Segundo esses autores, a redução do conteúdo de clorofila nas folhas propicia menor absorção de energia na região do visível, 400 a 700 nm.

Dentro do exposto objetivou-se, neste trabalho, estudar a influência do estresse hídrico sobre a absorção da radiação solar fotossinteticamente ativa na limeira ácida "Tahiti".

Material e métodos

O pomar de lima ácida 'Tahiti' utilizado neste estudo está localizado na Estação Experimental da Sementeira, pertencente à Universidade Federal de Viçosa e localizada em Visconde do Rio Branco, MG (21° 07'S, 42° 27'W, 349 m de altitude). O estudo foi conduzido em árvores de lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tanaka) enxertadas no limão 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck) e plantadas em dezembro de 1996. O solo do local foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico.

A encosta na qual foram plantadas as árvores de lima ácida 'Tahiti', encontra-se voltada para Oeste, cuja área de 0,77 hectares foi cultivada com 205 árvores, com espaçamento 6 x 7 m, irrigadas por microaspersão. Em 3 de março de 2001, as árvores do pomar encontravam-se em média, com 2,45 m de altura ($\pm 0,22$ m) e 2,86 m de diâmetro de copa (desvio de 0,29 m).

O experimento foi conduzido em parcelas subdivididas, tendo nas parcelas três porcentagens de área molhada (razão percentual entre a área molhada pelo microaspersor e a área ocupada pela planta), e, nas subparcelas, os períodos de estresse, em um delineamento em blocos casualizados, com três repetições.

Os tratamentos consistiram de quatro períodos de estresse hídrico, isto é, sem estresse (SE), estresse curto (EC), estresse médio (EM) e estresse longo (EL) proporcionados por quatro períodos contínuos sem irrigação complementar, ou seja, 0, 7, 10 e 13 semanas, durante os meses de junho a agosto de 2000 e durante os meses de maio a julho de 2001. Para cada período de estresse hídrico, utilizaram-se três porcentagens de área molhada (PW), isto é, 15, 31 e 46%, proporcionadas por três microaspersores com bocais e características diferentes.

Dessa forma, cada parcela foi caracterizada por uma porcentagem de área molhada e cada subparcela por um período de estresse, tendo assim 12 subparcelas irrigadas por bloco, acrescidas do tratamento testemunha não-irrigado, totalizando 13 (12 + 1) tratamentos. Cada parcela foi constituída por oito plantas, as subparcelas por duas e cada bloco por 26 (24 + 2) totalizando 78 plantas.

As datas de início e de término dos períodos de estresse hídrico nos anos de 2000 e 2001 podem ser visualizados na Tabela 1. Antes de se iniciar o primeiro período de estresse, todas as plantas foram irrigadas, inclusive a testemunha e as flo-

Tabela 1. Duração do estresse hídrico.

Tratamentos	2000		2000	
	Início	Término	Início	Término
SE	Não estressada		Não estressada	
EC	01 de junho	20 de julho	01 de maio	19 de junho
EM	01 de junho	10 de agosto	01 de maio	10 de julho
EL	01 de junho	31 de agosto	01 de maio	31 de julho

SE, sem estresse; EC, estresse curto; EM, estresse médio; EL, estresse longo

res e frutos foram eliminados para garantir condições iniciais idênticas.

O manejo da irrigação foi conduzido, utilizando-se o tanque Classe A e um pluviômetro instalados na estação experimental. O coeficiente do tanque (Kt) foi determinado em função da umidade relativa do ar, da velocidade do vento e das características de instalação do tanque, circundado com grama, sendo seu valor médio 0,75 (BERNARDO, 1995). O coeficiente de cultivo (Kc) para o cálculo da evapotranspiração da cultura (ETc) foi definido, baseando-se nos valores apresentados por DOORENBOS & PRUITT (1977), sendo o valor médio de 0,55. A porcentagem de área molhada (PW) considerada para o cálculo da evapotranspiração da cultura na irrigação localizada (ETcg) foi 31%, por ser este valor o intermediário das três porcentagens utilizadas (15, 31 e 46%). Dessa forma, todas as árvores receberam o mesmo volume de água, com uma frequência de irrigação bissemanal.

Para o período de janeiro de 2000 a novembro de 2001, os dados de temperatura, umidade rela-

tiva, precipitação, velocidade do vento e evaporação do Tanque Classe A, obtidos no local do experimento, e a evaporação da cultura, são apresentados na Tabela 2.

Mediu-se a radiação solar fotossinteticamente ativa transmitida e refletida pelas árvores, utilizando-se um ceptômetro com 80 sensores (SUNFLECK, Decagon – Delta T Devices, Pullman, WA, Made in USA). As medições foram feitas, em horários próximos ao meio-dia solar verdadeiro, em dias com poucas nuvens, de modo que a cobertura do céu fosse homogênea. Isto porque, próximo ao meio-dia solar, o ângulo de elevação solar é maior, e conseqüentemente, o nível de radiação é maior do que nos outros horários do dia, principalmente, para um dia limpo.

As medidas foram feitas nas 78 árvores, com uma repetição por árvore. Mediu-se a radiação acima do dossel e abaixo do dossel, assim como a refletida pelas árvores. Essas medidas foram feitas em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Utilizou-se uma escada, para realizar as medições acima do dossel. A radiação acima do dossel

Tabela 2 - Dados meteorológicos do local do experimento durante o período de janeiro de 2000 a novembro de 2001.

	E diária (mm)	Etc mensal (mm)	P mensal (mm)	Tmáx (°C)	Tmin (°C)	Tmed (°C)	UR %		Vento (m/s)
							9 h	15 h	
Jan/00			287,5	34,4	20,5	27,5	71	57	
Fev/00			195,5	34,9	20,3	27,6	73	54	
Mar/00			165,5	33,9	19,7	26,8	69	57	
Abr/00	3,5	43,4	72,5	33,3	16,1	24,7	64	50	
Mai/00	2,9	36,6	12,5	31,2	13,0	22,1	65	53	
Jun/00	2,7	32,8	7,5	31,2	9,5	20,4	64	42	
Jul/00	2,8	36,4	13,8	27,6	10,0	18,8	68	49	0,54
Ago/00	3,8	48,9	38,8	30,5	10,9	20,7	57	40	0,62
Set/00	3,7	45,9	70,6	29,0	15,8	22,4	64	54	0,63
Out/00	6,0	76,3	60,1	34,7	17,5	26,1	58	41	0,63
Nov/00	4,4	54,8	202,4	30,7	19,3	25,0	68	58	0,54
Dez/00	5,3	68,1	220,3	33,0	20,1	26,5	67	51	0,55
Jan/01	5,9	75,8	184,0	34,1	20,4	27,3	66	50	0,51
Fev/01	7,2	82,7	143,5	36,1	20,3	28,2	60	43	0,52
Mar/01	5,2	66,4	80,3	34,6	19,0	26,8	61	44	0,44
Abr/01	4,2	51,8	17,8	33,5	16,6	25,1	59	45	0,40
Mai/01	4,0	51,2	69,3	29,8	14,4	22,1	65	48	0,39
Jun/01	3,8	47,4	4,3	28,6	11,9	20,3	65	49	0,38
Jul/01	3,3	42,5	0,0	30,4	9,6	20,0	68	44	0,54
Ago/01	4,0	51,6	0,0	30,1	9,9	20,0	62	38	0,56
Set/01	4,8	59,4	48,0	29,0	14,0	21,7	60	46	0,68
Out/01	5,0	63,9	106,0	30,7	17,2	23,9	70	47	0,59
Nov/01	5,6	68,8	232,9	33,2	19,9	26,5	67	55	0,51

E, evaporação do tanque classe A, ETc, evapotranspiração potencial mensal da lima ácida, P, precipitação mensal, Tmáx, temperatura máxima, Tmin, temperatura mínima, Tmed, temperatura média.

foi medida, aproximadamente a 40 cm da altura média do dossel, enquanto aquela abaixo do dossel foi tomada a uma distância de 40 cm do solo e a radiação refletida tomada com o aparelho invertido a uma distância aproximada de 20 cm acima da copa das árvores. Todas essas medições foram feitas com o aparelho em nível, com o operador localizado a nordeste das árvores a fim de evitar que sua sombra atrapalhasse as medidas.

As medidas foram feitas durante os dois períodos de estresse, de junho a outubro de 2000 e de abril a agosto de 2001, nos dias 21/06, 12/07, 8/08 e 20/10 do ano de 2000, e nos dias 26/04, 8 e 26/06, 18/07 e 22/08 de 2001. No dia 18/07 de 2001, foram feitas várias medidas ao longo do dia, com o observador localizado a leste e a oeste, em 12 árvores, sendo seis sob condições de estresse hídrico e seis irrigadas. A umidade do solo nas plantas não-irrigadas também foi monitorada durante os dois períodos de estresse, nas profundidades de zero a 20 e de 20 a 40 cm, empregando-se o método padrão de estufa, conforme metodologia descrita em BERNARDO, 1989.

A porcentagem da radiação solar fotossinteticamente ativa (RFA) absorvida foi obtida, segundo SZEICZ (1974), como:

(1)

$$\text{RFA absorvida} = 100 - \text{RFA transmitida} - \text{RFA refletida}$$

A RFA transmitida e RFA refletida, em %, foram calculadas utilizando as equações:

$$\text{RFA transmitida} = \frac{R_b}{R_c} 100 \quad (2)$$

$$\text{RFA refletida} = \frac{R_r}{R_c} 100 \quad (3)$$

em que R_b é a densidade de fluxo de RFA medida abaixo da árvore ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), R_c é a densidade de fluxo de RFA medida acima da árvore ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e R_r é a densidade de fluxo de RFA refletida medida ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

Os dados foram analisados por meio de análise de variância, segundo metodologia apresentada por DAVID & KRONKA (1989). Uma análise foi feita para os 13 tratamentos (incluindo a testemunha), em

um delineamento em blocos casualizados, e a outra para os 12 tratamentos irrigados, em um delineamento em blocos casualizados em parcelas subdivididas.

Como a interação entre os fatores porcentagem de área molhada e períodos de estresse não foi significativa apresentaram-se e discutiram-se os resultados obtidos nos quatro tratamentos de estresse hídrico (média dos valores obtidos nas três porcentagens de área molhada) e também os resultados encontrados no tratamento não-irrigado (testemunha) e os dos 12 tratamentos irrigados. Os resultados obtidos nos quatro tratamentos de estresse hídrico foram comparados pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), enquanto a comparação da testemunha com os 12 tratamentos irrigados utilizou-se o teste de Dunnett ($p < 0,05$), conforme metodologia apresentada por DAVID & KRONKA (1989).

Resultados e discussão

A Tabela 3 apresenta os valores médios da radiação solar fotossinteticamente ativa (RFA), absorvida pelas árvores, em %, nos quatro tratamentos de estresse hídrico. Observa-se diferença significativa, apenas, para as datas 12/07 e 8/08 do ano de 2000. Em 12/07/2000 o tratamento SE diferiu do EC e EL, e para 8/08/2000 o tratamento SE diferiu apenas do EC, para as demais datas não se observa diferença significativa ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

Nota-se que em, 20/10/2000, não houve diferenças significativas entre os tratamentos de estresse, provavelmente devido ao retorno da irrigação em 31 de agosto, para todos os tratamentos de estresse hídrico. Em 2001 não houve diferenças significativas entre os tratamentos de estresse, apesar de existir uma tendência de menores valores de RFA absorvida para os tratamentos de estresse hídrico de maior duração. É interessante observar um aumento na RFA absorvida após a retomada da irrigação nos distintos tratamentos de estresse (Tabela 3).

A Figura 1 ilustra a RFA absorvida, para os dois períodos de estresse hídrico, para os quatro tratamentos de estresse e para a testemunha.

Observa-se que, em 2000, o comportamento das árvores dos tratamentos que sofreram estresse hídrico (EC, EM, e EL) foi semelhante àquele apresentado pelas árvores do tratamento não-irrigado (testemunha). Este não foi o caso em 2001 quando, após o término do período de estresse (de maio a julho

Tabela 3 - Radiação solar fotossinteticamente ativa absorvida, em %, pela limeira ácida para os quatro períodos de estresse hídrico.

	2000			2001				
	12/7	8/8	20/10	26/4	8/6	26/6	18/7	22/8
SE	88,78 a	91,92 a	92,83 a	92,74 a	93,11 a	93,47 a	93,38 a	93,90 a
EC	84,40 b	86,67 b	89,13 a	91,46 a	92,49 a	91,22 a	92,12 a	93,31 a
EM	86,78 ab	88,15 ab	89,59 a	90,85 a	92,68 a	91,44 a	92,86 a	92,55 a
EL	85,10 b	89,60 ab	89,70 a	92,28 a	92,99 a	91,79 a	90,78 a	92,51 a
média	86,26	89,08	90,31	91,83	92,82	91,98	92,29	93,07
delta T	3,03	4,65	4,19	3,18	2,21	3,53	3,13	2,02

SE, sem estresse; EC, estresse curto; EM, estresse moderado; EL, estresse longo; delta T, delta do teste de Tukey (5%).

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, na coluna, não diferem entre si ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

de 2001), em 22 de agosto de 2001, as árvores dos tratamentos EC, EM, e EL restabeleceram-se e voltaram a absorver radiação em níveis próximos aos apresentados pelas árvores sempre irrigadas, enquanto as árvores pertencentes ao tratamento não-irrigado apresentaram um menor valor na RFA absorvida. Isso ocorreu, provavelmente, porque em 2000, houve precipitações significativas no final de agosto e início de setembro, como se pode observar na Tabela 2, que coincidiu justamente com o final do período de estresse aplicado em 2000. Conseqüentemente, as plantas pertencentes ao tratamento não-irrigado apresentaram um comportamento semelhante ao das plantas pertencentes aos tratamentos submetidos a estresse.

Observa-se, na Figura 1, que as alterações na RFA absorvida coincidiram com os períodos de estresse hídrico, indicando que essa avaliação é sensível às alterações na água do solo. Verifica-se, com base nos dados de absorção da RFA, que o estresse hídrico sofrido pelo tratamento não-irrigado foi mais severo em 2001, quando comparado com aquele de 2000. Em 2001, não ocorreram precipitações nos meses de junho e agosto, e no mês de junho a precipitação foi insignificante.

Nota-se, na Figura 1, que com o avanço da estação seca, a diferença entre o tratamento não-irrigado (testemunha) e o irrigado, SE, aumenta. Isso porque o nível de água no solo diminui com o decorrer da estação seca, como pode ser verificado na Figura 2, em conseqüência da evapotranspiração da planta e pela evaporação da água no solo.

A Tabela 4 apresenta os valores médios de

RFA absorvida pelas árvores, em %, nos tratamentos (12 + 1). Diferenças significativas são observadas somente para a data de 22/08/01, quando todos os tratamentos diferiram da testemunha, pelo teste de Dunnett, ao nível de 5% de probabilidade, fato que evidencia o quanto estressada se encontrava a testemunha, do ponto de vista hídrico. Nessa data, já

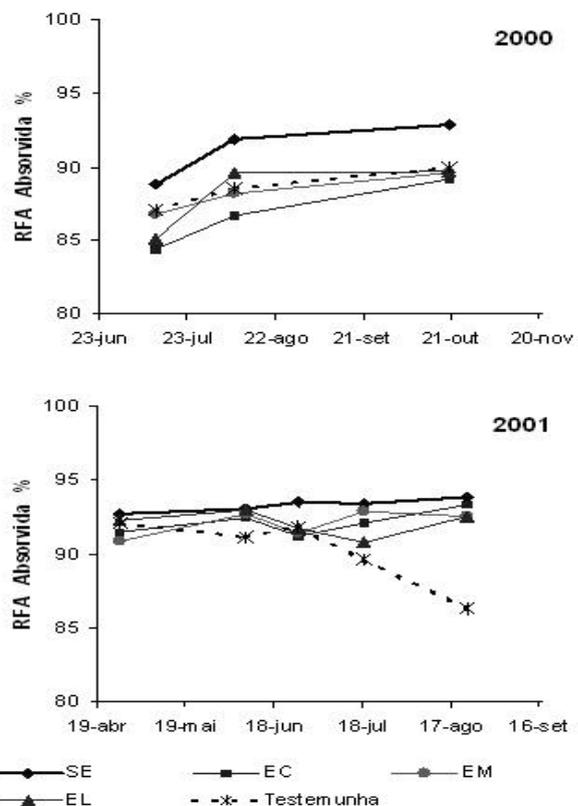


Figura 1. Radiação solar fotossinteticamente ativa (RFA) absorvida pelas árvores de lima ácida 'Tahiti', em %, em 2000 e 2001.

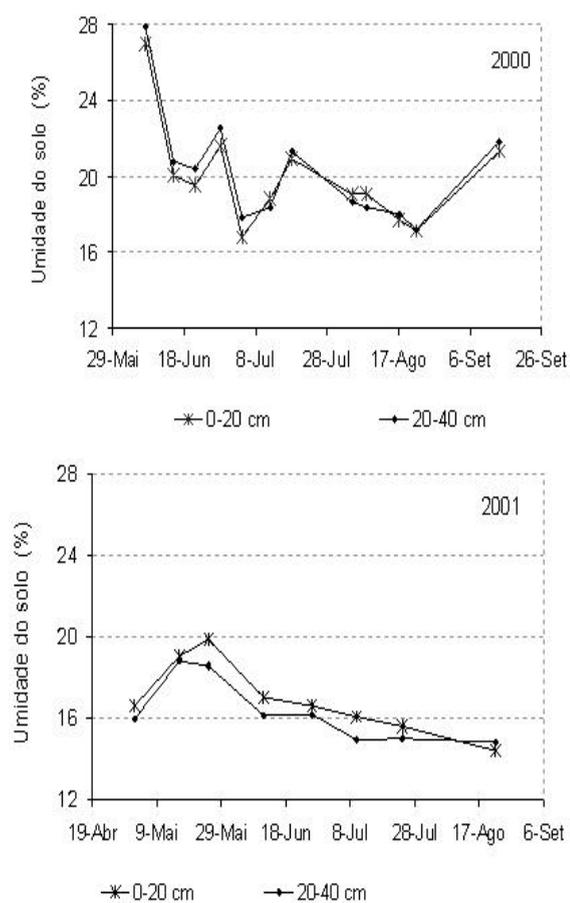


Figura 2. Umidade do solo para as plantas não irrigadas, % base em massa, durante as duas estações secas.

havia sido encerrado o segundo período de estresse hídrico, ou seja, nos 12 tratamentos irrigados as

plantas já haviam se recuperado do estresse, com o retorno da irrigação.

Quando a planta é submetida a um déficit de água no solo, ocorre uma série de reações bioquímicas em seu interior para contornar essa situação. Uma das primeiras conseqüências do déficit hídrico é o fechamento dos estômatos. Com o fechamento dos estômatos, a perda de água da planta é reduzida, mas também ocorre diminuição da taxa fotossintética, em razão de uma menor difusão de CO_2 para a camada subestomática. Outra conseqüência do déficit de água é que a planta reduz a absorção de nutrientes pelas raízes, o que pode resultar em deficiência nutricional, mesmo quando os nutrientes estão no solo a níveis não limitantes.

As medições de radiação foram feitas em horários em que o nível de radiação é maior, próximos ao meio dia solar. Neste horário, as folhas das plantas estressadas entram em um estado de turgescência mais acentuado quando comparado às não estressadas, gerando uma diferença no IAF, entre os diferentes níveis de umidade no solo (com estresse e sem estresse), resultando numa RFA absorvida menor para as plantas sob estresse hídrico.

Segundo Bauer et al. (1980) e Ripple (1985), ambos citados por MOREIRA (2001), o conteúdo de água na folha afeta a concentração de clorofila e provoca modificação na estrutura interna da folha. Segundo esses autores, a redução no conteúdo de clorofila das folhas propicia menor absorção de radiação solar, na região do visível (400 a 700 nm),

Tabela 4 - RFA absorvida, média em %, pela limeira ácida, para os 13 tratamentos.

Treatments	12/7 2000	8/8 2000	20/10 2000	26/4 2001	8/6 2001	26/6 2001	18/7 2001	22/8 2001
SE PW 15%	88,00	91,53	93,32	90,96	91,68	93,72	93,41	93,70*
SE PW 31%	89,14	93,07	93,61	94,46	94,22	93,13	93,82	94,38*
SE PW 46%	89,19	91,16	91,55	92,79	93,43	93,56	92,91	93,62*
EC PW 15%	86,17	88,67	88,97	92,67	91,57	92,91	89,07	92,60*
EC PW 31%	82,36	83,76	87,70	91,78	92,61	90,21	94,29	94,05*
EC PW 46%	84,66	87,57	90,72	89,95	93,28	90,53	93,00	93,26*
EM PW15%	85,21	85,97	85,98	87,98	92,30	89,67	92,51	92,28*
EM PW31%	87,54	90,26	92,50	93,48	92,30	91,54	92,63	92,11*
EM PW46%	87,61	88,23	90,31	91,09	93,43	93,12	93,45	93,27*
EL PW 15%	83,95	89,39	92,26	91,89	93,19	93,62	91,22	93,07*
EL PW 31%	84,74	89,36	85,99	93,37	92,52	91,31	91,25	93,24*
EL PW 46%	86,61	90,05	90,85	91,59	93,28	90,43	89,88	91,21*
Testemunha	87,08	88,52	89,98	92,15	91,17	91,81	89,61	86,35
Delta-Dunnett 5%	5,94	8,61	7,19	5,78	4,44	6,13	5,22	4,72

PW é a porcentagem de área molhada; SE, sem estresse; EC, estresse curto; EM, estresse moderado; EL, estresse longo.

* - significativo ao nível de 5%, pelo teste de Dunnett.

que é a faixa espectral de atuação do ceptômetro e, conseqüentemente, diminui a absorvância, e com isso a RFA absorvida é menor.

Na Figura 3, são apresentados os valores de RFA absorvida, em %, determinadas em 18 de julho de 2001, na direção leste e oeste, para as árvores irrigadas e não-irrigadas. Nota-se que as plantas irrigadas absorveram maior quantidade de RFA, este mesmo comportamento é verificado na Figura 1. É interessante observar que as RFAs absorvidas, nas árvores do tratamento irrigado e do não-irrigado, aproximam-se nos horários de maior elevação solar. Este efeito foi mais acentuado quando a medição foi feita com o observador posicionado a oeste da árvore, fato este conseqüente do fenômeno denominado "murcha do meio-dia", em que as plantas fecham os estômatos, mesmo não estando estressadas, sob o ponto de vista hídrico, em razão do aumento da temperatura e da radiação incidente.

Estes resultados de maior absorção da RFA pelas plantas irrigadas confirmam os resultados obtidos por diversos autores, como COSTA *et al.*

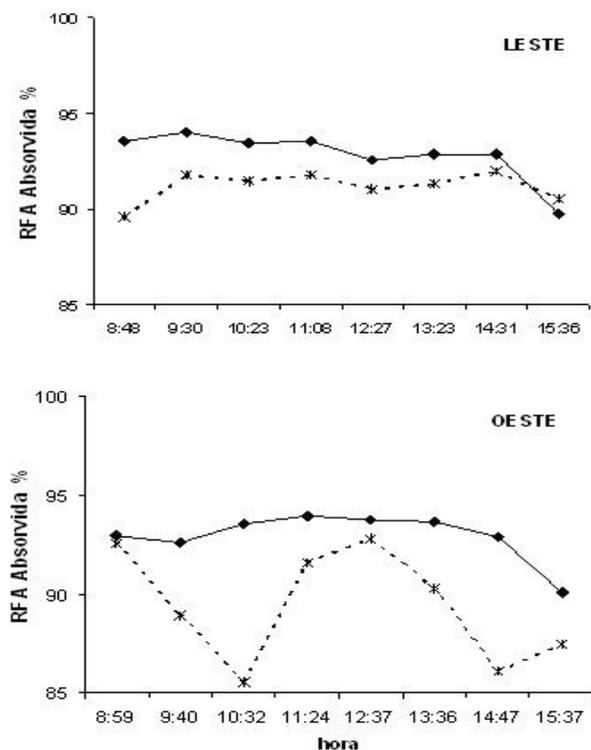


Figura 3. Radiação solar fotossinteticamente ativa (RFA) absorvida pelas árvores de lima ácida 'Tahiti', em %, em 18 de julho de 2001, na direção leste e oeste.

(1997) e COLLINO *et al.* (2001), que trabalharam com fava e amendoim, respectivamente.

Referências bibliográficas

- BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. Viçosa, MG: UFV Imprensa Universitária., 1995. 657 p.
- BOYER, J.S. Matric potential of leaves. **Plant Physiology**, Maryland, USA, v. 42, n. 1, p. 213-217, 1967.
- CASTRO, P.R.C. Comportamento dos citros sob déficit hídrico. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 2, n. 15, p.123-138, 1994.
- COHEN, S. *et al.* The distribution of leaf area, radiation, photosynthesis and transpiration in a shamouti orange hedgerow orchard. Part II. Photosynthesis, transpiration, and the effect of row shape and direction. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 40, n. 2, p. 145-162, 1987.
- COSTA, L. C.; MORISON, J.; DENNETT, M. Effects of water stress on photosynthesis, respiration and growth of faba bean (*Vicia Faba L.*) growing under field conditions. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, RS, v. 5, n. 1, p. 9-16, 1997.
- COLLINO, D.J. *et al.* Physiological responses of argentine peanut varieties to water stress. Light interception, radiation use efficiency and partitioning of assimilates. **Field Crop Research**, Amsterdam, v. 70, n. 3, p. 177-184, 2001.
- DAVID, A.B.; KRONKA, S.N. **Experimentação Agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 1989. 247 p.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Crop water requirement**. Rome: FAO, 1977. 144 p. (Irrigation and drainage, 24).
- JAHN, O.L. Penetration of photosynthetically active radiation as a measurement of canopy density of citrus trees. **Journal American Horticultural Science**, St. Joseph, Michigan, USA, v. 4, n. 104, p. 557-560, 1979.
- KUDREV, T.G. **Água: Vida das Plantas**. São Paulo, SP: Editora Ícone, 1994. 178 p.
- MAGALHÃES, A.C.N. Fotossíntese. In: FERRI, M.G. **Fisiologia Vegetal 1**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda. 1983, v. 1, p117-166.
- MOREIRA, M.A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. São José dos Campos, SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2001. 250 p.
- OMETO, J.C., **Bioclimatologia Vegetal**. São Paulo, SP: Editora Ceres, 1981. 400 p.

SYVERTSEN, J.P.; LLOYD, J.J. Citrus. In: SCHAFFER, B., ANDERSEN, P.C. **Handbook of environmental physiology of fruit crops**. Sub-tropical and tropical crops. Florida: CRC Press, 1994, v. 2, p. 65-99.

SZEICZ, G. Solar radiation in crop canopies. **Journal Applied Ecology**, Oxford, v. 11, p. 1117-1156, 1974.

ROSENBERG, N.J.; BLAD, B.L.; VERMA, S.B. **Microclimate The Biological Environment**. Boston: Wiley-Interscience, Estados Unidos. 1983, 495 p.