

EFEITOS DO DÉFICIT HÍDRICO SOBRE A CULTURA DO CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.) WALP), CV. EMAPA-821. II-ANÁLISE DE CRESCIMENTO.¹

Maysa de Lima Leite ²

João Domingos Rodrigues³

Marta Maria Mischan³

Jorim Sousa das Virgens Filho⁴

INTRODUÇÃO

O feijão, pela sua efetiva e expressiva participação na alimentação dos brasileiros, constitui um dos produtos de maior importância econômica e social para o Brasil. Nas regiões Norte e Nordeste, em virtude das condições ambientais desfavoráveis ao feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.), predomina o cultivo do caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), que resiste melhor ao calor e à deficiência hídrica. Nessas regiões, esta leguminosa representa um dos principais alimentos da dieta rural, contribuindo com 31% da proteína consumida (EMBRAPA, 1982).

O conhecimento mais detalhado do crescimento da cultura em função da disponibilidade de água no solo torna-se importante instrumento para explicar quedas de produção em condições de estresse hídrico. Neste sentido, diversos trabalhos foram desenvolvidos relativos a parâmetros de análise de crescimento em estudos de déficits hídricos em

¹Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor, apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Ciências Agronômicas (UNESP/Botucatu). 1999.

²Departamento de Geografia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, CEP-14500-000, Vitória da Conquista-BA.

³Instituto de Biociências, UNESP, CEP-18618-000, Botucatu-SP.

⁴Doutorando em Agronomia, Dep. de Engenharia Rural, FCA, UNESP, CEP-18603-970, Botucatu-SP, Brasil.

plantas ou relacionando-os com padrões de uso de água. Observou-se que as taxas de produção de matéria seca, crescimento da cultura e assimilação líquida apresentaram-se reduzidas com o aumento do déficit, ao mesmo tempo em que decresceu a taxa de consumo de água pelas plantas (DENMEAD & SHAW, 1962; MILLAR & GARDNER, 1972; ROSSIELO *et al.*, 1981).

Assim, diante da importância que a cultura do caupi assume nas regiões Norte e Nordeste, torna-se necessária a realização de estudos no sentido de avaliar o comportamento das plantas frente às limitações hídricas impostas em diferentes fases de desenvolvimento. Tais conhecimentos são de grande utilidade nas áreas onde as disponibilidades de água são precárias, podendo ser usados em combinação com a distribuição de chuvas, visando a melhor aproveitamento da água disponível.

O presente trabalho teve por objetivo estudar os efeitos dos déficits hídricos de diferentes durações aplicados em vários estádios fenológicos do crescimento de plantas de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cv. EMAPA-821.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com cobertura plástica, na Área Experimental do Departamento de Botânica, Instituto de Biociências, Câmpus de Botucatu-SP, UNESP, no período compreendido entre os meses de setembro de 1997 a janeiro de 1998.

Usaram-se três blocos ao acaso, com sete tratamentos. Sete coletas foram feitas, a cada 10 dias, para a obtenção dos dados de matéria seca e área foliar, os quais foram submetidos à análise de variância, com teste F e comparação de médias pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade, separadamente para cada coleta. Foram consideradas sempre as médias dos valores de três plantas de cada unidade experimental, das três repetições por tratamento. Especificamente, para os parâmetros fisiológicos da análise de crescimento, não foram apresentadas as análises de

variância por se tratar de variáveis calculadas (BANZATTO & KRONKA, 1989), utilizando-se apenas as médias de tratamentos em cada coleta e sua representação gráfica.

Os tratamentos consistiram da combinação entre a duração e a época de aplicação do estresse hídrico ao longo do ciclo da cultura, conforme indicado a seguir:

Tratamento 1: Estresse hídrico na fase vegetativa (V_3), com duração de 23 dias.

Tratamento 2: Estresse hídrico na fase reprodutiva (R_5), com duração de 20 dias.

Tratamento 3: Estresse hídrico na fase reprodutiva (R_8), até a maturação fisiológica.

Tratamento 4: Estresse hídrico na fase vegetativa (V_3), com duração de 23 dias e na fase reprodutiva (R_8) até a maturação fisiológica.

Tratamento 5: Estresse hídrico na fase reprodutiva (R_5), com duração de 28 dias.

Tratamento 6: Estresse hídrico na fase vegetativa (V_3), com duração de 37 dias.

Tratamento 7: Irrigado durante todo o ciclo (testemunha).

De acordo com a descrição anterior, os tratamentos tinham sua irrigação interrompida nos estádios fenológicos predeterminados, sendo que a intensidade do estresse era definida pela sua duração. Após o final do período estressado, os tratamentos voltavam a receber água normalmente até atingirem capacidade de campo (-10 Kpa).

Utilizou-se o cultivar EMAPA-821 de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), cujas sementes foram cedidas pela Empresa Maranhense de Pesquisa Agropecuária (EMAPA).

Para o controle das irrigações, isto é, da quantidade de água a ser fornecida a cada tratamento, os vasos eram pesados diariamente em ba-

lança com sensibilidade de 1 grama entre 7h00 e 9h00, para posterior reposição da água evapotranspirada no período, sempre que necessário, até que os vasos atingissem novamente a capacidade de campo. As condições microclimáticas dentro e fora da estufa foram acompanhadas através de registros diários de dados de temperatura, umidade relativa e poder evaporante do ar.

A diferenciação dos tratamentos teve início 17 dias após a semeadura (DAS). A primeira coleta de material para análise de crescimento foi realizada 25 DAS, com subseqüentes coletas periódicas a cada 10 dias. (Tabela 1).

Tabela 1 - Coletas para análise de crescimento, com suas respectivas datas e dias após a semeadura.

Coletas	DAS	Datas
1	25	13/10/97
2	35	23/10/97
3	45	02/11/97
4	55	12/11/97
5	65	22/11/97
6	75	02/12/97
7	85	12/12/97

A área foliar foi obtida por meio de um integrador de área foliar digital, em decímetros quadrados, modelo AAM-8 da Hayashi Denkoh Co. Ltda. Utilizou-se o somatório das áreas de todas as folhas da planta. Já a matéria seca da planta, em gramas, foi determinada separadamente para raiz, caule, folhas, flores e frutos, mantidos em estufa de ventilação forçada a 65°C, até massa constante, e pesados em balança digital, com precisão de 0,001g.

Os parâmetros fisiológicos foram calculados a partir de equações, baseadas na variação da matéria seca total (MST) e AF com o tempo, de acordo com o método denominado de tradicional, discutido em RADFORD (1967), SÉSTAK *et al.* (1971) e BENINCASA (1988). Aí a

área foliar específica (AFE) corresponde à razão entre a área das folhas (AF) e a sua matéria seca (MSF), em decímetros quadrados por grama (dm^2/g):

$$AFE = \frac{AF}{MSF} \quad (\text{equação 1})$$

A razão de massa foliar (RMF) em grama por grama (g/g), é o quociente entre a MSF e a MST:

$$RMF = \frac{MSF}{MST} \quad (\text{equação 2})$$

A razão de área foliar (RAF) fornece uma estimativa do aparelho assimilador, sendo definida como o quociente entre a AF e a MST, em decímetros quadrados por grama (dm^2/g), enquanto a taxa assimilatória líquida (TAL) reflete a eficiência deste sistema, em termos de matéria seca produzida em gramas, por decímetro quadrado de área foliar, na unidade de tempo ($\text{g}/\text{dm}^2.\text{dia}$), definidas pelas equações:

$$RAF = \frac{AF}{MST} \quad (\text{equação 3})$$

$$TAL_{n \rightarrow n-1} = \frac{(MST_n - MST_{n-1}) * (L AF_n - L AF_{n-1})}{(AF_n - AF_{n-1}) (t_n - t_{n-1})} \quad (\text{equação 4})$$

onde:

L = logaritmo natural,

t = Intervalo entre coletas (dias),

n = número da coleta.

A taxa de crescimento relativo (TCR), em gramas por grama e por dia ($\text{g}/\text{g}.\text{dia}$), corresponde ao incremento da MST, por unidade de MST existente, na unidade de tempo.

$$\text{TCR}_{n \rightarrow n-1} = \frac{(\text{L MST}_n - \text{L MST}_{n-1})}{(t_n - t_{n-1})} \quad (\text{equação 5})$$

A taxa de crescimento absoluto (TCA), em gramas por dia (g/dia), equivale à variação ou incremento de material da planta entre duas amostragens, por unidade de tempo. É um índice fisiológico que indica a velocidade média de crescimento ao longo do período de observação:

$$\text{TCA} = \frac{\text{MST}_n - \text{MST}_{n-1}}{t_n - t_{n-1}} \quad (\text{equação 6})$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para a AF (**Tabelas 2 e 3 e Figura 1-A**) mostraram-se mais evidentes após a segunda coleta (C2), a partir da qual os tratamentos estressados diminuíram seus valores, sendo que os efeitos foram mais acentuados à medida que a duração do déficit hídrico aumentou. Esta resposta pode ser atribuída tanto à menor expansão dos folíolos mais jovens como também à abscisão das folhas mais velhas.

Após o final do estresse hídrico foi verificado o aumento dos valores da AF, o que evidencia rápido crescimento e recuperação das plantas; pode-se considerar este comportamento como importante mecanismo de resistência à seca, conforme já observado por TURK & HALL (1980).

Da mesma forma que observado para a AF, a MST (**Tabelas 4 e 5 e Figura 1-B**) apresentou reduções nos seus valores à medida que se intensificou a duração do déficit hídrico, como se vê, principalmente para o tratamento T6, o qual sofreu restrições de água por um período de 37 dias, durante a fase vegetativa. Os demais tratamentos estressados apre-

Tabela 2. Análises da variância da Área Foliar (AF) de plantas de caupi submetidas à condições de déficit hídrico, durante as coletas realizadas.

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Coleta 1				
Tratamentos	6	0,273	0,046	0,198 NS
Blocos	2	0,448	0,224	2,452 NS
Resíduo	12	1,097	0,091	
Total	20	1,819		
CV = 38,90%				
Coleta 2				
Tratamentos	6	5,798	0,966	16,176 **
Blocos	2	2,595	1,298	21,721 **
Resíduo	12	0,717	0,060	
Total	20	9,110		
CV = 18,86%				
Coleta 3				
Tratamentos	6	92,682	15,447	32,303 **
Blocos	2	0,242	0,121	0,253 NS
Resíduo	12	5,738	0,478	
Total	20	98,663		
CV = 22,01%				
Coleta 4				
Tratamentos	6	239,893	39,982	97,990 **
Blocos	2	0,990	0,495	1,213 NS
Resíduo	12	4,896	0,408	
Total	20	245,779		
CV = 14,48%				
Coleta 5				
Tratamentos	6	282,027	47,004	40,748 **
Blocos	2	6,357	3,179	2,755 NS
Resíduo	12	13,842	1,154	
Total	20	302,226		
CV = 15,69%				
Coleta 6				
Tratamentos	6	414,707	69,118	13,081 **
Blocos	2	14,988	7,494	1,418 NS
Resíduo	12	63,404	5,284	
Total	20	493,100		
CV = 28,49%				
Coleta 7				
Tratamentos	6	500,237	83,373	7,480 **
Blocos	2	30,619	15,309	1,374 NS
Resíduo	12	133,754	11,146	
Total	20	664,610		
CV = 43,63%				

NS - não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade.

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 3. Comparação das médias de tratamentos em cada coleta, pelo teste Duncan ao nível de 5%, para área foliar (AF) de plantas de caupi submetidas a déficit hídrico.

Trat.	Coletas						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
T1	0,757A	0,639BC	0,811B	2,240B	7,745B	9,883A	12,894A
T2	0,645A	1,647A	4,620A	3,292B	6,513B	13,773A	12,451A
T3	0,932A	1,557A	5,370A	9,478A	10,450A	0,414C	0,000B
T4	0,688A	0,502C	0,893B	3,023B	8,134B	11,403A	8,727A
T5	0,845A	1,854A	4,246A	2,837B	2,068C	5,167B	9,802A
T6	0,650A	1,026B	0,575B	0,360C	1,236C	4,433BC	9,090A
T7	0,920A	1,838A	5,475A	9,656A	11,736A	11,394A	0,593B

Médias seguidas pela mesma letra (na vertical), não diferem significativamente entre si.

sentaram diminuição da MST de acordo com a época e a duração do déficit hídrico, porém todos os tratamentos foram capazes de retomar o crescimento após o fornecimento de água.

Conforme observaram MILLAR & GARDNER (1972), a redução da MST dos feijoeiros, dos tratamentos mais úmidos para os mais secos, está relacionada com o fechamento de estômatos. Quando ocorre a depleção da água do solo e diminui o potencial de água na folha, isto resulta na diminuição da abertura estomática e eventual redução na taxa de fotossíntese, levando à redução na produção de matéria seca pela planta. Para os tratamentos submetidos ao déficit hídrico durante a pré-floração (T2 e T5) foi possível observar, ainda, grande encurtamento de entrenós, o que confere à planta um aspecto mais arbustivo. O secamento e a queda de botões florais e folhas também foram intensos. Para estes tratamentos, a produção obtida ao final do ciclo foi decorrente de uma segunda floração, tendo em vista que houve perda de praticamente toda a floração anterior.

No geral, observa-se que os menores valores de AFE foram verificados durante o período em que as plantas se encontravam com déficit hídrico nos diferentes tratamentos; durante o período irrigado, os valores se apresentaram mais elevados (**Figura 2-A**). Os tratamentos T6 e T5

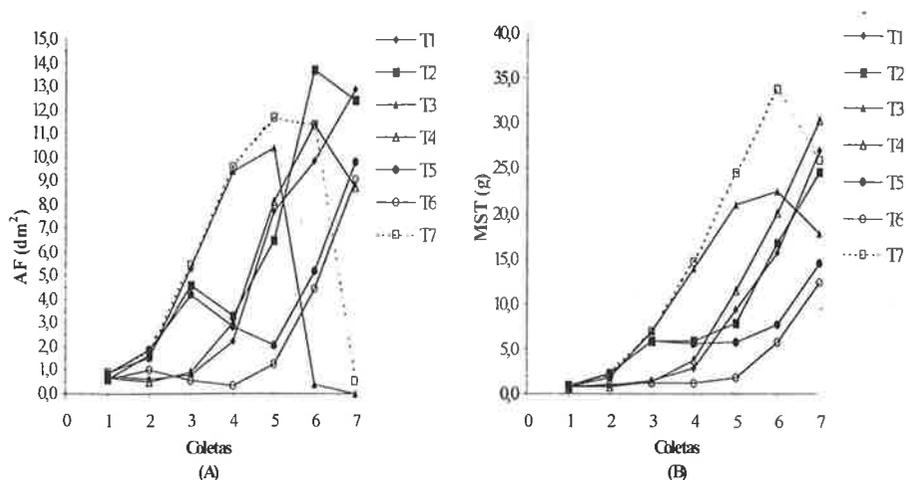


Figura 1 - Resultados obtidos para área foliar (AF) em dm^2 e para matéria seca total (MST) em g.

apresentaram os menores valores de AFE nas coletas C4 e C5, respectivamente, enquanto o tratamento T3 apresentou rápido decréscimo durante as coletas C5, C6 e C7, como consequência de acentuada diminuição da AF, decorrente da senescência e exportação de fotossintatos das folhas, em função do déficit hídrico ocorrido no estágio de enchimento de grãos. Os tratamentos T1, T2 e T4 apresentaram comportamento semelhante, ou seja, reduções nos valores da AFE durante a suspensão da irrigação, porém de menor amplitude, enquanto o tratamento T7 se manteve bem mais homogêneo ao longo das coletas. Os baixos valores observados no período estressado, tenderam a se inverter a partir do momento em que foi reiniciado o fornecimento de água às plantas. Os resultados obtidos concordam com a literatura, demonstrando que, como consequência do estresse hídrico, houve redução da perda de água através de ajuste morfológico das folhas, resultando em redução da área fotossinteticamente ativa e, por conseguinte, redução da matéria seca da parte aérea.

Tabela 4. Análises da variância da Matéria Seca Total (MST) de plantas de caupi submetidas à condições de déficit hídrico, durante as coletas realizadas.

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Coleta 1				
Tratamentos	6	0,248	0,041	1,610 NS
Blocos	2	0,254	0,127	4,935 *
Residuo	12	0,309	0,026	
Total	20	0,811		
CV = 21,49%				
Coleta 2				
Tratamentos	6	7,297	1,216	7,685 **
Blocos	2	1,661	0,830	5,247 *
Residuo	12	1,899	0,158	
Total	20	10,857		
CV = 24,69%				
Coleta 3				
Tratamentos	6	137,748	22,958	102,284 **
Blocos	2	2,422	1,211	5,395 *
Residuo	12	2,693	0,224	
Total	20	142,863		
CV = 11,20%				
Coleta 4				
Tratamentos	6	508,434	84,739	112,895 **
Blocos	2	0,094	0,047	0,063 NS
Residuo	12	9,007	0,751	
Total	20	517,535		
CV = 12,66%				
Coleta 5				
Tratamentos	6	1209,494	201,582	48,290 **
Blocos	2	8,081	4,041	0,968 *
Residuo	12	50,093	4,174	
Total	20	1267,668		
CV = 17,56%				
Coleta 6				
Tratamentos	6	1603,607	267,268	46,349 **
Blocos	2	32,903	16,451	2,853 NS
Residuo	12	69,197	5,766	
Total	20	1705,707		
CV = 13,76%				
Coleta 7				
Tratamentos	6	847,147	141,191	6,107 **
Blocos	2	27,385	13,692	0,592 NS
Residuo	12	277,428	23,119	
Total	20	1151,960		
CV = 22,05%				

NS - não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade.

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 5. Comparação das médias de tratamentos, em cada coleta, pelo teste Duncan ao nível de 5%, para matéria seca total (MST), de plantas de caupi submetidas a déficit hídrico.

Trat.	Coletas						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
T1	0,70A	0,93B	1,49C	2,82C	9,33BC	15,63C	27,09A
T2	0,58A	2,22A	5,83B	5,90B	7,79BC	16,71C	24,57AB
T3	0,68A	1,84A	6,98A	13,87A	20,92A	22,46B	17,84BC
T4	0,73A	0,83B	1,31C	3,78C	11,52B	20,09BC	30,27A
T5	0,87A	2,22A	5,92B	5,63B	5,68C	7,74D	14,42C
T6	0,73A	1,09B	1,14C	1,27D	1,76D	5,73D	12,45C
T7	0,93A	2,15A	6,94A	14,65A	24,43A	33,80A	25,99AB

Médias seguidas pela mesma letra (na vertical), não diferem significativamente entre si.

Na **Figura 2-B** encontram-se os resultados obtidos para a RMF, sendo possível observar uma tendência para diminuição deste parâmetro, ao longo das coletas realizadas, de maneira diferenciada entre os tratamentos. Enquanto os tratamentos T7 e T3 apresentaram decréscimo relativamente uniforme durante o ciclo da cultura, os demais mostraram variações com reduções e aumentos pronunciados no valor da RMF.

Considerando-se que as folhas são os centros de produção de matéria seca (fotossíntese) e que o resto da planta depende de exportação de material da folha, a RMF exprime a fração de matéria seca não exportada das folhas para o resto da planta (BENINCASA, 1988). Com isso, o aumento da RMF, observado nas coletas posteriores ao período estressado, sugere menor exportação de assimilados da folha para outros órgãos da planta do caupi, durante um período variável em função da maior ou menor duração do déficit hídrico ocorrido, com o principal objetivo de permitir à planta condições de recuperação; isto pode ter contribuído para decréscimo em alguns componentes de produção. Após esta recuperação, a tendência normal de decréscimo da RMF com o tempo, foi retomada

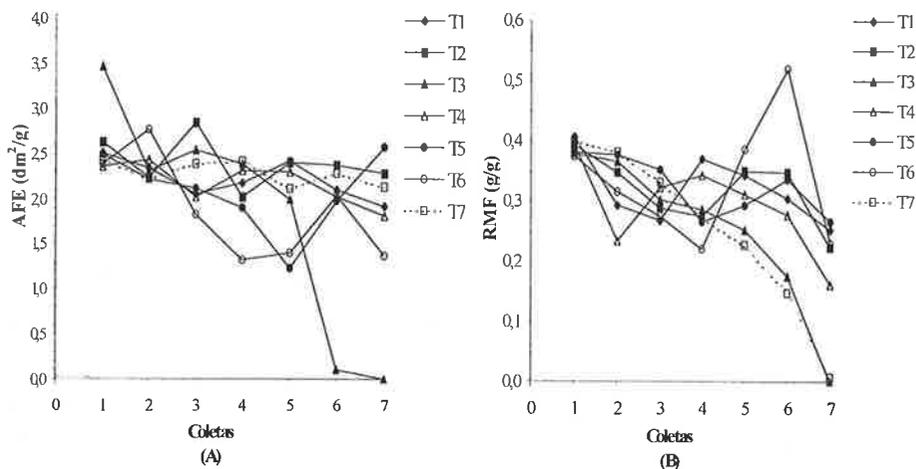


Figura 2 - Resultados obtidos para área foliar específica (AFE) em dm^2/g e para razão de massa foliar (RMF) em g/g .

para todos os tratamentos, concordando com resultados encontrados por RODRIGUES (1990), URCHEI (1992) e AGUIAR NETTO (1997).

O comportamento observado pela RAF (**Figura 3-A**) revelou que, enquanto o tratamento T7 apresentou decréscimo contínuo deste parâmetro com a idade da planta, os demais apresentaram variações com picos de máximo e mínimo nos valores da RAF, como foi observado para a AFE e RMF. O tratamento T3 manteve um comportamento bastante próximo ao da testemunha, mostrando diferenças de redução na RAF somente à partir da coleta C5, coincidindo com a ocorrência do déficit hídrico no estágio de enchimento de grãos. Picos de mínimo e máximo de valores da RAF foram claramente observados para os tratamentos T1, T2, T4, T5 e T6, os quais sofreram déficits hídricos em diferentes estádios fenológicos e com diferentes durações. Este comportamento pareceu indicar que após a retomada do fornecimento de água, grande parte dos assimilados foi convertido em folhas, visando a elevar a captação da radiação solar disponível, no processo de recuperação da planta.

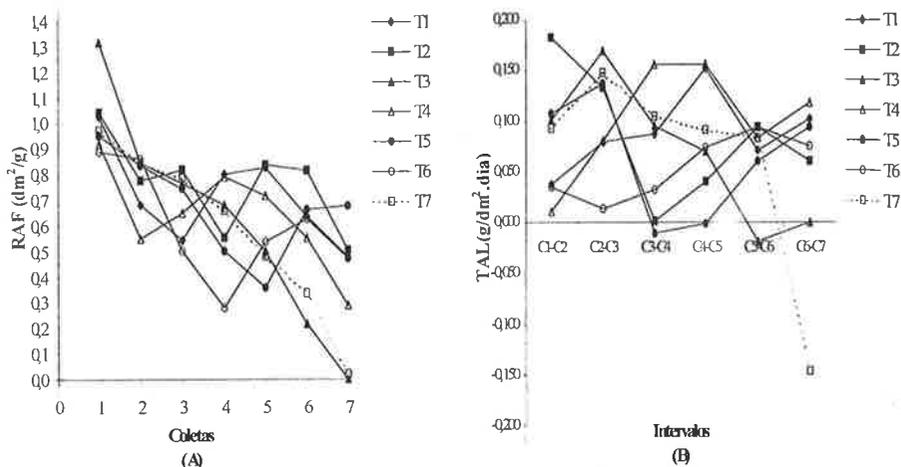


Figura 3 - Resultados obtidos para razão de área foliar (RAF) em dm²/g e para taxa assimilatória líquida (TAL) em g/dm².dia .

Estes resultados concordam com TURK & HALL (1980) e HILER *et al.* (1972), os quais verificaram que plantas de caupi submetidas a déficit hídrico apresentaram pequenos aumentos na área foliar, resultando em baixa transpiração, redução na matéria seca total e altura da planta, considerando-se este comportamento importante mecanismo de resistência à seca. Após a irrigação, as plantas apresentaram rápido crescimento e recuperação como se estivessem saindo de um período de repouso fisiológico. Isto explica parcialmente a pequena influência da seca, principalmente durante a fase vegetativa, sobre a produção potencial do caupi.

Os resultados encontrados para a TAL (**Figura 3-B**) são concordantes com trabalhos reportados pela literatura, os quais mostram aumento deste índice com o crescimento das folhas, atingindo valor máximo até o ponto em que, presumivelmente, o autossombreamento limita o processo, e diminuindo posteriormente, por ocasião da senescência foliar e do aumento da biomassa não fotossintetizante (LOPES, 1982; URCHER, 1992). Este comportamento mostrou-se bastante evidente no tratamento T7. Para os demais tratamentos também foi possível identificá-lo porém,

com uma certa defasagem em relação à testemunha, uma vez que, por ocasião da ocorrência dos déficits hídricos, houve, neste caso, alteração nos valores da TAL, que se mostraram reduzidos, para, posteriormente, após a retomada do fornecimento de água, haver novo acréscimo dos valores da taxa assimilatória líquida. A sua diminuição nesse período resultou, provavelmente, da queda das folhas mais velhas, de maior área, revertida posteriormente pelo aparecimento de várias folhas novas, que se expandiram e originaram picos mais tardios das curvas.

No intervalo C6-C7, os tratamentos T1, T3 e T4 exibiram novo incremento da TAL, possivelmente relacionado com o aumento do tamanho do depósito metabólico representado pelas vagens em desenvolvimento. Resultados semelhantes foram obtidos para o feijoeiro (BRANDES *et al.*, 1973; STONE *et al.*, 1988).

Os menores valores da TCR (**Figura 4-A**) estiveram, na maioria das vezes, associados aos tratamentos em condições de deficiência hídrica, naquele intervalo, podendo se acentuar no intervalo seguinte, no caso de a duração do período estressado mais prolongada, como pode ser visto claramente no tratamento T6, nos três primeiros intervalos; houve posteriormente uma inversão de valores, que indica sinais de recuperação da planta após o final do déficit hídrico.

Segundo resultados obtidos por SIVAKUMAR & SHAW (1978) para soja, e por STONE *et al.* (1988) para feijão, foram observadas reduções da TCR com o aumento da tensão da água no solo. De acordo com estes autores, as causas dessa redução foram o decréscimo da condutância estomática, decorrente da perda de turgescência, que causa aumento na taxa de respiração e na temperatura da folha, e a diminuição da taxa fotossintética, resultante da menor difusão de CO₂. Além disso, os decréscimos na TCR estiveram relacionados também com a redução no IAF, em face de sua importância na interceptação e absorção da radiação solar e na assimilação de carbono. WILLIAMS (1946) afirma, ainda, que o decréscimo da TCR com a idade, em parte, pode ser resultado do aumento gradual de tecidos não assimilatórios.

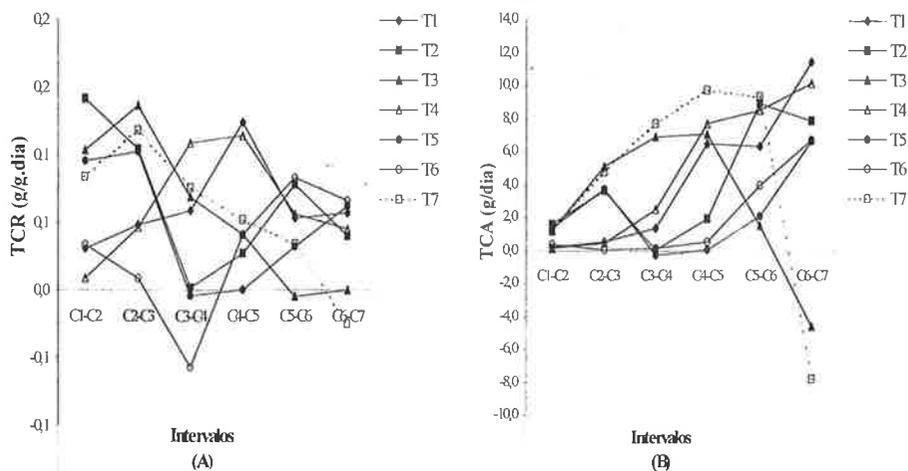


Figura 4 - Resultados obtidos para taxa de crescimento relativo (TCR) em g.g/dia e para taxa de crescimento absoluto (TCA) em g/dia.

O comportamento observado (**Figura 4-B**) para a taxa de crescimento absoluto (TCA) refletiu, de forma bem clara, os resultados observados para a AF, sendo possível perceber que o máximo de produção de matéria seca ocorreu bem perto do máximo da AF verificado para cada tratamento. Quando os valores da AF começaram a decrescer, a TCA mostrou um comportamento semelhante. Da mesma forma, os resultados obtidos para a taxa assimilatória líquida tenderam a confirmar as variações observadas na TCA, ressaltando os efeitos dos déficits hídricos nos diferentes estádios fenológicos do caupi sobre este parâmetro.

Diversos trabalhos sobre parâmetros de análise de crescimento, em estudos de déficits de água em plantas, têm demonstrado que as taxas de produção de matéria seca, crescimento da cultura e assimilação líquida são reduzidas com o aumento do déficit, ao mesmo tempo em que decresce a taxa do consumo de água pela cultura (DENMEAD & SHAW, 1962; MILLAR & GARDNER, 1972; DAY *et al.*, 1981 e ROSSIELO *et al.*, 1981).

RITCHIE (1981) considerou que, além de afetar a expansão foliar, a deficiência hídrica do solo pode causar o enrolamento e a abscisão ou

morte parcial das folhas, diminuição da brotação, polinização, translocação e enchimento de grãos, bem como abortamento de grãos. Além disso, a absorção de nutrientes pelas plantas é reduzida, principalmente devido à menor mobilidade dos íons no solo, menor absorção de água pelas raízes e, conseqüentemente, menor fluxo de massa dos nutrientes, menos disponíveis em solo seco do que em solo úmido (DAY *et al.*, 1978).

Portanto, diversas causas diretas e indiretas podem ter contribuído para as variações na TCA desta espécie, ocasionando as respostas observadas para os tratamentos, com reduções durante os períodos estressados mas, por outro lado, deixando transparecer a alta capacidade de resistência à seca exibida pela cultura, através da sua recuperação após o final dos períodos desfavoráveis ao seu crescimento, salientando suas possibilidades de atravessar períodos de condições adversas, e de exibir novos acréscimos de matéria seca.

CONCLUSÕES

- 1) Em condições de déficits hídricos mais prolongados, as plantas de caupi diminuíram acentuadamente seu crescimento, evidenciando um período de repouso fisiológico durante o seu desenvolvimento, porém, com capacidade de retomar suas atividades após o final do período estressado.
- 2) Houve notável decréscimo nos valores da AF e MST com o aumento da duração do déficit hídrico nos diferentes estádios fenológicos de desenvolvimento do caupi, com posterior aumento destes parâmetros.
- 3) Os menores valores da AFE, RMF, RAF, TAL, TCR e TCA, verificados no período em que as plantas se encontravam em condições de déficit hídrico, mostraram-se mais acentuados para os tratamentos de maior duração, voltando a se elevar após o fornecimento de água às plantas.
- 4) Déficits hídricos ocorridos na fase vegetativa provocaram menores reduções nos valores da TAL, porém, na fase reprodutiva, ou seja,

na pré-floração e no enchimento de grãos, seus efeitos foram mais acentuados.

- 5) Após o final do déficit hídrico, as plantas de caupi apresentaram elevada capacidade de recuperação com intensa emissão de folhas novas e botões florais, salientando sua aptidão para atravessar períodos de condições adversas.

RESUMO

Em experimento conduzido em casa de vegetação no período de setembro de 1997 a janeiro de 1998, em Botucatu, SP, com latitude de 22°52' sul e altitude de 800 m, foram avaliados os parâmetros de crescimento de plantas de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cv. EMAPA-821. Usaram-se três blocos ao acaso, com sete tratamentos, decorrentes da interrupção da irrigação por períodos variáveis em diversos estádios fenológicos (vegetativo, pré-floração e enchimento de grãos). Como resposta observou-se acentuado decréscimo nos valores da área foliar e da matéria seca total. Com o aumento da duração do déficit hídrico, houve diminuição do crescimento das plantas e evidenciando um período de repouso fisiológico, após o qual as plantas apresentaram elevada capacidade de recuperação. Os menores valores de área foliar específica, razão de massa foliar, razão de área foliar, taxa assimilatória líquida, taxa de crescimento relativo e taxa de crescimento absoluto foram verificados durante o período estressado. Quando o déficit hídrico ocorreu na fase vegetativa, foram observadas reduções nos valores da taxa assimilatória líquida, porém, durante a pré-floração e enchimento de grãos, os efeitos foram mais acentuados. A deficiência hídrica causou abscisão de órgãos reprodutivos, menor expansão foliar e menor crescimento das plantas.

Palavras-chave: Caupi, *Vigna unguiculata*, déficit hídrico, análise de crescimento.

SUMMARY

EFFECTS OF WATER DEFICIT ON COWPEA. II. ANALYSIS OF GROWTH

Growth parameters of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cv. EMAPA-821 were evaluated from September 1997 to January 1998, in an experiment conducted under green house conditions in Botucatu, SP, Brazil (22°52' south latitude and 800m of altitude). Three randomized blocks were used, with seven treatments, which consisted of suspending irrigation of plants in various developing phases (vegetative, preflowering and grain filling) for a different number of days. The results showed that significant reductions on plant growth were observed during the water deficit period, but after rewatering, the plants exhibited high recovery capacity. Increasing the duration of drought resulted in progressively less leaf area and total plant dry matter. The lowest values of specific leaf area, leaf weight ratio, leaf area ratio, net assimilation rate, relative growth ratio and absolute growth ratio were observed during the stressed period. Reductions in the values of the net assimilation rate were observed during the vegetative phase, but in the preflowering and grain filling phases the results were more severely affected. Water deficit conditions caused reproductive organs abscission, lower leaf enlargement and lower crop growth.

Key words: Cowpea, *Vigna unguiculata*, water deficit, growth analysis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR NETTO, A. O, 1997. Crescimento e Produtividade da Cultura da Batata (*Solanum tuberosum ssp tuberosum*), Cultivar Aracy, Submetida a Diferentes Lâminas de Irrigação. Botucatu. 88p. (Doutorado - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista).

- BANZATTO, D. A. & S. N. KRONKA, 1989. **Experimentação Agrícola**. Jaboticabal, FUNEP, 247p.
- BENINCASA, M. M. P., 1988. **Análise de Crescimento de Plantas: Noções Básicas**. Jaboticabal, FUNEP, 42p.
- BRANDES, D.; M. MAESTRI; C. VIEIRA & F. R. GOMES, 1973. Efeitos da População de Plantas e da Época de Plantio no Crescimento do Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). II. Análise de Crescimento. **Experimentiae**, Viçosa, **15**, (1): 1-21.
- DAY, W.; B. J. LEGG; B. K. FRENCH; A. E. JOHNSTON; D. W. LAWLOR & C. JEFFERS, 1978. A Drought Experiment Using Mobile Shelters: The Effect of Drought on Barley Yield, Water Use and Nutrient Uptake. **J. Agric. Sci.**, **91** : 599-623.
- DAY, W., D. W. LAWLOR & B. J. LEGG, 1981. The Effects of Drought on Barley: Soil and Plant Water Relations. **J. Agric. Sci.**, **96** : 61-77.
- DENMEAD, O. T. & R. H. SHAW, 1962. Availability of Soil Water to Plants as Affected by Soil Moisture Content and Meteorological Conditions. **Agron. J.**, **54** : 385-901.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1982. CNP-Arroz e Feijão Promove Reunião e Cursos sobre o Cultivo da Caupi. Brasília: 46-82. (EMBRAPA-CNPAF. Informativo, 9).
- FERNÁNDEZ, F.; P. GEPTS & G. M. LÓPEZ, 1982. **Etapas de Desarrollo de la Planta de Frijol Común**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical : 26p.
- HILER, E. A.; C. H. M. VAN BAVEL; M. M. HOSSAIN & W. R. JORDAN, 1972. Sensitivity of Southern Peas to Plant Water Deficit at Three Growth Stages. **Agron. J.**, **64** : 60-4,
- LOPES, N.L.; M. A. OLIVA; J. G. FREITAS; E. MELGES & N.E. M. BELTRÃO, 1982. Análise de Crescimento e Conversão de Energia Solar em Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) Submetido a Três Níveis de Densidade do Fluxo Radiante. **Ceres**, **29** : 586-606,
- MILLAR, R. A. & W. R. GARDNER, 1972. Effect of the Soil and Plant Potentials on the Dry Matter Production of Snap Beans. **Agron. J.**, **64** : 559-62.

- RADFORD, P.J., 1967. Growth Analysis Formulae - Their Use and Abuse. **Crop Sci.**, 7(3) : 171-5.
- RITCHIE, J.T., 1981. Water Dynamics in the Soil-Plant-Atmosphere System. **Plant Soil**, 58: 81-96.
- RODRIGUES, J. D., 1990. Influência de Diferentes Níveis de Cálcio, Sobre o Desenvolvimento de Plantas de Estilosantes (*Stylosanthes guyanensis* (aubl) Sw. cv. Cook), em Cultivo Hidropônico. Botucatu, 180p. (Livre Docência - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista).
- ROSSIELO, R. O. P.; M. S. FERNANDES & J. P. O. FLORES, 1981. Efeitos da Deficiência Hídrica Sobre o Crescimento e a Acumulação de Carboidratos Solúveis de Milho. **Pesq. Agropec. Bras.**, 16 : 561-6.
- SESTÁK, Z.; J. CATSKÝ & P. G. JARVIS, 1971. **Plant Photosynthetic Production: Manual of Methods**. The Hague: Dr. W. Junk : 818p.
- SIVAKUMAR, M. V. K. & R. H. SHAW, 1978. Relative Evaluation of Water Stress Indicators for Soybeans. **Agron. J.**, 70 : 619-23.
- STONE, L. F.; T. A. P. CASTRO & J. A. A. MOREIRA, 1988. Efeitos da Tensão da Água no Solo Sobre a Produtividade e o Crescimento do Feijoeiro. II. Crescimento. **Pesq. Agropec. Bras.**, 23 : 503-10.
- TURK, K. J. & A. E. HALL, 1980. Drought Adaptation of Cowpea. III. Influence of Drought on Plant Growth and Relations with Seed Yield. **Agron. J.**, 72 : 428-33.
- URCHEI, M. A., 1992. Efeitos de Défices Hídricos, em Três Estádios Fenológicos, da Cultura da Cevada (*Hordeum vulgare* L.). Botucatu, 165p. (Mestrado - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista).
- WILLIAMS, R. F., 1946. The Physiology of Plant Growth With Special Reference to the Concept of Net Assimilation rate. **Ann. Bot.**, 10 : 41-72.