

PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA EM PLANTAS DE CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.) WALP) SUBMETIDAS A DÉFICITS HÍDRICOS

DRY MATTER PRODUCTION OF COWPEA (*Vigna unguiculata* (L.) WALP) PLANTS SUBMITTED TO WATER DEFICITS

Maysa de Lima Leite¹, Jorim Sousa das Virgens Filho²

¹ Autor para contato: Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG, Campus em Uvaranas, Departamento de Biologia Geral, Ponta Grossa, PR, Brasil; (42) 220-3126; e-mail: mleite@uepg.br

² Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG, Campus em Uvaranas, Departamento de Informática, Ponta Grossa, PR, Brasil; e-mail: jvirgens@uepg.br

Recebido para publicação em 2/04/2004

Aceito para publicação em 19/07/2004

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo verificar os efeitos do estresse hídrico sobre variáveis determinantes da produção em plantas de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cv. EMAPA-821. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em Botucatu - SP, Brasil, à 800 m altitude. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com sete tratamentos decorrentes da interrupção da irrigação por períodos com diferentes durações em diferentes estádios fenológicos (vegetativo, pré-floração e enchimento de grãos). A matéria seca das diversas partes da planta foi determinada separadamente ao longo de sete coletas periódicas realizadas com intervalos de dez dias, através de secagem até massa constante e pesagem em balança digital. Como resposta, observou-se acentuado decréscimo nos valores da matéria seca das diversas partes da planta com o aumento da duração do déficit hídrico. Houve diminuição do crescimento das plantas, evidenciando um período de repouso fisiológico, após o qual as plantas apresentaram elevada capacidade de recuperação.

Palavras-chave: estresse hídrico, matéria seca, biometria

ABSTRACT

The goal of this research was to verify the effects of water stress on some variables responsible for the production of cowpea plants (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cv. EMAPA-821. The experiment was conducted under green house conditions in Botucatu, SP, Brasil, 22°52' South latitude, 48°26' West longitude an altitude of 800 m. The experimental design was a randomized block with seven treatments and consisted of suspending irrigation of plants in various developing

phases (vegetative, preflowering and grain filling) for a different number of days. The dry matter of the different parts of the plant was determined separately using drying and weighing procedures. The results obtained made clear that water deficits induced reductions in plant dry matter as the duration of the stressed periods became longer, showing a lower metabolic activity, but after rewatering the plants exhibited a high capacity of recovery.

Key words: water stress, biometry, dry matter

1. Introdução

O feijão, pela sua efetiva e expressiva participação na alimentação dos brasileiros, se constitui em um dos produtos de maior importância econômica e social para o Brasil. Nas regiões Norte e Nordeste, em virtude das condições ambientais serem 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 (Oliveira, 1988).

Na zona semi-árida do Nordeste brasileiro, a ocorrência de secas caracterizadas geralmente pela escassez e má distribuição das chuvas, transforma a agricultura de sequeiro numa atividade de alto risco e de baixa renda. Apesar dos fatores sócio-econômicos e culturais que limitam, em parte, o emprego de determinadas tecnologias pelos produtores, observa-se que quando as precipitações pluviométricas são suficientes e distribuídas regularmente, a produção agrícola atinge valores razoáveis. Tais condições evidenciam, desse modo, que a água se constitui em fator limitante e que do seu melhor aproveitamento, bem como da utilização de culturas mais adaptadas a essas condições, depende o aumento da produtividade.

Sobre o crescimento da planta Kramer (1983) evidencia que o estresse de água, normalmente, tem múltiplos efeitos: reduz a fotossíntese pelo fechamento dos estômatos, o qual acarreta diminuição no suprimento de dióxido de carbono; reduz a translocação de carboidratos e dos reguladores de crescimento, provocando distúrbios no metabolismo do nitrogênio. Estes efeitos, adicionados à redução na turgescência, reduzem o crescimento.

Assim, a produção de uma planta é resultante de inúmeros processos fisiológicos que, embora sejam

acentuadamente integrados, apresentam considerável individualidade nas interações com o meio ambiente. Desde que diferentes processos prevalecem nos diversos estádios de desenvolvimento das culturas, pode-se admitir que os efeitos de déficits hídricos, sobre a produção deverão variar com o período em que ocorrerem, como afirmam Scaloppi e Scardua (1975).

Sionit e Kramer (1976), Monem *et al.* (1979) e Ahmed (1984) estudando o efeito do déficit hídrico durante diferentes estádios de desenvolvimento em soja, concluíram que plantas estressadas durante os estádios de pré-floração e floração produzem menor quantidade de flores, vagens e sementes devido ao encurtamento desses estádios e ao aborto de algumas flores.

Plantas sob deficiência hídrica tem, usualmente, sua área foliar e produção de matéria seca reduzidas (Turk *et al.*, 1980; Singh, 1989). Conforme observaram Gunton e Evenson (1980), o índice de área foliar e a taxa de produção de matéria seca são altamente correlacionados. Comportamento semelhante de plantas de feijão comum foi observado por Bonanno & Mack (1983) que ao analisar o efeito de diferentes níveis de irrigação no desenvolvimento da cultura, verificaram que a massa seca total de plantas e folhas, a área foliar, a área média por folha e o número de folhas por planta, diminuíram com o aumento do déficit de água do solo. Ressalva-se que a redução no total da área foliar por planta, foi devida mais ao decréscimo da área por folha do que pelo número de folhas.

Brandes *et al.* (1973), observaram que os valores máximos da taxa de produção de matéria seca de plantas do feijão comum plantadas nas “águas”, foram mais de três vezes superiores aos valores da “seca”. Segundo os autores, a diferença foi devida quase que exclusivamente ao índice de área foliar. O estresse

hídrico, ao reduzir a turgescência, reduz a expansão celular, o que por sua vez, reduz o alongamento do caule e da folha.

O presente trabalho teve como objetivo determinar o efeito de variações na disponibilidade de água no solo em diferentes estádios de desenvolvimento da planta do caupi, sobre a produção de matéria seca total e de raízes, folhas, flores e frutos.

2. Materiais e métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com cobertura de polietileno de baixa densidade, na Área Experimental do Instituto de Biociências, UNESP, Campus de Botucatu-SP, à 800 metros de altitude, durante o período compreendido entre os meses de setembro de 1997 e janeiro de 1998.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial do tipo 7 tratamentos x 7 coletas com três repetições, totalizando 147 unidades experimentais utilizadas em coletas periódicas a cada 10 dias. Em cada coleta foram descartados 21 vasos correspondentes a três repetições dos 7 tratamentos utilizados e feita a separação das diversas partes da planta, as quais, posteriormente, foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 60°C por 48 horas e medidas em balança digital, com precisão de 0,1g. As avaliações foram realizadas aos 25, 35, 45, 55, 65, 75 e 85 dias após a semeadura (DAS), denominadas C1, C2, C3, C4, C5, C6 e C7, com a finalidade de determinar o efeito do estresse hídrico sobre a matéria seca ao longo de diferentes fases fenológicas da planta.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F), com desdobramento dos efeitos de tratamentos em cada coleta quando a interação Tratamentos x Coletas foi significativa. As diferenças entre as médias foram comparadas através do teste de Duncan, em nível de 5% de probabilidade.

Para a determinação do dia exato para a aplicação dos tratamentos, durante todo o ciclo da cultura, foram feitas observações diárias de fenologia, caracterizando-a segundo o método descrito por Fernández *et al.* (1982) para a cultura do feijão.

Nesta escala o ciclo biológico do feijoeiro é constituído de dez etapas de desenvolvimento, sendo que a designação de cada etapa é baseada em um código que consta de uma letra e um número. A letra significa a fase dentro do ciclo, ou seja, a letra V refere-se à fase vegetativa e a letra R, à fase reprodutiva e os números indicam a posição da etapa de desenvolvimento da planta dentro da escala, conforme mostrado a seguir:

Código	Caracterização do estágio
V ₀	Germinação
V ₁	Cotilédones ao nível do solo
V ₂	Folhas primárias expandidas
V ₃	Primeira folha trifoliada
V ₄	Terceira folha trifoliada
R ₅	Botões florais (Pré-floração)
R ₆	Abertura da primeira flor (Floração)
R ₇	Início da formação das vagens
R ₈	Enchimento das vagens
R ₉	Maturidade fisiológica

A caracterização da mudança do estágio fenológico era realizada quando 50% das plantas da população de cada tratamento apresentavam as características referentes ao novo estágio.

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 (à partir de V₃), com duração de 23 dias.

Tratamento 2: Estresse hídrico na fase reprodutiva (R₅), com duração de 20 dias.

Tratamento 3: Estresse hídrico na fase reprodutiva (R₈), até a maturação fisiológica.

Tratamento 4: Estresse hídrico na fase vegetativa (à partir de V₃), com duração de 23 dias e na fase reprodutiva (R₈) até a maturação fisiológica.

Tratamento 5: Estresse hídrico na fase reprodutiva (R₅), com duração de 28 dias.

Tratamento 6: Estresse hídrico na fase vegetativa (à partir de V₃), com duração de 37 dias.

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

Para aplicar os tratamentos, a irrigação era interrompida nos estádios fenológicos pré-determinados,

sendo que a intensidade do estresse era definida pela duração dos mesmos. Após o final do período estressado, os tratamentos que ainda não se encontravam no final do ciclo voltavam a receber água normalmente até atingirem capacidade de campo.

A irrigação dos vasos foi controlada através do procedimento de pesagem, onde os vasos eram pesados diariamente em balança com sensibilidade de 1 grama entre sete e nove horas da manhã, para posterior reposição da água evapotranspirada no período, mantendo-se os vasos próximos à capacidade de campo e omitindo-se a irrigação naqueles tratamentos sob condições de estresse. Para que tal procedimento fosse possível, antes do preenchimento dos vasos com o solo a ser utilizado no experimento, retirou-se uma amostra do mesmo para a determinação do seu teor de umidade pelo método gravimétrico e outra amostra para a determinação da curva de retenção de umidade deste solo. De posse destas duas informações, calculou-se o peso úmido do solo dos vasos em condições de capacidade de campo. Ao longo do experimento foram sendo feitas as devidas correções no peso dos vasos para as alterações correspondentes no crescimento das plantas. É importante ressaltar que a principal meta ao se definir os tratamentos foi avaliar períodos de estiagem de durações variáveis em diferentes fases do desenvolvimento da planta, retratando condições o mais próximo possível da realidade do produtor.

Utilizou-se a cultivar de caupi, EMAPA-821, a qual apresenta hábito de crescimento indeterminado, porte semi-ereto, compacta, insensível ao fotoperíodo e de maturação uniforme, cujas sementes foram cedidas pela Empresa Maranhense de Pesquisa Agropecuária (EMAPA).

3. Resultados e discussão

A análise conjunta de variância, teste F, com desdobramento de tratamentos dentro de coletas, demonstrou significância estatística à nível de 1% de probabilidade, nos tratamentos, coletas, na interação entre tratamentos e coletas e nos tratamentos dentro das coletas C3, C4, C5, C6 e C7, ficando evidente o efeito

do déficit hídrico sobre a diminuição de acúmulo da matéria seca total. Comparando-se as médias pelo teste Duncan (Tabela 1), verificou-se que, do ponto de vista estatístico, as diferenças entre os tratamentos tornaram-se claras à partir da terceira coleta. O comportamento biológico da cultura, foi no sentido de uma diminuição da matéria seca total, nas coletas C3 a C6, do tratamento T7 (permanentemente irrigado), em direção ao tratamento T6 (submetido a déficit hídrico mais prolongado, durante a fase vegetativa), com valores intermediários para os demais tratamentos. Na coleta C7, os tratamentos T7 e T3 apresentaram decréscimo da matéria seca total em função da senescência da planta, enquanto os tratamentos que tiveram seus ciclos prolongados em função da ocorrência de estresse hídrico de diferentes durações, em diferentes estádios de desenvolvimento, tiveram valores crescentes da matéria seca total.

O estresse hídrico de 37 dias imposto ao tratamento T6, ainda no início do ciclo, cujo aspecto visual da planta ao final do período estressado não sugeria qualquer possibilidade de recuperação e sua retomada lenta, porém contínua, aumentando a matéria seca das suas diversas partes, vem comprovar a capacidade destas plantas para suportar a baixa disponibilidade de água no solo, característica de algumas regiões onde esta leguminosa é cultivada.

Stone *et al.* (1988) verificaram redução na produção de matéria seca devido à redução na área foliar e na taxa assimilatória líquida, enquanto Millar & Gardner (1972), observaram que a redução da matéria seca total dos feijoeiros dos tratamentos mais úmidos para os mais secos está relacionada com fechamento de estômatos.

Ritchie (1981) considerou ainda 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 e menor absorção de água pelas raízes (Day *et al.*, 1978).

A análise de variância para matéria seca de folhas (MSF) mostrou significância estatística a 1% de probabilidade na interação entre tratamentos e coletas

e a comparação das médias de MSF pelo teste de Duncan (Tabela 2) revelou significância estatística a 1% nos tratamentos dentro das coletas C3, C4, C5, C6 e C7, evidenciando que os tratamentos irrigados apresentaram sempre os maiores valores de MSF, enquanto os tratamentos estressados apresentaram decréscimos nos valores desta variável. A recuperação das plantas após o final do período estressado demonstra que após a retomada do fornecimento de água, grande parte dos assimilados é convertido em folhas, visando elevar a captação da radiação solar disponível no processo de recuperação da planta.

Segundo Resende *et al.* (1981), quando as plantas são submetidas a restrições hídricas, reduzem a turgescência e, conseqüentemente, a expansão celular, o que provoca redução no alongamento da folha e do caule. Neste caso, o comportamento verificado pela

matéria seca das folhas do caupi em relação ao tempo, coincide com o comportamento verificado para a área foliar desta cultura (Leite *et al.*, 1999), indicando que a redução da MSF, apesar de variável em função dos tratamentos, também pode ser atribuída ao decréscimo na área foliar, resultando em uma menor transpiração, redução na matéria seca total e porte da planta, permitindo considerar este comportamento importante mecanismo de resistência à seca.

A análise de variância mostrou que a interação entre tratamentos e coletas também foi significativa para matéria seca de flores (MSFL) e matéria seca de frutos (MSFR), revelando os efeitos dos tratamentos à partir da coleta C5. Os resultados médios obtidos para MSFL e MSFR encontram-se nas tabelas 3 e 4, respectivamente, evidenciando o efeito desfavorável do déficit hídrico sobre o acúmulo de matéria seca para estas duas variáveis.

Tabela 1 - Médias de matéria seca total (MST), em g, de plantas de caupi, para os tratamentos em cada coleta. UNESP, Botucatu-SP.

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

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical não diferem significativamente, pelo teste de Duncan a 1% de probabilidade.

Tabela 2 - Médias de matéria seca de folhas (MSF), em g, de plantas de caupi, para os tratamentos em cada coleta. UNESP, Botucatu-SP.

Trat.	Coletas						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
T1	0,29A	0,28A	0,40B	1,03BC	3,19B	4,69AB	6,72A
T2	0,24A	0,73A	1,68A	1,62B	2,70BC	5,82A	5,50B
T3	0,26A	0,68A	2,12A	3,96A	5,25A	3,88B	0,00D
T4	0,29A	0,22A	0,43B	1,31BC	3,53B	5,68A	4,85BC
T5	0,33A	0,84A	2,01A	1,50BC	1,67CD	2,60C	3,82C
T6	0,27A	0,34A	0,32B	0,28C	0,72D	1,87C	4,35BC
T7	0,37A	0,83A	2,30A	4,00A	5,56A	4,99AB	0,20D

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical não diferem significativamente, pelo teste de Duncan a 1% de probabilidade.

Uma análise mais detalhada dos resultados desta cultivar, cujo hábito de crescimento é indeterminado e com período de floração relativamente longo, indica que houve um acréscimo da MSFL para o tratamento T7 (permanentemente irrigado) à partir da coleta C4 até a coleta C6 com posterior decréscimo na última coleta, enquanto o tratamento T3 apresentou decréscimo na produção de flores um pouco mais cedo, du-

rante a coleta C6, como resposta ao déficit hídrico imposto somente no final da fase reprodutiva. Os demais tratamentos apresentaram valores baixos de MSFL na coleta C4 com pequenos acréscimos nas coletas posteriores como consequência da elevada abscisão de flores observada durante o estresse hídrico, evidenciando valores mais significativos somente à partir do restabelecimento do fornecimento de água.

Trat.	Coletas						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
T1	-	-	-	0,03A	0,10B	0,25CD	2,33B
T2	-	-	-	0,02A	0,09B	0,73BC	2,20B
T3	-	-	-	0,50A	2,44A	1,57B	0,00E
T4	-	-	-	0,01A	0,11B	0,96B	3,79A
T5	-	-	-	0,02A	0,02B	0,06D	1,08C
T6	-	-	-	0,00A	0,00B	0,06D	0,71CD
T7	-	-	-	0,55A	3,48A	4,66A	0,35DE

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical não diferem significativamente, pelo teste de Duncan a 1% de probabilidade.

Obs: A MSFL foi medida à partir da coleta C4.

Tabela 4 - Médias de matéria seca de frutos (MSFR), em g, de plantas de caupi, para os tratamentos em cada coleta. UNESP, Botucatu-SP.

Trat.	Coletas						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
T1	-	-	-	-	0,000B	0,003B	1,304B
T2	-	-	-	-	0,000B	0,000B	1,912B
T3	-	-	-	-	0,732B	7,523A	8,537A
T4	-	-	-	-	0,000B	0,012B	5,165B
T5	-	-	-	-	0,000B	0,000B	0,051B
T6	-	-	-	-	0,000B	0,000B	0,094B
T7	-	-	-	-	1,796A	10,297A	13,917A

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical não diferem significativamente, pelo teste de Duncan a 1% de probabilidade.

Obs: A MSFL foi medida à partir da coleta C5.

O efeito de retardamento na floração e, conseqüentemente, o aumento do ciclo da cultura observados neste experimento, estão de acordo com Turk *et al.* (1980), para o caupi e Bergamaschi *et al.* (1988), para o feijoeiro. Kretchmer *et al.* (1980) também constataram retardamento na maturação fisiológica de parcelas de feijoeiro submetidas à seca, onde certos materiais genéticos apresentaram altos graus de abscisão floral em condições de estresse hídrico, com boa re-

cuperação de rendimento de grãos, decorrente da fixação de vagens provenientes de gemas secundárias uma vez suspenso o estresse.

Da mesma forma, os valores obtidos para MSFR apresentaram valores crescentes para os tratamentos T7 e T3 à partir da coleta C5 até a última coleta realizada (C7), enquanto os demais tratamentos começaram a ser expressivos somente à partir da coleta C7. Esta resposta já era esperada para esta variável tendo

em vista os resultados discutidos anteriormente para MSFL, ou seja, os tratamentos mais afetados pelo estresse hídrico e que tiveram elevada abscisão de flores, apresentaram um segunda floração, garantindo assim a recuperação das plantas e o aparecimento de frutos mais tardios. Essa característica explica, parcialmente, a sua adaptação a regiões mais secas através de um aumento no acúmulo de matéria seca após o período de estresse hídrico, ao mesmo tempo em que sugere a existência de um período de repouso fisiológico durante a ocorrência de condições não favoráveis assegurando, dessa forma, a sobrevivência da planta.

Os resultados obtidos revelaram ainda que a duração do período estressado foi um parâmetro mais significativo do que a fase do ciclo onde ocorreu a de-

ficiência hídrica, uma vez que em ambas fases de desenvolvimento da cultura, vegetativa e reprodutiva, a capacidade de recuperação da planta foi evidenciada, sendo necessário um período de tempo mais ou menos longo em função da duração do estresse.

Para a matéria seca de raízes (MSR), a interação entre tratamentos e coletas e os tratamentos dentro das coletas C3, C4, C5, C6 e C7 mostraram significância estatística à nível de 1% de probabilidade. À partir da terceira coleta houve diferença entre os tratamentos, a qual progrediu significativamente ao longo do ciclo da cultura do caupi, indicando que os diferentes déficits de água no solo, em diferentes estádios de desenvolvimento e com durações variáveis, afetaram a produção de matéria seca das raízes (Tabela 5).

Tabela 5 - Médias de matéria seca de raízes (MSR), em g, de plantas de caupi, para os tratamentos em cada coleta.

Trat.	Coletas						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
T1	0,29A	0,53A	0,84B	1,13C	3,47B	6,13A	8,07A
T2	0,26A	0,76A	2,89A	3,03B	2,73B	4,20BC	7,66A
T3	0,33A	0,77A	3,05A	5,19A	5,43A	5,23AB	5,52B
T4	0,33A	0,50A	0,65B	1,44BC	5,11A	6,77A	8,68A
T5	0,41A	0,89A	2,28AB	2,89B	2,62B	3,51CD	4,93B
T6	0,35A	0,56A	0,62B	0,78C	0,66C	2,25D	2,84C
T7	0,42A	0,86A	2,97A	5,80A	6,29A	6,25A	6,06B

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical não diferem significativamente, pelo teste de Duncan a 1% de probabilidade.

Os tratamentos mais úmidos (T7 e T3) apresentaram um comportamento que concordou com vários trabalhos reportados pela literatura (Urchei, 1992; Costa *et al.*, 1997), os quais constataram aumento rápido da matéria seca de raiz, durante o período vegetativo, com posterior retardamento, ou até mesmo paralização completa do crescimento, nos estádios reprodutivos. Os tratamentos T2 e T5 apresentaram, inicialmente, comportamento semelhante, passando então por uma fase de retardamento, coincidente com o período estressado e posteriormente retomando o crescimento a partir da coleta C5. Já os tratamentos submetidos à déficits hídricos na fase vegetativa, apresentaram aumentos discretos até a coleta C4 (T1 e T4) e coleta C5 (T6), a partir do qual tiveram grandes aumentos da matéria seca das raízes.

Segundo Babalola (1980), citado por Costa *et al.* (1997), quando o estresse hídrico é imposto em uma fase de intenso crescimento vegetativo, o acúmulo de matéria seca é afetado por essa condição adversa. De acordo com o mesmo autor, a translocação de foto-assimilados para as raízes é comprometida em condições de deficiência hídrica.

Em experimento conduzido em casa de vegetação, com o objetivo de estudar o efeito do déficit hídrico na produção, componentes de produção e distribuição de raízes no caupi, Costa *et al.* (1997) observaram reduções na área foliar, na matéria seca da parte aérea e das raízes, enquanto a relação raiz/parte aérea aumentou para as três cultivares estudadas. O aprofundamento do sistema radicular, em resposta ao estresse hídrico, também foi observado, apresentan-

do-se menos superficial e com maiores concentrações a maiores profundidades, podendo ser entendido como importante mecanismo de adaptação para algumas espécies.

Begg e Turner (1976) afirmaram que, enquanto o crescimento de uma planta como um todo é diminuído durante o déficit hídrico, geralmente o crescimento das raízes é favorecido em relação à parte aérea, indicando uma maior relação raiz/parte aérea. No entanto, a maioria dos trabalhos têm observado também que, tal fato dependerá da intensidade e duração do déficit de água, bem como do estágio em que o mesmo se manifesta, uma vez que parecem ser as raízes menos sensíveis à déficit hídrico, quando comparadas à parte aérea.

4. Conclusões

Os resultados obtidos no presente trabalho permitem afirmar que:

a) Efeitos negativos sobre o crescimento da cultura se acentuaram como resposta aos déficits hídricos de maior duração, tanto na fase vegetativa quanto na fase reprodutiva, resultando em progressiva redução da matéria seca total, de folhas, flores e frutos.

b) Em condições de déficits hídricos mais prolongados, as plantas diminuíram acentuadamente seu crescimento, evidenciando um período de repouso fisiológico, porém com capacidade de retomar suas atividades após o final do período estressado.

c) A recuperação da planta foi caracterizada por intensa emissão de novas folhas e botões florais, salientando sua aptidão para atravessar condições adversas.

d) A duração do período estressado revelou-se um parâmetro mais importante do que a época de ocorrência do déficit hídrico.

REFERÊNCIAS

- AHMED, M. F. M. Water stress effects on physiological processes and yield of soybeans. **Sci. Eng.**, v.45, p.1078-83, 1984.
- BERGAMASCHI, H.; VIEIRA, H.J.; OMETTO, J.C.; ANGELOCCI, L.R.; LIBARDI, P.L.. Deficiência hídrica em feijoeiro. I. Análise de crescimento e fenologia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v.23, p. 733-743, 1988.
- BEGG, J. E.; TURNER, N. C. Crop water deficits. **Adv. Agron.** v.28, p.161-217, 1976.
- BONANNO, A. R.; MACK, H. J. Water relations and growth of snap beans as influenced by differential irrigation. **J. Am. Soc. Hortic. Sci.**, v.108, p.837-44, 1983.
- BRANDES, D.; MAESTRI, M. VIEIRA, C.; GOMES, F. R. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). II. Análise de crescimento. **Experimentiae**, Viçosa, v.15, n.1, p.1-21, 1973.
- COSTA, M. M. M. N.; TÁVORA, F. J. A. F.; PINHO, J. L. N.; MELO, F. I. O. Produção, componentes de produção, crescimento e distribuição das raízes de caupi submetido à deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.1, p.43-50, 1997.
- DAY, W.; LEGG, B. J.; FRENCH, B.K.; JOHNSTON, A.E.; LAWLOR, D.W.; JEFFERS, C. A drought experiment using mobile shelters: the effect of drought on barley yield, water use and nutrient uptake. **J. Agri. Sci.**, Cambridge, v. 91, p. 599-623, 1978.
- FERNÁNDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, G. M. **Etapas de desarrollo de la planta de frijol común**: Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, 1982. 26p.
- GUNTON, J. L.; EVENSON, J. P. Moisture stress in navy beans. I. Effect of withholding irrigation at different phenological stages on growth and yield. **Irrig. Sci.**, v.2, p.49-58, 1980.
- KRAMER, P.J. **Water relations of plants**. New York: Academic Press, 1983. 489p.
- KRETCHMER, P.J.; LAING, D.R.; ZULUAGA, S. **Uso del termómetro infrarrojo para la selección por tolerancia a sequia en *Phaseolus vulgaris* L.** Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, 1980. 10p.
- LEITE, M. de L.; RODRIGUES, J. D.; MISCHAN, M.M.; VIRGENS FILHO, J.S. Efeitos do déficit hídrico sobre a cultura do caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar EMAPA-821. II - Análise de Crescimento. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 74, n. 3, p. 351-370, 1999.
- MILLAR, R.A.; GARDNER, W.R. Effect of the soil and plant potentials on the dry matter production of snap beans. **Agron. J.**, Madison, v. 64, p. 559-62, 1972.
- MONEN, N. N.; CALRSON, R.E.; SHAW, R.H.; ARJMAND, O. Moisture-stress effects on the yield components of two soybean cultivars. **Agron. J.**, v.71, p.86-90, 1979.
- RESENDE, M.; HENDERSON, D.W.; FERERES, E. Frequência de irrigação, desenvolvimento e produção do feijão Kidney. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v.16, n. 3, p. 363-370, 1981.

RITCHIE, J.T. Water dynamics in the soil-plant-atmosphere system. **Plant soil**, Netherlands.v. 58, p. 81-96, 1981.

SCALLOPI, E. J.; SCARDUA, R. Variação do regime de umidade do solo durante o ciclo fenológico das plantas. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 5, 1975, Lavras. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1975. p.1-7.

SINGH, P. B. Irrigation water management for bush snap bean production. **Hort. Sci.**, v.24, p.69-70, 1989.

SIONIT, N.; KRAMER, P. J. Water potential and stomatal resistance of sunflower and soybean subjected to water stress during various growth stages. **Plant Physiol.**, v.58, p.537-40, 1976.

STONE, L.F.; CASTRO, T.A.P.; MOREIRA, J.A.A. Efeitos da tensão da água no solo sobre a produtividade e o crescimento do feijoeiro. II. Crescimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v.23, p. 503-510, 1988.

TURK, K.J.; HALL, A.E.; ASBELL, C.W. Drought adaptation of cowpea. I. Influence of drought on seed yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, p. 413-420, 1980.

URCHEI, M. A. **Efeitos de défices hídricos, em três estádios fenológicos, da cultura da cevada (*Hordeum vulgare* L.)**. Botucatu, 1992. 165p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.