

ESTRESSE HÍDRICO NAS FASES VEGETATIVA E REPRODUTIVA DE DUAS CULTIVARES DE CAUPI¹

LUIZ GONZAGA REBOUÇAS FERREIRA²,
JOSÉ OSÓRIO COSTA³ e IVAN MARTINS DE ALBUQUERQUE⁴

RESUMO - Estudos de campo foram conduzidos para determinar as respostas adaptativas de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) ao estresse hídrico e melhorar as técnicas de manejo nas regiões semi-áridas. Duas cultivares de caupi (BR-1 e Pitiúba) foram submetidas a três diferentes tratamentos de irrigação pelo sistema de tubos janelados. Os tratamentos consistiram em irrigações aplicadas durante as fases vegetativa ou reprodutiva (floração e maturação das vagens). A tolerância protoplasmática foi correlacionada com as variações do potencial hídrico das folhas, da área foliar e peso seco total da parte aérea. As plantas exibiram intensa fuga à seca na presença de déficit de água no solo e alta demanda evaporativa, com o potencial hídrico permanecendo acima de -1,2 MPa. Devido à eficiência dos mecanismos de fuga ou escape à seca, os déficits hídricos, em ambos os estádios de crescimento, não foram capazes de induzir reduções significativas na produção.

Termos para indexação: *Vigna unguiculata*, adaptação à seca, irrigação, floração, produção.

WATER STRESS ON VEGETATIVE AND REPRODUCTIVE STAGES OF TWO COWPEA CULTIVARS

ABSTRACT - Field studies were conducted to examine cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) adaptative responses to water stress and to improve water management strategies in semi-arid zones. Two cowpea (BR-1 and Pitiúba) cultivars were subjected to three irrigation treatments using a gated pipe system. The treatments were full irrigation (control) and drought stress on vegetative or reproductive (flowering and pod maturation) stages. The protoplasmatic tolerance was correlated with modifications of leaf water potential, leaf area and total shoot dry weight. All plants showed effective mechanisms of drought avoidance on conditions of soil water stress and high evaporative demand keeping leaf water potential above -1.2 MPa. Due to the efficient drought escape mechanism, water stress in both growth stages was not able to induce significant yield reductions.

Index terms: *Vigna unguiculata*, drought adaptation, irrigation, flowering, yield.

INTRODUÇÃO

Nas regiões semi-áridas, historicamente, a solução para baixa disponibilidade hídrica para as culturas tem sido resolvida através do emprego da engenharia. O manejo de água

consistiu, basicamente, na transposição de água de um lugar para outro, po meio de modernas técnicas de construção e emprego da energia de baixo custo. Entretanto, com os custos de energia aumentando e alcançando valores elevados, as soluções da engenharia se tornaram econômica e politicamente inviáveis, em especial para as nações de terceiro mundo. Quando a solução química para a carência de água para as culturas, através do emprego de antitranspirantes, perdeu a importância inicialmente a ela atribuída, chegou-se à plena conscientização de que a abordagem agrônômica é a mais adequada para o problema da seca.

¹ Aceito para publicação em 24 de janeiro de 1991

² Eng.-Agr., Ph.D., Prof.-Adjunto, Dep. de Engh. Agríc. Univ. Fed. do Ceará (UFC), Caixa Postal 3038, CEP 60355 Fortaleza, CE.

³ Eng.-Agr., M.Sc., Prof.-Adjunto, Dep. de Engh. Agríc. da UFC.

⁴ Eng.-Agr., M.Sc., Dep. de Engh. Agríc. da UFC.

No caso específico da agricultura de sequeiro, as possibilidades para manejo de água são muito limitadas, e as opções para superar esta carência são reduzidas. A variável mais importante à disposição do agricultor é o emprego de variedades resistentes à seca que apresentem o maior retorno possível em termos de unidade de água disponível. Isto geralmente se manifesta através da obtenção de alto índice de colheita, ou seja, a taxa de grãos (ou outra parte) por peso de matéria seca da planta. Este índice tem-se mostrado altamente dependente não só do nível de água disponível mas da fase do ciclo da planta na qual o estresse hídrico se manifesta (Turk et al. 1980). O caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), por ser espécie tradicionalmente cultivada no Nordeste e apresentar resistência à seca, constitui opção válida para a solução agrônômica de obtenção de aumento da produtividade em condições de agricultura de sequeiro.

O presente trabalho teve como objetivo estudar as respostas fisiológicas adaptativas das cultivares de caupi BR-1 e Pitiúba ao estresse hídrico quando aplicado durante as fases vegetativa ou reprodutiva (floração e maturação das vagens), correlacionando-as com os parâmetros de produção.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área irrigada da Fazenda Experimental do Vale do Curu, de propriedade da Universidade Federal do Ceará, situada no município de Pentecoste, CE, no período de 16 de outubro a 30 de dezembro de 1986. Foram utilizadas duas cultivares de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) - BR-1 e Pitiúba -, provenientes da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará (EPACE). As cultivares foram semeadas em solo do tipo Aluvial Eutrófico, com espaçamento de 0,80 m entre fileiras e 0,20 m entre plantas, resultando numa densidade de população de 62.500 plantas por hectare. O cultivo foi realizado em condições de alta demanda evaporativa (Tabela 1).

Três tratamentos de irrigação foram utilizados, tendo dois deles intuito de desenvolver estresse hídrico em diferentes fases do ciclo vital da cultura (Tabela 2). No tratamento irrigado, as plantas foram

mantidas com adequado suprimento de água em todas as fases de desenvolvimento. Nos outros dois tratamentos, o estresse hídrico foi aplicado na fase vegetativa ou reprodutiva (floração e maturação das vagens). Cada uma das seis parcelas media 4,8 m x 7,0 m e representava um tratamento. Os tratamentos com estresse hídrico na fase vegetativa e reprodutiva se iniciaram aos 27 e 48 dias após a semeadura, respectivamente, sendo as plantas do tratamento-controle mantidas irrigadas durante todo o ciclo vital da cultura.

Para irrigar as parcelas foi utilizado um sistema de sulcos com tubos janelados com seis janelas a distâncias de 0,8 m entre si, correspondentes ao espaçamento entre as fileiras de plantas. Um hidrômetro acoplado ao sistema foi utilizado para medir o volume de água aplicada nas parcelas. Para o estabelecimento da cultura e uniformidade nos estádios iniciais de crescimento, foram realizadas irrigações leves e freqüentes; utilizou-se o mesmo sistema até 27 dias após a semeadura. O controle da irrigação foi feito por tensiômetros instalados às profundidades de 15 cm, 30 cm e 40 cm. As irrigações foram realizadas sempre que o potencial hídrico do solo atingia 0,5 atm.

O potencial hídrico das plantas foi medido entre as 8 e as 10 horas, utilizando-se a segunda folha a partir do ápice, aos 48 dias após a germinação. Para determinação do potencial hídrico foi usada uma câmara de pressão (PMS Instruments Company, EE.UU.) segundo o método descrito por Scholander et al. (1964, 1965).

O teor de clorofila foi determinado utilizando-se uma amostra de 0,25 g de tecido foliar da terceira folha a partir do ápice. Para a dosagem da clorofila

TABELA 1. Dados meteorológicos no período da semeadura à colheita do caupi (16.01.86 a 31.12.86), na Fazenda Experimental do vale do Curu, em Pentecoste, Ceará.

	Outubro	Novembro	Dezembro
Evapotranspiração			
Potencial (mm)	4	11	27
Precipitação (mm)	2,6	8,8	27,0
Temperatura máxima (°C)	36,3	36,8	36,8
Temperatura mínima (°C)	19,3	21,0	21,0
Umidade relativa (%)	65	66	70
Insolação (h)	202,9	150,2	194,4

foi utilizado o método de Arnon (1949), e a densidade óptica, a 645 e 663 nm (MICRONAL - Espectrofotômetro B280, Brasil). As equações de Mckinney (1941) foram utilizadas para determinação das concentrações de clorofilas a, b e total.

Para a determinação do teor de proteínas foi utilizada uma amostra de 0,25 g de tecido foliar da terceira folha a partir do ápice, segundo o método de Lowry et al. (1951).

A extração de lipídios foi efetuada segundo o método descrito por Allen & Good (1971), utilizando-se 5 g de tecido foliar.

A área foliar foi determinada por meio do medidor de área foliar (Portable Area Meter model LI-3000, LICOR, EE.UU.). Para a determinação do peso da parte aérea foram coletadas quatro plantas de cada parcela, efetuando-se a pesagem após a secagem em estufa a 80°C durante 48 horas. Os efeitos dos diversos tratamentos sobre a produção das cultivares foram determinados em termos de número

de vagens por planta, peso médio de 100 grãos, peso do pericarpo e peso de grãos por hectare.

O delineamento utilizado no experimento foi um modelo fatorial com parcelas subdivididas, com dois fatores, cultivares e tratamentos, sendo utilizadas quatro repetições para cada determinação. (Gomez & Gomez 1985).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em condições de campo, as cultivares de caupi estudadas apresentaram eficientes mecanismos de fuga ou escape à seca. Nenhuma diferença significativa nos valores de potencial hídrico foi observada entre cultivares ou entre os tratamentos irrigado e estressado na fase vegetativa (Tabela 3).

TABELA 2. Lâminas de irrigação aplicadas aos tratamentos durante o ciclo de cultura do caupi, cultivar BR-1 e Pitiúba.

Tratamentos	Lâmina inicial (mm)	Precipitação pluvial (mm)	Lâmina aplicada (mm)	Lâmina total (mm)	Variação %
Irrigado	119,04	36,20	59,52	214,76	100,00
Estressado fase vegetativa	119,04	36,20	29,76	185,00	86,14
Estressado fase reprodutiva	119,04	36,20	29,76	185,00	86,14

TABELA 3. Variações nos valores de potencial hídrico, clorofila total, lipídios e proteínas nas cultivares de caupi BR-1 e Pitiúba, ao final do período de estresse hídrico na fase vegetativa (48 dias após a germinação).

Tratamentos	Potencial hídrico (MPa)		Clorofila total (mg/gPS)		Lipídios totais (mg/gPS)		Proteínas (mg/gPS)	
	BR-1	Pitiúba	BR-1	Pitiúba	BR-1	Pitiúba	BR-1	Pitiúba
Irrigado	-1,21	-0,99	7,70	10,72	142	144	5,96Ba	6,76Aa
Estressado fase vegetativa	-1,30	-1,19	8,04	9,31	148	137	5,89Aa	5,04Bb

Obs.: Letras diferentes indicam significância de 5%.

Letra maiúscula indica comparação entre cultivares com o mesmo tratamento.

Letra minúscula indica comparação entre tratamentos de mesma cultivar.

A ausência de letras indica que não houve diferença significativa de 5%.

Quarenta e oito dias após a germinação, as plantas submetidas ao estresse hídrico durante toda a fase vegetativa apresentaram uma redução, no potencial hídrico, de 0,09 MPa (BR-1) e de 0,2 MPa (Pitiúba), em comparação com as mantidas constantemente irrigadas. Esta característica de escape à seca é configurada pela análise das variações no teor de clorofila total e lipídios. As plantas estressadas na fase vegetativa não apresentaram diferenças significativas nos teores de clorofila total e lipídios, quando comparadas com as mantidas constantemente com nível adequado de água no solo (Tabela 3).

Segundo Albert et al. (1975), os cloroplastos são organelas extremamente sensíveis ao estresse hídrico, que sofrem alterações na sua estrutura e composição, constituindo, portanto, excelentes indicadores de lesões nas células.

A ausência de variações significativas em termos de lipídios totais indica que o estresse hídrico não foi capaz de induzir quebra nesses lipídios, que nas folhas estão predominantemente compoendo as membranas celulares (Gardner et al. 1974).

Com relação aos teores de proteínas, houve diferença significativa entre o tratamento irrigado e estressado na fase vegetativa somente para a cultivar Pitiúba (Tabela 3).

Corroborando as observações de que as cultivares de caupi estudadas apresentaram mecanismos de fuga ou escape à seca, não houve diferença significativa entre os tratamentos,

para as medições feitas 48 dias após a semeadura com relação a área foliar o peso seco da parte aérea (Tabela 4).

O número médio de vagens por planta, na cultivar BR-1, não diferiu entre os três tratamentos (Tabela 5). No entanto, a cultivar Pitiúba, quando estressada na fase reprodutiva, apresentou uma redução significativa no número médio de vagens em relação aos outros dois tratamentos.

Com relação aos três tratamentos de suprimento diferenciado de água, a cultivar BR-1 sempre apresentou valores significativamente mais altos do que os observados para a cultivar Pitiúba, em termos de número médio de vagens por planta (Tabela 5).

O tamanho médio das vagens, o número de grãos por vagem, o peso médio de 100 grãos e o peso do pericarpo não diferiram significativamente, nem entre cultivares nem entre tratamentos. Estas são características de produção normalmente resistentes às modificações induzidas por estresse ambiental.

A produção de grãos por hectare não diferiu significativamente entre as cultivares estudadas (Tabela 5). A ocorrência de estresse hídrico durante a fase vegetativa ou floração também não foi capaz de induzir reduções significativas em termos de produção de grãos por hectare.

Esta constatação final reforça as observações anteriormente discutidas, de que as cultivares de caupi BR-1 e Pitiúba apresentaram

TABELA 4. Variações nos valores de área foliar e peso total da parte aérea das cultivares de caupi BR-1 e Pitiúba, medidos ao final do estresse hídrico na fase vegetativa (48 dias após a germinação).

Tratamentos	Variações na área foliar (cm ²)		Variações no peso seco da parte aérea (g/planta)	
	BR-1	Pitiúba	BR-1	Pitiúba
Irrigado	2126,2	1809,8	18,7	20,8
Estressado fase vegetativa	1576,5	2051,8	12,9	26,3

Obs.: A ausência de letras indica que não houve diferença significativa de 5%.

excelentes mecanismos de fuga ou escape à seca.

Como as reduções significativas nos teores de proteínas não foram capazes de induzir alterações significativas na produtividade biológica, podemos concluir que os mecanismos básicos de resistência à seca são complexos, não sendo alterações metabólicas localizadas capazes de induzir modificações ao nível do desenvolvimento total.

Como a deficiência de água no solo e a alta demanda evaporativa durante a fase vegetativa não determinaram reduções significativas na área foliar (Tabela 4), concluiu-se que outros mecanismos de resistência à seca, como fechamento dos estômatos e aumento na capacidade de absorção de água se manifestaram.

Turk et al. (1980) observaram reduções de grãos em caupi quando o estresse hídrico foi aplicado na época da floração e enchimento dos grãos. No presente trabalho, a ocorrência deste fenômeno não se verificou, pelo fato de o estresse ter sido iniciado já no começo da floração e o solo aluvial eutrófico ter tido excelente capacidade de retenção de água (Bezerra 1985). Portanto, a redução limitada da disponibilidade de água no solo e a alta resistência das plantas à seca não permitiram que ocorresse uma desidratação dos tecidos capaz

de comprometer a expressão das potencialidades das plantas quanto à produção. Por conseguinte, sob em naturais, é preciso que as plantas já iniciem a fase de reprodução com baixos teores de umidade nos tecidos capazes de induzir alta taxa de abscisão floral e comprometimento na formação e enchimento dos grãos.

As observações do presente trabalho reforçam a idéia de que a susceptibilidade à seca não pode ser apontada como a causa básica da baixa produtividade das cultivares de caupi tradicionalmente cultivadas no semi-árido do Nordeste do Brasil. A obtenção de até quatro toneladas de grãos por hectare nos vales da Califórnia (Hall & Patel 1985), enquanto que no Ceará, sob condições adequadas de suprimento de água como as verificadas neste e em outros trabalhos (Bezerra 1985), os valores de produção ainda são baixos, indica que outros fatores atuam na limitação da expressão das potencialidades do caupi. Possivelmente, as altas temperaturas noturnas podem constituir o fator ambiental mais crítico na limitação da produção, conforme observações de Warrag & Hall (1984).

A Tabela 6 mostra os valores da eficiência do uso de água (EU) das cultivares BR-1 e Pitiúba. Os valores de EU da cultivar BR-1

TABELA 5. Variações nos componentes de produção das cultivares de caupi BR-1 e Pitiúba submetidas a diferentes tratamentos de suprimento de água e medidas ao final do ciclo da cultura.

Tratamentos	Nº médio de vagens/planta		Variações no tamanho médio de vagens (cm)		Nº médio de grãos/vagem		Peso médio 100 grãos (g)		Variações no peso total do pericarpo		Produção grãos (kg/ha)	
	BR-1	Pitiúba	BR-1	Pitiúba	BR-1	Pitiúba	BR-1	Pitiúba	BR-1	Pitiúba	BR-1	Pitiúba
Irrigado	18Aa	14Ba	18,2	20,5	16	15	15,1	18,3	409,0	305,0	2.197	1.806
Estressado fase vegetativa	18Aa	15Ba	17,0	20,7	15	15	15,7	19,7	469,0	528,9	2.145	1.258
Estressado fase reprodutiva	18Aa	9Bb	16,2	19,2	13	14	15,6	19,7	449,0	574,3	1.831	1.692

Obs.: Letras diferentes indicam significância de 5%.

Letra maiúscula indica comparação entre cultivares com o mesmo tratamento.

Letra minúscula indica comparação entre tratamentos de mesma cultivar.

A ausência de letras indica que não houve diferença significativa de 5%.

TABELA 6. Eficiência de uso de água e índice de colheita em caupi, cultivares BR-1 e Pitiúba (kg/ha/mm).

Tratamentos	Eficiência do uso de água (kg/ha/mm)		Índice de colheita	
	BR-1	Pitiúba	BR-1	Pitiúba
Irigado	10,23Aa	8,41Aa	48,12	44,86
Estressado fase vegetativa	11,60Aa	6,80Ba	57,39	35,30
Estressado fase reprodutiva	9,90Aa	9,15Aa	42,29	41,07

Obs.: Letras diferentes indicam significância de 5%.

Letra maiúscula indica comparação entre cultivares com o mesmo tratamento.

Letra minúscula indica comparação entre tratamentos de mesma cultivar.

A ausência de letras indica que não houve diferença significativa de 5%.

não diferem significativamente, o mesmo acontecendo com os valores de produção de grãos.

Os valores do índice de colheita das cultivares BR-1 e Pitiúba são mostrados na Tabela 6. Os tratamentos não causaram diferenças significativas no índice de colheita das cultivares estudadas.

CONCLUSÕES

1. A alta demanda evaporativa e as limitações na disponibilidade de água no solo nas fases vegetativa e reprodutiva (floração e maturação) não foram capazes de induzir reduções significativas no potencial hídrico das folhas das cultivares de caupi estudadas.

2. A ausência de estresse hídrico nas plantas mesmo depois de três semanas sem receber qualquer suprimento e água durante período de alta demanda evaporativa indica que as cultivares de caupi estudadas têm excelentes mecanismos de fuga ou escape contra à seca.

3. Ao final do período de estresse na fase vegetativa, de todos os parâmetros medidos,

somente os teores de proteínas sofreram reduções significativas, mas mesmo assim restritas à cultivar Pitiúba. Contudo, estas reduções não foram capazes de induzir decréscimo no crescimento ou produção de grãos.

4. As cultivares de caupi estudadas, BR-1 e Pitiúba, apresentaram eficientes mecanismos de fuga ou escape à seca, mantendo os tecidos hidratados e evitando alterações deletérias ao nível do metabolismo celular, mesmo com a ocorrência de grande déficit de água no solo e na atmosfera.

5. A baixa produtividade do caupi no semi-árido do Nordeste do Brasil não pode ser tida como um processo dependente essencialmente da seca. Possivelmente, outros fatores ambientais, como as altas temperaturas noturnas e a sensibilidade ao fotoperíodo, podem exercer importantes limitações na produção de grãos.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido como parte do Projeto PDCT/CE-08, dentro do programa BID/CNPq/PDCT/NE, a quem os autores expressam os seus agradecimentos.

REFERÊNCIAS

- ALBERT, R.S.; FISCUS, E.L.; NAYLOR, A.W. The effects of water stress on the development of the photosynthetic apparatus in greening leaves. **Plant Physiology**, v.55, p.317-321, 1975.
- ALLEN, C.F.; GOOD, P. Acyl lipid in photosynthetic systems. **Methods in Enzymology**, v.23, p.523-547, 1971.
- ARNON, D.I. Cowpea enzymes in isolated chloroplast polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v.24, p.1-15, 1949.
- BEZERRA, F.M.L. **Efeito do potencial matricial e da época de plantio na produtividade de dois cultivares de feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), no Vale do Curu, sob regime de irrigação.** [S.l.]: UFC, 1985. 39p. Tese de Mestrado.

- GARDNER, H.W.; KLEIMAN, R.; WEISLEDER, D. Plant lipids: Composition and distribution. **Lipids**, v.9, p.696, 1974.
- GOMEZ, K.A.; GOMEZ, A.A. **Statistical procedures for agricultural research**. New York: John Wiley & Sons, 1985. 600p.
- HALL, A.E.; PATEL, P.N. Breeding for resistance to drought and heat. In: SING, S.R.; RACHIE, K.O. (Eds.). **Cowpea research**; production and utilization. New York: John Wiley & Sons, 1985.
- LOWRY, O.H.; ROSEBROUGH, N.T.; FARRAL, A.L.; RANDALL, R.J. Protein measurements with folin reagents. **Journal of Biological Chemistry**, v.193, p.265-275, 1951.
- MCKINNEY, G. Absorption of light chlorophyll solution. **Journal of Biological Chemistry**, v.140, p.315-322, 1941.
- SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; HEMMINGSEN, E.A.; BRADSTREET, E.D. Hydrostatic pressure and osmotic potential in leaves of mangrove and some other plants. **Proceedings of the National Academy of Sciences of United States of America**, v.52, p.119-125, 1964.
- SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; HEMMINGSEN, E.A.; BRADSTREET, E.D. Sap pressure in vascular plants. **Science**, v.148, p.339-346, 1965.
- TURK, K.J.; HALL, A.E.; ASBELL, C.W. Drought adaptation of cowpea. I. Influence of drought on seed yield. **Agronomy Journal**, v.72, p.413-420, 1980.
- WARRAG, M.O.A.; HALL, A.E. Reproductive responses of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) to heat stress. I. Responses to soil and dry air temperature. **Field Crops Research**, v.8, p.17-33, 1984.