

Feijão caupi e déficit hídrico em suas fases fenológicas

Cowpea submitted to water deficit in different growth periods

Francisco Marcus L. Bezerra¹, Marcos A. E. Araripe¹, Elizita Maria Teófilo²,
Lucileudo G. Cordeiro³ e João José A. dos Santos³

RESUMO

Objetivou-se, com este trabalho, estudar o comportamento da cultivar de feijão caupi (*Vigna unguiculada* (L.) Walp.), Epace-11, quanto à produtividade, número de vagem por planta, comprimento de vagem, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos, sob regime de déficit hídrico, em diferentes estádios fenológicos. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições e oito tratamentos; estes definidos em função da época de indução do déficit hídrico nos diferentes estádios fenológicos da cultura, correspondendo à ocorrência de déficit hídrico em um, dois ou três estádios. O déficit hídrico foi obtido aplicando-se metade da lâmina usada para o tratamento sem déficit. Os resultados encontrados mostram que o estágio de enchimento de grãos foi o mais sensível ao déficit hídrico quando este foi aplicado em apenas um estágio, reduzindo a produtividade em 26,2% em relação à testemunha. Durante todo o ciclo, o déficit hídrico reduziu em 59% a produção de grãos, comparando-se com o tratamento sem déficit. O número médio de vagens por planta e o número de grãos por vagem foram afetados pela deficiência hídrica, mas o tamanho médio das vagens e o peso de 100 grãos não foram afetados.

Termos para indexação: *Vigna unguiculada*, componentes de produção, manejo de irrigação.

ABSTRACT

This research was carried out in the experimental area of the Laboratory of Hydraulics and Irrigation of the Agricultural Engineering Department, Federal University of Ceará, Fortaleza, CE. The research had as objectives to evaluate the productivity, medium number of pod per plant, medium size of the pod, medium number of grains per pod and weight of 100 grains, under water deficit at different growth periods. The experimental design was randomized blocks, with four replications and eight treatments. The treatments were defined in function of the time of induction of the water deficit at different crop development stages, corresponding to the occurrence of the water deficit in one, two or three stages. For the treatments with water deficit were irrigated with half of water used for the treatment without deficit of water. Results showed up that mid-season period was the most sensitive to the water deficit when it was applied in just that period. The productivity reduced 26,2% in relation to the reference. The deficit of water during the whole cycle reduced the yield 59%, being compared with the treatment without deficit. The medium number of beans per plant and the number of grains per beans was affected for the deficiency of water. The medium size of beans and the weight of 100 grains were not affected.

Index terms: *Vigna unguiculada*, yield components, irrigation management.

¹ Professor da Universidade Federal do Ceará. Centro de Ciências Agrárias - Dep. de Engenharia Agrícola, Fortaleza - CE. E-mail: mbezerra@ufc.br

² Pesquisadora da Universidade Federal do Ceará. Centro de Ciências Agrárias - Dep. de Fitotecnia, Fortaleza - CE.

³ Professor do Centro Vocacional Tecnológico, Fortaleza - CE.

Introdução

O feijão caupi (*Vigna unguiculada* (L.) Walp.) é o alimento básico das populações mais pobres, exercendo importante função social no suprimento das necessidades nutricionais dessa camada, além de desempenhar papel fundamental na composição da produção agrícola brasileira, particularmente das regiões Norte e Nordeste.

No Nordeste, as pesquisas realizadas com o feijão caupi são geralmente dirigidas para as variações nos índices de colheita em resposta ao ambiente (Bezerra et al. 1991; Bezerra, 1992; Carvalho, 1995); entretanto, deve-se verificar mais sobre as implicações fisiológicas e de produção dessa cultura, quando submetida a estresse hídrico. A maneira como o déficit hídrico se desenvolve na planta é bastante complexa, pois afeta praticamente todos os aspectos de crescimento, incluindo modificações anatômicas, morfológicas, fisiológicas e bioquímicas.

Resultados de trabalhos realizados com feijão mostram que os estádios de floração e enchimento de grãos são os mais críticos ao déficit hídrico (Shouse et al. 1981; Ferreira et al. 1991; Fiegenbaum et al. 1991; Brito, 1993; Guimarães et al. 1996; Andrade et al. 1999).

Labanauskas et al. (1981) estudando o efeito do déficit hídrico nos diferentes estádios de crescimento e produção de grãos, concluíram que a disponibilidade hídrica escassa durante as fases de floração e formação das vagens na cultura do caupi, reduziu a produção em 44 e 29%, respectivamente, quando comparado com o tratamento que não sofreu déficit hídrico. Com relação ao estádio vegetativo, o déficit hídrico imposto não mostrou efeito significativo na produção de grãos. Shouse et al. (1981) analisando o efeito do déficit hídrico na produção de caupi, verificaram que o estresse durante os estádios de florescimento e enchimento das vagens exerceu influência negativa reduzindo, entre 35 a 69%, a produção de grãos. O estresse durante o estádio vegetativo exerceu menor efeito sobre a produção de grãos.

Bastos et al. (2002) avaliando o crescimento e o desenvolvimento do feijão caupi sob diferentes lâminas de irrigação, constataram redução marcante da área foliar da cultura, à medida que se intensificou o estresse hídrico. Andrade Jr. et al. (2002) constataram, também, efeito dos níveis de irrigação aplicados em duas cultivares de caupi sobre as características agrônomicas número de vagem por planta e produtividade de grãos.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo analisar a influência do déficit hídrico nos estádios vegetativo, na floração e enchimento de grãos, sobre as características agrônomicas de produção do feijão caupi, cultivar Epace-11.

Material e Métodos

Este trabalho foi conduzido, durante o segundo semestre do ano de 1996, na área experimental do Laboratório de Hidráulica e Irrigação do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, no município de Fortaleza (3° 44' S; 38° 33' W e 20m).

O clima da região, na classificação climática de Köppen, é do tipo Aw', isto é, subúmido, com chuvas de outono. A temperatura máxima média mensal é de 27°C e a mínima de 25°C, e sua precipitação média anual é de 1470 mm, concentrada no período de fevereiro a maio.

As características físicas do solo da área experimental (Argissolo Vermelho-Amarelo) foram determinados no laboratório de Física de Solos do Departamento de Engenharia Agrícola e são apresentados na Tabela 1.

Os parâmetros de ajuste da equação da curva de retenção de água do solo [eq.(1)] pelo modelo de Van Genuchten estão apresentados na Tabela 2, para as profundidades de 0,10, 0,30, e 0,50 m.

$$\theta = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{[1 + (\alpha \psi_m)^n]^m} \quad \text{eq.(1)}$$

em que:

θ – umidade do solo, m³ m⁻³

θ_r – umidade residual do solo, m³ m⁻³

θ_s – umidade de saturação do solo, m³ m⁻³

ψ_m – potencial mátrico da água no solo, kPa

α , n e m – parâmetros de ajuste da equação

Tabela 1 - Características físicas do solo Argissolo da área experimental.

Profundidade (cm)	Granulometria (%)			Classe textural	Densidade do solo (kg.m ⁻³)
	Areia	Silte	Argila		
10	81,3	8,2	10,5	Arenosa	1.620
30	84,1	5,2	10,7	Arenosa	1.770
50	69,3	8,0	22,7	Média	1.610
70	60,0	8,0	32,0	Média	1.600

Tabela 2. Parâmetros da equação da curva característica da água no solo pelo modelo de Van Genuchten da área experimental para as profundidades 0,10; 0,30 e 0,50m.

Profundidade (cm)	θ_R ($m^3 \cdot m^{-3}$)	θ_s ($m^3 \cdot m^{-3}$)	α (kPa^{-1})	N	m
10	0,060	0,295	0,0185	1,9110	0,4767
30	0,078	0,288	0,0400	1,4782	0,3235
50	0,066	0,356	0,0890	1,1184	0,1059

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições e oito tratamentos, perfazendo o total de 32 unidades experimentais. Os tratamentos foram definidos em função da época de indução do déficit hídrico nos diferentes estádios fenológicos da cultura (vegetativo, floração e enchimento de grãos) e assim agrupados: T_1 – tratamento em que a cultura não sofreu nenhum déficit hídrico nos três estádios fenológicos; portanto, a evapotranspiração foi à máxima; T_2 – a cultura sofreu déficit no estágio de enchimento de grãos; T_3 – déficit no estágio de floração; T_4 – déficit nos estádios de floração e enchimento de grãos; T_5 – déficit no estágio vegetativo; T_6 – déficit nos estádios vegetativo e enchimento de grãos; T_7 – déficit nos estádios vegetativo e floração e T_8 – déficit nos três estádios fenológicos.

Inicialmente, toda a área experimental foi irrigada por um sistema de aspersão convencional, para estabelecimento e uniformização da cultura nos estádios iniciais. Conforme os tratamentos previstos, após a uniformização do estande, as irrigações passaram a ser aplicadas por um sistema em forma de bastão, feito de PVC rígido de $\frac{3}{4}$ " de diâmetro com 2,2m de comprimento e furos de 2 em 2cm; em uma de suas extremidades foram instalados um registro e um hidrômetro de vazão máxima igual a $1,5 m^3 h^{-1}$ e resolução de $0,0001 m^3$. Durante as irrigações o equipamento era movimentado manualmente em toda a parcela, para se ter melhor distribuição de água.

As parcelas sem déficit hídrico receberam irrigações quando o potencial mátrico do solo, medido no tensiômetro a 0,10m, atingia $-15 kPa$. As lâminas de irrigação foram definidas em função do potencial da água no solo, nas profundidades de 0,10 e 0,30m e a profundidade efetiva do sistema radicular estimada para a cultura foi de 40cm. As expressões para o cálculo das lâminas de irrigação foram:

Camada (0 - 20) m

$$L_{(0-20)} = (\theta_{cc10} - \theta_{a10}) \times 200 \quad (2a)$$

Camada (0,20 – 0,40) m

$$L_{(20-40)} = (\theta_{cc30} - \theta_{a30}) \times 200 \quad (2b)$$

donde:

$L_{(0-20)}$ e $L_{(20-40)}$ - lâmina de irrigação para as camadas de 0 a 0,20m e de 0,20 a 0,40m, respectivamente, em mm

θ_{cc10} e θ_{cc30} - umidade do solo correspondente às capacidades de campo, nas profundidades de 0,10 e 0,30m, respectivamente, em $m^3 m^{-3}$

θ_{a10} e θ_{a30} - umidade do solo no momento das irrigações, nas profundidades de 0,10 e 0,30m, respectivamente, em $m^3 m^{-3}$

As lâminas de água aplicadas nas parcelas em déficit corresponderam à metade da lâmina média aplicada no tratamento sem déficit. As medições diárias das tensões da água no solo foram feitas por baterias de tensiômetro instaladas nas profundidades de 0,10; 0,30; 0,50 e 0,70m. Cada tratamento recebeu, em duas de suas quatro repetições, uma bateria de tensiômetro nas profundidades citadas, com exceção do tratamento que não sofreu déficit, o qual recebeu, em cada repetição, uma bateria de tensiômetros. Os tensiômetros instalados a 0,10m de profundidade serviram para indicar o momento da irrigação e, juntamente com as leituras de 0,30m, o cálculo da lâmina de irrigação.

Cada unidade experimental foi constituída por 10 linhas de plantas de 2m de comprimento, espaçadas 0,8m. O espaçamento entre as plantas na linha foi de 0,4m. As plantas situadas nas laterais das parcelas serviram como bordadura. Cada parcela ocupou uma área de $16 m^2$, sendo que, a área útil continha 48 plantas ocupou $7,68 m^2$, na qual, foram feitas todas as medições de parâmetros de produtividade.

Colocaram-se cinco sementes por cova, deixando-se, após o desbaste, duas plantas, totalizando 100 plantas em cada unidade experimental.

Utilizou-se uma adubação de fundação em todas as unidades experimentais, na proporção de $20 kg ha^{-1}$ de N, $80 kg ha^{-1}$ de P_2O_5 , $10 kg ha^{-1}$ de K_2O , com base na análise de solo. Os produtos utilizados foram uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio. Por outro lado, os tratos culturais, como capinas e controle de pragas e doenças, foram realizados no decorrer do ciclo da cultura, a medida em que se faziam necessários. As capinas foram efetuadas manualmente, com enxada, de acordo

com a ocorrência de ervas daninhas, enquanto o controle das pragas e doenças foi feito com aplicação dos produtos Monocrotophos e Mancozeb.

A colheita das unidades experimentais foi realizada manualmente, quando apresentavam mais de 50% de vagens maduras.

Avaliação da produção

A análise de produção se deu dentro da área útil, levando-se em consideração os seguintes parâmetros:

- número médio de vagens por planta: determinou-se a média do número de vagens em 40% do total das plantas da área útil;
- tamanho médio das vagens: determinado em 30 vagens retiradas ao acaso em cada parcela, sendo as mensurações realizadas com uma régua e um barbante;
- número médio de grãos por vagem: efetuado em 30 vagens retiradas aleatoriamente em cada parcela;
- peso de 100 grãos: obtido das vagens retiradas aleatoriamente em cada parcela, utilizando-se uma balança analítica de 0,01 g de precisão;
- grau de umidade: duas amostras de semente, de aproximadamente 50 g cada uma, foram colocadas em estufa elétrica a 105°C durante 24 horas; após esse tempo, foram pesadas em balança de 0,01g de precisão e determinado o peso seco. O teor de água foi calculado utilizando-se a expressão abaixo, conforme Bezerra (1992).

$$\% U_U = \frac{P_u - P_s}{P_u} 100 \quad (3)$$

em que:

U_U - grau de umidade na base úmida, em %

P_u - peso das sementes úmidas, em g

P_s - peso das sementes secas, em g

- produtividade: determinou-se a produção em cada parcela e, em seguida, os valores obtidos foram transformados em kg ha^{-1} . A correção da produtividade foi feita para um grau de umidade de 13%, conforme metodologia citada por Bezerra (1992).

$$PC = \frac{(100 - U)}{87} \quad (4)$$

em que:

PC - produtividade corrigida para um teor de umidade de 13%, em kg ha^{-1}

P - produtividade avaliada após a colheita, em kg ha^{-1}

U - teor de água dos grãos, determinado após a avaliação de P, em %

Resultados e Discussão

Nas Tabelas 3 e 4 encontra-se o resumo das análises de variâncias e as comparações das médias dos dados relativos às variáveis: produtividade de grãos (PG), número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagem (CV), número de grãos por vagem (NGV) e massa de 100 grãos (MCG) do feijão caupi.

A análise de variância (Tabela 3) revelou efeitos significativos nos tratamentos para as características agrônomicas produtividade de grãos (PG), número de vagens por planta (NVP) e número de grãos por vagem (NGV). Na Tabela 4, verifica-se que a comparação das médias de tratamentos houve diferenças significativas. A produtividade média dos tratamentos 1, 3 e 5 diferiu estatisticamente apenas do tratamento 8. Os tratamentos 1, 3 e 5 não diferiram estatisticamente entre si; no entanto, o tratamento 8, que sofreu déficit hídrico nas três fases, mostrou produtividade inferior à dos demais, apesar de não diferir estatisticamente dos tratamentos 2, 4, 6 e 7. O déficit hídrico durante todo o ciclo (tratamento 8) reduziu em 59% a produção de grãos, comparando-se com o tratamento sem déficit.

Tabela 3 - Resumo de análises de variância das características agrônomicas do feijão caupi.

Causas de variação	G.L.	Quadrados Médios				
		PG	NVP	CV	NGV	MCG
Tratamento	7	35,777*	0,032*	0,826	3,629*	1,939
Blocos	3	12,909	0,027	0,448	0,081	1,858
Resíduo	21	8,321	0,011	0,513	0,637	1,144
CV(%)		10,49	1,03	3,15	5,17	5,57

* Significativo ao nível de 5% (Teste F)

Entre os tratamentos que sofreram déficit em dois estádios fenológicos (tratamentos 4, 6 e 7) o que sofreu déficit nos estádios vegetativo e enchimento dos grãos apresentou redução maior da produção de grãos em relação ao tratamento sem déficit (38,8%). Brito (1993) encontrou redução de 22% na produtividade do feijoeiro, quando o efeito do déficit hídrico ocorreu nos estádios de floração e enchimento de grãos; nesta pesquisa, a redução foi de 30,9% em relação ao tratamento sem déficit hídrico.

Tabela 4 - Valores médios* de produtividade de grãos (PG), número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagem (CV), número de grãos por vagem (NGV) e massa de 100 grãos (MCG) do feijão caupi, obtidos nos oito tratamentos

Trat.	Déficit hídrico	PG (kg/ha)	NVP	CV (cm)	NGV	MCG (g)
T1	S ¹	939,73 a	13,20 a	23,23 a	16,48 a	18,20 a
T2	E ²	693,57 a b	11,15 a b	23,45 a	16,85 a	18,68 a
T3	F ²	745,50 a	11,84 a b	23,00 a	15,65 a b	18,65 a
T4	F E	648,51 a b	9,15 a b	22,15 a	14,05 b	19,33 a
T5	V ²	750,91 a	10,31 a b	22,63 a	15,60 a b	19,10 a
T6	V E	574,60 a b	10,29 a b	22,63 a	15,38 b	19,63 a
T7	V F	577,77 a b	9,17 a b	22,73 a	15,05 a b	20,28 a
T8	V F E	385,53 b	7,01 b	22,22 a	14,38 b	19,88 a

* Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si, pelo Teste de Tukey a 5%

¹ S - Sem déficit hídrico

² V, F, E - Déficit hídrico nos estádios vegetativo, floração e enchimento de grãos, respectivamente

O déficit aplicado em apenas um estágio fenológico, como nos tratamentos 2, 3 e 5, reduziu a produtividade em 26,1, 20,7 e 20,1%, respectivamente, em relação à testemunha, indicando a necessidade de um suprimento adequado de água no estágio de enchimento de grãos. Labanauskas et al. (1981) aplicando déficit hídrico nesta fase no feijão caupi, verificaram redução de 29% na produção em relação ao tratamento sem estresse; Turk et al. (1980) observaram redução de 44% na produção, quando o déficit ocorreu no estágio de floração do caupi.

O déficit hídrico imposto nos estádios floração e/ou enchimento de grãos, não resultou em grandes perdas de produção, possivelmente devido aos intervalos dos estádios fenológicos da cultura, que foram bastante curtos (floração: 10 dias e enchimento de grãos, 9 dias).

Com relação aos componentes comprimento de vagem e massa de 100 grãos, observa-se que não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos, ou seja, o déficit hídrico não influenciou essas duas variáveis. Ferreira (1992) analisando quatro cultivares de caupi (Br - 1; Mimoso; Epacé - 1 e Pitiúba) submetidas a cinco níveis de irrigação, também não encontrou influência do estresse hídrico que modificasse significativamente o comprimento de vagem, nem a massa de 100 grãos.

O componente número de vagens por planta, indica que o tratamento sem déficit hídrico não diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, com exceção do tratamento 8, que se mostrou inferior a todos os demais tratamentos. Analisando-se este com-

ponente, observa-se que os tratamentos com déficit hídrico no estágio de floração, foram os que apresentaram menor número médio de vagens por planta. Fiegenbaum et al. (1991) constataram, também, redução no número de vagens por planta, quando submeteram o feijoeiro a déficit hídrico no estágio de floração.

Os resultados obtidos com relação a esta variável de produção, confirmam a conclusão apresentada por Turk & Hall (1980) de que o caupi é sensível ao déficit hídrico durante o estágio de floração.

Por fim, com relação ao parâmetro número de grãos por vagem, observa-se que o tratamento 2 (déficit na fase de enchimento de grãos) mostrou-se superior à testemunha (tratamento sem déficit hídrico) embora estatisticamente não tenham diferido; já os tratamentos 3, 5, 6 e 7 apresentaram-se iguais estatisticamente, não havendo influência do estresse aplicado nas suas fases. O tratamento 4 (déficit na fase de floração e enchimento de grãos) apresentou número médio de grãos por vagem inferior ao dos outros tratamentos, mas estatisticamente diferiu dos tratamentos 1 e 2.

Conclusões

1. A aplicação de déficit hídrico em apenas um estágio fenológico causou redução maior na produtividade quando ocorrido no estágio de enchimento de grãos, sendo considerado o mais crítico ao déficit hídrico.
2. O déficit hídrico em dois estádios fenológicos causou maior redução na produtividade, quando aplicado nos estádios vegetativo e de enchimento de grãos. O déficit hídrico aplicado nos três estádios provocou a maior redução na produtividade.
3. O déficit hídrico afetou estatisticamente a produtividade de grãos, o número de vagem por planta e o número de grão por vagem.
4. O comprimento de vagem e a massa de 100 grãos não foram estatisticamente afetados pelo déficit hídrico.

Agradecimentos

À FUNCAP pelo apoio financeiro à pesquisa.

Referências Bibliográficas

- ANDRADE, E.M.; PEREIRA, O.J.; CRUZ, M.G.M. Resposta da cultivar BR-1 de caupi (*Vigna unguiculada* (L.) Walp.), submetido a diferentes deficiências hídricas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA Agrícola, 28, 1999, Pelotas. **Resumos...**: SBEA, 1999. CD Rom.
- ANDRADE JÚNIOR, A.S.; RODRIGUES, B.H.N.; FRIZZONE, J.A.; CARDOSO, M.J.; BASTOS, E. A.; MELO, F.B. Níveis de irrigação na cultura do feijão caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6,n.1, p.17-20,2002.
- BASTOS, E.A.; RODRIGUES, B.H.N.; ANDRADE JÚNIOR, A.S.; CARDOSO, M.J. Parâmetros de crescimento do feijão caupi sob diferentes regimes hídricos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.22, n.1, p.43-50, 2002.
- BEZERRA, A.M.E. **Produtividade e qualidade das sementes de feijão de corda em diferentes colheitas**. 1992. 103f. Dissertação.(Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza:
- BEZERRA, A.M.E.; Assunção, M.V.; Mattos, S.V. Efeitos da época de colheita na produtividade e qualidade de semente de vigna unguiculada. In: REUNIÃO NACIONAL DE CAUPI, 3, 1991, Fortaleza, **Resumos ...** Fortaleza: Imprensa Universitária, UFC, 1991. p.77.
- BRITO, J.A.P. DE. **Respostas de caupi (*Vigna unguiculada* (L.) Walp.) a diferentes períodos de deficiência hídrica**. 1993. 125f. Dissertação.(Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza
- CARVALHO, W.P.DE. **Efeito da densidade de plantio em cultivares de feijão de corda (*vigna unguiculada* (L.) Walp) sob condição de irrigação**. 1995. 134f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- FERREIRA, L.G.R. Avaliação das respostas fisiológicas e produtividade biológica de cultivares de caupi (*Vigna unguiculada* (L) Walp) sob diferentes regimes hídricos. Fortaleza: UFC, 1992. 110p. **Tese Concurso Professor Titular**
- FERREIRA, L.G.R.; COSTA, J.O.; ALBUQUERQUE, I.M.DE. Estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva de duas cultivares de caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.7, p.1049-55, 1991.
- FIEGENBAUM, V.; SANTOS, D.S.B.DOS; MELLO, V.D.C.; SANTOS FILHO, B.G.DOS; TILLMANN, M.A.A.; SILVA, J.B. Influência do déficit hídrico sobre os componentes do rendimento de três cultivares de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.2, p.275-80, 1991.
- GUIMARÃES, C.M.; STONE, L.F.; BRUNINI, O. Adaptação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.7, p.481-488, 1996.
- LABANAUSKAS, C.K.; SHOUSE, P.; STOLZY, L.H. Effects of water stress at various growth stages on seed yield on nutrient concentrations of field-grown cowpeas. **Soil Science**, Baltimore, v.131, n.4, p.249-256, 1981.
- SHOUSE, P.; DASBERG, S.; JURY, W.A.; STOLZY, L.H. Water deficit effects on water potential, yield, and water use cowpeas. **Agronomy Journal**, Madison, v.73, p.333-336, 1981.
- TURK, K.L.; HALL, A.E.; ASBELL, C.W. Drought adaptation of cowpea. I. influence of drought on seed yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, n.3, p. 413 – 420, 1980.
- TURK, K.L.; HALL, A.E. Drought adaptation of cowpea. II. influence of drought on plant water status and relations with seed yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, n.3, p. 421 – 427, 1980.