

Estresse Hídrico em Cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. em Simbiose com o *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli*¹

C. Pimentel*, J. Neto Jacob**, S.R. Goi***, G.G. Pessanha*

ABSTRACT

Water stress was applied in seven cultivars of *Phaseolus vulgaris* L., five days before flowering, for a period of 11 days, and then rehydrated until maturation. Data show that leaf water potential was a better parameter compared to the relative water content, which appeared very variable. During water stress, the soil temperature increased, almost reaching air temperature. With water stress, two cultivars ('A 320' and 'BAT 117') kept the water potential above the others. The cultivars V 8025 and GF 830162 showed a reduction on the aerial part/root ratio when exposed to water stress. The biological nitrogen fixation parameter of three cultivars ('BAT 117', 'V 8025' and 'GF 830162') was more affected by water stress than the plant morphology parameter. Two cultivars ('BAT 117' and 'V 8025') showed greater grain production when exposed to water stress. However, cultivar A 320 and V 8025 showed greater production stability.

RESUMO

Durante 11 dias foi aplicado um estresse hídrico, em sete cultivares de *Phaseolus vulgaris* L., aos cinco dias antes da antese de flores. Após, as plantas foram reidratadas até o fim do ciclo de maturação, para avaliação dos componentes de produção. Em condições de deficiência hídrica, o potencial hídrico da folha foi um melhor parâmetro de status hídrico, do que o conteúdo hídrico relativo da folha, que foi bastante variável. Com a imposição do estresse, a temperatura do solo aumenta, aproximando-se da temperatura do ar. Durante a carência hídrica, as cultivares BAT 117 e A 320 mantiveram o potencial hídrico da folha superior às outras cultivares. As plantas estressadas das cultivares V 8025 e GF 830162, apresentaram uma menor relação parte aérea/raiz, quando comparadas às testemunhas. Em relação a fixação biológica do N₂, as cultivares BAT 117, V 8025 e GF 830162 foram afetadas pela falta d'água. Sendo estes parâmetros mais sensíveis ao efeito do estresse, do que os parâmetros de morfologia da planta. As cultivares BAT 117 e V 8025, mesmo sofrendo um efeito significativo do estresse, apresentaram as maiores produções. Contudo, as cultivares A 320 e V 8025 apresentaram uma maior estabilidade de produção, sofrendo menos o efeito do estresse.

INTRODUÇÃO

A deficiência hídrica é uma das maiores pressões seletivas na evolução das plantas e a habilidade de sobrevivência durante um estresse hídrico é determinante para a distribuição e produtividade das plantas cultivadas (8)

O feijoeiro apresenta uma baixa eficiência fotossintética e sua produção é drasticamente reduzida pelo estresse hídrico (14). Os primeiros efeitos da desidratação se manifestam pela redução no crescimento foliar e aumento da resistência estomática, reduzindo a atividade fotossintética (5). Parece existir uma variabilidade na resistência à seca entre cultivares (16),

pois dependendo da cultivar, a magnitude desta redução afeta diferentemente a produção de matéria seca e de grãos (3)

Existe uma diminuição na produção de grãos, em função do aumento do número de dias de estresse, bem como, dos diferentes genótipos de feijão (20). O melhoramento de plantas para regiões de menor pluviosidade, visando aumentar a produtividade, deve procurar aquelas que mantenham um status hídrico superior, associado com um aumento do sistema radicular (6)

A produção do feijoeiro é mais afetada quando o estresse hídrico ocorre cinco a 10 dias antes da antese das flores (11, 14), podendo causar neste período, uma diminuição na produção de grãos de mais de 50 % (9)

Em plantas de feijão em simbiose com *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli*, o conteúdo hí-

1 Recebido para publicação em 29 novembro 1988
Agradecimentos a colaboração dos alunos do curso de Agronomia: Andrés J. de la Cruz Perez e Amaro Ricardo Queiróz Rosero.

* Prof. Adj.; Depto. Fitotecnia, UFRRJ.

** Prof. Ass.; Depto. Fitotecnia, UFRRJ.

*** Prof. Adj. Depto. Ciências Amb., UFRRJ.

drico do solo pode afetar a nodulação e fixação de N_2 , bem como a utilização do nitrogênio mineral (12, 18 e 19). O estresse hídrico afeta a iniciação, o desenvolvimento e a estrutura dos nódulos, bem como a atividade de nitrogenase (17, 22). O potencial hídrico das folhas é correlacionado à fixação de N_2 em plantas sob deficiência hídrica (24). As plantas desenvolvidas em solo seco podem apresentar um potencial hídrico do nódulo mais baixo que o da folha, sendo a atividade da nitrogenase bastante sensível à redução do potencial hídrico do nódulo (4).

Com relação à seleção de cultivares, genótipos que mantenham um status hídrico elevado, podem ter um potencial de fixação de N_2 maior durante o período de estresse, que aqueles suscetíveis (25).

Neste trabalho, foi estudado o efeito do estresse hídrico no desenvolvimento da planta, na fixação do N_2 atmosférico e na produção de grãos em sete cultivares de feijão.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas sete cultivares de feijão para estudar o comportamento destes, em condições de estresse hídrico: 'GRANDE RIO', 'BAT 117', 'GF 1138', 'A 320', 'GF 830162', 'BAT 447' e 'V 8025'. Estas cultivares foram obtidas da coleção de germoplasma do Centro Nacional de Pesquisa em Arroz e Feijão (CNPAP), da EMBRAPA. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com 3 repetições.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com temperatura média entre 24 °C e 35 °C (mínima e máxima) e umidade relativa do ar média entre 37 % e 70 % (mínima e máxima). Utilizou-se potes com 10 kg de solo do horizonte B de um solo Podzólico vermelho-amarelo, com uma adubação de 60 kg/ha de K_2O ; 100 kg/ha de P_2O_5 ; 2 000 kg de Calcário dolomítico, tomando-se por base 2 000 t de solo por hectare. Foi adicionado também 10 ml/pote da solução de micronutrientes com: 15,8 g de $CuSO_4 \cdot 5 H_2O$; 8,9 g de $ZnSO_4 \cdot 7 H_2O$; 0,3 g de H_3BO_3 ; 20 g de $FeSO_4 \cdot 7 H_2O$; 20 g de ácido cítrico; 0,4 g de $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4 H_2O$, por litro. As plantas foram inoculadas no momento do plantio, com uma mistura das estirpes: CO 5 e SEMIA 487.

O tratamento de estresse hídrico foi feito através de uma suspensão da irrigação aos 5 dias antes de antese de flores. As cultivares foram separadas em 2 grupos de plantas pela data de floração, para maior homogeneização: Grupo de floração 1, com 4 cultivares ('BAT 117'; 'A320'; 'GF 1138' e 'Grande Rio', com floração aos 46 dias após o plantio) e o Grupo

de floração 2, com 3 cultivares ('BAT 447'; 'V 8025' e 'GF 830162', com floração aos 52 dias após o plantio).

Foram feitas 2 coletas de plantas para avaliação de parâmetros de desenvolvimento das plantas e de fixação de N_2 atmosférico. Estas coletas foram feitas antes do tratamento de estresse (AE) e depois do estresse, após 2 dias de rehidratação para plantas que sofreram o tratamento (DCE), e que não sofreram (DSE). Nestas coletas, foram avaliados o potencial hídrico da folha, peso de parte aérea seca, peso de raiz seca e volume de raiz (volume de água deslocado), relação parte aérea/raiz, peso e número de nódulos e a medida da atividade da nitrogenase, pela redução do acetileno (15).

Entre as duas coletas, durante o período de estresse (11 dias para cada série), foram feitas medidas do conteúdo hídrico relativo da folha (C.H.R.) (2) e do potencial hídrico da folha, com um microvoltímetro a ponto de orvalho (modelo HR-33T da Wescor) e uma câmara de medida C-52. Foram feitas também medidas do potencial hídrico e temperatura do solo, com um sensor PT-55 e temperatura do ar com um termohigrógrafo.

Depois do estresse, as plantas foram rehidratadas até o final do ciclo de maturação para avaliação dos componentes da produção, em plantas que sofreram o estresse (CE) e as que não sofreram (SE).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O potencial hídrico do solo (Figs. 1 e 2) permaneceu estável até o 4º dia para os dois grupos de plantas, sofrendo após um abaixamento gradativo até o 9º dia (desidratação máxima). Com a rehidratação no 11º dia, o potencial hídrico retornou aos valores iniciais.

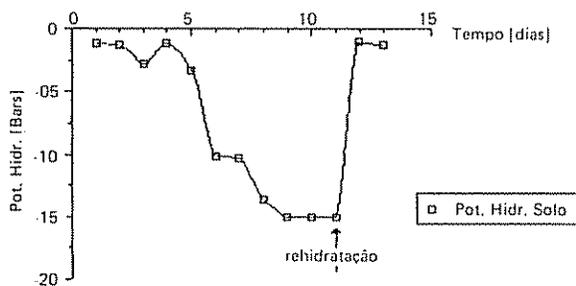


Fig 1 Efeito do estresse hídrico no potencial hídrico do solo durante 13 dias, em 4 cultivares do grupo de floração 1 (média de 3 repetições).

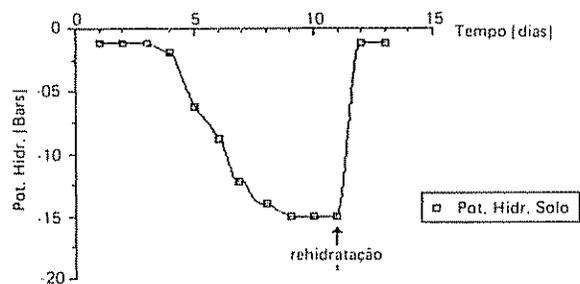


Fig 2 Efeito do estresse hídrico no potencial hídrico do solo durante 13 dias, em 3 cultivares do grupo de floração 2 (média de 3 repetições)

Com relação a temperatura do solo (Figs 3 e 4), esta manteve-se inferior a temperatura do ar quando o solo estava próximo da capacidade de campo, pelo fato da evaporação da água provocar um resfriamento do solo. Com a diminuição da hidratação do solo, a temperatura deste, apresentou uma tendência a aproximar-se da temperatura do ar. Este aumento da temperatura do solo pode afetar o metabolismo das raízes e do *Rhizobium*, somando-se ao efeito da deficiência hídrica (4)

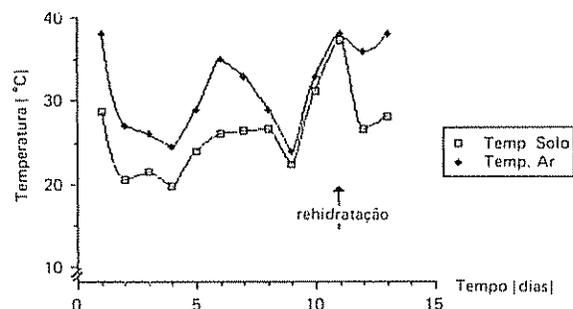


Fig 3 Temperatura do solo e do ar durante o período de estresse, em 4 cultivares do grupo de floração 1 (média de 3 repetições)

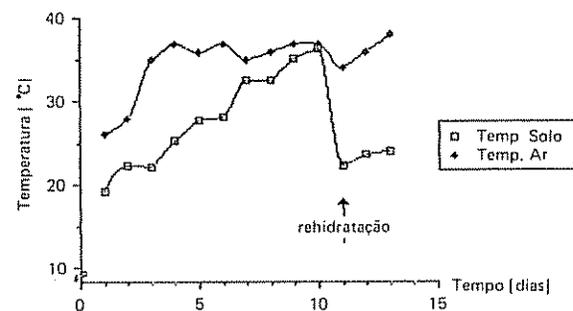


Fig 4 Temperatura do solo e do ar durante o período de estresse em 3 cultivares do grupo de floração 2 (média de 3 repetições)

No que se refere aos parâmetros utilizados para avaliação do status hídrico, o conteúdo hídrico relativo (Figs 5 e 6), nas cultivares estudadas, não foi um bom parâmetro indicador de efeito do estresse.

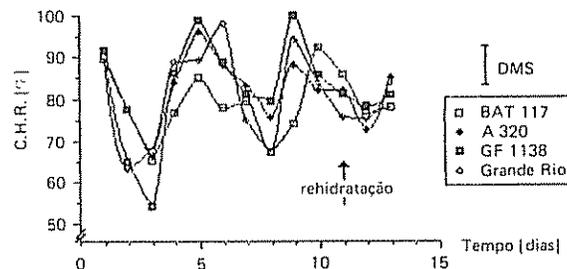


Fig 5 Efeito do estresse hídrico no conteúdo hídrico relativo em 4 cultivares do grupo de floração 1 (média de 3 repetições)

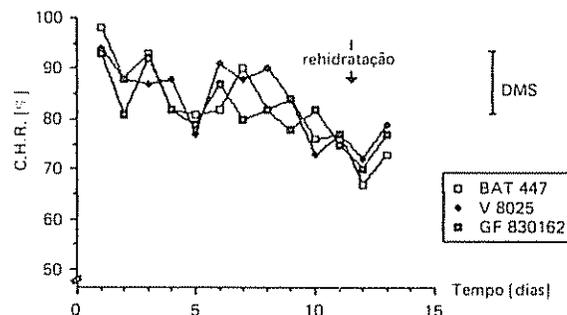


Fig 6 Efeito do estresse hídrico no conteúdo hídrico relativo em 3 cultivares do grupo de floração 2 (média de 3 repetições)

Pois, apesar de apresentar uma tendência a diminuição, sofreu grandes variações durante o tratamento. O potencial hídrico de folha (Figs 7 e 8) foi mais indicativo para o status hídrico, durante o estresse hídrico, confirmando os resultados de outros autores (5 e 23). Nos dois grupos de floração, foi observada uma diminuição gradativa do potencial hídrico das folhas durante o período de estresse. No Grupo de floração 1, o potencial hídrico da folha da cultivar A 320 foi significativamente superior ao das cultivares GF 1138 e Grande Rio, do 6º ao 9º dia de estresse. A cultivar BAT 117 também se diferenciou significativamente das cultivares GF 1138 e Grande Rio, no 7º e 8º dia sob estresse. Durante o período de deficiência hídrica, as cultivares BAT 117 e A 320 mantiveram um potencial hídrico superior às outras duas cultivares, provavelmente devido a um maior controle da abertura estomática (9). No grupo de floração 2 (Fig. 8) não houve diferença significativa no potencial hídrico da folha, entre as cultivares estudadas.

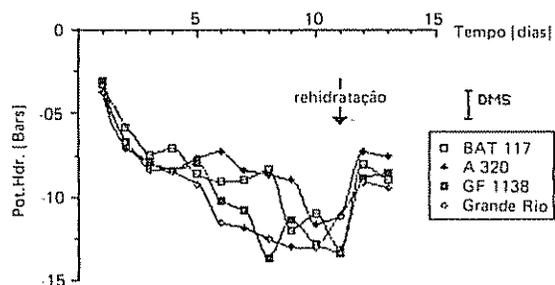


Fig. 7. Efeito do estresse hídrico no potencial hídrico da folha em 4 cultivares do grupo de floração 1 (média de 3 repetições).

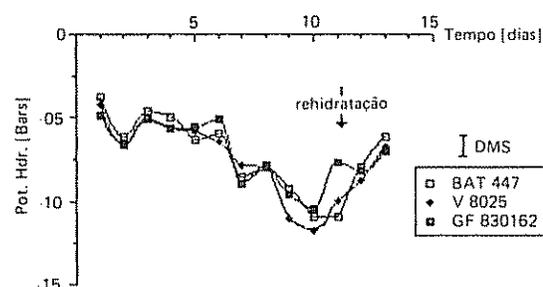


Fig. 8. Efeito do estresse hídrico no potencial hídrico da folha em 3 cultivares do grupo de floração 2 (média de 3 repetições).

Com os dados da TAB 1, comparou-se as plantas submetidas ao estresse (DCE) com aquelas não submetidas (DSE). O estresse causou uma redução significativa no volume de raiz da cultivar BAT 447, no peso da parte aérea seca, na relação parte aérea/raiz, das cultivares V 8025 e GF 830162 e no peso da parte aérea seca da cultivar BAT 117. O estresse hídrico aplicado mostrou pouca influência no volume de raiz, peso de raiz seca, peso de parte aérea e na relação parte aérea/raiz. O peso de raiz seca mostrou ser o parâmetro menos influenciado pelo estresse nas cultivares estudadas.

As cultivares V 8025 e GF 830162 mostraram um maior grau de adaptação morfológica em relação às demais, principalmente devido a uma maior redução na relação parte aérea/raiz, ou seja, apresentando um maior desenvolvimento do sistema radicular em detrimento da parte aérea da planta (6). A diminuição do peso da parte aérea durante a deficiência hídrica é devido a perda de folhas, diminuindo a superfície de transpiração, com a translocação de assimilados para a raiz e órgãos reprodutivos (5, 10)

Quando bem supridas de água, as cultivares BAT 117, V 8025 e GF 830162 apresentaram um maior potencial de fixação biológica de N_2 por planta, enquanto que a cultivar Grande Rio apresentou uma

Tabela 1. Potencial hídrico da folha (BARS) antes e depois do tratamento e efeito do estresse hídrico no volume (ML) e peso de raiz seca (G), peso da parte aérea seca (G) e relação parte aérea/raiz de sete cultivares de feijão (média de três repetições).

Cultivar	Potencial hídrico de folha			Volume de raiz			Peso de raiz seca			Peso da parte aérea seca			Relação parte aérea/raiz		
	AE	DCE	DSE	AE	DCE	DSE	AE	DCE	DSE	AE	DCE	DSE	AE	DCE	DSE
'BAT 117'	-3.21	-10.71	-10.75	1.34	1.40	1.36	1.22	1.06	1.28	4.64	2.20*	4.65*	3.80	2.08	3.63
'A 320'	-3.75	-10.90	-9.60	0.72	1.32	1.91	0.71	0.99	1.25	4.75	3.70	4.75	6.69	3.74	3.80
'GF 1138'	-3.05	-9.91	-10.48	1.79	2.27	1.60	1.18	1.26	1.12	4.50	3.25	4.50	3.81	2.58	4.02
'G. Rio'	-3.75	-11.48	-10.83	2.08	1.42	1.43	1.16	1.04	1.38	5.85	4.95	5.85	5.04	4.76	4.24
'BAT 447'	-6.21	-8.83	-8.10	1.81	1.77*	2.34*	1.23	1.45	1.54	5.27	4.30	5.27	4.28	2.97	3.42
'V 8025'	-6.71	-8.17	-7.40	1.29	0.73	1.38	0.77	0.87	0.84	6.00	4.50*	6.00*	7.79	5.17*	7.14*
'GF 830162'	-7.36	-7.44	-7.06	1.36	1.57	1.93	1.07	1.09	1.38	6.70	3.25*	6.70*	6.26	2.98*	4.86*
DMS 5%		2.32			1.42			0.76			2.40			1.87	
CV		18%			29%			21%			30%			26%	

AE = antes do estresse; DCE = depois com estresse; DSE = depois sem estresse; * = diferença significativa a 5% (Tukey), para os tratamentos com e sem estresse em cada cultivar

alta atividade específica de redução do acetileno (TAB 2. Os resultados obtidos apresentam um alto coeficiente de variação, por não obter-se para estes parâmetros, uma curva de distribuição normal) A cultivar de feijão BAT 117 foi a mais influenciada pelo estresse hídrico na fixação biológica de N_2 , mostrando uma redução significativa no número e

pêso de nódulos por planta e na atividade de redução do acetileno, em relação às outras cultivares. As cultivares V 8025 e GF 830162, que mostraram um maior grau de adaptação morfológica, foram influenciadas pelo estresse, no número e pêso de nódulos e atividade de redução do acetileno por planta. Isto mostra que os parâmetros de nodulação e fixação do

Tabela 2. Efeito do estresse hídrico no número e peso de nódulos secos (G), na atividade de redução do acetileno ($\mu\text{moles } C_2H_4 \cdot \text{Planta}^{-1} \cdot \text{H}^{-1}$) e na atividade específica de redução do acetileno ($\mu\text{moles } C_2H_4 \cdot \text{Grama de nódulos}^{-1} \cdot \text{H}^{-1}$) de sete cultivares de feijão (média de três repetições).

Cultivar	Número de nódulos			Peso de nódulos			At. de redução do acetileno			At. esp. de red. do acetileno		
	AE	DCE	DSE	AE	DCE	DSE	AE	DCE	DSE	AE	DCE	DSE
'BAT 117'	131	33*	155*	0.13	0.03*	0.16*	6.82	0.24*	5.00*	52.46	8.00	31.35
'A 320'	55	97	131	0.06	0.07	0.10	4.79	0.55	1.15	79.83	7.85	11.50
'GF 1138'	67	117	77	0.05	0.07	0.08	2.72	1.33	1.22	54.40	19.00	15.25
'G RIO'	35	47	57	0.01	0.11	0.02	1.28	0.65	1.71	128.00	5.90*	85.50*
'BAT 447'	62	127	96	0.08	0.12	0.08	4.00	1.24	2.51	50.00	10.33	31.37
'V 8025'	93	140	128	0.10	0.04*	0.14*	6.83	0.33*	5.20*	68.30	8.25	37.14
'GF 830162'	84	82*	154*	0.19	0.06*	0.16*	9.40	0.02	1.93	49.47	0.33	12.06
DMS 5 %	61			0.04			4.52			28.80		
CV	44 %			60 %			98 %			82 %		

AE = antes do estresse; DCE = depois com estresse; DSE = depois sem estresse; * = diferença significativa a 5 % (Tukey), para os tratamentos com e sem estresse, em cada cultivar

N_2 atmosférico, foram mais afetados pelo estresse hídrico do que os parâmetros morfológicos da planta de feijão. O abaixamento do potencial hídrico do solo teve um efeito direto na eficiência do processo de fixação biológica do N_2 . Este efeito pode ter sido agravado pela inabilidade das plantas estressadas em suprir os nódulos de fotoassimilados (7).

Durante o estresse hídrico, houve um aumento do número de nódulos por planta nas cultivares: A 320, GF 1138, Grande Rio, BAT 447 e V 8025 (TAB 2). Estas plantas sofreram uma diminuição, apesar de não ter sido significativa, da sua atividade específica de redução do acetileno por pêso de nódulos. Provavelmente houve um gasto metabólico das plantas para a formação de nódulos ineficientes quanto a fixação biológica do N_2 (21).

Em todas as cultivares, quando se comparou as plantas estressadas (DCE) com aquelas sempre hidratadas (DSE), com exceção da 'GF 1138', foi observada

uma diminuição da atividade de redução do acetileno. Isto talvez possa ser explicado pelo fato de que processos fisiológicos, como a atividade da nitrogenase, sofreram mais rapidamente o efeito do estresse, do que processos morfológicos como nodulação ou queda de folhas.

Em relação ao potencial produtivo das plantas (TAB 3), a cultivar A 320 só apresentou efeito significativo do estresse no número de grãos por planta. Além disto, esta cultivar apresentou uma menor diminuição do potencial hídrico da folha durante o estresse (Fig. 7), provavelmente devido a um maior controle da abertura estomática, o que é uma característica de grande interesse fisiológico para a tolerância à seca. Porém, a sua produção de grãos foi menor do que a produção das cultivares BAT 117 e V 8025. Estas cultivares, BAT 117 e V 8025, mesmo sofrendo uma diminuição significativa quando submetidas ao estresse (TAB 3), apresentaram maior produção em comparação às outras cultivares.

Tabela 3. Efeito do estresse hídrico no número de vagens, número de grãos e produção de grãos (em gramas) por planta de sete cultivares de feijão (média de três repetições).

Cultivar	No. vagens/PL		No. grãos/PL		Produção de grãos/PL	
	CE	SE	CE	SE	CE	SE
'BAT 117'	14*	24*	3*	5*	2.72*	5.00*
'A 320'	2	9	2*	7*	1.94	1.95
'GF 1138'	3*	13*	4*	16*	2.03	2.99
'GRANDE RIO'	3*	13*	4*	20*	2.63	4.32
'BAT 447'	2	9	4*	18*	1.99	3.11
'V 8025'	3	6	17*	27*	3.61	4.94
'GF 830162'	3	4	9*	18*	2.1	3.09
DMS 5 %	8.95		1.99		2.24	
C.V.	36 %		33 %		42 %	

CE = com estresse; SE = sem estresse, * = diferença significativa a 5 % (Tukey).

CONCLUSÕES

As cultivares A 320 e V 8025 apresentaram uma maior estabilidade de produção em condições favoráveis ou não, sendo esta característica importante para a seleção visando a tolerância à seca (1 e 13). Porém a produção de grãos das cultivares BAT 117 e V 8025, em condições de estresse, foram as maiores, mesmo tendo sido bastante afetadas pelo estresse hídrico na maioria dos parâmetros estudados.

LITERATURA CITADA

- ARNON, I. 1975. Physiological principles of dryland crop production. In *Physiological aspects of dryland farming*. Ed. by U S Gupta. England p. 1-145.
- BARRS, H D.; WEATHERLEY, P.E. 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. *Australian Journal of Biological Science (A.C.T.)* 15:413-28.
- BASCUR, G.; OLIVA, M A.; LAING, D. 1985. Termometría infrarroja en selección de genótipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes a sequía. II Crecimiento y productividad. *Turrialba (C.R.)* 35:49-53.
- BENNETT, J.M.; ALBRECHT, S.L. 1984. Drought and flooding effects on N₂ fixation, water relations, and diffusive resistance of soybean. *Agronomy Journal (EE.UU.)* 76:735-740.
- BOYER, J.S. 1976. Water deficits and photosynthesis. In *Water deficits and plant growth*. Ed. by T.T. Koslowski. England v.4, p. 153-190.
- BOYER, J.S. 1980. Physiological adaptations to water stress. In *Adaptation of plants to water and high temperature stress*. Ed. by N.C. Turner; P.J. Kramer. N.Y., EE.UU. p. 443-444.
- FINN, G.A.; BRUN, W.A. 1980. Water stress effects on CO₂ assimilation, photosynthate partitioning, stomatal resistance, and nodule activity in soybean. *Crop Science (EE.UU.)* 20:431-434.
- FISCHER, R.A.; TURNER, N.C. 1978. Plant productivity in the arid and semiarid zones. *Annual Review of Plant Physiology (EE.UU.)* 29:277-317.
- HALTERLEIN, A.J. 1983. Bean. In *Crop-water relations*. Ed. by I.D. Teare; M.M. Peet. N.Y., EE.UU. p. 157-185.
- HANSON, A.D.; HITZ, W.D. 1982. Metabolic responses of mesophytes to plant water deficits. *Annual Review of Plant Physiology (EE.UU.)* 33:163-203.
- HOSTALACIO, S.; VALIO, I.I.M. 1984. Desenvolvimento de plantas de feijão cv. Goiano precoce, em diferentes regimes de irrigação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira (Bra.)* 19:211-218.
- KORNELIUS, E.; FREIRE, J.R.J. 1974. Aeração e umidade do solo como fatores limitantes na nodulação em *Phaseolus vulgaris* L. *Agronomia Sulriograndense (Bra.)* 10:247-260.
- LEVITT, J. 1972. Responses of plants to environmental stresses. N.Y., EE.UU., Academic Press.
- LOPES, N.F.; OLIVA, M.A.; CARDOSO, M.J.; GOMES, M.M.S.; de SOUZA, V.F. 1986. Crescimento e conversão da energia solar em *Phaseolus vulgaris* L. submetido a três densidades de fluxo radiante e dois regimes hídricos. *Revista Ceres (Bra.)* 33:142-164.
- MAGUE, T.H.; BURRIS, R.H. 1972. Reduction of acetylene and nitrogen by field grown soybean. *New Phytologist (G.B.)* 71:275-276.
- O'TOOLE, J.C.; OZBUN, J.L.; WALLACE, D.H. 1977. Photosynthetic response to water stress in *Phaseolus vulgaris* L. *Physiologia Plantarum (Dinamarca)* 40:111-114.
- PANKHURST, C.E.; SPRENT, J.I. 1975. Effects of water stress on the respiratory and nitrogen-fixing activity of soybean root nodules. *Journal of Experimental Botany (G.B.)* 26:287-304.
- REICHMAN, G.A.; GRUNES, D.L. 1966. Effect of water regime and fertilization on barley growth, water use and N and P uptake. *Agronomy Journal (EE.UU.)* 58:513-517.

19. SAITO, S.M.I ; MONTANHEIRO, M.N.S ; VICTORIA, R.L.; REICHARDT, K 1984 The effects of N fertilizer and soil moisture on the nodulation and growth of *Phaseolus vulgaris* L. Journal of Agricultural Science (G B) 103:87-93
20. SILVEIRA, P.M.; GUIMARÃES, C.M ; SIONE, L.F.; KLUTHCOUSKI, J 1981 Avaliação de cultivares de feijão para resistência à seca baseada em dias de estresse de água no solo Pesquisa Agropecuária Brasileira (Bra) 16:693-699
21. SPRENT, J.J 1971. The effects of water stress on nitrogen fixing root nodules I. Effects on the physiology of detached soybean nodules New Phytologist (G B) 70:9-17
22. SPRENT, J.I. 1976 Water stress and nitrogen fixing root nodules. In Water deficits and plant growth Ed. by T T Kozlowski England p 291-315.
23. UNGER, P.W ; DANIELSON, R.E. 1967. Water relation and growth of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as influenced by nutrient solution temperatures. Agronomy Journal (EE UU.) 59:143-146.
24. VENKATESW, B ; RAO, A.V. 1987. Quantitative effects of field water deficits on N_2 (C_2H_2) fixation in selected legumes grown in the Zindian desert. Biology and Fertility of Soils (India) 5:18-22
25. WALKER, D.W ; MILLER, J.C. Jr. 1986 Influence of water stress on nitrogen fixation in cowpea. Journal of the American Society of Horticultural Science (EE UU) 111:451-458