

## TROCAS GASOSAS E CRESCIMENTO DE FEIJOEIRO SOB DÉFICIT HÍDRICO

LÍLIAN GALDINO<sup>1</sup>; RAFAEL V. RIBEIRO<sup>2</sup>; PEDRO E. RAMPAZZO<sup>3</sup>;

PAULO E. R. MARCHIORI<sup>4</sup>; JOSÉ R. MAGALHÃES FILHO<sup>5</sup>

Nº 12137

### RESUMO

Em várias situações de cultivo, a água tem se mostrado o recurso mais limitante ao crescimento e à produtividade das culturas. O objetivo foi avaliar a resposta fisiológica do feijoeiro ao déficit hídrico em diferentes fases fenológicas, considerando os impactos das alterações nas trocas gasosas no acúmulo de massa seca e no desenvolvimento reprodutivo. Sementes do feijão cv. Carioca foram semeadas em oito tanques de 500 L e crescidos em condição de casa de vegetação. Além das plantas que permaneceram sempre hidratadas ao longo do ciclo, outros lotes foram submetidos ao déficit hídrico no estágio vegetativo (V4, E1), na fase de florescimento (R5-R6, E2) e no enchimento de vagens (R8, E3) do feijoeiro. Foram avaliadas as trocas gasosas, o potencial da água nas folhas, o crescimento das plantas e a produção de grãos. O potencial da água na folha não foi afetado pelo déficit hídrico, ficando superior a -0,6 MPa em todos os tratamentos e estádios. A assimilação de CO<sub>2</sub>, a condutância estomática e a transpiração foram reduzidas pela seca em todos os estádios fenológicos. O crescimento vegetativo das plantas foi comprometido pelo déficit hídrico quando o mesmo ocorreu nos estádios E1 e E2, enquanto o crescimento reprodutivo foi reduzido pelo déficit hídrico apenas em E3. Embora o déficit hídrico afete de forma similar as trocas gasosas dos feijoeiros nos diferentes estádios fenológicos, o impacto da redução na assimilação de CO<sub>2</sub> depende do dreno de carbono. A ocorrência de déficit hídrico, mesmo que por poucos dias, durante a fase de enchimento das vagens tem grande efeito na produção de grãos, determinando menor rendimento agrícola no cultivo de feijoeiros.

<sup>1</sup> Bolsista CNPq: Graduação em Ciências Biológicas, UNIP, Campinas-SP, liliangaldino@yahoo.com.br.

<sup>2</sup> Orientador: Pesquisador, Centro de Ecofisiologia e Biofísica/IAC, Campinas-SP.

<sup>3</sup> Colaborador: Aluno de mestrado pelo Centro de Biofísica e Ecofisiologia, /IAC, Campinas-SP.

<sup>4</sup> Colaborador: Aluno de doutorado pelo Centro de Biofísica e Ecofisiologia, /IAC, Campinas-SP.

<sup>5</sup> Colaborador: Aluno de doutorado pelo Centro de Biofísica e Ecofisiologia, /IAC, Campinas-SP.

## ABSTRACT

Under several environmental conditions, water availability is a limiting factor for crop growth and yield. The aim of this study was to evaluate the physiological responses to water deficit occurring in different phenological phases, considering the impact of changes in leaf gas exchange on dry matter production and reproductive development. Seeds of common bean cv. Carioca were sown in eight pots of 500 L and grown under greenhouse conditions. One group of plants received water during the entire cycle, whereas other groups were subjected to water withholding during the vegetative phase (V4, E1), during the flowering phase (R5-R6, E2) and during the pod-filling (R8, E3). Leaf gas exchange, leaf water potential, plant growth and grain yield were evaluated. The leaf water potential was not affected by drought, being higher than -0.6 MPa in all treatments. Leaf CO<sub>2</sub> assimilation, stomatal conductance and transpiration were reduced by drought in all phenological phases. Vegetative growth was impaired by water deficit at E1 and E2, whereas reproductive development was reduced by water shortage only at E3. Although the water deficit affects in a similar way the leaf gas exchange of common beans among the phenological phases, the impact of reduced CO<sub>2</sub> assimilation depends on the active carbon sink. The occurrence of water deficit, even few days, during the phase of pod-filling has large effect on grain production, determining the low crop yield of common bean plants.

## INTRODUÇÃO

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) é um alimento básico para o brasileiro que representa um componente quase obrigatório da dieta da população devido a sua importância como fonte de proteína (Zimmermann et al., 1988). Dentre os principais problemas relacionados com a baixa produtividade dos plantios de feijão no Brasil estão a competição com plantas daninhas, o ataque de pragas e doenças, a deficiência nutricional e a seca (Hungria et al., 2000). Em várias situações de cultivo, a água tem se mostrado o recurso mais limitante ao crescimento e à produtividade da cultura. Cerca de 60% do feijão produzido em todo o mundo é cultivado em regiões sujeitas à seca, sendo essa limitação ambiental superada em importância apenas pela ocorrência de doenças (Singh, 2001; Lizana et al., 2006). O volume de solo explorado pelo sistema radicular, a eficiência no uso da água e a capacidade de extração da água do solo determinam a capacidade competitiva de uma planta por esse recurso. Assim as características morfológicas e fisiológicas das plantas determinam o

desempenho dos feijoeiros em condições restritivas de água no solo (Procopio et al., 2004).

Tradicionalmente, o feijão é cultivado em três épocas, a das águas, a da seca e a de outono-inverno. O cultivo de outono-inverno constitui-se em uma atividade de alto risco devido à alta probabilidade de ocorrência de déficit hídrico durante o desenvolvimento da cultura. Em virtude de apresentar um ciclo relativamente curto de desenvolvimento (em torno de 90 dias), o feijoeiro se torna especialmente sensível às variações das condições ambientais (Téran & Singh, 2002). O feijoeiro é considerado sensível ao estresse hídrico, principalmente em virtude da baixa capacidade de recuperação após a deficiência hídrica e sistema radicular pouco desenvolvido. A fase da planta mais sensível à deficiência de água é a reprodutiva, sendo altamente vulnerável desde o início da floração até o início da formação das vagens (Pimentel et al., 1999; Gomes et al., 2000). O déficit hídrico afeta a fisiologia do feijoeiro, levando à redução do potencial da água na folha, fechamento estomático e restrição da fotossíntese por limitações de origem difusiva e metabólica (Ribeiro et al., 2008; Santos et al., 2006; 2009). Evidentemente, a variação do crescimento e desenvolvimento das plantas sob deficiência hídrica é uma consequência das alterações fisiológicas em condição limitante.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a resposta fisiológica do feijoeiro ao déficit hídrico em diferentes fases fenológicas, considerando os impactos das alterações nas trocas gasosas, no acúmulo de massa seca e no desenvolvimento reprodutivo.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Material vegetal, tratamentos e condições de crescimento**

Feijoeiros (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Carioca foram semeados em tanques de 500 L e crescidos em condição de casa de vegetação. Em relação ao regime hídrico, as plantas foram mantidas irrigadas durante todo o ciclo ou submetidas à suspensão da rega nos estádios vegetativo (fase V4, E1), no florescimento (fase R5-R6, E2) e durante o enchimento das vagens (fase R8, E3). Os tratamentos com déficit hídrico foram impostos de tal forma que as plantas passaram por apenas um período de déficit hídrico, e permaneceram bem irrigadas no restante do ciclo da cultura. A reidratação foi realizada quando as plantas apresentaram murcha foliar no início do dia e valores nulos de fotossíntese, com a irrigação dos tanques no fim da tarde.

### **Potencial da água na folha e trocas gasosas**

Nos dias de máximo déficit hídrico (definido pelo aspecto visual da planta, i.e., murcha acentuada das folhas no início do dia), foram realizadas medidas do potencial de água na folha às 6:00 h, com uma câmara de pressão (modelo 3005, Soilmoisture, EUA).

As trocas gasosas foram monitoradas a cada dois dias (às 12h) no folíolo central de folhas completamente expandidas e expostas à radiação solar, durante o período de restrição hídrica. Um analisador de gases por radiação infravermelha modelo Li-6400 (Licor, EUA) foi utilizado nas avaliações de assimilação de CO<sub>2</sub> (P<sub>N</sub>), transpiração foliar (E) e condutância estomática (gs), sob intensidade luminosa saturante (Q=1200 µmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e temperatura natural, de acordo com o procedimento descrito por Ribeiro et al. (2004).

### **Biometria e componente de produção**

Ao término do ciclo, a massa seca da parte aérea (MSPA) e o número de folhas das plantas foram avaliados. Avaliou-se também a massa seca de grãos+vagem (MGV). A parte aérea das plantas foi colhida e seca em estufa com circulação forçada (60°C) até se obter peso constante.

### **Análise dos dados**

Os dados foram submetidos à análise de variância, considerando-se como causas de variação a ocorrência de déficit hídrico. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com seis repetições. Quando detectada variação significativa ( $\alpha=0,05$ ), os valores médios foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A normalidade dos dados foi analisada e quando pertinente os dados foram transformados [ $y=\log(x)$ ].

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Respostas fisiológicas**

O déficit hídrico não causou variação significativa no potencial da água nas folhas ( $\Psi$ ) após 10 dias de suspensão da rega em E1, oito dias em E2 e quatro dias em E3 (Tabela 1). Mesmo com sintomas visíveis de murcha foliar, houve pequena variação de  $\Psi$  entre as plantas irrigadas (-0,27 MPa) e as estressadas (-0,43 MPa). Considerando os estádios de desenvolvimento das plantas, os menores valores de  $\Psi$

foram observados no estágio de enchimento de vagens (E3), possivelmente devido ao ambiente estar mais quente o déficit hídrico ter sido mais severo (quatro dias para chegar ao máximo déficit hídrico).

**TABELA 1.** Potencial da água na folha ( $\Psi$ ) de feijoeiros irrigados e submetidos a déficit hídrico (DH) nos estádios vegetativo (E1), de florescimento (E2) e enchimento de vagens (E3).

Estádios	$\Psi$ (MPa)	
	Irrigado	DH
E1	-0,16±0,03 aA	-0,34±0,13 aA
E2	-0,21±0,03 aA	-0,33±0,15 aA
E3	-0,44±0,12 aB	-0,60±0,26 aB

Letras minúsculas comparam os valores das plantas irrigados vs. déficit hídrico em cada estágio pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), enquanto as maiúsculas comparam os estádios em cada condição hídrica. Medidas realizadas no dia de máximo déficit hídrico (6h00).

Os efeitos danosos do déficit hídrico nas trocas gasosas foram visíveis nos três estádios (Tabela 2). Quando considerado plantas irrigadas, os maiores valores de E foram observados no florescimento (E2) e estes não estão correlacionados com maior gs (Tabela 2). Já nas plantas sob déficit hídrico, maior E foi encontrado durante o enchimento de vagens (E3) e aparentemente foi ocasionado pela pequena variação de gs em E3 quando comparado a E1 e E2. Como não observamos um padrão de transpiração similar ao de  $\Psi$  ao longo do ciclo de cultivo e os valores de  $\Psi$  são relativamente elevados (menos negativos), podemos considerar que as o status hídrico das folhas analisadas era similar e não foi possível visualizar o efeito da seca com base em  $\Psi$ .

**TABELA 2.** Assimilação de  $\text{CO}_2$  ( $P_N$ ); condutância estomática (gs,) e transpiração (E) de feijoeiros irrigados e submetidos a déficit hídrico (DH) nos estádios vegetativo (E1), de florescimento (E2) e enchimento de vagens (E3).

Estádios	$P_N$ ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )		gs ( $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )		E ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	
	Irrigado	DH	Irrigado	DH	Irrigado	DH
E1	22,3±3,5 aA	0,8±1,0 bA	0,31±0,09 aA	0,01±0,01 bA	7,2±2,1 aB	0,3±0,2 bB
E2	27,8±1,8 aA	0,7±0,4 bA	0,41±0,09 aA	0,01±0,00 bA	11,2±2,4 aA	0,3±0,1 bB
E3	22,9±1,8 aA	2,8±1,8 bA	0,31±0,04 aA	0,02±0,01 bA	6,4±1,5 aB	0,8±0,1 bA

Letras minúsculas comparam os valores das plantas irrigados vs. déficit hídrico em cada estágio pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), enquanto as maiúsculas comparam os estádios em cada condição hídrica. Medidas realizadas no dia de máximo déficit hídrico (12h00).

A redução de  $P_N$  foi ocasionada pela menor abertura estomática, limitando a fotossíntese pela disponibilidade de  $\text{CO}_2$  (Santos et al., 2006; 2009). No entanto, é provável que além da limitação estomática as plantas estejam limitadas pela menor

atividade das enzimas fotossintéticas, o que ocorre em condição de déficit hídrico em feijoeiros (Santos et al., 2006; 2009).

### Biometria e produção de grãos

O crescimento vegetativo das plantas foi comprometido pelo déficit hídrico quando o mesmo ocorreu nos estádios E1 e E2, enquanto o crescimento reprodutivo foi reduzido pelo déficit hídrico apenas em E3 (Tabela 3).

**TABELA 3.** Massa seca de folhas+ramos (MSPA) e massa seca de grãos+vagens (MSGV) de feijoeiros irrigados (C) e submetidos a déficit hídrico nos estádios vegetativo (E1), de florescimento (E2) e enchimento de vagens (E3).

Estádios	MSPA (g/planta)	MSGV (g/planta)
C	37,8±3,0 a	124,0±14,1 a
E1	28,6±2,4 b	117,7±12,9 a
E2	29,5±2,9 b	112,5±17,4 a
E3	38,2±3,4 a	86,4±21,7 b

Letras minúsculas comparam os valores entre os tratamentos pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

A fixação de  $\text{CO}_2$  foi reduzida pela seca (Tabela 2), causando restrição no desenvolvimento das plantas (Tabela 3). A menor disponibilidade de carbono em E1 e E2 prejudicou o crescimento vegetativo, mas aparentemente a menor área foliar não teve impacto no desenvolvimento reprodutivo, que foi similar ao das plantas irrigadas. Por outro lado, o pequeno tempo sob déficit hídrico no estágio E3 (apenas quatro dias) foi suficiente para reduzir em 30% a produção de grãos em relação às plantas controle. Esses resultados demonstram a grande sensibilidade do desenvolvimento reprodutivo à falta de água.

O efeito da falta de água nas plantas deve considerar o principal dreno de recursos, ou seja, as folhas e os ramos representam os principais drenos durante o desenvolvimento vegetativo (E1) ao passo que os grãos e vagens são os principais drenos na fase de enchimento das vagens (E3). Em fases intermediárias como E2, o impacto da seca ocorre apenas no crescimento vegetativo (Tabela 3), sugerindo que as plantas produzem flores em excesso.

### CONCLUSÃO

Embora o déficit hídrico afete de forma similar as trocas gasosas dos feijoeiros nos diferentes estádios fenológicos, o impacto da redução na assimilação de  $\text{CO}_2$  depende do dreno de carbono. A ocorrência de déficit hídrico, mesmo que por poucos

dias, durante a fase de enchimento das vagens tem grande efeito na produção de grãos, determinando menor rendimento agrícola no cultivo de feijoeiros.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (PIBIC/IAC) pela bolsa concedida e ao Centro de Ecofisiologia e Biofísica/IAC pela oportunidade de estágio. Ao funcionário Severino Nogueira e a aluna de mestrado Karina Iolanda Silva pela grande ajuda no experimento em campo.

## REFERÊNCIAS

GOMES, A.A. et al. Acumulação de biomassa, características fisiológicas e rendimento de grãos em cultivares de feijoeiro irrigado e sob sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.1927-1937, 2000.

HUNGRIA, M. et al. Isolation and characterization of new efficient competitive bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobia from Brazil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 32, p.1515-1528, 2000.

LIZANA, C. et al. Differential adaptation of two varieties of common bean to abiotic stress. I. Effects of drought on yield and photosynthesis. **Journal of Experimental Botany**, v.57, p.685–697, 2006.

PIMENTEL, C. et al. Effects of drought on O<sub>2</sub> evolution and stomatal conductance of beans at the pollination stage. **Environmental and Experimental Botany**, v.42, p.155-162, 1999.

PROCOPIO, S.O. et al. Ponto de murcha permanente de soja, feijão e plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.22, p.35-41, 2004.

RIBEIRO, R.V. et al. Environmental effects on photosynthetic capacity of bean genotypes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.615-623, 2004.

RIBEIRO, R.V. et al. Photochemical heat-shock response in common bean leaves as affected by previous water deficit. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 55, p.350-358. 2008.

SANTOS, M.G. et al. The role of inorganic phosphate on photosynthesis recovery of common bean after a mild water deficit. **Plant Science**, v.170, p.659-664, 2006.

SANTOS, M.G. et al. Photosynthetic parameters and leaf water potential of five common bean genotypes under mild water deficit. **Biologia Plantarum**, v.53, p.229-236, 2009.

SINGH, S.P. Broadening the genetic base of common bean cultivars: a review. **Crop Science**, v.41, p.1659-1675, 2001.

SINGH, P.K.; CHANDEL, A.S. Effect of biozyme on yield and quality of wheat (*Triticum aestivum*). **Indian Journal of Agronomy**, v. 50, p.58-60, 2005.

TÉRAN, H.; SINGH, S.P. Comparison of sources and lines selected for drought resistance in common bean. **Crop Science**, v.42, p.64-70, 2002.

ZIMMERMANN, M.J.O. et al. **Cultura do feijoeiro**. Fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Potafós, 1988. 589p.