

INFLUÊNCIAS DO AMBIENTE COM ALTA [CO₂] E ESTRESSE HÍDRICO NA MATÉRIA SECA TOTAL E TAXA FOTOSSINTÉTICA DA CULTURA DO FEIJÃO

VITOR SOUZA MARTINS¹, JOÃO BATISTA LOPES DA SILVA², PAULO AFONSO FERREIRA², LUANNA CHÁCARA PIRES⁴, FLÁVIO BARBOSA JUSTINO⁵

¹ Estudante de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa-MG, Fone: (31) 3899-3466, vitormartins9@hotmail.com

² Eng. Agrícola e Ambiental, Pós-doutorando Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, silvajbl@yahoo.com.br

³ Eng. Agrônomo, Professor Ph. D., Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, pafonso@ufv.br

⁴ Zootecnista, Doutaranda em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, lualu66@yahoo.com.br

⁵ Meteorologista, Professor Ph. D. Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, fjustino@ufv.br

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011
– SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES

RESUMO: Neste trabalho objetivou-se analisar a quantidade de matéria seca total da parte aérea e a taxa fotossintética da cultura do feijão em ambiente enriquecido com CO₂ e sob estresse hídrico. O experimento foi conduzido em Viçosa, no período de abril à julho de 2009. Para o enriquecimento do ambiente com CO₂ durante o ciclo da cultura, utilizaram-se câmaras de topo aberto. O período de estresse hídrico foi de 40 dias, iniciando-se antes da floração. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em sub-parcela dividida, com quatro repetições. As parcelas constituíram o tratamento primário (P): P1 – câmaras de topo aberto à [CO₂] de 700 ppm; P2 – câmaras de topo aberto em [CO₂] ambiente; e P3 - testemunha. Já, as sub-parcelas consistiram o tratamento secundário (S): S1 – sem estresse hídrico; e S2 – estresse hídrico. Os resultados foram submetidos a Anova e Tukey ao nível de 5% de probabilidade. As plantas de P1 apresentaram maiores taxas fotossintéticas nas quatro medições e maiores quantidades de matéria seca, já S2 apresentou redução da matéria seca. Conclui-se que o aumento da [CO₂], acarreta incremento da biomassa e aumento da taxa fotossintética. Já, o estresse hídrico provoca redução na matéria seca.

PALAVRAS-CHAVE: CO₂, estresse hídrico, floração

INFLUENCES OF THE HIGH CO₂ CONCENTRATION AND DROUGHT STRESS ON TOTAL DRY MATTER AND PHOTOSYNTHETIC RATE OF THE BEAN

ABSTRACT: This study aims to analyze the amount of total dry matter of shoots and photosynthetic rate of the bean in an CO₂ enrichment environment and under drought stress. The experiment was conducted in Viçosa, from April to July 2009. For the CO₂ enrichment of atmospheric during the crop cycle, it was used open-top chambers. The period of drought stress was 40 days, starting before flowering. The experimental design was randomized blocks, split into sub-plot with four replications. The plots were the primary treatment (P): P1 - open-top chambers to [CO₂] of 700 ppm; P2 - open-top chambers in [CO₂] environment, and P3 - witness. While, the sub-plots consisted of secondary treatment (S): S1 - without drought stress, and S2 - drought stress. The results were submitted to ANOVA and Tukey at 5% level of probability. P1 plants had higher photosynthetic rates in the four measurements and greater amounts of dry matter, while S2 decreased the dry matter. We concluded that increased [CO₂] leads to increased biomass and increased photosynthetic rate. While, drought stress causes a decrease in dry matter.

KEYWORDS: CO₂, drought stress, flowering

INTRODUÇÃO: As condições de adaptação das culturas agrícolas à mudança do clima podem ser bem variáveis, em função de diferentes cenários climáticos (Embrapa, 2001). Os efeitos benéficos no crescimento das plantas, oriundos das elevadas $[CO_2]$, dependem também de seu estado hídrico, pois, estes efeitos podem ser diferentes em plantas crescendo sob condições ótimas de água, em comparação com plantas crescendo em condições de deficiência hídrica (Idso, 1988). Assim, é importante considerar tanto o incremento atmosférico de CO_2 quanto a disponibilidade de água no solo, para avaliar realmente os possíveis efeitos das mudanças do clima na agricultura. Níveis elevados de CO_2 tendem a reduzir a abertura estomática nas folhas, diminuindo a quantidade de água perdida pela transpiração, o que resulta em maiores resistências aos efeitos negativos do estresse hídrico. Nesta situação, as plantas sob estresse hídrico são capazes de manter a absorção de CO_2 durante maior tempo (Larcher, 2006). O aumento da $[CO_2]$ apresenta resultados diversos nas plantas de maneira direta e indireta. Os reflexos na fotossíntese deverão ser, de maneira geral, positivos, embora as respostas possam variar entre plantas. O aumento nas taxas fotossintéticas em conjunto com a melhora das relações hídricas, pelo fechamento parcial dos estômatos – observados nas plantas cultivadas em elevada $[CO_2]$ – normalmente, geram incrementos na biomassa e altura das plantas, que são respectivamente 49% e 12% maiores do que as plantas cultivadas em atmosfera ambiente (Ainsworth & Long, 2005). Desta forma, neste trabalho objetivou-se analisar a matéria seca total da parte aérea e a taxa fotossintética da cultura do feijão em ambiente enriquecido com CO_2 e sob estresse hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido na Infra-Estrutura de Pesquisa em estresse Hídrico e Salino, na área de Irrigação e Drenagem do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, no período de abril a julho de 2009. O cultivar utilizado foi o Majestoso – UFV, do tipo carioca. Para o aumento da $[CO_2]$, foram desenvolvidas e utilizadas câmaras de topo aberto (Figura 1), adaptadas do trabalho de Souza (2007). O período de estresse hídrico foi de 40 dias, iniciando-se sete dias antes da fase de floração, com supressão total da irrigação. A taxa fotossintética foi medida no período da manhã, entre 8:00 e 11:00h, utilizando-se um medidor portátil de fotossíntese (IRGA - Infra Red Gases Analyser), modelo LCi Photosynthesis System da ADC BioScientific, equipado com sistema de fonte de radiação 32 externa, $1200\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$. Como $[CO_2]$ de referência, utilizou-se a do interior das câmaras (700ppm) e do ambiente, com fluxo de $200mL.min^{-1}$. Foram realizadas quatro coletas da taxa fotossintética: 1ª medição – antes do início do estresse hídrico, no 20º dia após o plantio (DAP), estágio V3 – primeiro trifólio totalmente expandido; 2ª medição - ao decorrer do estresse hídrico, no 41º DAP, estágio R5 – pré-floração; 3ª medição – ao término do estresse hídrico, no 67º DAP, estágio R8 – preenchimento das vagens; e 4ª medição – após o estresse hídrico, no 82º DAP, estágio R9 – maturação. A matéria seca total da parte aérea (g) foi determinada no final do ciclo da cultura em estufa à $70^\circ C$ por três dias. O delineamento experimental foi em blocos casualizado, com quatro repetições, e em esquema de parcelas subdivididas. As parcelas constituíram o tratamento primário (P), com três níveis: P1 – plantas cultivadas em câmaras de topo aberto à $[CO_2]$ de 700 ppm; P2 – plantas cultivadas em câmaras de topo aberto em $[CO_2]$ ambiente (380 ppm); e P3 - testemunha. Enquanto, as sub-parcelas consistiram o tratamento secundário (S), com dois níveis: S1 – sem estresse hídrico; e S2 – estresse hídrico. Desta forma, as interações entre a parcela e a sub-parcela consistiram em: câmaras com $[CO_2]$ à 700 ppm, sem (P1S1) e sob estresse hídrico (P1S2); câmaras com $[CO_2]$ ambiente (380 ppm) sem (P2S1) e sob estresse hídrico (P2S2); testemunha, sem (P3S1) e sob estresse hídrico (P3S2). Os resultados obtidos foram submetidos à Análise de Variância (Anova) e ao teste de Tukey a 5% de probabilidade. Estas análises foram realizadas pelo SAS System for WindowsNT.

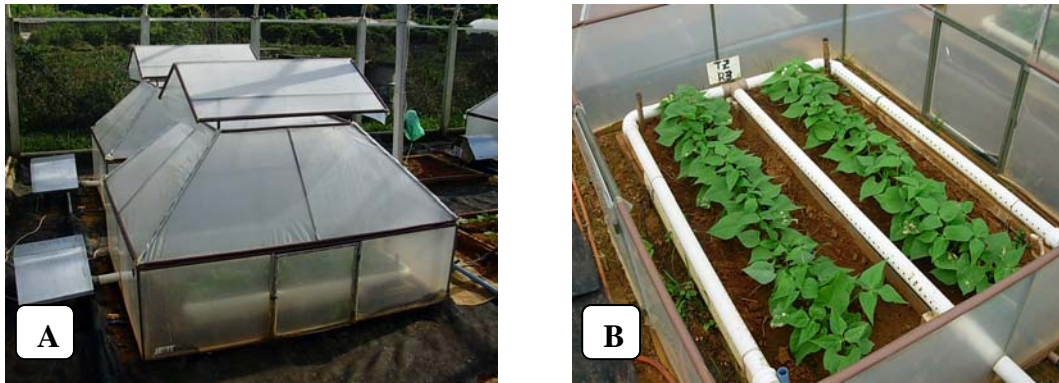


Figura 1 – Câmaras de topo aberto utilizadas para aumentar a $[CO_2]$ no ambiente: A – visão externa das câmaras; e B – visão interna das câmaras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Todas as medições da taxa fotossintética apresentaram diferença significativa para a parcela (P), ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 1). O bloco e a subparcela (S), juntamente com a interação entre os tratamentos (P x S), não apresentaram diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade. A matéria seca total da parte aérea (g) apresentou diferenças significativas para a parcela (P) e a subparcela (S). Assim, procedeu-se o teste de médias de Tukey para as fontes de variação que apresentaram diferenças significativas (tabelas 2 e 3).

Tabela 1 – Anovas para as quatro medições realizadas da taxa fotossintética e para matéria seca total das plantas de feijão

FV	GL	Primeira medição	Segunda medição	Terceira medição	Quarta medição	Matéria seca total
Bloco	3	NS	NS	NS	NS	NS
P	2	*	*	*	*	*
Erro (a)	6					
S	1	NS	NS	NS	NS	*
P x S	2	NS	NS	NS	NS	NS
Erro (a)	9					
Total	23					

em que: NS – não significativo a 5% de probabilidade; * - significativo a 5% de probabilidade; FV – fator de variação; e GL – graus de liberdade.

Tabela 2 – Teste de médias de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para as quatro medições da taxa fotossintética ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), em que médias na coluna seguidas pela mesma letra são iguais

P	Primeira Medição	Segunda Medição	Terceira Medição	Quarta Medição
P1	37,85 ^A	41,84 ^A	37,74 ^A	28,72 ^A
P2	25,40 ^B	25,77 ^B	16,80 ^C	18,31 ^B
P3	24,32 ^B	24,74 ^B	26,38 ^B	23,64 ^{AB}

As plantas da parcela P1 apresentaram as maiores taxas fotossintéticas em relação às demais (Tabela 2), em todas as quatro medições realizadas durante o ciclo da cultura. Tal fato era esperado, pois, segundo Taiz e Zeiger (2004), com o aumento da $[CO_2]$ há aumento da taxa fotossintética, uma vez que aumenta a disponibilidade de CO_2 no sítio de carboxilação da Rubisco, principalmente nas plantas do tipo C3. Desta forma, é mais fácil chegar CO_2 ao cloroplasto, proporcionando, conseqüentemente, a redução nas taxas de oxigenação pela Rubisco, reduzindo a fotorrespiração, principalmente em plantas do tipo C3.

O declínio observado em P1 e P2 na quarta medição ocorre em virtude de dois aspectos (Tabela 2), ou seja, aclimatação fotossintética e redução no ciclo das plantas que foram cultivadas dentro das câmaras, decorrente das maiores temperaturas no interior das câmaras.

Tabela 3 – Teste de médias de Tukey ao nível de 5% de probabilidade da matéria seca total da parte aérea (g), para parcela (P) e subparcela (S), em que médias na coluna seguidas pela mesma letra são iguais

P	Médias	S	Médias
1	820,77 A	1	836,62 A
2	692,81 B	2	623,10 B
3	676,00 B		

A quantidade de matéria seca total da parte aérea foi maior para as plantas da parcela P1 (Tabela 3), reflexo das maiores taxas fotossintéticas das plantas expostas à alta [CO₂] no ambiente (Tabela 2). A subparcela submetida ao estresse hídrico (S2) apresentou redução na matéria seca total da parte aérea de -25,52%, em relação a S1. A razão para esta resposta, que durante o estresse hídrico houve grande perda de folhas e baixo aproveitamento da alta [CO₂] na assimilação do carbono na planta. O ganho de matéria seca em P1, em relação à P3, foi de 17,63% (Tabela 3), enquanto, Ainsworth e Long (2005) obtiveram ganhos em geral da matéria seca para plantas C3 na faixa entre 45 à 49%. Esta maior quantidade de matéria seca em P1, em relação às demais, é oriunda do maior peso de grãos em conjunto com maior área foliar e caules que a planta desenvolveu ao longo da exposição às altas [CO₂].

CONCLUSÕES: Concluí-se que o aumento da concentração de CO₂ no ambiente, acarreta incremento da biomassa e aumento da taxa fotossintética nas plantas de feijão. Enquanto, o estresse hídrico provoca a redução significativa na matéria seca total da parte aérea.

AGRADECIMENTOS: Ao CNPq e CAPES pelas concessões das bolsas de pesquisa e a FAPEMIG pelo financiamento do projeto.

REFERÊNCIAS

Ainsworth, E.A.; Long, S.P. What have we learned from 15 years of free air-CO₂ enrichment (FACE)? A meta-analytic review of the responses of photosynthesis, canopy properties and plant production to rising CO₂. *New Phytologist*, v. 165, p. 351 – 372, 2005. Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em: 24 ago. 2007.

Embrapa. *Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira*. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, 2001, 397p.

Souza, A. P. *A cana-de-açúcar e as mudanças climáticas: efeitos de uma atmosfera enriquecida em CO₂ sobre o crescimento, desenvolvimento e metabolismo de carboidratos de Saccharum spp.* Campinas, SP: UNICAMP, 2007, 91f. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2007.

Idso, S. B. Three phases of plant response to atmospheric CO₂ enrichment. *Plant Physiology*, v. 87, p. 5 - 7, 1988. Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em: 26 ago. 2007.

Larcher, W. *Ecofisiologia Vegetal*. Tradução: Carlos Henrique Britto de Assis Prado. São Carlos: RiMa, 2006. 531p.

Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia Vegetal*. Artmed, 3ª edição, 2004, 820p.