

# MORFOFISIOLOGIA DE PLANTAS DE MILHO EM COMPETIÇÃO COM PICÃO-PRETO E TRAPOERABA SUBMETIDAS A ROÇADA<sup>1</sup>

*Morphophysiology of Corn Plants in Competition with Picão-Preto and Trapoeraba Submitted to Clearings*

LEMOS, J.P.<sup>2</sup>, GALVÃO, J.C.C.<sup>3</sup>, SILVA, A.A.<sup>4</sup>, FONTANETTI, A.<sup>5</sup>, CORRÊA, M.L.P.<sup>6</sup> e  
CECON, P.R.<sup>7</sup>

RESUMO - Avaliou-se a eficiência do uso de roçadas no controle de picão-preto (*Bidens pilosa*) e trapoeraba (*Commelina benghalensis*) por meio de características morfológicas e fisiológicas do milho. O experimento foi realizado em condições controladas no ano agrícola 2009/2010. As características fisiológicas foram obtidas em parcela subdividida, sendo realizadas quatro avaliações no decorrer do ciclo do milho: 1ª - antes da primeira roçada (V3); 2ª - após a primeira roçada (V6); 3ª - após a segunda roçada (V9); e 4ª - plantas de milho no estágio de florescimento, por meio de um analisador de gases no infravermelho. Duas roçadas reduziram a interferência das plantas daninhas *B. pilosa* e *C. benghalensis* nas características morfológicas do milho. A roçada não influenciou os aspectos fisiológicos nas plantas de milho em competição com as plantas daninhas. *C. benghalensis* causou maior interferência nas características fisiológicas do milho, reduzindo a fotossíntese e a transpiração. A espécie *B. pilosa*, quando não roçada, apresentou maior capacidade de interferência na morfologia do milho.

**Palavras-chave:** condutância estomática, uso eficiente da radiação, UFVM 100 Nativo.

**ABSTRACT** - The efficiency of using clearings to control Picão-preto (*Bidens pilosa*) and Trapoeraba (*Commelina benghalensis*) was evaluated based on the morphological and physiological characteristics of corn. An experiment under greenhouse conditions was conducted in 2009/2010. The physiological characteristics were obtained in a subdivided parcel, with four evaluations being performed throughout the corn cycle (1- before the first clearing (V3); 2- after the first clearing (V6); 3- after the second clearing (V9); and 4- corn plants at the fluorescence stage), by means of Infra Red Gas Analyzer. Two clearings reduced the influence of *B. pilosa* and *C. benghalensis* weeds on the morphological characteristics of corn. The clearing did not influence the physiological aspects of the corn plants in competition with weeds. *C. benghalensis* caused a greater interference in the physiological characteristics of corn, reducing photosynthesis and transpiration. When not cleared, *B. pilosa* species had a greater capacity of interfering in corn morphology.

**Keywords:** stomatic conductance, efficient use of radiation, UFVM 100 Nativo.

<sup>1</sup> Recebido para publicação em 18.5.2011 e aprovado em 2.4.2012.

Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, UFV.

<sup>2</sup> Eng<sup>a</sup>-Agr<sup>a</sup>, M.Sc., Estudante de Doutorado, Dep. de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa – DFT/UFV, 36570-000 Viçosa-MG, Bolsista CNPq, <agrolemos@hotmail.com>; <sup>3</sup> Eng<sup>a</sup>-Agr<sup>a</sup>, D.Sc., Professor, DFT/UFV, Bolsista do CNPq, Avenida Peter Henry Rolfs, s/n, Campus Universitário, Viçosa-MG, Brasil, 36570-000 Viçosa-MG, <jcgalvao@ufv.br>; <sup>4</sup> Eng<sup>a</sup>-Agr<sup>a</sup>, D.Sc., Professor, DFT/UFV, Bolsista do CNPq; <aasilva@ufv.br>; <sup>5</sup> Eng<sup>a</sup>-Agr<sup>a</sup>, D.Sc., Professora, Dep. de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, UFSCAR, <afontanetti@yahoo.com.br>; <sup>6</sup> Eng<sup>a</sup>-Agr<sup>a</sup>, D.Sc., Bolsista CNPq, DFT/UFV, <litape10@hotmail.com>; <sup>7</sup> Eng<sup>a</sup>-Agr<sup>a</sup>, D.Sc., Professor, Dep. de Estatística, DPE/UFV, Bolsista do CNPq, <cecon@ufv.br>.



## INTRODUÇÃO

Pesquisas têm sido realizadas com intuito de aperfeiçoar as técnicas de cultivo para sistemas orgânicos de produção. Um dos maiores desafios para esse tipo de sistema está no manejo de plantas daninhas, principalmente no sistema de plantio direto sem a utilização de herbicidas. Como método alternativo, utiliza-se a roçada para controle de plantas daninhas.

Ao avaliar os diferentes métodos de controle de plantas daninhas no plantio de milho, Darolt & Skora Neto (2003) observaram que é possível alcançar produtividade acima de 6.500 kg de grãos de milho por hectare utilizando como método de controle duas roçadas. Estudos confirmaram que esse método apresenta nível intermediário de mão de obra, ou seja, é mais viável economicamente que o uso de uma capina e um pouco mais oneroso que o uso de herbicida. Entretanto, diversos autores (Fontanétti et al., 2006; Vaz de Melo et al., 2007; Chiovato et al., 2007; Corrêa et al., 2011), com o sistema de plantio direto orgânico do milho, observaram que, com o passar dos anos, as plantas daninhas se alternavam na área e algumas espécies que apresentavam propagação vegetativa e rebrota dominavam aquelas que eram mais desfavorecidas pela prática da roçada, com maior destaque para *Cyperus rotundus*, *Artemisia verlotorum*, *Cynodon dactylon* e *Commelina benghalensis*.

O estudo da interação e competição entre a cultura explorada e as plantas daninhas é de suma importância para diagnosticar a eficiência da roçada, em razão do risco de rebrota e elevação da população de plantas que se reproduzem vegetativamente. A quantidade e a qualidade da produção são alteradas pela capacidade competitiva, assim como a eficiência de aproveitamento dos recursos disponíveis no ambiente, principalmente no que diz respeito às características fisiológicas associadas à fotossíntese e ao acúmulo de massa (Vanderzee & Kennedy, 1983; Melo et al., 2006).

Torna-se necessário acrescentar tecnologias e conhecimento em nível específico das relações que ocorrem na competição das plantas daninhas com a cultura do milho, bem

como obter respostas morfofisiológicas relacionadas ao comportamento das plantas de milho após a adoção das roçadas das plantas daninhas. Os trabalhos dessa natureza – testando o comportamento fisiológico das espécies consideradas de grande importância no sistema de cultivo orgânico – são escassos. Essa prática agregaria informações benéficas no intuito de desenvolver processos eficazes no manejo das plantas daninhas em sistema de plantio orgânico, que possam ser viáveis e adotados em larga escala pelos agricultores.

Nesse sentido, objetivou-se com este trabalho avaliar, em casa de vegetação, a eficiência do uso de roçadas de *Bidens pilosa* e *Commelina benghalensis* na redução dos efeitos da interferência nas características morfológicas e fisiológicas do milho.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em casa de vegetação em Viçosa-MG, no ano agrícola 2009/2010. O experimento foi realizado no delineamento em blocos casualizados, com três repetições, em que foram utilizadas duas espécies de plantas daninhas: picão-preto (*Bidens pilosa*) e trapoeraba (*Commelina benghalensis*), bem como três manejos de roçadas das plantas daninhas (roçada no estádio de três folhas do milho, roçada no estádio de três e seis folhas do milho e milho sem controle das plantas daninhas).

O milho da variedade de polinização aberta UFVM 100 Nativo foi semeado seis dias após *C. benghalensis* e dois dias após *B. pilosa*, visando à emergência simultânea do milho e das plantas daninhas. Esse período foi definido em experimento preliminar, utilizando o mesmo solo. A parcela experimental foi composta por um vaso com as dimensões de 35 cm de diâmetro superior, 22 cm de diâmetro inferior e 34 cm de altura, com capacidade de 22 litros. O substrato para enchimento dos vasos foi composto por amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) de textura argiloarenosa (52% de areia, 10% de silte e 38% de argila), coletado em barranco, para que fosse minimizada a presença de sementes advindas do banco de sementes do solo. Na Tabela 1 são apresentadas as características químicas do solo. Antes do enchimento dos vasos, o solo foi seco

ao ar, destorroado, passado em peneira com malha de 20 mm e adubado com dose equivalente a 40 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de composto orgânico (Tabela 2) e 0,035 kg por vaso de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de termofosfato magnésiano, conforme recomendação (Chiovato et al., 2007).

Inicialmente, foram semeadas 10 sementes de planta daninha e duas sementes de milho por vaso. Ao completar cinco dias da emergência das plantas de milho, foi realizado o desbaste, deixando-se seis plantas daninhas e uma planta de milho por vaso, ou seja, em cada vaso foi cultivada uma planta de milho em competição ou não com seis plantas de *B. pilosa* ou de *C. benghalensis*. Durante a condução do experimento os vasos foram irrigados diariamente por gotejamento, a fim de manter a umidade do solo próxima de 80% da capacidade de campo. O período de interferência no mesmo vaso entre a planta de milho e as espécies daninhas foi da emergência destas plantas até o florescimento das plantas de milho, que ocorreu aos 58 dias após a emergência (DAE). As roçadas das plantas daninhas foram feitas com auxílio de uma tesoura de aço, sendo a primeira realizada quando as plantas de milho se encontravam no estágio fonológico de três folhas completamente expandidas (aos 15 DAE) e a segunda, no momento em que as plantas de milho apresentavam seis folhas completamente expandidas (aos 25 DAE). Essas roçadas foram realizadas a uma altura de corte semelhante à utilizada no campo com roçadeiras: 4 a 5 cm do solo. Durante a condução do experimento na casa de

vegetação foram registradas as temperaturas máximas e mínimas (Figura 1), aferidas sempre no final da tarde.

Para os dados fisiológicos, utilizou-se o esquema de parcela subdividida, em que a parcela foi representada pelo tratamento (plantas daninhas e roçadas) e a subparcela (época de avaliação), descrita a seguir: 1 - antes da primeira roçada de plantas daninhas, quando as plantas de milho estavam com três folhas completamente expandidas (V3 - 14 DAE); 2 - depois da primeira roçada, quando as plantas de milho apresentavam seis folhas completamente expandidas (V6 - 25 DAE); 3 - depois da segunda roçada e antes do florescimento, quando as plantas de milho se encontravam com oito para nove folhas (V9 - 35 DAE); e 4 - quando as plantas de milho se apresentavam no estágio de florescimento, ou seja, 50% das plantas com estilo-estigmas visíveis (presença de cabelos na espiga - R1 - 58 DAE). As análises fisiológicas foram realizadas com equipamento portátil IRGA (analisador de gases no infravermelho), modelo LI-6400 (LI-COR®), em folhas totalmente expandidas e na ausência de qualquer anormalidade visual.

Os dados morfológicos foram obtidos em esquema fatorial 2 x 3 + 1. O primeiro fator foi constituído pelas plantas daninhas picão-preto (*Bidens pilosa*) e trapoeraba (*Commelina benghalensis*), e o segundo, por três manejos de roçadas das plantas daninhas (roçada no estágio de três folhas do milho, roçada no estágio de três e seis folhas do milho e milho

**Tabela 1** - Resultados das análises químicas do Latossolo Vermelho-Amarelo utilizado no experimento. Viçosa-MG, 2010

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+AL	SB	CTC (t)	CTC (T)	V
	(mg dm <sup>-3</sup> )		(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )							(%)
5,4	1,7	73	3,3	1,1	0	3,63	4,59	4,59	8,22	56

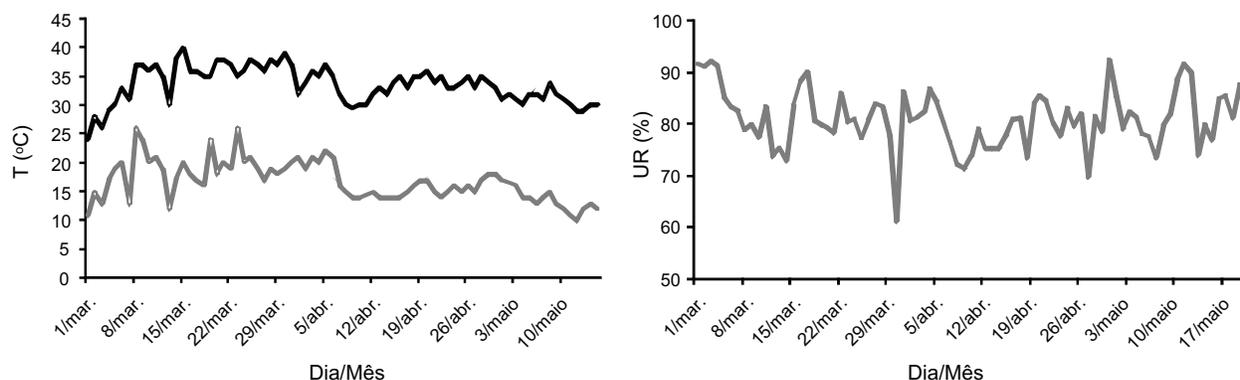
As determinações químicas foram efetuadas conforme Embrapa (1997); pH em água na proporção de 1: 2,5 para solo: água; Ca, Mg e Al = extrator KCl 1N; P e K = extrator Mehlich-1; e acidez extraível H+Al = extrator SMP.

**Tabela 2** - Características químicas do composto orgânico com base na matéria seca utilizada no experimento. Viçosa-MG, 2010

N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
(g kg <sup>-1</sup> )					(mg kg <sup>-1</sup> )					
16,3	4,25	2,53	9,25	3,75	2,06	10,12	34,54	364,5	265,52	74,1

As determinações foram efetuadas de acordo com o método descrito por Kiehl (1985) e umidade de 13%.





**Figura 1** - Temperaturas (máximas e mínimas) e umidade relativa média do ar, obtidas diariamente dentro da casa de vegetação durante o experimento. Viçosa-MG, 2010.

sem controle das plantas daninhas). O tratamento adicional (testemunha) consistiu no cultivo do milho livre da interferência das plantas daninhas.

As coletas de dados foram realizadas a partir das 7h30 às 10h da manhã em todas as épocas avaliadas, sendo necessário esse intervalo para que a diferença de temperatura e umidade não interferisse de forma significativa nos dados. As avaliações foram feitas para cada espécie dentro de cada bloco por vez, avaliando-se sequencialmente todos os tratamentos, para que as condições climáticas fossem semelhantes. Utilizou-se a luz artificial, pelo módulo acoplado com fator de luminosidade para medição das plantas de milho de  $1.000 \mu\text{moles de fótons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . As características obtidas com o IRGA foram as seguintes: taxa fotossintética ( $A - \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ); transpiração ( $E - \text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ); condutância estomática ( $gs - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ); carbono consumido ( $\Delta C - \mu\text{mol CO}_2 \text{ s}^{-1}$ ) a partir do  $\text{CO}_2$  de referência e o  $\text{CO}_2$  na câmara de avaliação; relação  $C_i/C_a$  - concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  no mesofilo sobre a concentração de  $\text{CO}_2$  externa atual ( $\mu\text{mol CO}_2$ ); e eficiência do uso da água ( $EUA - \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ).

Ao final do experimento (58 DAE), retirou-se a parte aérea das plantas de milho, separando-as em folhas, órgãos reprodutivos (primórdio de espiga e pendão) e colmo. Foi retirado o solo juntamente com as raízes, e assim iniciado o processo de lavagem por meio de água; lavou-se repetidamente em baldes, até a total retirada do solo aderido às raízes. Logo

em seguida, cada parte da planta (folhas, órgãos reprodutivos, colmo e raízes) foi colocada separadamente em sacos de papel e levadas à estufa de circulação forçada de ar a  $70^\circ \text{C}$ , até atingirem peso constante, para determinação da matéria seca. Por meio da análise de crescimento (Benincasa, 1988), foram obtidos os seguintes índices: razão de massa foliar (RMF) em  $\text{g g}^{-1}$ , obtida pelo quociente entre a matéria seca de folhas e a matéria seca total; razão de massa caulinar (RMC), obtida pelo quociente entre a matéria seca do caule e a matéria seca total; razão de massa radicular (RMR), obtida pelo quociente entre a matéria seca radicular e a matéria seca total; e razão parte aérea/sistema radicular (PA/SR) em  $\text{g g}^{-1}$ , obtida a partir da soma da matéria seca da parte aérea da planta (folha + caule + órgãos reprodutivos) dividida pela matéria seca do sistema radicular (raiz). Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias, comparadas pelos testes de Tukey e Dunnett a 5% de significância (SAEG, 2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância para temperatura foliar (Tleaf), taxa transpiratória (E), condutância estomática (gs), taxa de fotossíntese líquida (A), relação do carbono na câmara subestomática e carbono externo ( $C_i/C_a$ ), carbono consumido ( $\Delta C$ ) e eficiência do uso da água (EUA) indica significância para o fator época (EP). Houve significância do fator tratamento (TRAT) para temperatura foliar (Tleaf), taxa transpiratória (E), taxa de fotossíntese líquida (A), carbono consumido ( $\Delta C$ ) e eficiência

do uso da água (EUA). Entretanto, não houve significância para a interação tratamento *versus* época (TRAT x EP) nas variáveis avaliadas nas plantas de milho, fazendo com que os fatores fossem estudados isoladamente.

A condutância estomática (*gs*) das plantas de milho diferiu nas épocas avaliadas. Na época 1, que antecede a primeira roçada, a *gs* foi superior em relação às demais épocas. Na época 2, após a primeira roçada, houve redução da *gs* em relação à realizada antes da primeira roçada. Entretanto, a época 2 foi maior que as épocas 3 (após a segunda roçada) e 4 (florescimento), que por último não diferiram entre si (Tabela 3). Analisando a Figura 1, verifica-se que as medições das duas últimas épocas de avaliação (3 e 4) coincidiram com dias em que ocorreram quedas da umidade relativa do ar e, ao mesmo tempo, as temperaturas máximas mantiveram-se relativamente altas. A partir das variações climáticas, pressupõe-se que haja uma resposta fisiológica das plantas no sentido de diminuir a abertura estomática induzida por esse fator. De acordo com Bianchi et al. (2007), a condutância foliar do milho tem relação direta com o nível de disponibilidade de água no solo, independentemente do sistema de manejo edáfico adotado. Segundo os autores (Marenco et al., 2006; Flexas et al., 2006), a baixa concentração de CO<sub>2</sub> e a alta irradiância favorecem diretamente a abertura estomática. Contudo, outras condições ligadas ao ambiente podem, em última análise, levar ao fechamento estomático, como, por exemplo, a baixa umidade e a transpiração excessiva, que proporcionam a diminuição no potencial hídrico foliar.

A variável avaliada Tleaf (temperatura foliar) foi diferente entre as épocas avaliadas. A temperatura foliar da época 3 foi superior à das demais, seguidas pelas épocas 4 e 2 e, por fim, da época 1 (Tabela 3). O aumento de temperatura na época 3 pode estar relacionado diretamente com a baixa umidade do ar apresentada no dia da avaliação, favorecendo maior aquecimento da folha devido à maior demanda evaporativa da atmosfera (maior déficit de pressão de vapor - DPV). Verifica-se que, após a segunda roçada, houve aumento expressivo da transpiração (E): de 3,88 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> na época 2 para 4,96 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> na época 3. Mesmo com menor *gs* nesta época em relação às épocas 1 e 2, foi verificado maior E (Tabela 3). Possivelmente, o aumento da temperatura foliar nessa época explica esse comportamento; houve maior transpiração como forma de controlar a alta temperatura foliar. Na época 3 após a segunda roçada, foi possível observar a diminuição da umidade relativa do ar, o que pode ter causado redução do microclima próximo às folhas, induzindo, em último caso, maior E. De acordo com Pilau et al. (2007), avaliando plantas de feijão, os maiores valores de transpiração obtidos podem ser explicados sobretudo pelas diferenças em temperatura do ar e aumento na DPV.

Para manutenção da taxa de fotossíntese com a redução da abertura estomática, há necessidade de maior eficiência em consumir o carbono que se encontra internamente ao mesófilo foliar ( $\Delta C$ ) e, assim, diminuir a razão Ci/Ca. Entretanto, não foi verificada na época 3 maior compensação no que se refere

**Tabela 3** - Valores médios de temperatura foliar (Tleaf), taxa transpiratória (E), condutância estomática (*gs*), taxa de fotossíntese (A), razão do carbono interno da câmara subestomática e carbono externo (Ci/Ca), carbono consumido ( $\Delta C$ ) e eficiência do uso da água (EUA) das plantas de milho, dentro das diferentes épocas. Viçosa-MG, 2010

Época	T Leaf	E	<i>gs</i>	A	Ci/Ca	$\Delta C$	EUA
	(T °C)	(mmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	(mol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	( $\mu$ mol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	mol (CO <sub>2</sub> )	( $\mu$ mol CO <sub>2</sub> )	(mol CO <sub>2</sub> /mol H <sub>2</sub> O)
1	30,8 c	3,84 b	0,69 a	44,42 b	0,336 ab	130,42 b	11,52 b
2	32,1 bc	3,88 b	0,39 b	42,59 b	0,342 a	125,03 b	10,99 b
3	38,8 a	4,96 a	0,26 c	44,35 b	0,337 ab	130,28 b	8,83 b
4	33,6 b	3,72 b	0,28 c	56,34 a	0,315 b	165,29 a	15,31

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, para cada variável, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Épocas: 1 - 15/3/2010 (antes da 1ª roçada); 2 - 25/3/2010 (após a 1ª roçada); 3 - 5/4/2010 (após a 2ª roçada); e 4 - 26/4/2010 (pleno florescimento).



à redução da razão  $C_i/C_a$  e/ou ao aumento do  $\Delta C$ . Todavia, ainda que observada essa redução significativa da condutância estomática na época 3, não houve decréscimos na taxa fotossintética em relação às épocas 1 e 2, possivelmente em razão da própria eficiência de fixação do carbono pelas plantas C4. Mesmo com aumento da limitação estomática e diminuição das concentrações de  $CO_2$ , a enzima fosfoenolpiruvato carboxilase (PEP) (Taiz & Zeiger, 2009) atua eficientemente em baixos níveis de  $CO_2$  (baixo Km) e especificamente como carboxilase, sendo cerca de 100 vezes mais eficiente que a enzima Rubisco (ribulose 1,5-bisfosfato carboxilase/oxigenase), o que favorece a manutenção desse potencial fotossintético das plantas C4 (Magalhães et al., 2002; Silva et al., 2007).

Contudo, observou-se aumento da fotossíntese da época 3 para a época 4. No florescimento das plantas, a taxa de fotossíntese foi superior à das demais épocas, que não diferiram entre si. Interessante ressaltar que houve aumento significativo da taxa fotossintética (A) nesta época, porém houve redução da transpiração sem que aumentasse a abertura estomática, quando se compara a época 3 com a 4. Verifica-se que há declínio de umidade relativa na época 4, mas não é tão expressiva a intensidade dessa redução, quanto a observada próximo à época 3 (Figura 1). Houve maior aproveitamento da água na época 4, na qual o valor da EUA foi maior que o das demais épocas, que não diferiram entre si. É provável que essa eficiência, neste caso, não esteja ligada à menor taxa de transpiração pelas plantas na época 4, e sim justificada pelas altas taxas fotossintéticas. No período considerado, verifica-se rápido crescimento das plantas de milho – característico da mudança da fase vegetativa para a fase reprodutiva. Nesse sentido, a relação fisiológica (carbono fixado/água transpirada) é afetada, explicado pelo aumento da fotossíntese. Oliveira Junior et al. (2007) também observaram altas taxas fotossintéticas próximo ao início da polinização do milho. Segundo Kron et al. (2008) e Firmano et al. (2009), a redução apenas parcial da abertura estomática limita mais fortemente a transpiração do que a entrada de  $CO_2$ . Torres & Schiavinato (2008) afirmam que a vantagem ecológica que as plantas obtêm ao regular a transpiração é

manter uma relação linear com a EUA, otimizando assim as trocas gasosas.

Para a razão  $C_i/C_a$ , houve diferença significativa somente quando se compara a época 4 com a 2. A época 4 apresentou menor  $g_s$ , porém maior A. Contudo, verifica-se na Tabela 3 menor razão  $C_i/C_a$  e maior valor para  $\Delta C$ . Pode-se dizer que o complexo fotossintético das plantas de milho na época 4 encontrava-se intacto, pois, se estivessem nas mesmas condições climáticas, poderia ocorrer queda da A, justificada pelo fechamento estomático, devido à limitação estomática imposta ao processo difusional de  $CO_2$ . Da Matta et al. (2001), estudando os valores potenciais da fotossíntese das culturas, verificaram média de aproximadamente  $54 \mu\text{mol}$  para a cultura do milho. Esse resultado confirma o bom desempenho fisiológico das plantas de milho na época de avaliação 4 ( $56 \mu\text{mol } CO_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) no estágio de florescimento (Tabela 3).

Quando se avaliam as médias de  $\Delta C$ , E e A, entre os tratamentos apresentados na Tabela 4, observa-se que não houve diferenças significativas entre as épocas de corte e as plantas daninhas em nenhuma das variáveis citadas, porém verificou-se que, em relação ao tratamento testemunha de milho (sem a interferência de plantas daninhas), os tratamentos em que se empregaram o milho e *C. benghalensis* em competição foram menores para essas características. Também foi observado declínio sobretudo na massa seca total das plantas de milho em competição com *C. benghalensis* (Tabela 5).

Verificou-se que, para todas as características apresentadas relativas aos tratamentos, não houve diferenças quando se empregou milho em competição com *B. pilosa* e milho em competição com *C. benghalensis*, tampouco houve efeito da roçada nas características apresentadas na Tabela 4. Entretanto, foram observadas diferenças entre alguns tratamentos de milho em competição com as plantas daninhas e o tratamento do milho em cultivo solteiro. Houve diferenças na temperatura foliar (Tleaf) dos tratamentos: as plantas de milho em competição com *B. pilosa* apresentaram Tleaf inferior à daquelas em cultivo solteiro, o que possivelmente é explicado por uma diminuição da área foliar do milho, causada pela competição por nutrientes

**Tabela 4** - Valores médios de temperatura foliar (T Leaf), taxa transpiratória (E), carbono consumido ( $\Delta C$ ), eficiência do uso da água (EUA) e taxa fotossintética (A) de plantas de milho, segundo os tratamentos. Viçosa-MG, 2010

Tratamento	T leaf	E	$\Delta C$	EUA	A
	(T °C)	(mmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	( $\mu$ mol CO <sub>2</sub> )	(mol CO <sub>2</sub> /mol H <sub>2</sub> O)	( $\mu$ mol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )
M e B/1r	33,17 b	3,96 b	136,63 ab	12,16 ab	46,55 ab
M e B/2r	33,41 b	4,10 ab	140,80 ab	11,87 ab	47,94 ab
M e B/sr	33,63 b	3,94 b	134,85 ab	11,76 ab	45,98 ab
M e C/1r	34,00 ab	4,05 b	127,67 b	10,85 a	43,53 b
M e C/2r	33,95 ab	3,92 b	129,14 b	11,51 ab	43,99 b
M e C/sr	33,95 ab	3,79 b	121,24 b	10,98 ab	41,29 b
MCS	34,65 a	4,92 a	173,96 a	12,52 a	59,19 a

Letras diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. M e B/1r - milho e *B. pilosa*/uma roçada; M e B/2r - milho e *B. pilosa*/duas roçadas; M e B/sr - milho e *B. pilosa*/sem roçadas; M e C/1r - milho e *C. benghalensis*/uma roçada; M e C/2r - milho e *C. benghalensis*/duas roçadas; M e C/sr - milho e *C. benghalensis*/sem corte; e MCS - milho em cultivo solteiro.

**Tabela 5** - Médias para massa da matéria seca total (MST), razão parte aérea/sistema radicular (PA/SR), razão de massa radicular (RMR) e razão de massa foliar (RMF) das plantas de milho nos diferentes tratamentos. Viçosa-MG, 2010

TRAT	MST	PA/SR	RMR	RMF
	(g)	(g g <sup>-1</sup> )		
MCS	266,76	2,42	0,15	0,17
M e B/1r	190,60	1,59	0,29	0,17
M e B/2r	271,72	1,67	0,28	0,16
M e B/sr	243,13	1,16*	0,44*	0,11*
M e C/1r	146,38	1,67	0,26	0,17
M e C/2r	232,80	1,65	0,31	0,15
M e C/sr	70,52*	2,40	0,16	0,27*

\* Médias diferem da testemunha a 5% de significância pelo teste de Dunnett. MCS - milho em cultivo solteiro; M e B/1r - milho e *B. pilosa*/uma roçada; M e B/2r - milho e *B. pilosa*/duas roçadas; M e B/sr - milho e *B. pilosa*/sem roçadas; M e C/1r - milho e *C. benghalensis*/uma roçada; M e C/2r - milho e *C. benghalensis*/duas roçadas; e M e C/sr - milho e *C. benghalensis*/sem corte.

e água com as plantas daninhas. Essa diminuição leva à menor interceptação de radiação pela folha, que, assim, apresenta menor temperatura. Nesse sentido, Vieira Júnior et al. (2007) verificaram que, apesar da significativa relação inversa entre a temperatura da folha e o potencial hídrico em milho, a relação não apresenta acurácia suficiente para emprego da medida de temperatura no *status* hídrico da planta de milho.

Verifica-se que, para a E, todos os tratamentos em que se empregaram as plantas de milho em competição com as plantas daninhas

mostraram menores valores quando se compara com o milho em cultivo solteiro, porém somente o tratamento milho e *B. pilosa* com duas roçadas não diferiu, sendo observada a mesma taxa transpiratória das plantas de milho sem competição. É provável que duas roçadas nas plantas de *B. pilosa* tenham proporcionado redução de sua capacidade competitiva pelos recursos de produção no solo.

Com relação ao  $\Delta C$  e à A, nos diferentes tratamentos, foram observadas diferenças somente para as plantas de milho que competiram com *C. benghalensis*, em comparação com aqueles sem interferência de plantas daninhas. Pode-se inferir que as plantas daninhas de *C. benghalensis* afetaram de forma negativa o consumo de carbono e a taxa fotossintética do milho, quando comparadas com a planta de milho sem a interferência de plantas daninhas. Entretanto, não foi verificada diferença do milho em competição com *B. pilosa* mesmo quando essa planta daninha não recebeu a roçada, em comparação com as plantas de milho que não estiveram em competição com plantas daninhas.

Quando se utilizam somente os dados fisiológicos e a massa seca total da planta (parte aérea + sistema radicular), não se pode afirmar com precisão que esse resultado tenha sido satisfatório para o desenvolvimento do milho no que se refere à capacidade da planta em potencializar a produção de grãos. Para essa afirmação, é necessário integrar as características fisiológicas obtidas com as



trocas gasosas, razões morfológicas, como razão de massa foliar, de massa caulinar, de massa radicular e parte aérea/sistema radicular, para então obter respostas potencializadas do pleno desenvolvimento do milho.

Na Tabela 5, verifica-se que o único tratamento que alterou a razão parte aérea/sistema radicular e razão de massa radicular do milho foi aquele em que se empregou o milho em competição com *B. pilosa* sem o uso de roçada. Essa planta daninha não interferiu no acúmulo de massa seca total (parte área + sistema radicular) da planta de milho quando comparado ao milho testemunha, porém alterou o equilíbrio funcional da alocação de biomassa das plantas, reduzindo a razão parte aérea/sistema radicular, ou seja, menor razão de massa foliar e maior razão de massa radicular. De acordo com Cahill Jr. (2003), essas diferenças possivelmente se devem à maior alocação de fotoassimilados para as raízes e, conseqüentemente, maior alocação de massa seca radicular. Essa é uma tentativa da planta em investir em determinado compartimento, devido à maior carência de recurso (Poorter & Nagel, 2000). Segundo Procópio et al. (2004), a planta daninha *B. pilosa* apresenta alta capacidade de absorção e conversão de nitrogênio em biomassa, causando limitação de recursos no solo para as plantas de milho, o que favorece o crescimento radicular para a maior exploração do solo.

É provável que a manutenção da A das plantas de milho em competição com as plantas daninhas de *B. pilosa* sem o uso de roçadas deva-se principalmente à alta demanda de fotoassimilados para suprir o crescimento radicular dessas plantas, o que proporcionou desbalanço das razões, induzido pela competição com as plantas daninhas de *B. pilosa*. Isso é explicado por Lacerda et al. (2010), os quais afirmam que pode haver mudanças morfológicas na cultura do milho, com o objetivo de tornar a planta mais adaptada às condições adversas.

Como observado, o comportamento das razões morfológicas do milho foi distinto quando em competição com *B. pilosa*, reduzindo a razão parte aérea/sistema radicular do milho, em relação à competição com *C. benghalensis*, que manteve essa razão quando se comparou

com o milho em cultivo sem interferência de plantas daninhas (Tabela 5). De acordo com o trabalho realizado por Liu et al. (2009), plantas de milho no estágio de seis a nove pares de folhas, em competição com plantas de *Amaranthus retroflexus*, apresentaram redução da razão sistema radicular/parte aérea. Esses resultados induzem a predição de que a alocação de massa nas diferentes partes da planta possui variações de acordo com o tipo de competição empregada, ou seja, características competitivas específicas da cultura e das plantas daninhas trabalhadas, e com as condições edafoclimáticas em que essa competição se encontra.

Verifica-se que, para os valores de eficiência do uso da água (EUA), somente houve diferenças quando se compara o tratamento de milho sem interferência de plantas daninhas com o milho em competição com *C. benghalensis* utilizando uma roçada (Tabela 4). Em razão da habilidade de competição que essa planta daninha possui, aliada à capacidade de propagação vegetativa, possivelmente uma roçada possa ter aumentado a quantidade de plantas em competição com o milho por unidade de área, favorecendo o aumento da absorção de nutrientes pelas plantas de *C. benghalensis*. Segundo Chiovatto et al. (2007), o efeito da roçada não elimina a competição abaixo do solo, pois as plantas conseguem utilizar as reservas acumuladas e emitir novas brotações, o que ajuda a explicar o menor acúmulo de matéria seca das plantas de milho no tratamento com a roçada. Aspiazú et al. (2010), trabalhando com a eficiência fotossintética e o uso de água pelas plantas daninhas, observaram que *C. benghalensis* apresentou maior potencial no consumo de carbono e maior eficiência do uso da água em comparação com *B. pilosa*.

Possivelmente, o uso de uma roçada nas plantas de *C. benghalensis* influenciou negativamente o potencial fotossintético do milho e, ao mesmo tempo, manteve a sua taxa transpiratória em relação aos demais tratamentos, apresentando em última análise diminuição da eficiência do uso da água pelas plantas de milho, que é estabelecida pela razão do carbono fixado por água transpirada -  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  - EUA.

Conclui-se que a roçada não influenciou os aspectos fisiológicos avaliados nas plantas de milho (A, *gs*, razão Ci/Ca,  $\Delta C$ , E e EUA) em competição com as plantas daninhas. *Commelina benghalensis* causou maior interferência na magnitude fisiológica do milho, reduzindo a fotossíntese e a transpiração. Uma roçada nas plantas de *Bidens pilosa* e *Commelina benghalensis* no estágio de três folhas completamente desenvolvidas do milho reduziu a interferência dessas plantas nas características morfológicas dessa cultura (PA/SR, RMF e RMR). Quando não se utilizou a roçada, a espécie *Bidens pilosa* apresentou maior capacidade de interferência no comportamento morfológico do milho, reduzindo a razão de massa foliar e aumentando a razão de massa radicular. *Commelina benghalensis*, quando não roçada, apresentou maior capacidade de interferência no acúmulo de matéria seca total do milho.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelo auxílio financeiro ao projeto e pela concessão de bolsas de pós-graduação e de produtividade em pesquisa.

## LITERATURA CITADA

- ASPIAZÚ, I. et al. Eficiência fotosintética y de uso del agua por malezas. **Planta Daninha**, v. 28, n. 1, p. 87-92, 2010.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42 p.
- BIANCHI, C. A. M. et al. Condutância da folha em milho cultivado em plantio direto e convencional em diferentes disponibilidades hídricas. **Ci. Rural**, v. 37, n. 2, p. 315-322, 2007.
- CAHILL Jr., J. F. Lack of relationship between below-ground competition and allocation to roots in 10 grassland species. **J. Appl. Ecol.**, v. 91, n. 4, p. 532-540, 2003.
- CORRÊA, M. L. P. et al. Dinâmica populacional de plantas daninhas na cultura do milho em função de adubação e manejo. **Ci. Agron.**, v. 42, n. 2, p. 354-363, 2011.
- CHIOVATO, M. G. et al. Diferentes densidades de plantas daninhas e métodos de controle nos componentes de produção do milho orgânico. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 277-283, 2007.
- DA MATTA, F. M. et al. Actual and potential photosynthetic rates of tropical crop species. **R. Bras. Fisiol. Veg.**, v. 13, n. 1, p. 24-32, 2001.
- DAROLT, M. R.; SKORA NETO, F. Sistema de plantio direto em agricultura orgânica. 2002. Disponível em: <<http://www.aeadf.org.br/noticias/pdf/Sistema%20de%20Plantio%20Direto%20em%20Agricultura%20Org%C3%A2nica.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2010.
- FIRMANO, R. S.; KUWAHARAI, F. A.; SOUZAI, G. M. Relação entre adubação fosfatada e deficiência hídrica em soja. **Ci. Rural**, v. 39, n. 7, p. 1967-1973, 2009.
- FONTANÉTTI, A. et al. Produção de milho orgânico no sistema de plantio direto. **Inf. Agropec.**, v. 27, n. 233, p. 127-136, 2006.
- FLEXAS, J.; BOTA, J.; GALMÉS, J.; MEDRANO, H. AND RIBAS-CARBÓ, M. Keeping a positive carbon balance under adverse conditions: responses of photosynthesis and respiration to water stress. **Physiologia Plantarum**, v. 127, n. 3, p.343-352, 2006.
- KRON, A. P.; SOUZA, G. M.; RIBEIRO, R. V. Water deficiency at different developmental stages of *Glycine max* can improve drought tolerance. **Bragantia**, v. 67, n. 1, p. 43-49, 2008.
- LACERDA, C. F. et al. Análise de crescimento de milho e feijão sob diferentes condições de sombreamento. **R. Bras. Ci. Agr.**, v. 5, n. 1, p. 18-24, 2010.
- LIU, J. G. et al. The importance of light quality in crop-weed competition. **Weed Res.**, v. 49, n. 2, p. 217-224, 2009.
- MAGALHÃES, P. C. et al. **Fisiologia do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. (Circular Técnica, 22)
- MARENCO, R. A. et al. Hydraulically based stomatal oscillations and stomatal patchiness in *Gossypium hirsutum*. **Func. Plant Biol.**, v. 33, n. 12, p. 1103-1113, 2006.
- MELO, P. T. B. S. et al. Comportamento de populações de arroz irrigado em função das proporções de plantas originadas de sementes de alta e baixa qualidade fisiológica. **R. Bras. Agroci.**, v. 12, n. 1, p. 37-43, 2006.
- OLIVEIRA JUNIOR, L. F. G. et al. Diferenças fisiológicas entre genótipos de milho doce (*su-1*) e milho comum durante o desenvolvimento. **Sci. Agr.**, v. 8, n. 4, p. 351-356, 2007.
- POORTER, H.; NAGEL, O. The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO<sub>2</sub>, nutrients and water: a quantitative review. **Austr. J. Plant Physiol.**, v. 27, n. 6, p. 595-607, 2000.



- PILAU, F. G. et al. Transpiração e condutância foliar à difusão de vapor de feijoeiro irrigado em função da temperatura da folhagem e variáveis ambientais. **Acta Sci. Agron.**, v. 29, n. 1, p. 127-131, 2007.
- PROCÓPIO, S. O. et al. Características fisiológicas das culturas de soja e feijão e de três espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 22, n. 2, p. 211-216, 2004.
- SAEG. **Sistema de análises estatísticas e genéticas**; versão 8.0. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, **142 p.** 2000.
- SILVA, A. A. et al. Biologia de plantas daninhas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Ed.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.
- TORRES, J. A. P.; SCHIAVINATO, M. A. Crescimento, eficiência fotossintética e eficiência do uso da água em quatro espécies de leguminosas arbóreas tropicais. **Hoehnea**, v. 35, n. 3, p. 395-404, 2008.
- VANDERZEE, D.; KENNEDY, R. A. Development of photosynthetic activity following anaerobic germination in rice-mimic grass (*Echinochloa crus-galli* var. *oryzicola*). **Plant Physiol.**, v. 73, n. 2, p. 332-339, 1983.
- VAZ DE MELO, A. et al. Dinâmica populacional de plantas daninhas em cultivo de milho-verde nos sistemas orgânico e tradicional. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 521-527, 2007.
- VIEIRA JÚNIOR, P. A. et al. Relações entre o potencial e a temperatura da folha de plantas de milho e sorgo submetidas a estresse hídrico. **Acta Sci. Agron.**, v. 29, n. 4, p. 555-561, 2007.

