

Relações entre o potencial e a temperatura da folha de plantas de milho e sorgo submetidas a estresse hídrico

Pedro Abel Vieira Júnior¹, Durval Dourado Neto^{2*}, Ricardo Ferraz de Oliveira³, Lázaro Eustáquio Pereira Peres³, Thomas Newton Martin¹, Paulo Augusto Manfron⁴ e Reinaldo Antônio Garcia Bonnacarrère¹

¹Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, São Paulo, Brasil.

²Departamento de Fitotecnia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Cx Postal 9, 13418-900, Piracicaba, São Paulo, Brasil.

³Departamento de Fisiologia Vegetal, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, São Paulo, Brasil.

⁴Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: dourado@esalq.usp.br

RESUMO. Para avaliar o comportamento diário do potencial hídrico em plantas de milho e de sorgo submetidas a estresse hídrico, relacionando com as temperaturas foliar e ambiente, foram cultivadas, em vasos individuais em estufa, cinco plantas de cada espécie. Até o estágio fenológico de quatro folhas, o solo nos vasos foi mantido em capacidade de campo. Entre esse estágio e até próximo ao ponto de murcha a irrigação foi suspensa e foram monitoradas diariamente a temperatura ambiente (T_{am}), o potencial hídrico da folha (Ψ_{folha}) e a temperatura sobre a lâmina foliar (T_{foext}). Nas plantas que apresentavam enrolamento das folhas, foram registradas as temperaturas (T_{foint}) da face interna do limbo enrolado. Também foram calculadas as médias horárias dos Ψ_{folha} para ambas as espécies relacionando-os com a T_{foext} , a T_{foint} e as diferenças entre essas temperaturas. Ambas as espécies apresentaram comportamentos semelhantes quanto ao Ψ_{folha} e entre 13 e 15 horas verificou-se o menor Ψ_{folha} . Apesar da significativa relação inversa entre a T_{foext} e o seu Ψ_{folha} , em milho essa relação não apresenta acurácia para emprego da T_{foext} no monitoramento do status hídrico da planta e a T_{foint} é inferior à T_{foext} , tornando-se um mecanismo que permite à planta a manutenção de seu metabolismo.

Palavras-chave: água, anisohídrico, isohídrico, *Zea mays* L., *Sorghum bicolor* L.

ABSTRACT. Relations between the potential and temperature of the corn and sorghum leaf submitted water stress. To evaluate the daily behavior of the water potential in corn and of sorghum plants submitted to water stress, relating with the leaf and ambient temperature, were cultivated, in individual pots in greenhouse, five plants of each species. The plants were kept at field capacity until they reached the stage of four leaves. Between that stadium and close to the wilting point the irrigation was suspended and were monitored daily the ambient temperature (T_{am}), the water potential in the leaf (Ψ_{folha}) and the temperature on the leaf sheet (T_{foext}). The plants whose leaves rolled up had their internal temperature measured (T_{foint}). The average time of Ψ_{folha} was calculated for both species relating them with T_{foext} , T_{foint} and the differences among those temperatures. Both species presented behaviors similar to Ψ_{folha} and between 1pm to 3pm they showed the lowest Ψ_{folha} . Despite the significant inverse relationship between T_{foext} and Ψ_{folha} , in corn, this relationship does not present enough precision to use the measure of T_{foext} in the control of the water status of the plant and the T_{foint} was inferior to the T_{foext} becoming a protection mechanism which allows the plant to maintain its metabolism.

Key words: water, anizohydric, hizohydric, *Zea mays* L., *Sorghum bicolor* L.

Introdução

A água é o constituinte mais abundante nos tecidos vegetais vivos, podendo chegar a 95% em espécies como a alface. Desempenha diversas funções nos tecidos vegetais, dentre eles, a sua conhecida atuação como solvente, constituindo, dessa forma, o meio para o movimento das moléculas no simplasto e apoplasto. Além disso, influencia a estrutura molecular e as propriedades de

proteínas, membranas, ácidos nucleicos e outros constituintes celulares. Em outra importante função, a água constitui o ambiente em que ocorre a maioria das reações químicas na célula, participando de várias reações essenciais. Por meio da solução aquosa, os minerais são transportados até a superfície radicular. Devido a alto calor específico, a água em células assegura que as flutuações de temperatura sejam lentas nas plantas (Taiz e Zeiger, 2004). De

todos os recursos que a planta necessita para o seu desenvolvimento, a água é o mais abundante e, ao mesmo tempo, o mais limitante à produtividade agrícola, o que justifica a prática de irrigação.

Nas culturas do milho e do sorgo, o déficit hídrico causa reduções acentuadas na produtividade. Um correto monitoramento do conteúdo hídrico nas plantas é importante devido à possibilidade de uma rápida intervenção para suprir essas deficiências. Como um bom indicador do status de água na planta, pode ser citado o potencial de água na folha (Ψ_{folha}), sendo o seu monitoramento importante nas decisões sobre irrigação. Atualmente, entretanto, não há disponibilidade de métodos expeditos para determinação do Ψ_{folha} em campo (CGIAR, 2002). Além disso, Bergonci *et al.* (2000) citam que o potencial de água na folha, utilizado como indicador da condição hídrica das plantas, pode ser uma ferramenta importante no monitoramento da disponibilidade de água no solo e da necessidade de irrigação.

Diversos estudos objetivam relacionar o potencial de água na folha com os processos fisiológicos. Os valores aproximados do Ψ_{folha} de -0,5 MPa, por exemplo, são considerados adequados para o bom desenvolvimento do milho e do sorgo, enquanto -0,8 MPa inibe a fotossíntese e o crescimento de folhas e -1,5 MPa é o ponto de murcha (Salah e Tardieu, 1997; Klar e Porto, 1998). Do total de água absorvido pela planta, cerca de 95% é utilizado para manter o equilíbrio térmico por transpiração. A variação na transpiração, portanto, afeta diretamente a temperatura da planta, notadamente a temperatura foliar (Qiu *et al.* 2000). Na cultura do milho, os valores do potencial mínimo da água na folha foram desde -1,2 a -1,5 MPa em plantas irrigadas (na capacidade de campo) e de -1,6 a -2,0 MPa em plantas não irrigadas (Bergonci *et al.*, 2000). Além disso, o potencial mínimo da água na folha correlacionou-se com o potencial matricial da água no solo a 45 cm de profundidade ($r^2 = 0,73$) e mostrou ser um indicador adequado de déficit hídrico. Os autores também verificaram que o potencial da água na folha, ao entardecer, relacionou-se com o potencial mínimo da água na folha, evidenciando, assim, que pode ser utilizado como indicador de déficit hídrico. O potencial foliar de base apresentou diferenças evidentes entre os tratamentos extremos, mas não teve relação consistente com o potencial mínimo da água na folha.

Inúmeras variáveis fisiológicas, tais como o nível de ácido abscísico, a fotossíntese líquida, a transpiração, a condutância estomática, dentre outras, são correlacionadas com o status de energia da água na planta e seus componentes, em nível celular, daí o interesse da avaliação dessa variável em

estudos das relações hídricas das plantas (Hsiao, 1973). O controle de água na planta é realizado, principalmente, pelos estômatos, cuja condutância é modulada, em geral, pela diferença na pressão de vapor entre o ambiente e a planta e por sinalizadores endógenos, notadamente o ácido abscísico (Ribaut e Pilet, 1991; Wensuo *et al.*, 1996). Os reguladores de crescimento endógenos, além de modularem a condutância estomática e, conseqüentemente, a temperatura da planta, promovem alterações como o murchamento e o enrolamento das folhas. O déficit de água nos tecidos, causado pela excessiva demanda evaporativa ou pelo limitado suprimento de água no solo, afetam todos os aspectos do crescimento e desenvolvimento dos vegetais (Krieg, 1993). Para a planta, a capacidade de abertura estomática influencia sensivelmente a taxa de desidratação da planta, principalmente, devido ao conteúdo de água das folhas ser limitado e influenciado pela taxa de transpiração (Ferreira, 1997).

Quando o ambiente apresentar déficit hídrico, as plantas podem utilizar mecanismos de tolerância como o ajuste osmótico, para que a célula absorva água e mantenha o potencial de pressão em níveis adequados. Com o déficit hídrico, os solutos da célula ficam concentrados, tornando mais negativo o seu potencial osmótico (Patakas *et al.*, 2002). Uma das primeiras tentativas de manter o nível hídrico no interior da planta é o fechamento dos estômatos, porém, a conseqüência desse evento fisiológico é a restrição das trocas gasosas entre o interior da folha e a atmosfera, causando redução na assimilação de CO_2 , utilizado no processo fotossintético (Krieg, 1993; Larcher, 2000).

O acúmulo intracelular de solutos osmoticamente ativos em resposta às condições de reduzida disponibilidade de água e salinidade é importante mecanismo desenvolvido pelas plantas que toleram a seca com baixo potencial hídrico. Este mecanismo, denominado ajustamento osmótico, tem sido verificado em várias espécies e é considerado um dos mais eficazes para manutenção da turgescência celular, permitindo, principalmente, a manutenção da abertura estomática e fotossíntese sob condições de baixo potencial hídrico no solo. Embora o ajustamento osmótico não impeça que a taxa fotossintética seja reduzida sob condições de estresse hídrico, a manutenção da turgescência permite que a fotossíntese e outras importantes atividades fisiológicas sejam mantidas, ainda que baixas. O decréscimo no potencial de água das plantas pode ser mitigado por ajustamento osmótico decorrente da acumulação de solutos no citoplasma das células. Entre os solutos bioquimicamente

compatíveis destacam-se: a glicina, a betaina, o manitol, o pinitol e a prolina, que não causam efeitos negativos quando acumulados em altas concentrações na célula e, além do ajustamento osmótico, podem apresentar outros efeitos protetores (Bray *et al.*, 2000). Quanto à variação diária no Ψ_{folha} , existem plantas classificadas como anisohídricas, que têm ampla variação diária segundo a variação da condutância estomática e plantas com menor amplitude diária no Ψ_{folha} , independente da condutância estomática, classificadas como isohídricas. No caso das primeiras, a exemplo do sorgo, o comportamento sugere que os sinais para regulação da condutância estomática provêm, principalmente, da parte aérea, provavelmente pelo acúmulo de ABA. No caso da segunda classe, a exemplo do milho, que promove ajustamento osmótico celular na parte aérea, os sinais provem principalmente da raiz (Wood *et al.*, 1996; Salah e Tardieu, 1997; Tardieu e Simonneau, 1998).

Considerando o exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento diário do Ψ_{folha} em plantas de milho e de sorgo submetidas a estresse hídrico, relacionando-o com as temperaturas foliar e ambiente.

Material e métodos

O experimento foi realizado entre os dias 10/9/2003 e 1/12/2003 em casa de vegetação com cobertura de polipropileno transparente, sem interferência nos parâmetros do ambiente como temperatura, umidade relativa e radiação solar. Para tanto, cinco plantas de milho e de sorgo foram cultivadas, individualmente, em 10 vasos com 10 litros de capacidade, local em que o solo foi acomodado com densidades semelhantes e para os quais foram incorporados 0,3 kg de fertilizante contendo 5, 25 e 30% N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente. Em todos os vasos, no estágio fenológico de quatro folhas foi adicionado 0,2 kg de nitrogênio na forma de sulfato de amônio.

As plantas foram mantidas em capacidade de campo até o estágio fenológico de quatro folhas, quando foi suspensa a irrigação. Diariamente, às 6:00, 9:00, 12:00, 15:00 e 18:00 a temperatura do ambiente (T_{am} , °C) foi monitorada com um termopar, cerca de 0,3 m dos vasos. Concomitantemente, com um termômetro de infravermelho, foram medidas as temperaturas sobre a lâmina foliar (T_{foext} , °C) da quarta folha. Nas plantas que apresentavam enrolamento do limbo foliar, além da temperatura sobre a lâmina foliar, foi medida a temperatura interna ao enrolamento (T_{foint} ,

°C). Imediatamente, após as medidas de temperaturas, foram coletadas amostras circulares com 0,03 m de diâmetro da terceira folha para determinação do potencial hídrico (Ψ_{folha} , MPa). Para tanto, as amostras de folha foram mantidas por seis horas em câmaras hermeticamente fechadas, conectadas a psicrômetro de termopar (Modelo SC-10 A, Decagom Devices Inc.). Após esse período, procederam-se às leituras de potencial hídrico na folha (Ψ_{folha} , MPa). As leituras de temperatura e potencial hídrico foram realizadas, diariamente, nos horários descritos até valor próximo ao ponto de murcha permanente (-1500 KPa), considerado por Bray *et al.* (2000) e Taiz e Zeiger (2004).

Com o propósito de verificar o comportamento diário do potencial hídrico da folha (Ψ_{folha} , MPa), foram calculadas as médias de cada medida dos potenciais em ambas as espécies, considerando todo o período. Para verificar a relação entre o potencial hídrico (Ψ_{folha} , MPa) e a temperatura foliar, foram calculadas as diferenças entre as temperaturas ambiente (T_{am} , °C) e as temperaturas externas (T_{foext} , °C) das folhas, bem como, as diferenças entre as temperaturas ambiente (T_{am} , °C) e as temperaturas internas das folhas (T_{foint} , °C). Com o propósito de verificar o grau da correlação entre as temperaturas das folhas e o *status* hídrico das plantas, as diferenças entre as temperaturas (externas e internas) das folhas com a temperatura ambiente foram relacionadas aos respectivos potenciais hídricos (Ψ_{folha} , MPa) com emprego da análise de correlação de Pearson (r^2 , %) a 5% de probabilidade. A assunção deste trabalho é que aumentos das temperaturas foliares, implicando redução na diferença entre as temperaturas das folhas e as respectivas temperaturas ambientes, estão relacionados diretamente com a redução no potencial hídrico das folhas.

Resultados e discussão

Os potenciais hídricos da folha, média para os 13 dias, estão representados na Figura 1a e b, evidenciando, aproximadamente, o mesmo padrão, sendo o potencial hídrico do milho um pouco superior ao potencial hídrico do sorgo. O menor potencial hídrico em ambas as culturas foi atingido por volta das 15 horas em todos os 13 dias avaliados. O fato de o potencial hídrico das folhas ser inferior à 15 horas é devido à temperatura diária ser mais elevada nesse mesmo horário (Figura 1d). Os resultados de Ψ_{folha} obtidos (Figuras 1a e b) contrariam os autores (Wood *et al.*, 1996; Salah e

Tardieu, 1997; Tardieu e Simonneau, 1998) que distinguem comportamento anisohídrico para sorgo e isohídrico para milho, pois, no presente estudo, ambas as espécies apresentaram comportamentos semelhantes durante o período necessário (13 dias) para atingir valores próximos ao ponto de murcha. Os resultados podem ser conseqüências do cultivo envasado, que afeta o crescimento do sistema radicular e a produção de sinalizadores importantes ao comportamento isohídrico, a exemplo do ácido abscísico (Salah e Tardieu, 1997).

Os períodos de T_{am} superiores à 30°C (Figura 1d) foram verificados nos 3^o a 5^o e 11^o a 13^o dias da avaliação, quando as folhas de milho apresentaram

enrolamento, mesmo com Ψ_{folha} considerados

adequados no primeiro período (dos dias 3^o a 5^o), demonstrando que, para o milho, a alteração na arquitetura do dossel não é resultado apenas do Ψ_{folha} . As T_{foext} (Figura 1e e f) de ambas as espécies foram similares às T_{am} . Entretanto, no caso do milho, até o terceiro dia, nas primeiras horas, as T_{foext} foram ligeiramente superiores à T_{am} , havendo inversão da diferença durante o dia, quando T_{foext} foi até $1,94^{\circ}\text{C}$ inferior à T_{am} . Entre o terceiro e o sétimo dia, a T_{foext} foi inferior à T_{am} , chegando essa diferença a $2,41^{\circ}\text{C}$ no quinto dia (Figura 1e e f). No caso do sorgo, apenas no primeiro dia a T_{foext} no pré-amanhecer foi superior à T_{am} , ficando inferior à T_{am} até o quinto dia.

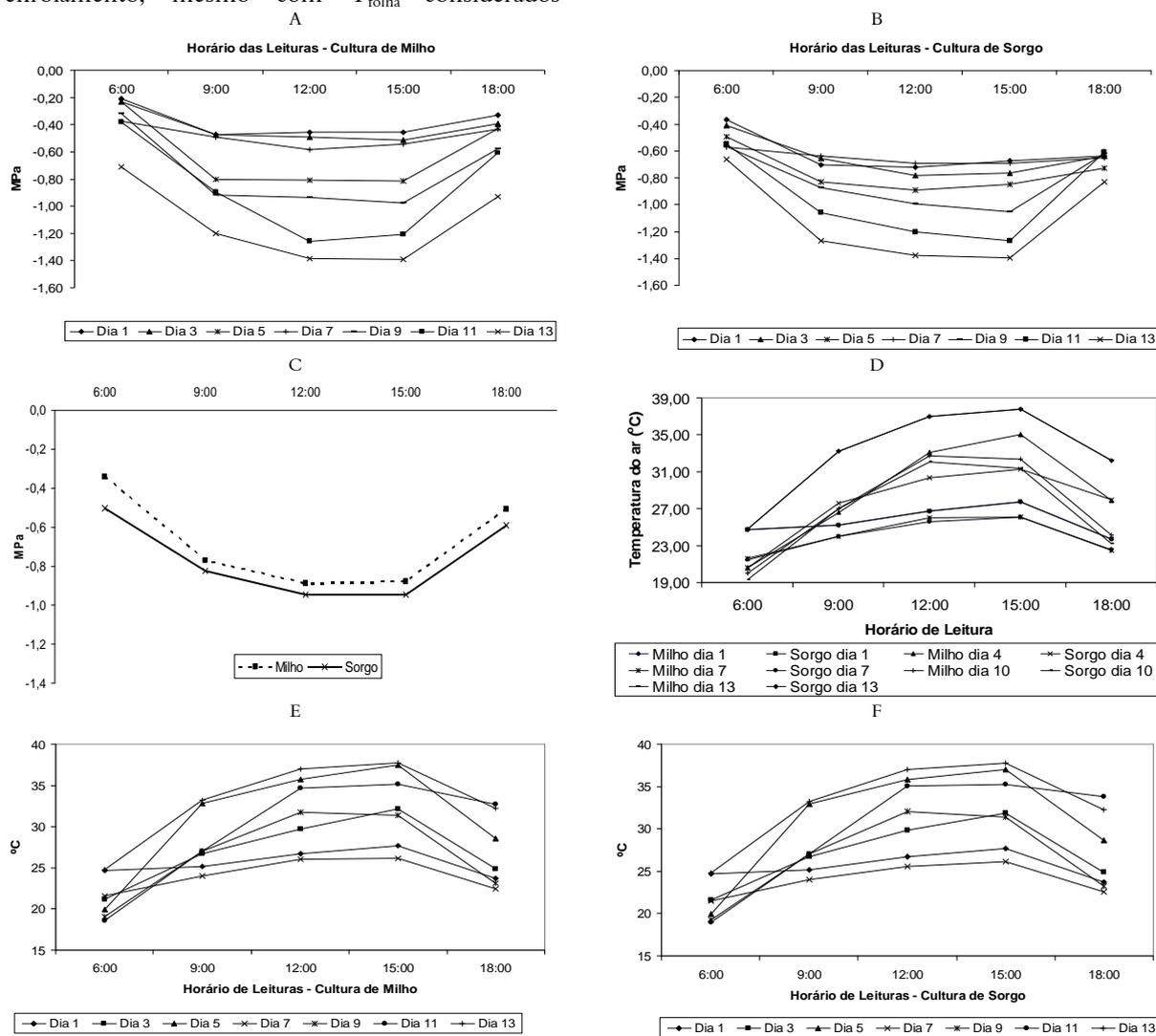


Figura 1. Potenciais hídricos diários (Ψ_{folha} , MPa, **a** e **b**), média dos potenciais hídricos (Ψ_{folha} , MPa), média dos valores diários para as culturas (**c**), temperaturas ambientes (T_{am} , °C, **d**) e temperaturas sobre a folha (T_{foext} , °C, **e** e **f**) medidos por 13 dias às 6:00, 9:00, 12:00, 15:00 e 18:00 na quarta folha em plantas envasadas de milho e de sorgo. Piracicaba, Estado de São Paulo, 2003.

Considerando que a faixa adequada de temperatura para ambas as espécies está entre 25 e 30°C, o comportamento observado das T_{foext} é coerente, pois, nas primeiras horas, notadamente quando a T_{am} é inferior a 25°C, a planta tende a manter sua temperatura superior à T_{am} ; quando a T_{am} ultrapassa 30°C, a planta tende a resfriar por transpiração.

Após o nono dia, quando os valores de Ψ_{folha} tornaram-se baixos, contrário à manutenção da faixa ótima de temperatura na planta, as T_{foext} foram superiores às T_{am} em até 3,74 e 4,50°C; no décimo primeiro dia, para o milho e sorgo, respectivamente. O fato é explicado pelo déficit hídrico, que reduz a condutância estomática, a evaporação e, conseqüentemente, a capacidade de resfriamento da planta. Observa-se que o enrolamento das folhas representa uma alternativa da planta ao estresse, notadamente no caso do milho em que as T_{foint} foram até 1,86°C inferiores as T_{foext} no 13º dia. No caso do sorgo, o mecanismo de enrolamento não é tão pronunciado, pois apenas após o 11º dia esse comportamento foi observado, observando-se que a T_{foint} foi apenas 0,99°C inferior a T_{foext} .

Klar e Porto (1998), estudando os efeitos do déficit hídrico em parâmetros fisiológicos de folhas de sorgo, quando as plantas foram cultivadas em vasos dentro de

casa de vegetação, verificaram que o potencial de água na folha manteve-se segundo uma tendência de estabilidade até o quarto dia, com valores entre -0,58 a -0,95 MPa para os tratamentos irrigados e não-irrigados. A partir do quarto dia, o potencial de água na folha das plantas estressadas começou a reduzir, atingindo valores de -2,75 MPa entre o oitavo e o nono dia. Em contrapartida, nas plantas que eram mantidas irrigadas, o potencial hídrico reduziu gradativamente e, somente a partir do sexto dia até o nono, os valores variaram de -1,0 a -1,3 MPa. A partir daí houve uma redução brusca até atingir -3,5 MPa. Com o retorno do suprimento de água, as plantas recuperaram-se rapidamente (24 horas), voltando ao potencial inicial da água nas folhas (-0,47 MPa). Outros autores como Sanchez-Diaz e Kramer (1973), observaram em plantas de sorgo, cultivadas em casa de vegetação, que o potencial hídrico das folhas variou de -0,59 a -1,89 MPa, em um período de estresse, retornando aos níveis do pré-estresse após a irrigação (-0,58 MPa), atingido em 48 horas.

A diferença de temperatura e o Ψ_{folha} , que possuem relação inversa, foi significativa para o milho (Figura 2a). Não o foi, entretanto, para o sorgo (Figura 2b). O fato pode ser atribuído à capacidade de ajustamento osmótico do milho, que

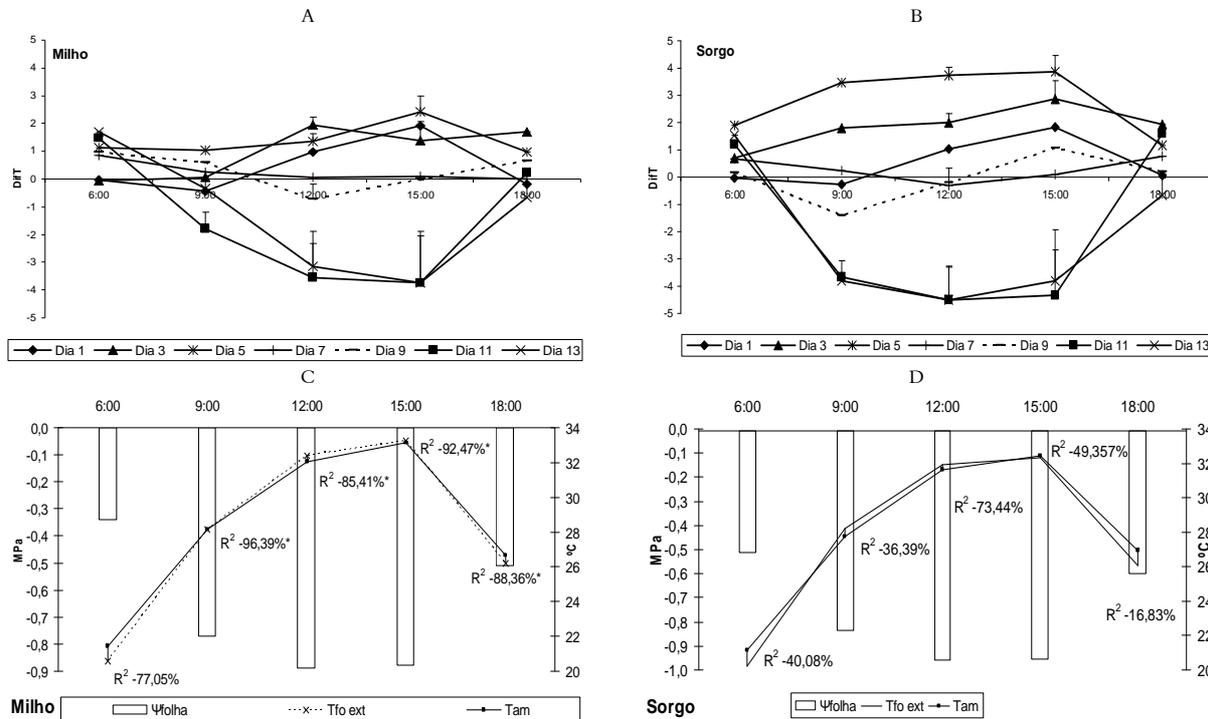


Figura 2. Diferenças (°C) entre as temperaturas ambiente, as temperaturas sobre a folha (linha) e as temperaturas interna ao enrolamento (barra) (a e b) e correlações (R^2), significativas a 5% (*), entre as médias dos potenciais hídricos na folha (Ψ_{folha} , MPa) e as diferenças entre as temperaturas ambiente (T_{am} , °C) e as temperaturas sobre a folha (T_{foext} , °C, d e e) às 6:00, 9:00, 12:00, 15:00 e 18:00 na quarta folha em plantas cultivadas em vaso de milho e de sorgo. Piracicaba, Estado de São Paulo, 2003.

reduz as variações na condutância estomática e, conseqüentemente, as variações na T_{foext} , hipótese corroborada pela menor amplitude nas diferenças de temperatura foliar, notadamente se considerada a T_{foimr} .

No caso do sorgo, as variações na condutância estomática são mais amplas, o que promove um descompasso entre o Ψ_{folha} e a T_{foext} .

O potencial hídrico é uma medida da magnitude de água da planta, quando ocorre uma elevação da radiação solar e, conseqüentemente, redução da energia. Isso pode promover um ligeiro aumento do potencial hídrico da planta. Segundo Larcher (2000), as espécies arbóreas adultas têm grande superfície evaporante. Quando há um suprimento adequado de água, transpiram livremente gerando déficit de pressão de vapor entre o potencial hídrico do solo e o potencial hídrico da atmosfera suficiente para manutenção de adequado fluxo de água na planta, segundo a Teoria da Coesão e Tensão de Dixon (Taiz e Zeiger, 2004). A Teoria da Coesão e Tensão de Dixon é regida, basicamente, por um gradiente de potencial hídrico (entre a atmosfera, a planta e o solo), pelas propriedades de coesão e adesão das moléculas de água e pela força de tensão nos vasos xilemáticos. O ar que circunda as folhas possui, normalmente, menos água que as próprias folhas, ou seja, o potencial hídrico é menor na atmosfera que nas folhas. Assim, a planta perde água das folhas para o ar durante a transpiração. A água perdida pelas células do mesófilo que delimitam a câmara subestomática é repostada pela água de células adjacentes, criando-se um gradiente de potencial hídrico que se propaga ao longo de toda a folha, atingindo as células do xilema. Como conseqüência, os vasos xilemáticos são submetidos a uma forte tensão (pressão negativa) e sua água é, literalmente, puxada para cima. Como o potencial hídrico do xilema, na região das raízes, é menor que o do solo, a água está sendo continuamente absorvida pela planta. Devido à coesão e à adesão, a coluna de água do xilema não é interrompida, evitando a formação de bolhas de ar, cujos efeitos seriam danosos.

Muitas espécies herbáceas, entretanto, que não apresentam sistemas radiculares eficientes e/ou apresentam reduzida área foliar de modo a restringir o fluxo de água necessário à planta, em função de insuficiente diferença entre o potencial hídrico do solo e o potencial hídrico da atmosfera, podem apresentar um potencial hídrico das folhas mais negativo como medida de mitigação da menor condutância estomática (Perez e Moraes, 1991). Nas Figuras 2a e b, para a cultura de milho e sorgo estão representadas as diferenças de temperatura sobre a folha e as temperaturas internas ao enrolamento

(barra). Verifica-se que a temperatura no interior da câmara, formada pelo enrolamento da folha, é inferior à temperatura sob a folha. Dessa forma, a planta, ao enrolar a folha, exerce uma proteção para que alguns processos continuem ocorrendo, embora reduzidos. Essa condição ocorre tanto em milho quanto em sorgo.

Nas Figuras 2c e d, pode-se verificar a correlação negativa entre os valores de temperatura e potencial hídrico das folhas de ambas as culturas, sendo significativa para a cultura do milho (Figura 2c), com valores acima de -96,36% para leituras realizadas a partir das 9 horas. Para a cultura do sorgo (Figura 2d), entretanto, não houve correlações significativas. Em plantas de girassol e milho, a recuperação do potencial hídrico da folha depende da severidade da dessecação e da taxa evaporativa. Se isso não for verificado, o incremento as resistências do fluxo de água no solo, para o transporte até as raízes e dentro delas, torna-se a responsável (Boyer, 1971).

Segundo Nogueira *et al.* (2001) e Schulze *et al.* (1987), um mesmo potencial hídrico da folha pode ser observado em plantas sem restrição de disponibilidade hídrica, ou naquelas submetidas a um estresse hídrico, de acordo com os níveis de perda do vapor da água pela transpiração.

A partir dos resultados observados é possível obter-se um maior planejamento, para que as práticas de manejo de irrigação possam ser mais bem executadas, principalmente devido às plantas de ambas as culturas possuírem o mesmo comportamento quanto ao potencial hídrico das folhas. Dessa forma, o manejo é facilitado entre as culturas. Assim, para a cultura do milho, é possível estimar o potencial hídrico da folha por meio da sua temperatura. Em contra partida, para a cultura do sorgo, o procedimento não pode ser realizado. A temperatura interna da folha (câmara formada pelo enrolamento) é inferior à temperatura externa, tornando-se um mecanismo de proteção que permite à planta a manutenção de seu metabolismo. Dessa forma, é possível realizar um maior gerenciamento para cada uma das culturas. Utilizando os mesmos conceitos, Katerji e Hallaire (1984) indicam que o potencial da água foliar de base (potencial de base) corresponde à medição feita pela manhã, antes de o sol nascer. Assim, essa medida deve ser tomada no horário em que o comportamento isso-hídrico (em que o potencial de água na planta permanece elevado) ou aniso-hídrico (em que diminui acentuadamente nas horas mais quentes do dia) da cultura ou planta ainda não se manifestou.

Conclusão

As plantas de milho e sorgo têm comportamentos semelhantes quanto ao potencial hídrico nas folhas, observando-se que, no período das 13 às 15 horas, encontra-se o menor potencial. Apesar da significativa relação inversa entre a temperatura da folha e o seu potencial hídrico em milho, a relação não apresenta acurácia suficiente para emprego da medida de temperatura no monitoramento do status hídrico da planta em cultivo irrigado.

Referências

- BERGONCI, J.I. *et al.* Potencial da água na folha como um indicador de déficit hídrico em milho. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 35, p. 1531-1540, 2000.
- BOYER, J.S. Recovery of photosynthesis in sunflowers after a period of low leaf water potential. *Plant Physiol.*, Rockville, v. 47, v. 6, p. 816-820, 1971.
- BRAY, E.A. *et al.* Responses to abiotic stresses. In: BUCHANAN, B. *et al.* (Ed.). *Biochemistry and molecular biology of plants*. Rockville: American Society of plant physiologists, 2000. p. 1158-1203.
- CGIAR-Consultative Group International Agricultural Research. *Challenge program on water and food: background papers to full proposal*. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute, 2002.
- FERREIRA, V.M. *Aspectos de crescimento, nutrição e relações hídricas em dois genótipos de milho (Zea mays L.) em função da disponibilidade de água no solo*. 1997. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras. 1997.
- HSIAO, T.C. Plant responses to water stress. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, Palo Alto, v. 24, p. 519-570, 1973.
- KATERJI, N.; HALLAIRE, M. Les grandeurs de référence utilisables dans l'étude de l'alimentation en eau des cultures. *Agronomie*, Paris, v. 4, n. 10, p. 999-1008, 1984.
- KLAR, A.E.; PORTO, C.A.L. Efeitos do déficit hídrico em parâmetros fisiológicos de folhas de sorgo (*Sorghum bicolor* L.). *Braz. J. Irrig. Drain.*, Botucatu, v. 3, n. 3, p. 151-163, 1998.
- KRIEG, D.R. Stress tolerance mechanisms in above ground organs. In: WORKSHOP ON ADAPTATION OF PLANTS TO SOIL STRESS, 1993, Nebraska. *Proceedings...* Nebraska: Intormil, 1993. p. 65-79.
- LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000.
- NOGUEIRA, R.J.M.C. *et al.* Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. *Rev. Bras. Fisiol. Veg.*, Campinas, v. 13, n. 1, p. 75-87, 2001.
- PATAKAS, A. *et al.* The role of organic solute and ion accumulation in osmotic adjustment in drought-stressed grapevines. *Plant Sci.*, Chicago, v. 163, p. 361-367, 2002.
- PEREZ, S.C.J.G.A.; MORAES, J.A.P.V. Determinações de potencial hídrico, condutância estomática e potencial osmótico em espécies dos estratos arbustivo e herbáceo de um cerrado. *Rev. Bras. Fisiol. Veg.*, Campinas, v. 3, n. 1, p. 27-37, 1991.
- QIU, G.Y. *et al.* Detection of crop transpiration and water stress by temperature-related approach under field and greenhouse conditions. *Jpn. Agr. Res. Quart.*, Ohwashi, v. 34, n. 1, p. 29-37, 2000.
- RIBAUT, J.M.; PILET, P.E. Effects of water stress on growth, osmotic potential and abscisic acid content of maize roots. *Physiol. Plant.*, Lund, v. 81, p. 156-162, 1991.
- SALAH, H.B.H.; TARDIEU, F. Control of leaf expansion rate of droughted maize plants under fluctuating evaporative demand. *Physiol. Plant.*, Rockville, v. 114, p. 893-900, 1997.
- SANCHEZ-DIAZ, M.F.; KRAMER, P.J. Turgor differences and water stress in maize and sorghum leaves during drought and recovery. *J. Exp. Bot.*, Lancaster, v. 24, p. 511-515, 1973.
- SCHULZE, E.D. *et al.* Plant water balance. *Bioscience*, Uberlândia, v. 37, p. 30-37, 1987.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- TARDIEU, F.; SIMONNEAU, T. Variability among species of stomatal control under fluctuating soil water status and evaporative demand: modeling isohydric and anisohydric behaviors. *J. Exp. Bot.*, Lancaster, v. 49, p. 419-432, 1998.
- WENSUO, J. *et al.* Metabolism of xilem-delivered ABA in relation to ABA flux and concentration in leaves of maize and *Commelia communis*. *J. Exp. Bot.*, Lancaster, v. 47, n. 301, p. 1085-1091, 1996.
- WOOD, A.J. *et al.* Betaine aldehyde dehydrogenase in sorghum. Molecular cloning and expression of two related genes. *Plant Physiol.*, Rockville, v. 110, n. 4, p. 1301-1308, 1996.

Received on December 13, 2005.

Accepted on September 26, 2006.