

RESISTÊNCIA ESTOMÁTICA À DIFUSÃO DE VAPOR D'ÁGUA DE FOLHAS DE MILHO EM FUNÇÃO DA RADIAÇÃO FOTOSINTETICAMENTE ATIVA EM CONDIÇÕES DE CAMPO¹

CLOVIS ALBERTO VOLPE², ORIVALDO BRUNINI³ e MARCELO B. PAES DE CAMARGO⁴

RESUMO - Foi medida, com um porômetro de equilíbrio dinâmico, a variação diurna da resistência estomática à difusão de vapor d'água nas folhas de milho (*Zea mays* L.) das cultivares IAC-Maya, IAC-Maya Latente e Cargill-601. Mediram-se as resistências estomáticas adaxial e abaxial e a densidade de fluxo de fótons de radiação fotossinteticamente ativa sobre a superfície superior da folha. Em condição de baixa umidade do solo (potencial matricial de -0,4 MPa) observou-se, na cultivar IAC-Maya Latente, maior sensibilidade para o fechamento dos estômatos nos horários de maior demanda evaporativa da atmosfera. Em condição de solo muito úmido (potencial matricial de -0,02 MPa) observou-se uma relação hiperbólica entre a resistência estomática e a densidade de fluxo de fótons, para o intervalo de 100 a 2500 $\mu\text{E.s}^{-1}\text{.m}^{-2}$, assim como maior abertura dos estômatos da epiderme inferior em baixa densidade de fluxo de fótons.

Termos para indexação: epiderme superior, epiderme inferior, fator latente, porômetro, densidade de fluxo de radiação.

STOMATAL RESISTANCE TO WATER VAPOUR EXCHANGE FOR CORN LEAVES IN FUNCTION OF PHOTOSYNTHETICALLY ACTIVE RADIATION UNDER FIELD CONDITIONS

ABSTRACT - Diurnal changes of the stomatal resistance to water vapour diffusion in leaves were observed in three corn (*Zea mays* L.) varieties: IAC-Maya, IAC-Maya Latente and Cargill-601. The adaxial and abaxial stomatal resistance were measured separately with a steady-state porometer on adjacent portions of the leaf. The photosynthetically active radiation of the radiation flux density incident upon the leaf blade surface was also measured. At low soil moisture (matric potential of -0,4 MPa), a greater sensibility for stomatal closing was observed for variety IAC-Maya Latente, during periods of high evaporative demand. At high soil moisture (matric potential of -0,02 MPa), the relationship between stomatal resistance and the photosynthetically active radiation of the radiation photons incident upon the adaxial leaf surface was a hyperbolic function. Also the sensibility of the abaxial stomatal resistance to the radiation flux density was higher than the adaxial stomatal resistance.

Index terms: porometer, adaxial stomatal, abaxial stomatal, latent factor, radiation flux density.

INTRODUÇÃO

A resistência estomática juntamente com a refletância e a rugosidade da superfície e as condições atmosféricas reinantes são os fatores que determinam a perda d'água de um cultivo em solo com suficiente disponibilidade de água (Pruitt et al. 1972).

¹ Aceito para publicação em 5 de fevereiro de 1990.

² Eng.-Agr., Dr., Prof. de Agrometeor., Fac. de Ciências Agrárias e Vet., UNESP. CEP 14870 Jaboticabal, SP. Bolsista do CNPq.

³ Eng.-Agr., Ph.D., Seção de Climatol. Agríc., Inst. Agron. CEP 13100 Campinas, SP. Bolsista do CNPq.

⁴ Eng.-Agr., M.Sc., Seção de Climatol. Agríc., IAC. Bolsista do CNPq.

Para o milho, em particular, por se tratar de uma espécie C_4 , a resistência estomática tem um papel fundamental quando se deseja elevar a eficiência no uso da água (Tinus 1974; Sinclair et al. 1975). Em milho, experimentos simulados variando a resistência estomática indicam que a eficiência no uso da água diminui quando a resistência estomática aumenta, situação essa que pode ocorrer em condições de campo, dependendo da disponibilidade de água no solo e da demanda evaporativa da atmosfera (Begg & Turner 1976).

A resistência estomática é, simultaneamente, afetada por diversas variáveis do ambiente, e por isso os esforços para correlacioná-la com as variáveis de um determinado ambiente, com dados de campo, nem sempre resultam em sucesso. A resistência estomática de folhas iluminadas é função da temperatura do ar, do déficit de pressão do vapor d'água, do potencial da água no solo e da concentração de CO_2 e, por essa razão, exige uma seleção adequada dos dados de campo que serão analisados (Jarvis 1976).

De modo geral, as pesquisas com resistência estomática, em condições de campo, são realizadas conhecendo-se o potencial da água no solo e assumindo-se que ele e a concentração de CO_2 não variam durante as medidas. Nesse sentido, e como a densidade de fluxo de radiação solar, a temperatura e o déficit de pressão de vapor d'água do ar tendem a ser correlacionados; as relações entre resistência estomática e irradiância apresentam quase sempre coeficientes de correlação significativos.

Diversos estudos mostram que a luz e a água são os dois fatores do ambiente que têm provavelmente grande efeito no comportamento dos estômatos (Turner & Begg 1973, Turner 1974, Sinclair et al. 1975). Outros fatores inerentes à própria planta, como a dimensão e o número de estômatos por unidade de área foliar, conferem variações na resistência estomática, e eles são dependentes da espécie, da cultivar, das condições ambientais, da posição na folha, e se a superfície da folha

é inferior ou superior (Waggoner & Turner 1972, Turner & Begg 1973, Monteith 1975, Jung & Scott 1980, Choudhury 1983, Araujo 1984).

Embora ocorra, na maioria das espécies vegetais crescendo em solo com boa disponibilidade de água, variação na resistência estomática em função da irradiância, as formas dessas relações nem sempre são idênticas. Em milho, Turner & Begg (1973) encontraram uma relação não-linear (hiperbólica) entre a resistência estomática e a irradiância. Biscoe et al. (1976) encontraram, em cevada, relação linear, dentro do intervalo de 0 a $800 W.m^{-2}$, enquanto para o trigo não houve alteração na resistência estomática da epiderme superior para irradiância acima de cerca de $300 W.m^{-2}$.

Reicosky & Ritchie (1976) estudaram o comportamento da resistência estomática de plantas de milho em solução nutritiva, em vasos e no campo, com e sem restrição de água. Verificaram que os estômatos se abriram rapidamente depois do nascer do sol e se fecharam rapidamente após o pôr do sol, em todos os tratamentos sem restrição de água. Nos tratamentos com déficit de água, os estômatos se abriram parcialmente, logo após o nascer do sol, mas a partir do momento em que a demanda evaporativa da atmosfera foi maior que a capacidade do solo em fornecer água para a região das raízes, os estômatos se fecharam sob alta irradiância e permaneceram fechados durante o resto do dia.

Sharpe (1973), em algodão Turner (1974), em sorgo, milho e fumo, e Biscoe et al. (1976), em cevada e trigo, observaram que os estômatos se fecharam antecipadamente pela manhã, quando era baixo o potencial da água no solo, e isto porque nessa condição a abertura do estômato não é função da radiação incidente e sim do potencial da água na folha, que é dependente da umidade do solo (Dubé et al. 1974).

Conhecer o comportamento dos estômatos ou a variação da resistência estomática, em condições de campo, é importante quando se procura comparar diferenças entre cultivares

quanto à produtividade e à eficiência no uso da água (Turner & Begg 1973, Sinclair et al. 1975).

Nesse sentido, realizou-se o presente estudo com três cultivares de milho crescendo em condição de campo, visando determinar a variação diurna da resistência estomática da superfície superior (adaxial), inferior (abaxial) e total da folha e relacionar as resistências estomáticas com o fluxo de fótons de radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre a superfície superior. As observações de campo foram feitas em dias em que o solo se apresentava com alta e baixa umidade. Pretende-se, com este trabalho, contribuir, através de dados ecofisiológicos, com subsídios para futuras pesquisas em melhoramento e irrigação do milho.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Centro Experimental de Campinas (CEC), do Instituto Agrônomo, cujas coordenadas são: 22°54'S, 47°04'W, e altitude de 706 m. O solo foi classificado como Latossolo Roxo eutrófico.

As medidas foram efetuadas em dois anos agrícolas. No primeiro ano agrícola foram analisados os dados de 18.02.82, 80 dias após a sementeira, nas variedades tardias IAC-Maya e IAC-Maya Latente e no híbrido Cargill-601; e no segundo ano agrícola, em 24.11.82, 50 dias após a sementeira, as medidas foram feitas nas cultivares IAC-Maya Latente e Cargill-601. A variedade IAC-Maya Latente, milho tropical, possui um grupo de supergenes que lhe confere a característica latente. As duas variedades são de porte alto e ciclo médio, cerca de 120 dias até a maturação, e o híbrido duplo Cargill-601 apresenta características de milho de regiões temperadas, sendo uma cultura de porte baixo e ciclo precoce.

A resistência estomática foi medida através de um porômetro de equilíbrio dinâmico. Esse porômetro mede diretamente a resistência estomática, elimina curvas de calibração e faz em torno de 200 medidas por hora, num intervalo que varia de 0,5 a 100 s.cm⁻¹. Esse tipo de porômetro de difusão de vapor d'água foi desenhado por Beardsell et al. (1972). Ele, na realidade, mede a taxa de transpiração em equilíbrio dinâmico de uma folha dentro de uma câmara.

A teoria de operação do porômetro de equilíbrio dinâmico pode ser descrita da seguinte maneira: a perda d'água de uma folha é determinada mantendo-se constante a densidade de vapor d'água dentro da câmara que está em contato com a folha que transpira. Isso é alcançado através do bombeamento de ar seco para dentro da câmara, obtendo-se um balanço entre o fluxo de água transpirada pela folha e o fluxo de ar úmido saindo da câmara. O fluxo F (cm³.s⁻¹) de ar seco para dentro da câmara é expresso por

$$F = \left(\frac{T_c}{273,15} + 1 \right) \left(\frac{101,3}{P} \right) M \quad (1)$$

onde T_c é a temperatura do ar dentro da câmara (°C), P é a pressão atmosférica na câmara (kPa), e M é o fluxo de ar seco para dentro da câmara, referido à condição padrão de 101,3 kPa e 0°C, obtido pela medida de fluxo de massa do porômetro. A transpiração T (μg.cm⁻².s⁻¹) da amostra está relacionada com F por:

$$T = (\rho_c - \rho_a) \frac{F}{A} \quad (2)$$

onde ρ_c (μg.cm⁻³) é a densidade de vapor d'água dentro da câmara e é equivalente ao produto da densidade de saturação de vapor para a temperatura T_c pela razão $\frac{UR}{100}$; ρ_a (μg.cm⁻³) é a densidade de vapor do ar seco que adentra a câmara e A (2,0 cm) é a área da amostra. O porômetro assume que UR do ar que entra na câmara é constante e equivalente a 2%. Dessa maneira a resistência estomática r_s (s.cm⁻¹) pode ser determinada por:

$$r_s = \frac{\rho_l - \rho_c}{T} - r_a \quad (3)$$

ou ainda por:

$$r_s = \frac{A}{F} \frac{(\rho_l - \rho_c)}{(\rho_c - \rho_a)} - r_a \quad (4)$$

onde ρ_l é a densidade de vapor d'água na folha (μg.cm⁻³) considerada como saturada, sendo que a temperatura da folha é utilizada para a sua determinação e r_a é a resistência aerodinâmica ao fluxo de vapor d'água, assumida como 0,15 s.cm⁻¹. A temperatura da folha foi medida usando-se um termopar

de chromel-constantan em contato com a folha. Esse termopar é parte da constituição do porômetro.

As medidas foram feitas no limbo da terceira folha a partir do topo da planta, nas superfícies superior (adaxial) e inferior (abaxial). Foram realizadas em cinco plantas escolhidas ao acaso por ocasião de cada medição. A resistência estomática total r_{st} ($s.cm^{-1}$) foi estimada assumindo-se que as duas superfícies da folha atuam como resistores em paralelo (Turner & Begg 1973, Monteith 1975):

$$r_{st} = \frac{r_{sad} \cdot r_{sab}}{r_{sad} + r_{sab}} \quad (5)$$

onde r_{sad} e r_{sab} são as resistências das superfícies adaxial e abaxial da folha, respectivamente.

A análise estatística dos dados da resistência total foi feita em esquema fatorial H x C, e a análise dos dados das resistências adaxial e abaxial, num esquema H x C x S, onde H é o número de observações no dia, C o número de cultivares comparadas e S o número de superfícies. Para tanto, foram utilizados os dados do dia 24.11.82 das cultivares IAC-Maya Latente e Cargill-601. Excluiu-se a cultivar IAC-Maya para reduzir o intervalo de tempo de leitura entre as cultivares.

A radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre a superfície adaxial da folha foi medida através de um sensor quântico LI-190-1 acoplado ao porômetro. Esse sensor mede o quantum de fótons em $\mu.E.s^{-1}.m^{-2}$ dentro da faixa de 400 a 700 nm (radiação fotossinteticamente ativa conforme definida por McCree 1972) num intervalo que vai de 0 a 2500 $\mu.E.s^{-1}.m^{-2}$. De 0 a 250 $\mu.E.s^{-1}.m^{-2}$, a resolução do instrumento é de 1 $\mu.E.s^{-1}.m^{-2}$, e de 250 a 2500 $\mu.E.s^{-1}.m^{-2}$ é de 10 $\mu.E.s^{-1}.m^{-2}$. A acurácia é de $\pm 5\%$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a análise dos resultados, os dias de medição foram separados de acordo com a umidade do solo. O dia 18.02.82 foi considerado com pouca umidade no solo (potencial matricial da água próxima a superfície do solo (ψ_m) igual a $-0,4$ MPa) e o dia 24.11.82, com alta umidade ($\psi_m = -0,02$ MPa).

Em 18.02.82, a insolação foi de 8,3 horas, a temperatura máxima do ar de $32,3^\circ C$, e a

mínima, de $21,4^\circ C$, a umidade relativa média de $69,5\%$, e a evaporação do tanque Classe A de 7,0 mm. Nesse dia, observou-se a maior sensibilidade estomática da cultivar IAC-Maya Latente em relação às cultivares IAC-Maya e Cargill-601. De acordo com a Fig. 1, nesse dia, no início da manhã, nas três cultivares as resistências decresceram até alcançarem valores mínimos em torno do meio-dia. Ao redor das 14 h, houve acréscimo nas resistências estomáticas, sendo que na cultivar IAC-Maya Latente este acréscimo foi mais acentuado. A resistência estomática abaxial da cultivar IAC-Maya Latente chegou a cerca de $6,0 s.cm^{-1}$, enquanto nas cultivares IAC-Maya e Cargill-601 não foi superior a $4,0 s.cm^{-1}$. A resistência adaxial máxima foi de $8,5$, $6,5$ e $5,5 s.cm^{-1}$ para as cultivares IAC-Maya La-

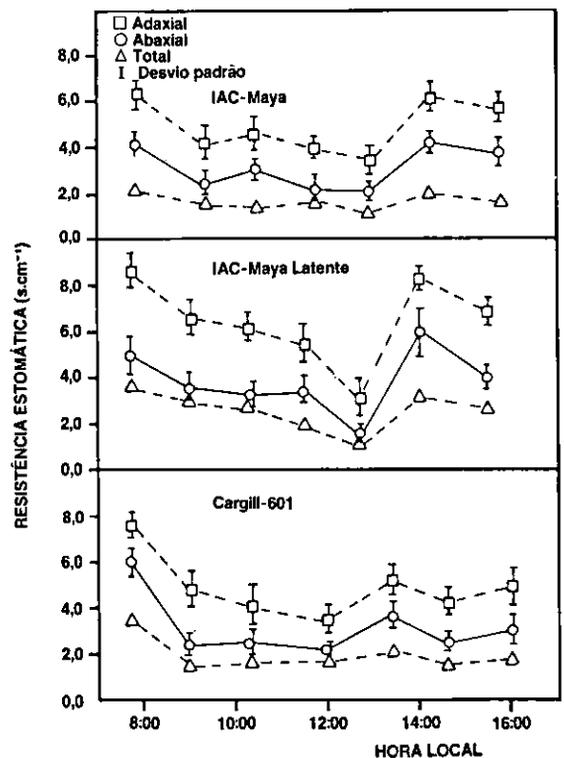


FIG. 1. Variação diurna da resistência estomática adaxial, abaxial e total à difusão de vapor d'água para três cultivares de milho. Campinas, 18.02.82.

tente, IAC-Maya e Cargill-601, respectivamente. Nas três cultivares, a resistência estomática adaxial foi superior à resistência estomática abaxial durante todo o dia.

A variação diurna da resistência estomática observada nas três cultivares não foi típica de plantas crescendo em solos com pouca disponibilidade de água, conforme observaram Sharpe (1973) em algodão, Turner (1974) em sorgo, milho e fumo e Biscoe et al. (1976) em cevada e trigo. De acordo com esses autores, em baixo potencial de água no solo, os estômatos se fecham antecipadamente pela manhã, uma vez que nessa condição a abertura do estômato não é função da radiação incidente, e sim, do potencial da água na folha (Dubé et al. 1974). As diferenças nos resultados devem-se, provavelmente, ou às espécies, ou às condições de crescimento e idade das folhas, ou às diferenças no potencial da água no solo. No trabalho de Sharpe (1973), o potencial da água no solo era de $-0,2$ MPa; no de Turner (1974), variou de $-0,4$ a $-0,7$ MPa; no de Biscoe et al. (1976), de $-0,5$ MPa, enquanto no presente trabalho era de $-0,4$ MPa.

Em 24.11.82, considerado o dia com solo úmido ($\psi_m = -0,02$ MPa), a temperatura máxima do ar foi de $28,2^\circ\text{C}$, a mínima, de $18,6^\circ\text{C}$, a umidade relativa média de $75,7\%$, e a evaporação do tanque Classe A, de $3,0$ mm.

A análise estatística dos dados obtidos nesse dia foi feita através de análise em fatorial,

procurando-se observar se houve diferença estatística significativa na resistência estomática entre horários de observação, entre cultivares e entre superfícies da folha, e se foram significativas as interações entre eles.

Através do teste F ($P < 0,01$) verificou-se que houve diferença estatística significativa entre horários de observação para a resistência estomática total e não a houve entre cultivares, assim como não houve interação significativa entre horários e cultivares.

Através também do teste F ($P < 0,01$), verificou-se diferença estatística significativa entre horários de observação e entre as superfícies da folha e uma interação significativa entre horários e superfícies. Em ambas as superfícies a resistência estomática no início da manhã foi significativamente maior que a resistência medida ao longo do dia. De modo geral pode-se dizer que a resistência estomática adaxial foi maior que a resistência estomática abaxial durante todo o período onde foram efetuadas as observações, embora não se tenham notado diferenças significativas em alguns horários. No início da manhã e no final da tarde, as diferenças entre elas são maiores.

Através da Fig. 2 verifica-se que tanto a resistência estomática total como a adaxial e abaxial tiveram comportamento semelhante ao longo do dia, nas duas cultivares. Independentemente da cultivar, as três resistências decresceram desde o início da manhã, após a

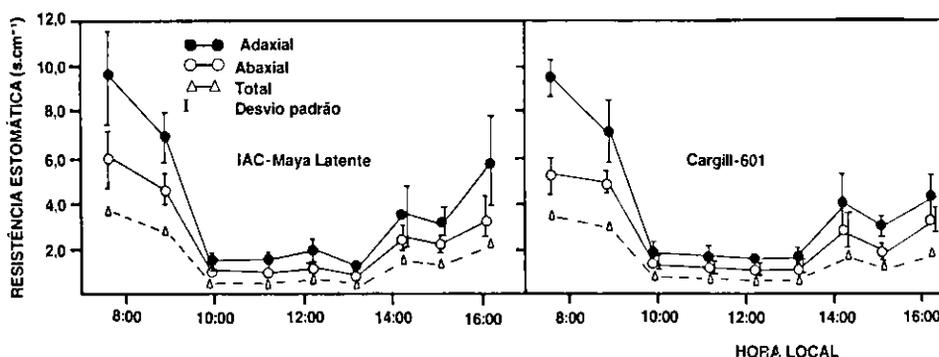


FIG. 2. Variação diurna da resistência estomática das folhas de duas cultivares de milho crescendo sem restrição de água. Campinas, 24.11.82.

evaporação do orvalho que estava sobre a folha, até alcançarem valores mínimos no meio do dia, para então aumentarem durante a tarde. Essa variação diurna da resistência estomática foi típica de planta crescendo sem restrição de água (solo úmido), conforme observaram Turner & Begg (1973), em milho; Szeicz et al. (1973), em sorgo; Biscoe et al. (1976), em cevada e trigo, e Jung & Scott (1980), em soja. Observa-se, ainda, através da Fig. 2, que a resistência estomática da superfície adaxial foi, no decorrer do dia, maior que a da superfície abaxial da folha nas duas cultivares. Isso pode ser atribuído à menor densidade de estômatos (Araujo 1984) e às influências microclimáticas sobre a superfície adaxial da folha (Jung & Scott 1980), assim como à maior sensibilidade dos estômatos da superfície adaxial às variações de radiações (Biscoe et al. 1976).

O decréscimo da resistência estomática de um valor máximo para um valor mínimo em torno do meio-dia e o acréscimo no decorrer da tarde devem-se, provavelmente, ao decréscimo de irradiância e à diminuição do potencial da água no solo, que, combinados, causam aumento da resistência estomática (Turner & Begg 1973, Szeicz et al. 1973, Reicosky & Ritchie (1976).

Conforme é mostrado nas Fig. 3 a 8, a relação entre resistência estomática (adaxial, aba-

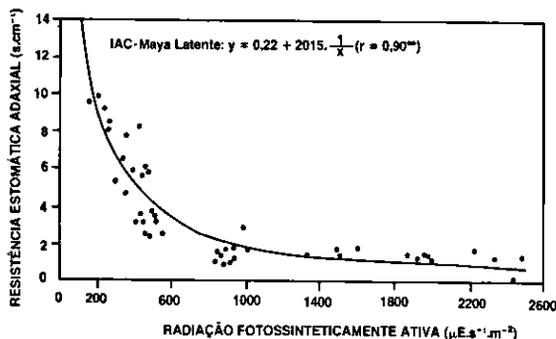


FIG. 3. Relação entre resistência estomática adaxial e radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre a superfície superior da folha da cultivar de milho IAC-Maya Latente. Campinas, 24.11.82..

xial e total) e a densidade de fluxo de fótons de radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre a superfície adaxial foi hiperbólica, para um intervalo de 100 a 2500 $\mu\text{E.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$, para as duas cultivares. Como as análises de variância não revelaram diferenças significativas entre as cultivares, a função hiperbólica foi também obtida considerando-se o conjunto dos dados encontrados nas duas cultivares (Fig. 9). De acordo com essa figura, observa-se que em todos os casos as resistências foram altas em baixa irradiância e decresceram rapidamente com o aumento da irradiância.

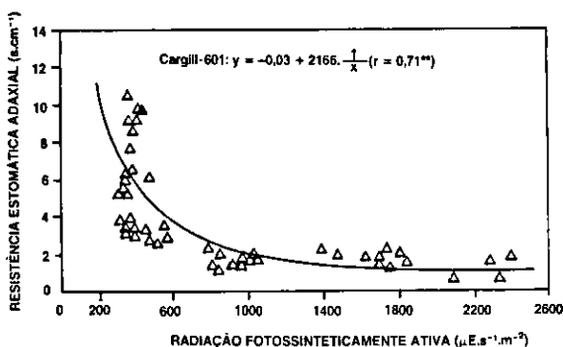


FIG. 4. Relação entre resistência estomática adaxial e radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre a superfície superior da folha da cultivar de milho Cargill-601. Campinas, 24.11.82.

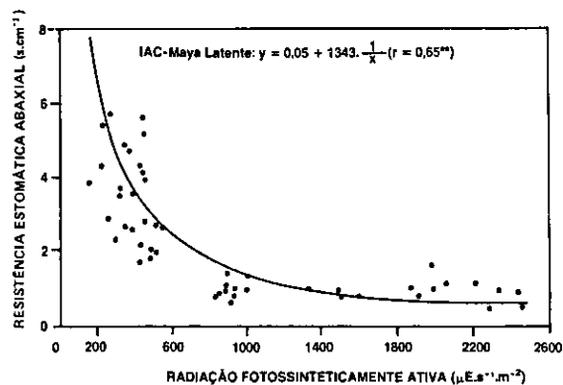


FIG. 5. Relação entre resistência estomática abaxial e radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre a superfície superior da folha da cultivar de milho IAC-Maya Latente. Campinas, 24.11.82.

Através dos dados da Tabela 1, nota-se que em irradiância pequena ($100 \mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$) a resistência estomática adaxial chegou a ser até duas vezes maior que a resistência estomática abaxial. Em irradiância média ($1200 \mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$), essa diferença não chegou a 1,5 vezes, enquanto para irradiância alta ($2500 \mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$) não houve diferença entre as resistências adaxial e abaxial. Desde que o tamanho e a frequência dos estômatos da superfície inferior não são 1,5 vezes maior do que os da superfície superior, os estômatos da superfície inferior têm maior abertura em baixa densidade de fluxos de fótons do que os estômatos da outra superfície. Como a irradiância foi média sobre a superfície superior da folha, a irradiância nos estômatos da superfície inferior pode ser, em muitas vezes, de uma ordem de magnitude menor do que nos estômatos da superfície superior, devido à absorção de radiação pelo mesófilo (Turner & Begg 1973, Biscoe et al. 1976).

Através da Fig. 9 e da Tabela 1, verifica-se, ainda, que os estômatos da epiderme inferior apresentaram, em radiação fraca, menor resistência à difusão do vapor d'água do que os estômatos da superfície superior. Isso pode ser

atribuído tanto à maior densidade de estômatos na superfície inferior de folhas de milho como à maior sensibilidade dos seus estômatos à radiação fotossinteticamente ativa. Esses resultados concordam com investigações anteriores, onde os estômatos da epiderme abaxial de feijão, fumo, sorgo e milho abriram-se em radiação em mais fraça do que os estômatos da

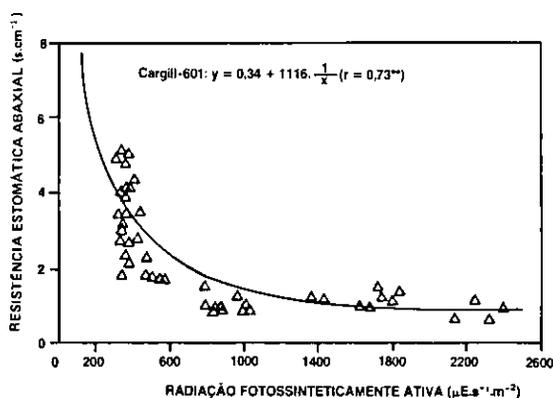


FIG. 6. Relação entre resistência estomática abaxial e radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre a superfície superior da folha da cultivar de milho Cargill-601. Campinas, 24.11.82.

TABELA 1. Valores de resistências estomáticas de duas cultivares de milho em função da radiação fotossinteticamente ativa. Campinas, 24.11.82.

Cultivar	Resistência estomática ($\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$)	Radiação fotossinteticamente ativa		
		$\mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$		
		100	1200	2500
IAC-Maya Latente	Superior	19,93	1,46	0,59
	Inferior	13,48	1,17	0,59
	Total	7,86	0,47	0,33
Cargill-601	Superior	21,63	1,78	0,84
	Inferior	11,51	1,28	0,79
	Total	7,52	0,69	0,37
IAC-Maya Latente + Cargill-601	Superior	20,80	1,63	0,73
	Inferior	10,65	1,26	0,82
	Total	6,91	0,69	0,39

superfície abaxial (Kanemasu & Tanner 1969, Turner & Begg 1973) e discordam dos resultados de Biscoe et al. (1976), que em folhas de cevada e trigo encontraram maior sensibilidade nos estômatos da epiderme adaxial.

Através da Fig. 9, verifica-se que acima de $1000 \mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ não ocorreram decréscimos acentuados nas resistências estomáticas adaxial, abaxial e total. Em densidade de fluxo de fótons acima de $1000 \mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$, as resistências estomáticas permaneceram, praticamente, constantes. Na Tabela 1, nota-se que a $100 \mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ a resistência estomática adaxial é cerca de 30 vezes maior que a $2500 \mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$, enquanto para a superfície inferior a resistência estomática a $100 \mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ é cerca de 12 vezes maior que a $2500 \mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ de radiação fotossinteticamente ativa. Para se ter uma idéia de grandeza, a radiação fotossinteticamente ativa considerada como sendo a radiação entre 400 e 700 nm apresenta energia média de $2,35\cdot 10^5 \text{J}$ por Einstein (E) para comprimento de onda médio de 510 nm. Próximo ao meio dia, em um dia claro, sendo a densidade de fluxo de energia médio de cerca de $500 \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ($0,72 \text{cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$), o fluxo de fótons será de, aproximadamente, $2100 \mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ (Campbell

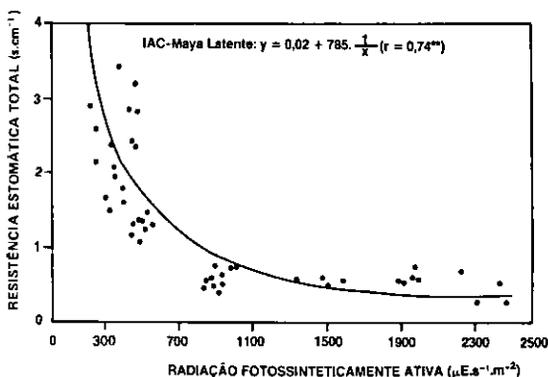


FIG. 7. Relação entre resistência estomática total e radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre a superfície superior da folha da cultivar de milho IAC-Maya Latente. Campinas, 24.11.82.

1977). Dessa maneira, $100 \mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ de radiação fotossinteticamente ativa representa um fluxo de energia médio de cerca de $24 \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$, e sob essa irradiância as resistências estomáticas foram elevadas. Para $1000 \mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$, valor este que corresponde à densidade de fluxo de fótons acima do qual não ocorreu dimi-

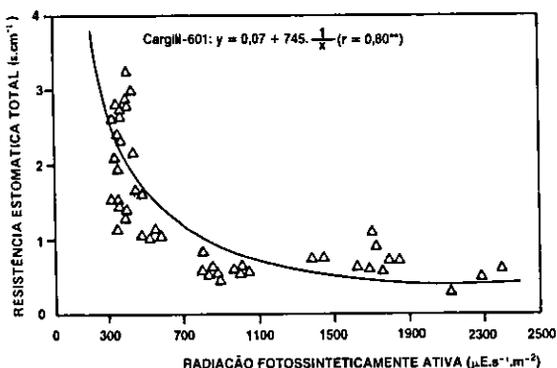


FIG. 8. Relação entre resistência estomática total e radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre a superfície superior da folha da cultivar de milho Cargill-601. Campinas, 24.11.82.

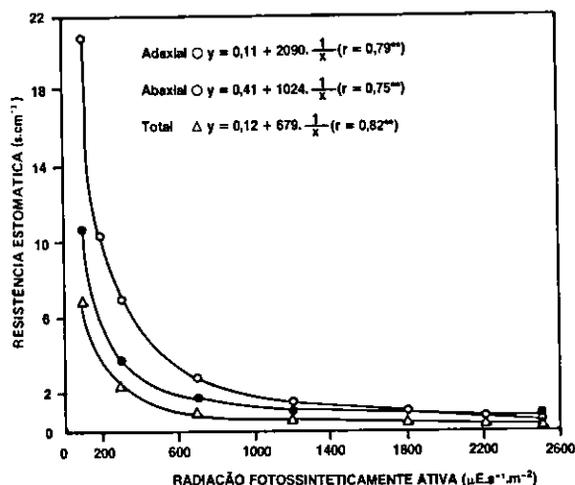


FIG. 9. Relação entre as resistências estomáticas adaxial, abaxial e total e a radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre a superfície superior da folha de milho. Campinas, 24.11.82.

nuição acentuada das resistências estomáticas, o fluxo de energia médio equivale a aproximadamente 240 W.m^{-2} .

Turner & Begg (1973) encontraram resultados que indicam que no milho a resistência estomática abaxial e adaxial no escuro ($0,02 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$) é cerca de $25,0 \text{ s.cm}^{-1}$. Em irradiância de $0,5 \text{ cal.m}^{-2}.\text{min}^{-1}$, essas resistências caem para $3,3 \text{ s.cm}^{-1}$, e em alta irradiância ($1,2 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$) caem para $2,8 \text{ s.cm}^{-1}$. No presente trabalho, os resultados indicam que em densidade de fluxo de fótons de $100 \text{ E.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$ ($0,03 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$) a resistência estomática adaxial de folhas de milho é cerca de $20,80 \text{ s.cm}^{-1}$; a abaxial, de $10,65 \text{ s.cm}^{-1}$, e a total, de $6,91 \text{ s.cm}^{-1}$. Em densidade de fluxo de fótons de $2500 \mu\text{E.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$ ($0,85 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$), a resistência adaxial cai para $0,73 \text{ s.cm}^{-1}$; a abaxial, para $0,82 \text{ s.cm}^{-1}$, e a total, para $0,39 \text{ s.cm}^{-1}$.

CONCLUSÕES

1. Em condições de baixa umidade do solo (potencial matricial de $-0,4 \text{ MPa}$), a cultivar de milho IAC-Maya Latente apresenta, em relação às cultivares IAC-Maya e Cargill-601, maior sensibilidade para o fechamento dos estômatos nos horários de alta demanda evaporativa da atmosfera.

2. Em condições de alta umidade do solo (potencial matricial de $-0,02 \text{ MPa}$), é hiperbólica a relação entre as resistências estomáticas adaxial, abaxial e total e a densidade de fluxo de fótons de radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre a superfície adaxial da folha de milho.

3. Os estômatos da superfície abaxial de folhas de milho apresentam maior abertura em baixa densidade de fluxo de fótons do que os estômatos da superfície adaxial.

4. As variedades que possuem fator latente (grupo de genes) são mais tolerantes à falta de água disponível no solo, pois possuem um mecanismo mais eficiente do controle da perda de água (maior sensibilidade estomática).

5. Os estudos de melhoramento genético que visam obter variedades tolerantes à seca deveriam observar e caracterizar o comportamento dos estômatos.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, S.M.C. Avaliações do desenvolvimento, teores de redutase de nitrato, DNA e RNA e análises das células estomáticas em plantas de milho. Jaboticabal, FCAV/UNESP, 1984. 304p. Tese Livre-Docência.
- BEARDSELL, M.F.; JARVIS, P.G.; DAVIDSON, B. A null-balance diffusion porometer suitable for use with leaves of many shapes. *J. Appl. Ecol.*, 9:677-90; 1972.
- BEGG, J.E. & TURNER, N.C. Crop water deficits. *Adv. Agron.*, 28:161-217, 1976.
- BISCOE, P.V.; COHEN, Y.; WALLACE, J.S. Daily and seasonal changes of water potential in cereals. *Phil. Trans. R. Soc. Lond., B.*, 273:565-80, 1976.
- CAMPBELL, G.S. *An introduction to environment biophysics*. New York, Springer-Verlag, 1977. 159p.
- CHOUDHURY, B. Simulating the effects of weather variables and soil water potential on a corn canopy temperature. *Agric. Meteorol.*, 29:162-82, 1983.
- DUBÉ, P.A.; STEVEMSON, K.R.; THURTELL, G.W. Comparison between two inbred corn lines for diffusive resistances, photosynthesis and transpiration as a function of leaf water potential. *Can. J. Plant. Sci.*, 54:765-70, 1974.
- JARVIS, P.G. The interpretation of the variations in leaf water potential and stomatal conductance found in canopies in the field. *Phil. Trans. R. Soc. Lond., B.*, 273:593-610, 1976.
- JUNG, P.K. & SCOTT, H.D. Leaf water potential, stomatal, resistance and temperature relations in field-grown soybeans. *Agron. J.*, 27:986-7, 1980.
- KANEMASU, E.T. & TANNER, C.B. Stomatal diffusion resistance of snap beans. I. Influence of leaf water potential. *Plant Physiol.*, 44:1547-52, 1969.

- McCREE, K.J. Test of current definitions of photosynthetically active radiation against leaf photosynthesis data. *Agric. Meteorol.*, 10:443-53, 1972.
- MONTEITH, J.L. *Principles of environmental physics*. Londres, Edward Arnold Ltd., 1975. 241p.
- PRUITT, W.O.; LAURENCE, F.J.; VON OETTINGEN, S. Water use by crops as affected by climate and plant factors. *Calif. Agric.*, 26:10-4, 1972.
- REICOSKY, D.C. & RITCHIE, J.T. Relative importance of soil resistance and plant resistance in water absorption. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 40:293-7, 1976.
- SHARPE, P.J.H. Adaxial and abaxial stomatal resistance of cotton in the field. *Agron. J.*, 65:570-4, 1973.
- SINCLAIR, T.R.; BINGHAM, G.B.; LEMON, E.R.; ALLEN JÚNIOR, R.H. Water use efficiency of field-grown maize during moisture stress. *Plant Physiol.*, 56:245-9, 1975.
- SZEICZ, G.; VAN BAVEL, C.H.M.; TAKAMI, S. Stomatal factor in the water use and dry matter production by sorghum. *Agric. Meteorol.*, 12:361-89, 1973.
- TINUS, R.W. Impact of the CO₂ requirement on plant water use. *Agric. Meteorol.*, 14:99-112, 1974.
- TURNER, N.C. Stomatal behavior and water status of maize, sorghum and tobacco under field conditions. II. At low soil water potential. *Plant Physiol.*, 53:360-5, 1974.
- TURNER, N.C. & BEGG, J.E. Stomatal behavior and water status of maize, sorghum, and tobacco under field conditions. I. At high soil water potential. *Plant Physiol.*, 51:31-6, 1973.
- WAGGONER, P.E. & TURNER, N.C. Comparison of simulated and actual evaporation from maize and soil in a lysimeter. *Agric. Meteorol.*, 10:113-23, 1972.