

DIRETORES

Prof. Gladstone A. Drummond
Prof. Arlindo P. Gonçalves
Prof. Manuel da Costa Lana
Prof. Erly Brandão
Prof. Paulo T. Alvim Carneiro

Novembro - Dezembro - 1946

VOL. VII

N. 39

VIÇOSA — MINAS

Caixa postal, 4 — ESAV — E. F. Leopoldina

A Influência do Umidecimento das Folhas sobre a Abertura dos Estômatos

PAULO DE TARSO ALVIM (*)

Inúmeros trabalhos têm sido publicados a respeito da importância do fator água para o movimento de abertura e fechamento dos estômatos. Em todos os trabalhos consultados, entretanto, apenas a água que as plantas absorvem através das raízes tem sido levada em consideração, sem nenhuma referência à possível influência da água absorvida diretamente através da cutícula das folhas, quando estas se acham umidecidas. Wetzel (1934), estudando mais de 100 plantas de clima temperado, demonstrou que praticamente todas têm a propriedade de absorver água pelas folhas. Sendo a água um fator indispensável para o desenvolvimento da turgescência e, portanto, à abertura dos estômatos, pareceu-nos interessante averiguar se também a água absorvida pelas folhas pode ter alguma ação sobre o movimento das células-guardas. Para isto, diversas experiências foram realizadas no laboratório de botânica da Escola Superior de Agricultura do Estado de Minas Gerais, estudando-se principalmente o efeito do orvalho durante a noite, e o do umidecimento "artificial", à tarde, quando os estômatos geralmente se fecham por falta d'água.

Sobre a ação fisiológica do umidecimento "artificial" das folhas, há na literatura algumas referências dignas de nota. Haberlandt (1877), Bohm (1877), ** Detmer (1878), **

(*) Engenheiro-Agrônomo e Professor de Botânica da ESAV.

(**) Citados por Burgerstein (1904).

Wiesner (1882) e Burgerstein (1897, 1904), todos acharam que o umedecimento das folhas pode aumentar a intensidade da transpiração, acelerando o murchamento das plantas. A explicação de Wiesner é que a absorção de água resulta numa dilatação das membranas e conseqüente aumento dos espaços intermicelares, o que tornaria a transpiração mais fácil. Haberlandt diz apenas que, pelo umedecimento, a cutícula das folhas fica embebida d'água, estabelecendo continuidade entre as células do interior e a superfície externa evaporadora. Nenhum dos autores mencionados faz referência aos estômatos.

MATERIAL E MÉTODOS

As seguintes plantas foram utilizadas em nossos estudos: "Açoita-cavalo" (*Luhea devaricata* L.), "Aroeirinha" (*Schinus therembintifolius* Raddi.), "Couve" (*Brassica oleracea* var. *acephala*.), "Cravo" (*Dianthus* sp), "Feijão" (*Phaseolus vulgaris* L.), Ficus (*Ficus Benjamina* L.), "Lanterna", (*Spathodea campanulata* L.), "Magnólia" (*Michelia champaca* L.) e "Tomateiro" (*Lycopersicum esculentum* Mill.).

Para avaliarmos o grau de abertura dos estômatos três diferentes métodos foram utilizados:

(1) Infiltração com xilol :

Este método simples e rápido foi empregado em centenas de folhas, servindo-se de "prova" para todos os nossos estudos. Com um conta-gotas comum colocávamos uma gota de xilol na face dorsal da folha, avaliando-se, pelo grau de infiltração observada, a relativa abertura dos estômatos. Quando os estômatos se achavam fechados, ou próximos a tal, nenhuma infiltração se verificava.

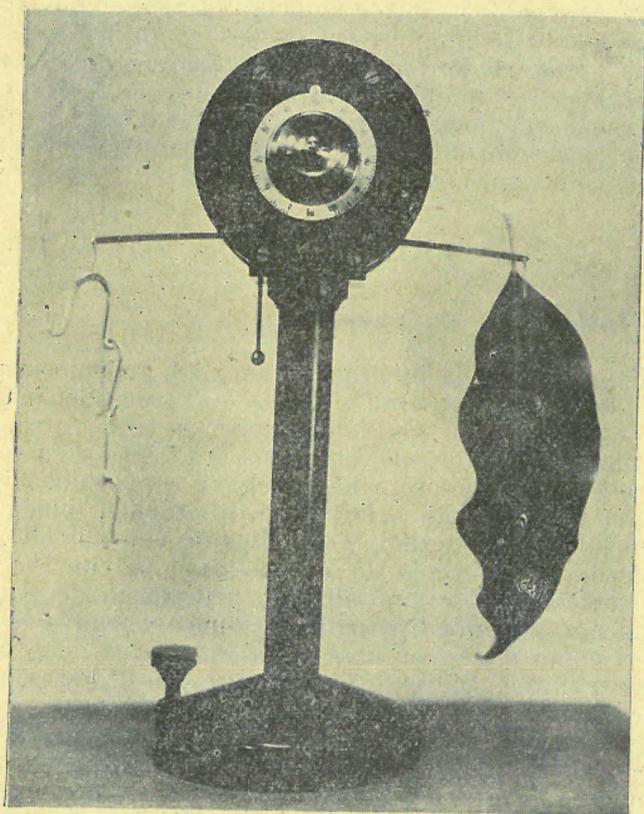
(2) Observação microscópica :

Em "Aroeirinha" e "Magnólia" fizemos algumas observações ao microscópio, valendo-nos da técnica de Lloyd (1908). Pequenas porções da epiderme das folhas eram removidas com auxílio de uma gilete, fixadas em álcool absoluto e levadas ao microscópio para observação.

(3) Pesagens rápidas :

Vários estudos foram também feitos utilizando-se o método das pesagens rápidas, já bastante divulgado no Brasil

pelos trabalhos de Rawitscher (1942). Em resumo, o método consiste na determinação da perda de água de uma folha destacada da planta, em intervalos de minutos, ou de certo número de minutos, com auxílio de uma balança de precisão que permita pesagens rápidas. Para os nossos estudos, utilizamo-nos de pequena balança de torção, sensível até um miligrama, fabricada por R. Jung, de Haidelberg, modelo 140 (Ver figura). Durante certo número de minutos, variável con-



forme a planta, a folha destacada mantém uma intensidade de transpiração aproximadamente constante; depois, naturalmente, aparecerá uma deficiência de água nos tecidos da folha e os estômatos aos poucos se fecham, diminuindo a transpiração. Pela quantidade de água perdida por unidade de tempo durante os primeiros minutos da pesagem, e levando-se em conta a área da folha, a temperatura e a umi-

dade do ar, pode-se avaliar com bastante segurança a relativa abertura dos estômatos. No caso de folhas cobertas com orvalho, as pesagens, naturalmente, só eram realizadas depois que toda a umidade era removida com auxílio de um papel de filtro. As próprias pesagens nos indicavam se a remoção de orvalho era completa ou não. Quando um pouco de orvalho permanecia na folha, notava-se um exagerado decréscimo na transpiração logo nos primeiros minutos da pesagem. Uma completa remoção da umidade, ao contrário, resultava em uma perda de água praticamente constante por pelo menos 10-15 minutos, em nossas condições experimentais. Na pesagem de folhas com estômatos completamente abertos, pode-se muitas vezes obter rápido decréscimo na transpiração em poucos minutos, mas tal não se verifica no caso da pesagem de folhas com estômatos parcialmente abertos, como em nossas experiências.

RESULTADOS

(A) — Influência do orvalho

Pelo método da infiltração com xilol, pudemos verificar, em "Magnólia", "Lanterna", "Ficus" e "Aroeirinha", que, durante a noite, apenas as folhas cobertas com orvalho mostram alguma abertura de estômatos. As folhas do interior da copa, onde a temperatura não chegava a ser suficientemente baixa para permitir a formação de orvalho, nunca se deixavam infiltrar pelo xilol. Nas noites de céu nublado, quando não havia formação de orvalho, apenas em "Açoita-cavalo" pudemos observar alguma penetração de xilol, mas mesmo nesta planta a penetração nunca chegava a ser tão intensa como a que se observava em noites com orvalho. Testes realizados durante o dia, entre 9 e 12 horas, mostraram em todos os casos uma infiltração mais intensa do que em quaisquer das experiências realizadas à noite, provando que a abertura dos estômatos causada pela água do orvalho nunca chega a ser tão acentuada como a que se verifica durante o dia, pela ação da luz. De fato, observações feitas ao microscópio, em "Magnólia" e "Aroeirinha", usando-se o método de Lloyd, mostraram que a abertura provocada pelo orvalho chega a ser apenas $1/4$ a $1/3$ da abertura máxima verificada durante o dia, notando-se também alguns estômatos fechados. Nas folhas sem orvalho, observadas durante a noite, quase todos os estômatos mostravam-se completamente fechados; os poucos abertos não atingiam

metade da abertura geralmente verificada nos estômatos das folhas cobertas com orvalho.

No caso de "Açoita-cavalo", "Magnolia" e "Aroeirinha", alguns ramos com folhas, no exterior da copa da planta, foram envolvidos cuidadosamente, às 7 horas da noite, em um tecido de flanela, afim de se evitar a formação de orvalho. Às 10 horas da noite, quando as folhas já cobertas de orvalho se deixavam penetrar pelo xilol, nenhuma infiltração se verificava nas folhas de "Magnolia" e "Aroeirinha" protegidas pela flanela. Em "Açoita-cavalo" notava-se ligeira infiltração de xilol mesmo nas folhas protegidas contra o orvalho. Afim de avaliarmos a diferença entre o grau de abertura dos estômatos das folhas com orvalho e sem orvalho, resolvemos usar aqui o "método das pesagens rápidas". Os resultados são apresentados na tabela I.

No dia seguinte usamos o mesmo método também para "Magnolia", depois de cobrirmos algumas folhas com flanela. Os resultados estão na tabela II.

TABELA I

Perda de água em miligramas por minuto de folhas de *Luhea devaricata* L. "com orvalho" e "sem orvalho" (Temp. do ar 21,4° C; Umid. rel. 87%).

Minutos	Folha sem orvalho Área : 38,2 cm ² Peso : 742 mg	Folha com orvalho Área : 30,8 cm ² Peso : 680 mg
1°	1,5 mg	3,0 mg
2°	1,0	3,0
3°	1,5	3,0
4°	1,0	3,0
5°	1,0	3,0
6°	1,5	3,0
7°	1,0	2,5
8°	1,5	3,0
9°	1,0	3,0
10°	1,0	3,0
Total em 10 minutos	12,0 mg	29,5 mg
Transpiração por dm ² /hora	18,84 mg	58,76 mg

TABELA II

Perda de água em miligramas por minuto de folhas de *Michelia champaca* L. "com orvalho" e "sem orvalho" (Temp. 18,8° C; Umid. rel. 90%).

Minutos	Folha sem orvalho Área : 85,7 cm ² Peso : 2,606 gr	Folha com orvalho Área : 77,3 cm ² Peso : 2,440 gr
1°	0,0 mg	1,5 mg
2°	0,0	2,0
3°	0,5	1,5
4°	0,0	2,0
5°	0,0	2,0
6°	0,5	2,0
7°	0,0	1,5
8°	0,0	2,0
9°	0,5	1,5
10°	0,0	2,0
Total em 10 minutos	1,5 mg	18,0 mg
Transpiração por dm ² /hora	10,51 mg	139,71 mg

Estas determinações pelo método das pesagens rápidas foram repetidas várias vezes, usando-se folhas de diversos tamanhos. Os resultados foram sempre iguais, praticamente, aos apresentados nas tabelas I e II.

(B) Influência do umidecimento artificial

E' fato bem conhecido pelos fisiologistas que as plantas — principalmente as herbáceas, de sistema radicular não muito profundo — em geral fecham os estômatos, ou diminuem muito a sua abertura, sempre que a perda de água pelas folhas excede à capacidade de absorção de água pelas raízes. No campo, onde as plantas estão expostas à luz direta do sol, este fenômeno ocorre, frequentemente, à tarde, em geral tanto mais cedo quanto menos água houver no solo e mais intensa for a transpiração. Sendo este fechamento dos estômatos causado exclusivamente por uma deficiência de água nos tecidos da folha, pareceu-nos lógico que o umidecimento desta poderia resultar numa "reabertura" dos estômatos. Para averiguarmos isto realizamos algumas ex-

periências no campo, num dia relativamente seco, com plantas bem expostas à luz solar, entre 2 e 3 horas da tarde. Testes com xilol provaram que, em "Feijão", "Tomateiro", "Couve" e "Cravo", os estômatos estavam aparentemente fechados. Em "Açoita-cavalo" notamos uma ligeira infiltração de xilol, indicando uma parcial abertura dos estômatos. Pratos com água foram postos ao lado das plantas acima mencionadas, de tal modo a podermos umidecer algumas folhas sem necessidade de destacá-las da planta, e conservando-as expostas à luz do sol. Depois de permanecerem n'água por 15-25 minutos, as referidas folhas foram enxugadas e submetidas ao teste de xilol juntamente com outras folhas não molhadas. Em "Feijão" e "Tomateiro", apenas as folhas que foram molhadas se deixaram penetrar pelo xilol, se bem que não muito intensamente. Em "Açoita-cavalo", a penetração de xilol foi sem dúvida bem mais intensa nas folhas antes molhadas. Em "Couve" e "Cravo", não houve mudança perceptível nas condições dos estômatos, conservando-se os mesmos aparentemente fechados mesmo depois do umidecimento das folhas.

Para avaliarmos com mais precisão o efeito do umidecimento superficial sobre os estômatos, um folíolo de feijão foi levado à balança afim de determinarmos a intensidade de sua transpiração. Depois de 25 minutos o mesmo folíolo foi removido da balança e logo posto num prato com água, onde permaneceu por 15 minutos. Depois de cuidadosamente removermos, com auxílio de papel de filtro e tecido limpo, todo o excesso de água da superfície do folíolo, penduramo-lo de novo na balança, para novas determinações. Todas as pesagens foram realizadas no campo, permanecendo o folíolo sempre exposto à luz direta do sol. Os resultados são apresentados na tabela III.

Como se vê na tabela, uma absorção de apenas 11 miligramas de água foi suficiente para aumentar a transpiração do folíolo a um valor 5 vezes superior à transpiração inicial. Mesmo depois que estes 11 miligramas foram perdidos, a transpiração ainda continuou elevada, o que parece indicar que o umidecimento do folíolo causou realmente uma alteração nas condições dos estômatos. A transpiração decresceu gradualmente, à medida que o folíolo ia perdendo água, mas mesmo depois de 29 minutos, quando 44 miligramas de água já haviam sido perdidos, a quantidade de água transpirada por minuto ainda apresentava valor 4 vezes superior ao obtido anteriormente, no final da primeira pesagem. Teste com xilol, realizados no final destes 29 mi-

nutos, provaram que os estômatos estavam ainda parcialmente abertos.

TABELA III

Efeito do umidecimento de um folíolo de *Phaseolus vulgaris* L., com os estômatos fechados, sobre a intensidade da transpiração.

ANTES DO UMIDECIMENTO		
Hora	Peso em mg	Perda d'água em mg por minuto
3:15	500	0,50
3:21	497	0,44
3:30	493	0,40
3:40	849	
DEPOIS DO UMIDECIMENTO		
3:58	500	2,5
4:00	495	2,25
4:02	490,5	2,5
4:04	485,5	2,25
4:06	481	1,62
4:10	474,5	1,6
4:15	467,5	1,2
4:20	461,5	1,2
4:25	456,5	

A mesma experiência acima descrita foi repetida com folhas de "Tomateiro", "Açoita-cavalo", "Couve" e "Cravo". Os resultados obtidos com "Tomateiro" e "Açoita-cavalo" foram mais ou menos semelhantes aos obtidos com feijão. No caso de "Couve" e "Cravo", também o umidecimento foi sem efeito.

CONCLUSÃO

Os resultados apresentados neste trabalho indicam claramente que a água depositada sobre as folhas pode provocar abertura dos estômatos. O fenômeno naturalmente resulta da absorção de água e conseqüente aumento de turgescência das células-guardas, fazendo com que o orifício estomatal se abra. As células-guardas, devido à sua espessa membrana, provavelmente absorvem esta água mais por vias indiretas, através das células ordinárias da epiderme. Quando a epiderme é revestida por uma cutícula muito cerosa, como no caso de "Couve" e "Cravo", o umedecimento das folhas não acarreta, aparentemente, mudança alguma nas condições dos estômatos. Ao contrário, as folhas revestidas de "pelos vivos", como "Açoita-cavalo", "Feijão", "Lanterna" e "Tomateiro", parece serem as de estômatos mais sensíveis ao umedecimento superficial. É sabido que os "pelos vivos" favorecem a absorção de água.

O orvalho é, sem dúvida, fator importante e muitas vezes decisivo para a abertura dos estômatos durante a noite. Embora esta abertura causada pelo orvalho nunca chegue a ser tão intensa como a que se verifica durante o dia, por ação da luz, parece-nos possível que a fisiologia da planta seja de algum modo afetada pelo fenômeno. Um estudo sobre o efeito desta abertura noturna dos estômatos sobre a intensidade da respiração das folhas seria bastante desejável. Sobre a intensidade da transpiração à noite, pode-se, com segurança, afirmar que este tipo de abertura dos estômatos não tem influência alguma, pois a formação de orvalho é um indício de que a temperatura da folha é inferior à temperatura do ar, o que impossibilita praticamente qualquer evaporação de água pela folha.

Os fitopatologistas reconhecem que a presença de orvalho sobre as folhas é, para diversas doenças, fator favorável à infestação das plantas. Talvez a abertura dos estômatos seja um dos fatores responsáveis por esta ação do orvalho.

Os resultados de nossas experiências também mostraram que, à tarde, quando em geral os estômatos de muitas plantas se fecham por deficiência de água ("Fechamento hídrico"), o umedecimento das folhas pode também causar

a abertura dos estômatos de algumas plantas. Os resultados de Haberlandt (1877), Bohm (1877), Detmer (1878), Wiesner (1882), e Burgerstein (1897 e 1904), segundo os quais o umedecimento das folhas pode aumentar a transpiração e acelerar o murchamento das plantas, parecem-nos mais facilmente explicáveis pela abertura dos estômatos do que pelas teorias de Wiesner e de Haberlandt, resumidas na introdução deste trabalho. Maximov (1932), mencionando alguns dos autores acima, lembra que "o rápido murchamento depois que as folhas são umedecidas é fenômeno bem conhecido mesmo pelo trabalhador agrícola: os jardineiros sempre evitam regar suas plantas nas horas de intensa insolação, e os fazendeiros sabem que a pastagem cortada quando as folhas estão cobertas de orvalho seca melhor e mais rapidamente". Não há, entretanto, nenhuma experiência na literatura estudando este possível efeito de uma simples rega ou do orvalho sobre o murchamento das plantas. Possivelmente, apenas uma rega bem abundante poderia causar tal efeito, e assim mesmo, somente nas plantas que absorvem água com relativa facilidade pela cutícula das folhas.

RESUMO

Experiências realizadas com *Ficus Benjamina* L., *Luhea devaricata* L., *Michelia champaca* L., *Schinus therembintifolius* Raddi., e *Spathodea campanulata* L., mostraram que o umedecimento das folhas pelo orvalho durante a noite provoca a abertura parcial dos estômatos. Das plantas mencionadas apenas *Luhea devaricata* L. abre os estômatos nas noites sem orvalho, mas a abertura é, sem dúvida, bem mais acentuada nas noites em que há formação de orvalho.

Também, à tarde, quando os estômatos geralmente se fecham, ou pelo menos diminuem muito sua abertura, por deficiência de água, o umedecimento das folhas pode afetar as condições dos estômatos. Um umedecimento por cerca de 20 minutos foi suficiente para aumentar a abertura dos estômatos de *Phaseolus vulgaris* L., *Lycopersicum esculentum* Mill, e *Luhea devaricata* L.. Entretanto, em *Brassica oleracea* var. *acephala* e *Dianthus* sp., plantas de cutícula cerosa, não houve aparentemente mudança nas condições dos estômatos depois que as folhas foram umedecidas pelo mesmo espaço de tempo.

SUMMARY

Experiments with *Ficus Benjamina* L., *Luhea devaricata* L., *Michelia champaca* L., *Schinus therembintifolius* Raddi, and *Spathodea campanulata* L., have shown that the moistening of leaves by dew, at night, causes a partial opening of the stomates. Of the above mentioned plants only *Luhea devaricata* L. opens the stomates in nights without dew, but the opening is undoubtedly much more accentuated in nights when dew is formed.

Also in the afternoon, when the stomates usually close or at least decrease their aperture due to a deficiency of water, the moistening of the leaves may affect the condition of the stomates. A moistening for about 20 minutes proved enough to increase the opening of the stomates of *Phaseolus vulgaris* L., *Luhea devaricata* L. and *Lycopersicum esculentum* Mill. However, in *Brassica oleracea* var. *acephala* and *Dianthus* sp., plants covered with a waxy cuticle, no apparent change in the stomates could be detected after the leaves were moistened for the same period of time.

BIBLIOGRAFIA

- 1) — Burgerstein, A. — Uber die Transpirationgrosse von Pflanzen feuchter Tropengebeite. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft*, 15 : 154-165. 1897
- 2) — ————— — Die Transpiration der Pflanzen. Eine physiologische Monographie. Jena. 1904.
- 3) — Haberlandt, Friedrich — Das Austrocknen abgeschnittener und benetzter, sowie abgeschnittener und nicht benetzter grüner Blätter und Pflanzenteile. *Wissensch. prakt. Unters. auf dem Gebiete des Pflanzenbaues*, 2 : 130. 1877.

- 4) — Lloyd, F. E. — The Physiology of Stomata. *Carnegie Institute Washington Publication*, 82. 1908.
- 5) — Maximov, N. — The Plant in Relation to Water. A Study of the Physiological Basis of Drought Resistance. New York. 1932.
- 6) — Rawitscher, F. — Algumas noções sobre a transpiração e o balanço d'água de plantas brasileiras. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 1: 1942.
- 7) — Wetzell, K. — Die Wasseraufnahme der höheren Pflanzengemässigte Klimate durch oberirdische Organe. *Flora*, 117: 221-269. 1924
- 8) — Wiesner, J. — Studien über das Welken von Blüten und Laubsprossen. *Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wiss. Wien*, Abt. 1, 74: 477. 1882.

