

REGULAÇÃO DA FOTOSÍNTESE DURANTE A ONTOGENIA FOLIAR DE PROGÊNIES DE *HEVEA BRASILIENSIS* E *HEVEA PAUCIFLORA* SUBMETIDAS A DOIS REGIMES HÍDRICOS¹

FRANCISCO ANTONIO OLIVEIRA PITA², MARCO ANTONIO OLIVA CANO³
e NEI FERNANDES LOPES⁴

RESUMO - Plântulas de *Hevea brasiliensis* (Muell. Arg. (IAN 873) e *H. pauciflora* Muell. Arg. foram submetidas a déficit hídrico permanente a fim de se estudar a síntese de clorofila, resistência estomática à difusão da água e balanço de CO₂ durante a ontogenia foliar. O estado hídrico das plantas, caracterizado pelo potencial hídrico (Ψ_w), mostrou os maiores decréscimos em *H. brasiliensis* ao passo que os potenciais de *H. pauciflora* permaneceram mais altos e estáveis. A diminuição da fotossíntese em plantas estressadas de ambas as espécies foi proporcional à queda do potencial hídrico. Em *H. brasiliensis* esta diminuição pode ser explicada por redução de aproximadamente 50% na síntese de clorofila e o aumento de cinco vezes de resistência estomática. Apenas a fotorrespiração da *H. pauciflora* com déficit mostrou um acréscimo significativo.

Termos para indexação: clorofila, resistência estomática, potencial hídrico, fotorrespiração.

PHOTOSYNTHESIS REGULATION DURING LEAF ONTOGENY PROGENIES OF *HEVEA BRASILIENSIS* AND *HEVEA PAUCIFLORA* GROWN UNDER TWO WATER CONDITIONS

ABSTRACT - Chlorophyll synthesis, stomatal behaviour and CO₂ balance were studied during the period of leaf ontogeny in seedlings of *H. brasiliensis* (IAN 873) and *H. pauciflora* grown under two water conditions. When submitted to a water stress *H. pauciflora* was able to maintain higher and more stable water potentials (Ψ_w) than other species. Reduction in photosynthesis' rates in water stressed plants was associated to a drop in Ψ_w in both species. This reduction in *H. brasiliensis* was related to a decreasing 50% in chlorophyll synthesis and an increase in stomatal resistance. Under water stress *H. pauciflora* showed only an enhancement in the rates of photorespiration.

Index terms: chlorophyll, stomatal resistance, water potential, photorespiration.

INTRODUÇÃO

A seringueira apresenta um crescimento rítmico que, embora controlado endogenamente, é afetado pela deficiência hídrica (Borchert 1973, Hallé et al. 1978). As plantas do gênero *Hevea* são, em geral, exigentes em água, e a limitação desta afeta-lhes o desenvolvimento (Camargo 1976, Pita 1984), aumentando-lhes o período de imaturidade (Pushparajah & Haridas 1977) e reduzindo-lhes o diâmetro do caule (Conceição et al. 1986). O diâmetro do caule é um dos parâmetros fundamentais para estimar o desenvolvimento e a produção de

látex, em razão da correlação positiva com o número de vasos laticíferos (Narayanan & Yee 1970). Bergonci (1981), estudando a ontogenia foliar sob estresse hídrico do clone Fx 2261, encontrou uma notável redução na assimilação líquida de CO₂ ao longo dos primeiros 70 dias após a emergência foliar. Esta redução foi causada mais por uma depressão na síntese de clorofila e um aumento na resistência dos estômatos à difusão do CO₂, do que por um aumento das taxas respiratórias. Determinações da resistência estomática, em folhas maduras de seis clones de *Hevea brasiliensis*, forneceram respostas diferenciais ao déficit hídrico (Rocha Neto et al. 1983, Conceição et al. 1986). Dados sobre os efeitos da deficiência hídrica no crescimento e desenvolvimento da seringueira ajudam basicamente na seleção de clones resistentes e produtivos sob condições de seca. O cultivo da seringueira em regiões com estação seca definida constitui uma das principais soluções de escape aos devastadores efeitos do fungo *Microcyclus ulei* Henn V. Arx.

¹ Aceito para publicação em 18 de novembro de 1987. Parte do trabalho de tese de primeiro autor, apresentada na Univ. Fed. de Viçosa para a obtenção do Grau de Mestre em Fisiol. Veg.

² Eng. - Agr., Inst. Nacional de Pesq. da Amazônia (INPA), CEP 69083 Manaus, AM.

³ Biol., Dr. rer. nat., Prof., Dep. Biol. Veg., Univ. Fed. de Viçosa, CEP 36570 Viçosa, MG.

⁴ Eng. - Agr., Ph.D., Prof., Dep. Biol. Veg., Univ. Fed. de Viçosa.

O desenvolvimento foliar de plântulas de polinização aberta de duas espécies de *Hevea*, submetidas a estresse hídrico, foi estudado com o propósito de caracterizar mudanças fisiológicas nos primeiros estádios do seu desenvolvimento, fase mais suscetível ao ataque do fungo.

MATERIAL E MÉTODOS

Plântulas de meios-irmãos de *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. (clone IAN 873) e *H. pauciflora* Muell. Arg., provenientes de sementes ilegítimas e fornecidas pelo Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira e Dendê (CNPDS), Manaus, AM, foram cultivadas em casa de vegetação até a idade de 17 meses. As plântulas cresceram em sacos de polietileno, com cerca de dez quilos de Latossolo Vermelho de textura argilosa. Em novembro de 1983, depois que o terceiro lançamento atingiu a completa maturidade, todas as plantas sofreram uma decepagem. As folhas emitidas posteriormente foram marcadas individualmente e suas características determinadas diariamente, até a idade de 40 dias. Os experimentos se estenderam até fevereiro de 1984. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três repetições e três plantas por repetição em cada uma das espécies utilizadas. O ajuste das curvas foi feito com base na distribuição dos pontos observados mediante regressão curvilínea das médias, em relação à idade foliar, com o emprego de polinômios ortogonais. Genótipos oriundos das duas espécies foram submetidos a dois regimes hídricos; um grupo de 40 plantas cresceram sob déficit hídrico permanente, obtido mediante irrigação insuficiente que manteve o solo aproximadamente num terço da capacidade de campo ($\psi_{\text{solo}} = -0,5$ MPa), e outro de 40 plantas foi mantido em solo hidratado perto da capacidade de campo ($\psi_{\text{solo}} = -0,03$ MPa). Os teores de água no solo foram controlados gravimetricamente e seus valores extrapolados para uma curva de retenção de umidade do solo. Foi considerado primeiro dia após a emergência, em todos os experimentos, o dia em que os folíolos do quarto lançamento atingiram dois centímetros de comprimento. Este nível de desenvolvimento foliar é considerado como estágio A por Hallé et al. (1978). Para a determinação dos teores de clorofila, assimilação do CO_2 , resistência estomática (R_{st}) e potencial hídrico foliar (ψ_f) foram coletadas amostras diariamente, entre as seis e as dez horas, a partir do primeiro dia após a emergência foliar.

Os teores de clorofila foram determinados a partir de dez discos foliares, previamente pesados, tomados ao longo da nervura principal dos folíolos. A extração foi realizada com acetona a 80%, com a adição, ao meio de MgCO_3 , a fim de evitar a feofitinação, segundo a metodologia de Steffens et al. (1976). As absorvâncias dos extratos cetônicos foram determinadas em espectrofotômetro, a 645 nm e 663 nm, e os cálculos das concentrações de clorofila a, b e total foram feitos com base nos coeficientes de Arnon (1949).

A assimilação do CO_2 foi medida num sistema fechado, onde uma folha, não destacada, foi introduzida numa câmara de assimilação sob uma densidade de fluxo radiante de 34 W.m^{-2} e um fluxo de ar de $0,3 \text{ l.min}^{-1}$. Passado um período de estabilização de cinco minutos, foi obtida a taxa máxima de fotossíntese líquida (P_n), após dois minutos de iluminação. A fotorrespiração das plantas (R_l) foi obtida mediante a determinação do surto pós-iluminatório do CO_2 medido nas mesmas folhas nas quais foi medida a fotossíntese. As alterações nas concentrações de CO_2 foram monitoradas potenciométricamente numa solução de referência e corrigidas para o volume do sistema e pressão barométrica local (Zunker & Kreeb 1970, Bergonci 1981). A produção de CO_2 no escuro foi medida à noite anterior às medições fotossintéticas.

A resistência estomática (R_{st}) foi determinada por meio de um porômetro de difusão LI-COR, modelo LI-60, com sensor horizontal LI-15S, na superfície abaxial da folha (Kanemasu et al. 1969).

A área foliar (A_f) foi determinada através de um medidor de área foliar portátil LI-COR, modelo LI-3000.

O potencial hídrico foliar (ψ_f) foi determinado por meio de uma câmara de pressão (Scholander et al. 1965), nas mesmas folhas em que se efetuaram as medidas da resistência estomática e das trocas gasosas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O potencial hídrico foliar (ψ_f) (Fig. 1) foi significativamente reduzido pela deficiência hídrica em ambas as espécies. O menor valor foi medido nas progênies do clone IAN 873, que apresentaram também a maior resistência estomática (R_{st}) e as menores taxas fotossintéticas. No tratamento estressado, o ψ_f decresceu com a idade foliar no clone IAN 873, atingindo valores mínimos 30 dias após a emergência foliar, demonstrando adaptação progressiva aos baixos ψ_{solo} . No entanto, os indivíduos de *H. pauciflora* tenderam a apresentar os mesmos ψ_f durante todo o desenvolvimento das folhas. Nas plantas irrigadas, o ψ_f mínimo foi de aproximadamente $-1,35$ MPa bem próximo da média dos valores encontrados por Conceição et al. (1986) para espécies mantidas próximas da capacidade de campo ($\psi_{\text{solo}} = -0,01$ MPa).

A síntese de clorofila mostra-se sensivelmente afetada pelo baixo ψ_f mantido durante os primeiros 40 dias de sua ontogenia (Fig. 2). A partir do vigésimo dia após a emergência as diferenças no acúmulo de clorofila entre os tratamentos mos-

traram-se mais evidentes. A redução atingiu aproximadamente 50% no IAN 873 e de apenas 15% nas progênies de *H. pauciflora*. Os efeitos do estresse hídrico sobre os teores de clorofila já tinham sido mostrados por Bergonci (1981) e Conceição et al. (1986) em diversos clones de seringueira. A maior

estabilidade na síntese de clorofila mostrada por *H. pauciflora* pode estar relacionada com a estabilidade do ψ_f durante toda a ontogenia foliar. As notórias reduções na síntese de clorofila em IAN 873 acompanham a queda de ψ_f durante o mesmo período.

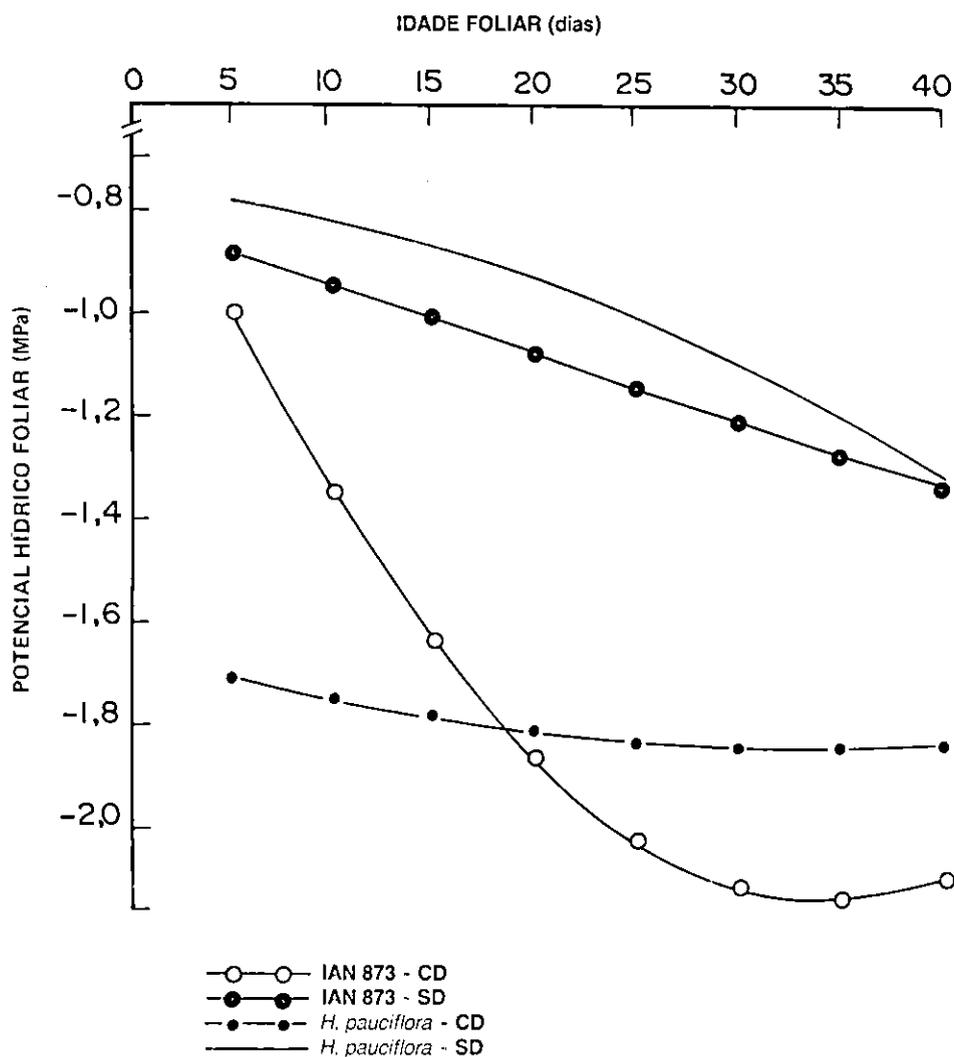


FIG. 1. Potencial hídrico foliar em relação à idade foliar de *Hevea brasiliensis* (IAN 873) e *H. pauciflora*, sob dois regimes hídricos. (CD: com déficit; SD: sem déficit).

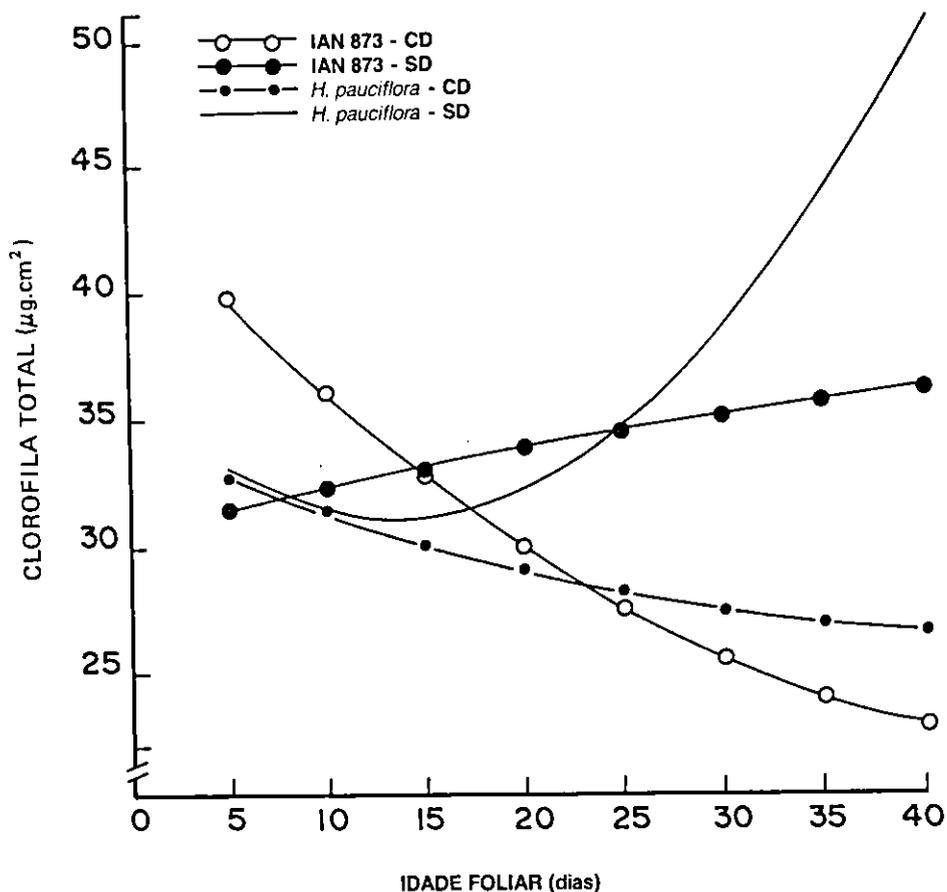


FIG. 2. Teor de clorofila total com base na idade foliar de *Hevea brasiliensis* (IAN 873) e *H. pauciflora*, submetidas a dois regimes hídricos. (CD: com déficit; SD: sem déficit).

Déficit hídrico moderado reduz o teor de clorofila, não pela degradação dos pigmentos existentes, mas pela inibição da ressíntese de novos pigmentos (Albert et al. 1975). Assim, o aumento da fase latente no desenvolvimento dos cloroplastos é atribuído às condições do ambiente que prevaleceram durante o desenvolvimento da folha, e não a um evento pré-programado. O estímulo à síntese de prolina, pelo déficit hídrico, a partir do glutamato, pelo desvio da rota metabólica, e a conseqüente redução da concentração de ácido σ -aminolevulínico, precursor dos protoclorofilídios, diminuem a síntese de clorofila (Hanson & Hitz 1982). A maior atividade da enzima glicolato oxi-

dase (Mukherjee & Choudhuri 1981, 1983) e o balanço hormonal, com redução do teor de citocinina e aumento do ácido abscísico (ABA) (Itai & Benzioni 1976), são fatores que concorrem para a redução ou degradação da clorofila em plantas submetidas a déficit hídrico.

O déficit hídrico acelera o processo de senescência das folhas, caracterizado pelo amarelecimento e queda (Fasheun 1979). Certamente, o declínio do conteúdo de clorofila é uma característica mais visível e um dos fenômenos que melhor se correlaciona com a senescência foliar (Secor et al. 1983) e com o declínio da fotossíntese. Kaloyeras (1958) definiu o "índice de estabilidade

da clorofila" (IEC) como um novo método para testar a resistência de plantas à seca.

O déficit hídrico acelera a senescência das folhas velhas, que perdem a tolerância ao estresse, e ao mesmo tempo promove o ajustamento osmótico das sobreviventes (O'Neill 1983). Se a perda do ajustamento osmótico precede a senescência foliar, a perda do turgor das células do mesófilo pode ser o primeiro sinal para o início de uma série de eventos em cascata, que resultam na senescência foliar. Nesses eventos estão envolvidos o fechamento dos estômatos e a produção de ABA. Outras vezes, o estresse não é suficiente para causar adequado ajuste das folhas jovens, mas suficiente para causar senescência das folhas mais velhas (Sivanadyan et al. 1975, Pushparajah & Haridas 1977, Haridas 1979, O'Neill 1983). As folhas novas mostraram um grau maior de sobrevivência que as folhas mais velhas, quando submetidas a estresse hídrico severo. A pouca sensibilidade, na fase juvenil, ao déficit hídrico poderia ser causada por um acúmulo de solutos nas folhas jovens, com modificação do potencial osmótico. Nas folhas novas de seringueira, os estômatos ainda não são funcionais (Samsuddin 1978) e, morfológicamente, as estruturas dos folíolos apresentam-se bem compactas, reduzindo a perda de água (Albert et al. 1975). Cutler et al. (1977) sugeriram que o pequeno tamanho das células pode ser eficiente na concentração de solutos, possibilitando a manutenção do turgor com altos ψ_f . Outra causa da baixa sensibilidade nos quinze dias iniciais do desenvolvimento foliar seria a menor intensidade do estresse hídrico aplicado durante o estágio A, comparado com os estágios sucessivos. Deve-se isso ao fato de ser o lançamento, como um todo, mais sensível ao déficit nesse estágio, apresentando sintomas de queima ou atrofiamento irreversíveis, que aparecem nos folíolos submetidos a deficiência hídrica moderada.

Nas plantas com déficit hídrico, a atividade fotossintética está relacionada com a R_{st} e com o teor de clorofila. Nas progênies do clone IAN 873, as baixas taxas fotossintéticas foram relacionadas com a elevada R_{st} (Fig. 3 e 4). A diminuição do ψ_f reduz a assimilação do CO_2 , causada pelo fechamento dos estômatos e pela redução do crescimento (Hsiao et al. 1976, Fasheun 1979).

A R_{st} é, talvez, a mais importante das séries de resistências à difusão gasosa entre o ambiente e o interior das folhas. Sua magnitude não depende somente dos fatores do ambiente, mas também do balanço interno de água na planta, cuja eficiência está associada a essa resistência.

Verificou-se, nas plântulas de seringueira submetidas a deficiência hídrica, acentuado aumento da R_{st} (Fig. 3). Os indivíduos de *Hevea pauciflora* mostraram menor sensibilidade, o que indica, provavelmente, maior tolerância à perda de água. As plântulas sem deficiência hídrica, tanto o clone IAN 873 como *H. pauciflora*, mostraram comportamento diferencial, em relação à R_{st} , conforme a idade da folha. O comportamento das plântulas do clone IAN 873, com a variação da R_{st} (Fig. 3), no tratamento com estresse hídrico, esteve, provavelmente, relacionado com a sensibilidade e adaptação estomática, bem como com a expansão foliar.

Em seringueiras submetidas a déficit hídrico foi observado aumento da R_{st} em todos os clones estudados (Bergonci 1981, Conceição et al. 1986, Rocha Neto et al. 1983). No entanto, as diferenças no comportamento estomático podem estar relacionadas com a densidade e tamanho dos estômatos e com a espessura e cutinização das folhas (Samsuddin 1980). Plantas de seringueira apresentam estômatos apenas na superfície abaxial e a densidade varia de acordo com a espécie e seu híbrido interespecífico (Senanayake 1969, Samsuddin & Impens 1978, 1979 a, b).

A taxa fotossintética líquida (P_n) foi reduzida drasticamente, aproximadamente 50%, nas espécies estressadas (Fig. 4). Essa redução está associada com alta R_{st} (Fig. 3), causada por baixos ψ_f (Fig. 1), que dificultam o processo de difusão do CO_2 até os sítios de carboxilação e a baixa atividade dos cloroplastos (Kanemasu & Tanner 1969, Fry 1970, Armitage et al. 1983). Contudo, há grandes variações em P_n , entre os clones malásicos de seringueira, causadas por variações genotípicas (Samsuddin 1978, Samsuddin & Impens 1979 a, b, c).

A taxa de respiração escura (R_d) (Fig. 5) foi alta nas folhas jovens, em ambos os tratamentos, decrescendo com a idade. Após o trigéssimo quinto dia ocorreu ligeiro aumento no tratamento es-

tressado. Já a taxa de respiração na luz (R_1), foi baixa na fase juvenil (Fig. 6), aumentando com a maturidade da folha, de modo semelhante à fotossíntese. Resultados semelhantes foram obtidos por Samsuddin (1978) e Bergonci (1981) em clones de seringueira.

O aumento da R_1 (Fig. 6) pode estar relacionada com a atividade de oxidação do glicolato nas folhas. A formação do ácido glicólico ocorre somente na luz, e sua oxidação, pela glicolato-oxidase para glioxalato e nova oxidação para CO_2 parecem explicar a R_1 (Zelitch 1958). A atividade das enzimas glicolato-oxidase e peroxidase aumenta com o estresse hídrico, sendo alguns produtos

do metabolismo oxidativo causa do início da senescência (Mukherjee & Choudhuri 1981).

A comparação das variáveis fisiológicas de uma folha com as de outra é rotineiramente mascarada pelas variações do genótipo, idade foliar e histórico do ambiente, bem como do período do dia em que as medições são efetuadas. Além disso, vários processos de controle interno modificam a atividade fotossintética em várias partes de uma mesma folha. Assim, esse somatório de variáveis dificulta a interpretação dos estudos fisiológicos. Contudo, é possível concluir que o déficit hídrico retardou o desenvolvimento geral dos folíolos, em progênies de ambas as espécies, afetando os processos ligados à autotrofia foliar.

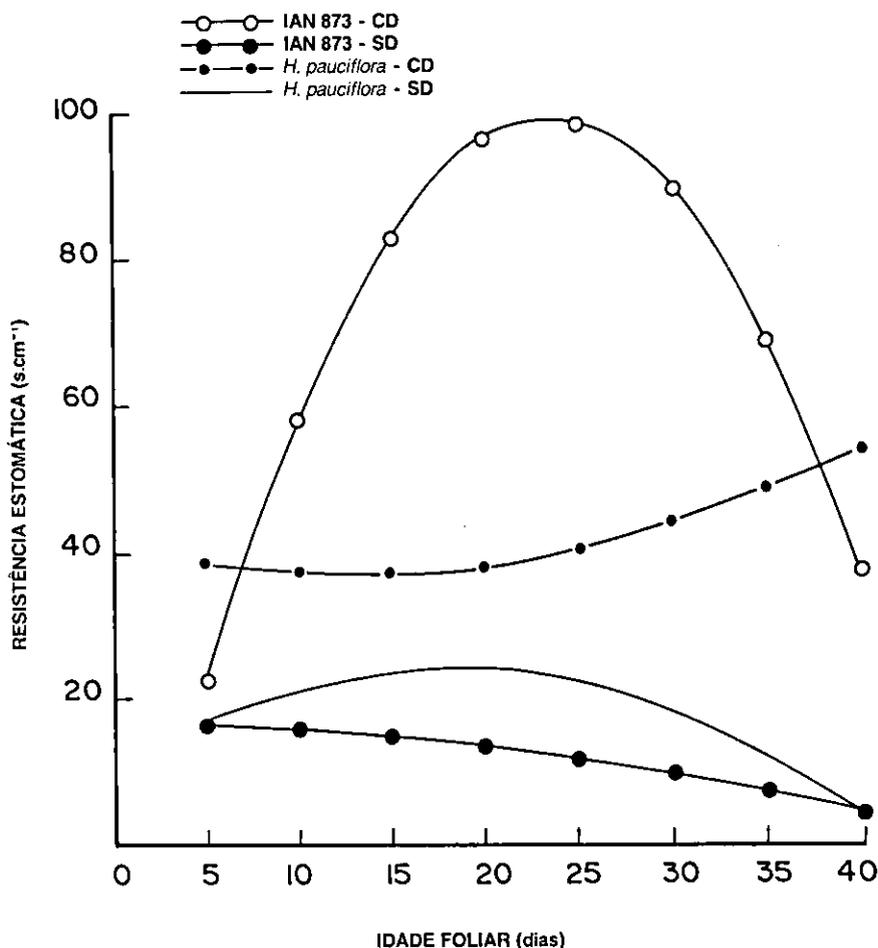


FIG. 3. Resistência estomática em relação à idade foliar de *Hevea brasiliensis* (IAN 873) e *H. pauciflora*, submetidas a dois regimes hídricos. (CD: com déficit; SD: sem déficit).

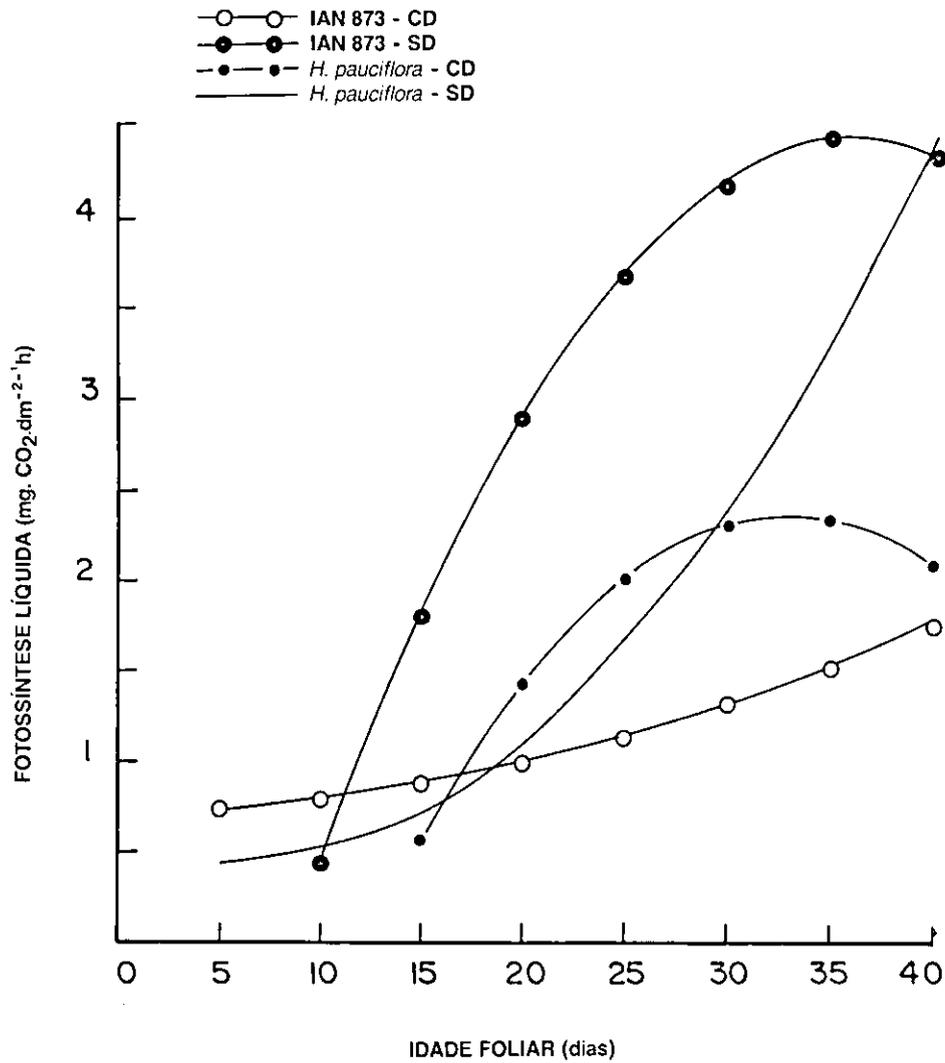


FIG. 4. Taxa fotossintética líquida em função da idade foliar de *Hevea brasiliensis* (IAN 873) e *H. pauciflora*, submetidas a dois regimes hídricos. (CD: com déficit; SD: sem déficit).

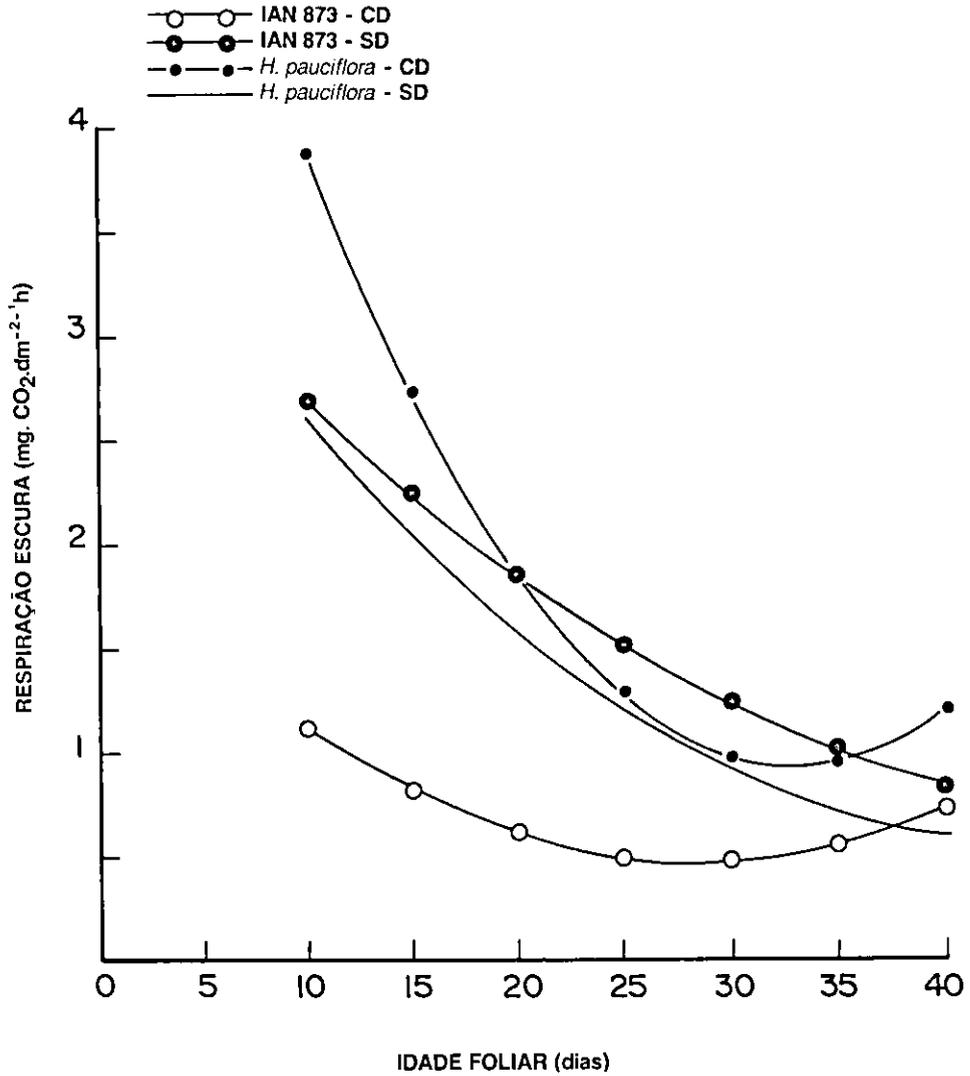


FIG. 5. Taxa de respiração escura em relação à idade foliar de *Hevea brasiliensis* (IAN 873) e *H. pauciflora*, sob dois regimes hídricos. (CD: com déficit; SD: sem déficit).

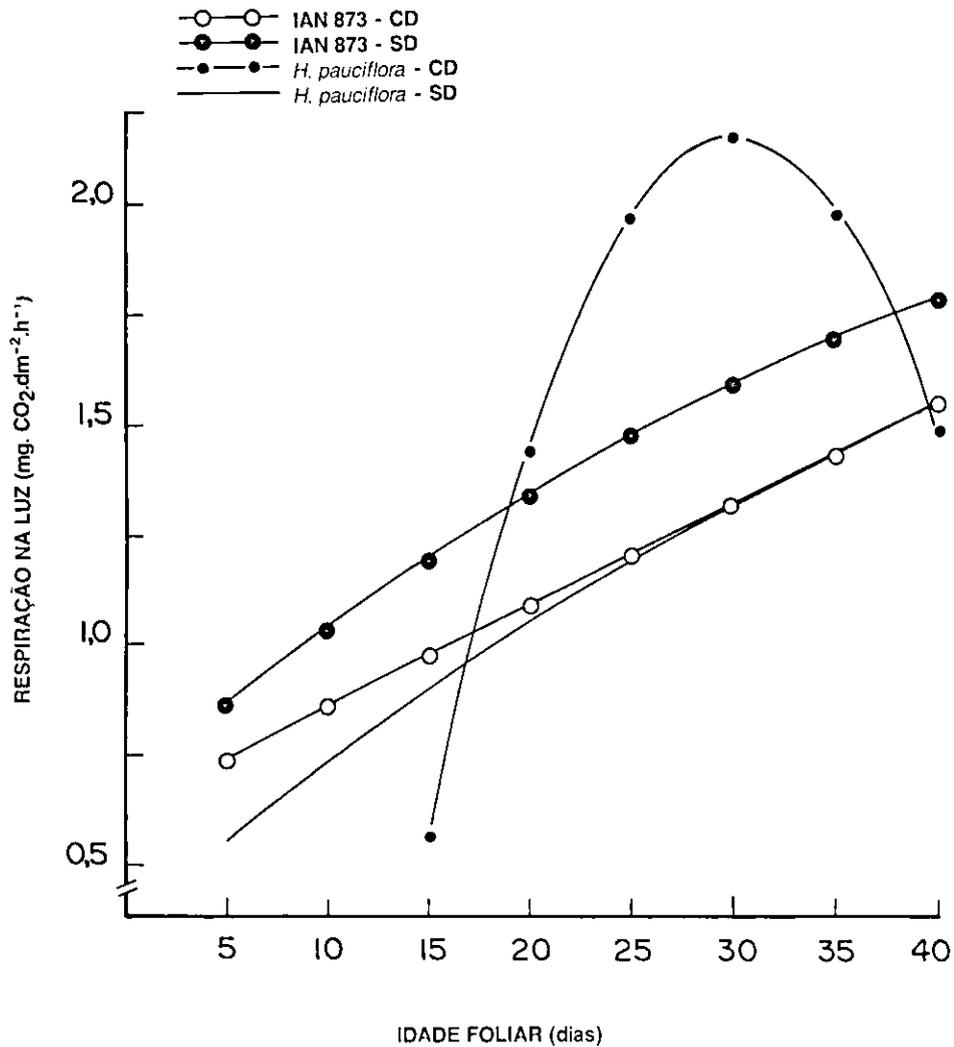


FIG. 6. Taxa de respiração na luz em função da idade foliar de *Hevea brasiliensis* (IAN 873) e *H. pauciflora*, submetidas a dois regimes hídricos. (CD: com déficit; SD: sem déficit).

CONCLUSÕES

1. O déficit hídrico durante a ontogênese foliar em progênesis de meios irmãos de *Hevea brasiliensis* (IAN 873) e *H. pauciflora* causa notório retardamento na formação do aparelho fotossintético de ambas as espécies.

2. A redução da fotossíntese líquida, nos descendentes das duas espécies, deve-se principalmente a uma depressão na síntese da clorofila e não a um aumento das taxas respiratórias.

3. Plântulas de polinização aberta de *Hevea brasiliensis* (IAN 873) mostram menor resistência ao estresse hídrico, e seus efeitos podem ser avaliados pela queda do potencial hídrico, redução na síntese de clorofila e na assimilação do CO₂.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro à elaboração do presente trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALBERT, R.S.; FISCUS, E.L.; NAYLOR, A.W. The effects of stress on the development of photosynthetic apparatus in greening leaves. *Plant Physiol.*, **55**: 317-21, 1975.
- ARMITAGE, A.M.; VINES, H.M. TU, Z.P.; BLACK, C.C. Water relations and net photosynthesis in hybrid geranium. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, **108**:310-4, 1983.
- ARNON, D.I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiol.*, **24**:1-15, 1949.
- BERGONCI, J.I. Estudos fisiológicos relacionados com o balanço de CO₂ durante a ontogenia foliar em *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. Viçosa, UFV, 1981. 53p. Tese Mestrado.
- BORCHERT, R. Simulation of rhythmic tree growth under constant conditions. *Physiol. Plant.*, **29**:173-80, 1973.
- CAMARGO, A.P. Aptidão climática para a heveicultura no Brasil. *Ecosistema*, **1**:6-14, 1976.
- CONCEIÇÃO, H.E.O.; OLIVA, M.A.; LOPES, N.F. Resistência à seca em seringueira. II. Crescimento e partição de assimilados em clones submetidos a déficit hídrico. *Pesq. agropec. bras.*, **21**(2):141-53, 1986.
- CUTLER, J.M.; RAINS, D.W.; LOOMIS, R.S. The importance of cell size in the water relations of plants. *Physiol. Plant.*, **40**:255-60, 1977.
- FASHEUN, F.E. Effect of soil potential on leaf water potential, diffusive resistance, growth and development of *Gmelina arborea* L. seedlings. *Biol. Plant.*, **21**:100-4, 1979.
- FRY, K. Some factors affecting the Hill reaction activity in cotton chloroplasts. *Plant Physiol.*, **45**:465-9, 1970.
- HALLÉ, F.; OLDEMAN, R.A.A.; TOMLINSON, P.B. *Tropical trees and forest*. Berlin, Springer, 1978. 441p.
- HANSON, A.D. & HITZ, W.D. Metabolic responses of mesophytes to plant water deficits. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, **23**:163-203, 1982.
- HARIDAS, G. Water consumption and growth of young rubber plants (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) as affected by differential soil moisture and fertility status. In: SYMPOSIUM ON WATER IN MALAYSIAN AGRICULTURAL, Kuala Lumpur, 1979. *Proceedings*. Kuala Lumpur, Malaysian Society of Soil Science, 1979. p.141-56.
- HSIAO, T.C.; FERERES, E.; ACEVEDO, E.; HENDERSON, D.W. Water stress and dynamics of growth and yield of crop plants. In: LANGE, O.L.; KAPPEN, L.; SCHULZE, E.D. ed. *Water and plant life; problems and modern approaches*, Berlin, Springer, 1976. p.281-305.
- ITAI, C. & BENZION, A. Water stress and hormonal response. In: LANGE, O.L.; KAPPEN, L.; SCHULZE, E.D., ed. *Water and plant life; problems and modern approaches*, Berlin, Springer, 1976. p.225-41.
- KALOYERAS, S.A. A new method of determining drought resistance. *Plant Physiol.*, **33**:232-3, 1958.
- KANEMASU, E.T. & TANNER, C.B. Stomatal diffusion resistance of snap beans. I. Influence of leaf-water potential. *Plant Physiol.*, **44**:1547-52, 1969.
- KANEMASU, E.T.; THURTELL, G.W.; TANNER, C.B. Design, calibration and field use of a stomatal diffusion porometer. *Plant Physiol.*, **44**:881-5, 1969.
- MUKHERJEE, S.P. & CHOUDHURI, M.A. Effect of some reducing agents on water stress-induced oxidative and deteriorative processes of *Vigna* seedlings. *Biol. Plant.*, **25**:401-7, 1983.
- MUKHERJEE, S.P. & CHOUDHURI, M.A. Effect of water stress on some oxidative enzymes and senescence in *Vigna* seedlings. *Physiol. Plant.*, **52**:37-42, 1981.
- NARAYANAN, R. & YEE, H.C. Yield-girth relationship studies on *Hevea*. *J. Rubber Res. Inst. Malays.*, **23**: 23-31, 1970.
- O'NEILL, S.D. Role of osmotic potential gradients during water stress and leaf senescence in *Fragaria virginiana*. *Plant Physiol.*, **72**:931-7, 1983.
- PITA, F.A.O. Ontogenia foliar em plântulas de seringueira.

- ra (*Hevea* sp.) submetida a dois regimes hídricos. Viçosa, UFV, 1984. 92p. Tese Mestrado.
- PUSHPARAJAH, E. & HARIDAS, G. Developments in reduction in immaturity period of *Hevea* in peninsular Malaysia. *J. Rubber Res. Inst. Sri Lanka*, 54:93-105, 1977.
- ROCHA NETO, O.G.; CANO, M.A.O.; THIÉBAUT, J.T.L. Eficiência no uso da água em plântulas de seringueira submetidas a déficit hídrico. *Pesq. agropec. bras.*, 18(4):363-9, 1983.
- SAMSUDDIN, Z. Differences in stomatal density, dimension and conductances to water vapor diffusion seven *Hevea* species. *Biol. Plant.*, 22:154-6, 1980.
- SAMSUDDIN, Z. Laboratory study on leaf gas exchange characteristics of *Hevea brasiliensis* Muell. Agr. and their relationships to field performance data. s.l., Universitaire Instelling Antwerpen, 1978. 181p. Tese Doutorado.
- SAMSUDDIN, Z. & IMPENS, I. Comparative net photosynthesis of four *Hevea brasiliensis* clonal seedlings. *Exp. Agric.*, 14:337-40, 1978.
- SAMSUDDIN, Z. & IMPENS, I. The development of photosynthetic rate with leaf age in *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. clonal seedlings. *Photosynthetica*, 13:267-70, 1979a.
- SAMSUDDIN, Z. & IMPENS, I. Photosynthesis and diffusion resistances to carbon dioxide in *Hevea brasiliensis* Muel. Arg. Clones. *Oecologia*, 37:361-3, 1979b.
- SAMSUDDIN, Z. & IMPENS, I. Photosynthetic rates and diffusion resistances of seven *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. clones. *Biol. Plant.*, 21:154-6, 1979c.
- SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; BRADSTREET, E.D.; HEMMINGSEN, E.A. Sap pressure in vascular plants. *Science*, 148:339-46, 1965.
- SECOR, J.; SHIBLES, R.; STEWART, C.R. Metabolic changes in senescing soybean leaves of similar plant ontogeny. *Crop Sci.*, 23:106-10, 1983.
- SENANAYAKE, Y.D.A. Species specific abaxial foliar characteristics of *Hevea benthaminana* Muell. Arg., *H. brasiliensis* Muell. Arg. And *H. spruceana* (Benth.) Muell. Arg. and their expression in interspecific hybrids. *Rubber Res. Inst. Ceylon Q.J.*, 45:22-31, 1969.
- SIVANADYAN, K.; HARIDAS, G.; PUSHPARAJAH, E. Reduced immaturity period of *Hevea brasiliensis*. In: INTERNATIONAL RUBBER CONFERENCE, Kuala Lumpur, 1975. *Proceedings*. Kuala Lumpur, Rubber Research Institute of Malaya, 1975. p.147-57.
- STEFENS, D.; BLOS, I.; SCHOCH, S.; RUGIGER, W. Lichtabhängigkeit der Phytolakkumulation. Ein Beitrag zur Frage der Chlorophyll Biosynthese. *Planta*, 130:151-8, 1976.
- ZELITCH, I. The role of glycolic acid oxidase in the respiration of leaves. *J. Biol. Chem.*, 233:1299-303, 1958.
- ZUNKER, E. & KREEB, K. Untersuchungen zur potentiometrischen Messung der Photosyntheserate. *Ber. Dtsch. Bot. Ges.*, 83:245-57, 1970.