

**STRESS HÍDRICO E ALGUNS ASPECTOS DO COMPORTAMENTO FISIOLÓGICO
EM *XEROPHYTA PLICATA* SPRENG. – VELLOZIACEAE.**

**WATER DEFICIT STRESS AND SOME ASPECTS OF PHYSIOLOGICAL
BEHAVIOR IN *XEROPYTA PLICATA* SPRENG. – VELLOZIACEAE.**

Marico Meguro (1), Carlos Alfredo Joly (2) e Maria Mercedes Bittencourt (3)

RESUMO - *Xerophyta plicata* Spreng., espécie rupícola pertencente à família Velloziaceae, apresenta uma notável capacidade de tolerar a redução do potencial hídrico interno, sem sofrer abscisão de suas folhas. A alta tolerância à desidratação, pouco frequente entre as plantas superiores, parece ser uma característica comum nas plantas do gênero *Xerophyta* Juss., como já foi demonstrada em diversas espécies Africanas. O presente trabalho estuda o ançamento diário da transpiração da espécie brasileira na estação chuvosa e seca sob condições de cultivo, além de alguns aspectos do comportamento fisiológico de folhas cortadas e submetidas ao processo de dessecação em câmaras de umidade relativa controlada. Após 10, 20, 40 e 80 dias de tratamento, as folhas se apresentaram amarelo-acinzentadas e cerca de 90% do conteúdo total de água foi perdido, com excessão daquelas mantidas em 100% de U. R. Quando re-hidratadas, as folhas readquiriram a cor verde em 48-72 horas e uma razão Fotosíntese/Respiração positiva foi observada. No entanto, naquelas desseccadas durante 80 dias, somente as mantidas em câmara com umidade relativa em torno de 56% apresentaram razão positiva. O peso seco obtido, mais reduzido, indica uma injúria metabólica indireta do stress hídrico, dependente do tempo.

SUMMARY - *Xerophyta plicata* Spreng. - Velloziaceae, a Brazilian rupicolous flowering plant, presents a remarkable ability to withstand drought without abscission of the leaves. This property is quite largely spread among the genus, as has been already observed for African species. This paper studies the daily march of transpiration during dry and wet seasons under cultivation and some aspects of physiological behavior of detached leaves submitted to artificial desiccation in relative humidity controlled chambers. After 10, 20, 40 and 80 days of treatment, the leaves were almost yellow-grayish and an average of 90% total water were lost, except for those maintained at 100% RH chamber. When rehydrated, chlorophyll appeared within 48-72 hours and positive photosynthetic/respiratory ratio was observed, but in the leaves desiccated during 80 days, only those maintained at 56% RH chamber showed a positive ratio. A lower dry weight indicates a time operative indirect metabolic injury of water deficit stress.

INTRODUÇÃO

O grau de resistência a *stress* hídrico varia grandemente entre os vegetais e os pesquisadores abordaram-no sob diversos aspectos no decorrer dos tempos (Maximov, 1929, 1931; Schimper, 1935; Stocker, 1947, 1956a; Killian e Lemée, 1956; Ferri, 1955, 1963; Coutinho, 1962; Levitt, 1972).

(1) Dep. de Botânica, Inst. de Biociências – Univ. São Paulo. C.P. 11.461 – 05421 – São Paulo.
(2) e (3) Estagiários do Dep. de Botânica do Inst. de Biociências – Univ. de São Paulo.

Vegetais filogeneticamente inferiores, de modo geral, entram rapidamente em equilíbrio com o potencial hídrico ambiente e são enquadrados no grupo dos peciloídricos. Plantas superiores, notadamente as espermatófitas, conseguem, através de sua constituição morfológica e fisiológica, manter o potencial hídrico interno superior ao do meio, mesmo que sejam expostas a um gradiente considerável e são designadas de homeoídricas (Walter, 1955). Nestas, a tolerância ao dessecação, comum às peciloídricas, é relativamente pouco frequente (Duisberg, 1952).

Trabalhos mais recentes (Gaff, 1971) enquadram neste grupo, diversas espécies Sul-Africanas de Angiospermas pertencentes às famílias de Scrophulariaceae, Myrothamnaceae, Cyperaceae, Gramineae e seis espécies de Velloziaceae, todas do gênero *Xerophyta* (*X. clavata* Baker; *X. viscosa* Baker; *X. elegans* Baker; *X. retinervis* Baker; *X. humilis* (Baker) Dur. & Schinz.; *X. squarrosa* Welw. ex Baker).

Owoseye e Sanford (1972) por sua vez, estudaram pormenorizadamente o comportamento de uma outra espécie Africana, a *Vellozia schnitzleinia* (Hochst) Martelli var. *occidentalis* Milne-Redh., que segundo estudos recentes de sua posição taxonômica realizados por Menezes (1971b), deve ser incluída no gênero *Xerophyta*.

Nenhum estudo semelhante foi efetuado com as espécies brasileiras desta família, embora Diogo (1926) já as tivesse caracterizado como plantas que apresentam notável resistência ao dessecação. Mais recentemente, Menezes (comunicação pessoal) notou a "revivescência" da folha do material herborizado de *Xerophyta plicata* Spreng., aparentemente seca que, quando colocada em água, expandiu-se, readquirindo a coloração verde.

O presente trabalho analisa o balanço hídrico da espécie *Xerophyta plicata* Spreng. em condições de cultivo e alguns aspectos do comportamento fisiológico de folhas submetidas ou não ao dessecação, em condições de laboratório.

MATERIAL E MÉTODOS

Material botânico O material botânico utilizado neste trabalho pertence ao lote de *Xerophyta plicata* Spreng. coletado na região do Morro da Agha em Piúma, Estado de Espírito Santo e cultivado nos jardins do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Trata-se de uma espécie rupícola, cuja descrição morfológica externa e interna, assim como a discussão de sua posição taxonômica podem ser encontradas nos trabalhos de Menezes (1970 e 1971a, b).

Balanço hídrico e comportamento estomático - O estudo do balanço hídrico foi efetuado através da análise do andamento diário da transpiração, usando-se o método de pesagens rápidas (Stocker, 1956b; Meguro, 1963).

As experiências foram realizadas na estação chuvosa (novembro) e seca (julho), acompanhadas de medidas de intensidade luminosa (Fotômetro Lange), umidade relativa (Psicrômetro) e evaporação (Evaporímetro de Piche). A tensão da umidade do solo (Sc) foi determinada por meio de Tensiômetro (Modelo "R" do Irrrometer Company, (Califórnia), instalado nos primeiros 10 cm da camada do solo, em vista da localização superficial do sistema radicular das plantas.

A eficiência do fechamento hidroativo dos estômatos foi verificada, também por método de pesagens rápidas, nas diferentes horas do dia, correspondentes às da curva do andamento diário da transpiração.

Ponto de compensação luminosa - Para a determinação do ponto de compensação foi utilizado o método colorimétrico de detecção de CO_2 proposto por Kauko e Carlberg (1935, in Steubing, 1965) e utilizado para aquele fim por Lieth (1958, 1960). Foram feitas determinações às 9, 12 e 15 horas a 25°C , e a medida da intensidade luminosa no ponto de compensação efetuada com Fotômetro Lange, 2 horas após a montagem de cada experimento.

Indução artificial de dessecamento em folhas destacadas da planta - 7 lotes homogêneos, de 8 folhas cada, foram coletadas na estação chuvosa (novembro), de plantas em boas condições de suprimento d'água. Após determinação do peso fresco e área foliar, o primeiro lote foi imediatamente submetido ao exame da capacidade aparente de assimilação e liberação de CO_2 , no claro e no escuro. Realizada a experiência, as folhas foram secas na estufa a 80°C durante 48 horas para a determinação do peso seco. Cada um dos 6 lotes restantes foi colocado em frascos de vidro (capacidade de 2 l) com tampa hermeticamente fechada e umidade interna regulada: 100%, 87%, 56%, 15%, 1% e ~ 0%. Para isso, cada frasco foi munido de um recipiente contendo 100 ml de mistura de H_2SO_4 p.s. 1,84, 96% p.a. com água destilada, nas seguintes proporções: 20, 40, 60 e 80% de H_2SO_4 , ficando um dos frascos com o ácido concentrado e outro somente com água destilada (Hofler, 1942). Todos os frascos contendo as folhas foram mantidos numa sala de condições controladas: temperatura diurna = 28°C ; noturna = 26°C ; duração do período de claro = 16 horas; escuro = 8 horas. Intensidade luminosa = 4.200/4.400 Lux tendo como fontes lâmpadas fluorescentes Phillips e lâmpadas incandescentes.

Re-hidratação das folhas tratadas - Após 10, 20, 40 ou 80 dias de permanência em condições descritas no item anterior, as folhas eram retiradas dos respectivos frascos, seus pesos determinados e colocadas numa câmara úmida, com bases mergulhadas em água destilada. O tempo mais adequado para a permanência das folhas na câmara úmida para a re-hidratação foi determinado através de um experimento preliminar em que elas eram pesadas de 24 em 24 horas (24, 48, 72, 96 e 120 horas). Verificado o tempo após o qual não mais ocorre sensível aumento no processo de re-hidratação, o tempo de permanência das folhas na câmara úmida para as experiências seguintes, foi condicionado ao reaparecimento da coloração verde do limbo.

Avaliação da aparente capacidade de assimilação e liberação de CO_2 - Neste experimento foi utilizado o mesmo método colorimétrico de detecção de CO_2 . Seções de folhas re-hidratadas de cerca de 10 cm de comprimento foram colocadas em tubos de ensaio contendo 4 ml de reagente de cresol e expostas à intensidade luminosa de 4.200/4.400 Lux, à temperatura de 28°C . O mesmo número (4) de preparações para cada tratamento (Umidade relativa e tempo de permanência no respectivo frasco) foi mantido no escuro à mesma temperatura. Para o controle, folhas recém-colhidas foram submetidas às idênticas condições experimentais, tanto no claro como no escuro. Mudanças na cor do indicador cresol foram observadas de 30 em 30 minutos durante 2 horas e comparadas com uma bateria colorimétrica padrão de cresol em solução tamponada, de pH conhecido (Steubing, 1965). Ao término da

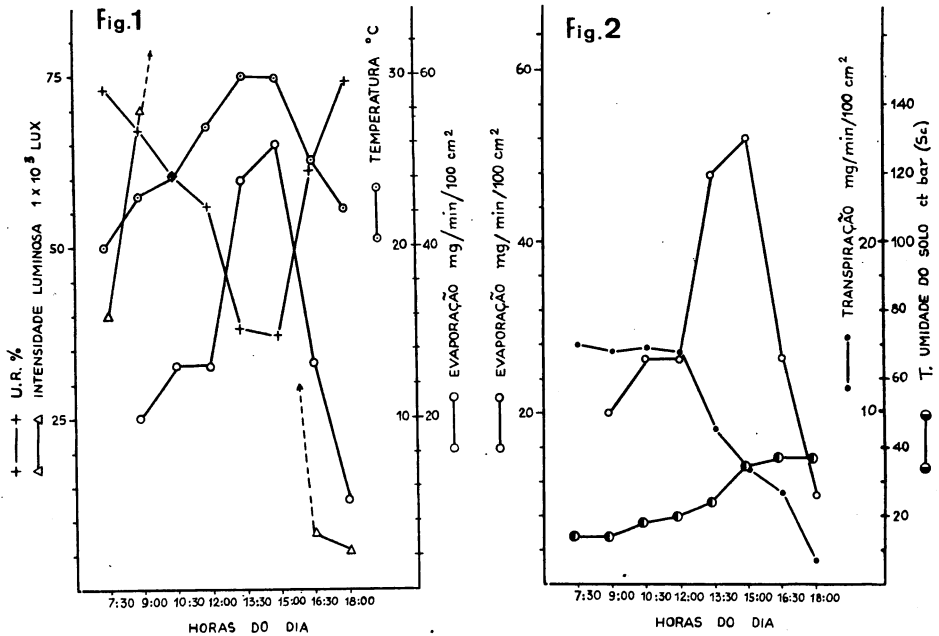


Fig. 1 - Condições do ambiente físico observadas durante o estudo do balanço hídrico da *Xerophyta plicata* Spreng. (novembro de 1974). **Fig. 2** - Curvas do andamento diário da evaporação, tensão da umidade do solo (SC) e da transpiração de *X. plicata* Spreng. (novembro de 1974).

Fig. 1 - Daily trend of microenvironmental conditions during the water balance study of *Xerophyta plicata* Spreng. (november, 1974). *Fig. 2* - Daily trend of transpiration of *X. plicata*, evaporation and tension of soil humidity (SC) (november, 1974).

experiência, as folhas eram secas na estufa a 80°C durante \pm 48 horas para a determinação do peso seco constante.

Determinação do deficit de saturação das folhas - Como um subsídio ao conhecimento do estado hídrico das folhas colhidas para os experimentos acima, foi determinado, na mesma ocasião, o deficit de saturação nestes órgãos recém-colhidos, segundo a fórmula de Stocker (1929).

RESULTADOS

Balanço hídrico e comportamento estomático - As condições do ambiente físico observadas durante a realização do experimento, na estação chuvosa, estão expostas na figura 1. Neste dia, a intensidade luminosa entre 10 e 16 horas foi superior a 100.000 Lux, estando acima da capacidade do fotômetro utilizado. No entanto, a curva do andamento

diário da temperatura do ar com os valores mais altos em torno de 14 horas (30°C), indica que, possivelmente, a intensidade máxima tenha se verificado em torno de 12 horas. A U.R. mais baixa anotada foi 36% e a evaporação mais alta de 52 mg/min/100 cm², em torno de 14 - 15 horas. A tensão da umidade do solo (Sc) que indica a disponibilidade de água no solo, atingiu cerca de 40 ctbar após às 15 horas (Figura 2).

As informações acima tornam compreensível o comportamento da planta observado na curva do andamento diário da transpiração (Figura 2). Com o aumento do poder evaporante da atmosfera e diminuição, embora pouco pronunciada, do potencial hídrico do solo, a planta, com sistema radicular superficial, passou a restringir a perda d'água após as 12 horas.

A figura 3, cujas curvas foram obtidas no decorrer do experimento efetuado na estação seca, sem nenhuma precipitação durante os 15 dias que o precederam, mostra que as condições do ambiente aéreo foram menos rigorosas que na estação chuvosa, embora a tensão de umidade do solo tenha atingido valores superiores a 70 - 80 ctbar (Figura 4). Nesta época, caracterizada pela baixa temperatura matinal, a umidade relativa é bastante alta no início do dia, diminuindo no decorrer do dia (48% em torno de 15 horas). A alta umidade relativa matinal ameniza de certa forma os rigores do baixo potencial hídrico do solo, pouco profundo e pedregoso, nesta época do ano em que a precipitação é reduzida.

A curva do andamento diário da transpiração (Figura 4) mostra que a planta reduziu a perda d'água após as 11 horas, acentuando o processo nas horas seguintes até o fim do dia, justamente no período de maior evaporação.

Embora as curvas do andamento diário da transpiração sejam semelhantes nas duas épocas, certamente houve nesta, um agravamento no balanço hídrico da planta, demonstrado pela transpiração relativa da ordem de 34% e 15% respectivamente. Além disso, folhas mais velhas se tornaram "pregueadas" pela perda de turgor das células bulbiformes e com cloração amarelo-acinzentada na própria planta, sem no entanto sofrer abscisão posterior.

As curvas da figura 5a, b, dizem respeito à eficiência do controle estomático da transpiração e refletem o comportamento já verificado na curva do andamento diário da transpiração. De modo geral, uma redução da ordem de 50% foi atingida em torno de 15 minutos, o que indica razoável eficiência da regulação estomática (Ferri, 1955; Meguro, 1963), embora o fechamento tenha se verificado após 30 - 35 minutos. A curva obtida no início da manhã reflete as boas condições hídricas da folha destacada para a pesagem, assim como dos fatores do ambiente físico. A curva obtida no fim do dia, ao contrário, mostra os efeitos do *stress* hídrico.

Nas curvas apresentadas na figura 6a, b, referentes às medidas efetuadas na estação seca, observam-se os efeitos do alto grau de saturação da atmosfera (94%) nos valores de transpiração obtidos no início da manhã. Por volta de 11 - 12 horas, foi possível a obtenção de uma curva de fechamento, mas ainda com os valores indiciais de perda d'água bastante baixos. No período da tarde, as folhas apresentavam os estômatos semi-cerrados.

Ponto de compensação luminosa (Pc) - Nas determinações efetuadas às 9, 12 e 15 horas, foi verificado que o ponto de compensação luminosa da espécie estudada se situa em torno de 1.100 - 1.200 Lux, a 25°C. A espécie em questão apresenta característica de planta de sol (Lieth, 1960; Walter, 1960). Esta determinação permitiu estabelecer a intensidade luminosa adequada para a realização dos demais experimentos em que este fator foi considerado.

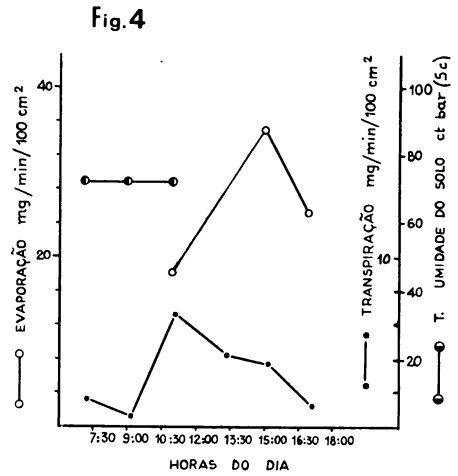
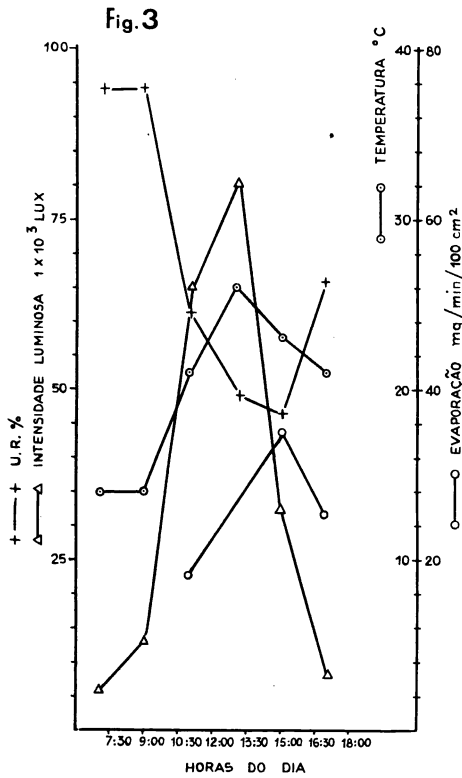


Fig. 3 - Condições do ambiente físico observadas durante o estudo do balanço hídrico da *X. plicata* Spreng. (julho de 1975). Fig. 4 - Curvas do andamento diário da evaporação, tensão da umidade do solo (SC) e da transpiração de *X. plicata* Spreng. (julho de 1975).

Fig. 3 - Daily trend of microenvironmental conditions during the water balance study of *X. plicata* (July, 1975). Fig. 4 - Daily trend of transpiration of *X. plicata*, evaporation and tension of soil humidity (SC) (July, 1975).

Efeito do dessecamento induzido em folhas destacadas da planta - Cessado o suprimento hídrico após o corte, as folhas colocadas em câmaras com diferentes graus de umidade relativa, apresentaram estreitamente pronunciado do limbo, cujas pregas paralelas à nervura central se tornaram cada vez mais acentuadas e fechadas, pela perda de turgor das células buliformes e dessecamento posterior de todo o órgão. Apenas as folhas colocadas em frascos com U.R. - 100%, permaneceram com aspecto normal, bem distendidas e verdes, nos primeiros 10 dias de tratamento. Nesta U.R., as folhas não puderam ser mantidas mais que 20 dias, tornando-se necrosadas e atacadas por fungos. Possivelmente, a alta U.R., se de um lado, permitiu o andamento dos processos metabólicos nos primeiros dias, tornou, por outro lado, insustentável a sua continuidade no decorrer dos dias, em se tratando de órgãos destacados, sem a possibilidade de integração metabólica com as demais partes da planta e, além do mais em ambiente confinado. Nos demais frascos, as folhas ressecadas tomaram coloração amarelo-acinzentada ou cinza-púrpura após 3 - 4 dias de tratamento.

A figura 7 mostra a variação do conteúdo de água em folhas assim tratadas, provenientes de plantas com bom suprimento hídrico. O deficit de saturação das folhas recém-coletadas era, de modo geral inferior a 3%.

O material mantido em frascos com U.R. 100% sofreu pequenas perdas de água, pouco além de 10% do conteúdo inicial ou 7% do estado de saturação, considerando-se o deficit acima verificado no início. À U.R. aproximada de 87%, as perdas nunca atingiram 90% do conteúdo inicial (ou em torno de 87% de saturação), estabilizando-se já aos 20 dias de tratamento. Nos demais tratamentos, os valores de perda foram superiores a 90% (ou em torno de 90% de saturação) aos 10 dias de tratamento, oscilando entre 90 - 97% no decorrer do tempo até 80 dias.

Re-hidratação das folhas submetidas ao dessecamento - Durante o processo de re-hidratação das folhas na câmara úmida com as bases mergulhadas em água, o limbo se distende a partir da base em direção ao ápice, só não o atingindo nos tratamentos mais severos (U.R. 1 - 0%) ou prolongados (80 dias). Nestes casos, 2 a 3 cm apicais não retornam ao estado de turgidez.

As folhas tratadas durante 10 e 20 dias, apresentaram, após permanência na câmara úmida, conteúdo de água superior ao inicial (peso fresco); folhas tratadas durante 40 dias, entre 90 - 100% do conteúdo inicial na maioria dos casos, e aquelas mantidas durante 80 dias sob *stress* hídrico, entre 70 - 80%, mesmo após 96 horas na câmara úmida.

Um dos aspectos que chama a atenção durante a re-hidratação é o reaparecimento da coloração verde nas folhas. De início totalmente amarelas, começam a se tornar verdes nas primeiras 24 horas, com uma rápida progressão nas horas seguintes, embora não atingindo a tonalidade verde-escura dos órgãos normais, mesmo depois de 96 horas.

Avaliação da aparente capacidade de troca de CO₂ nas folhas tratadas e re-hidratadas - Se as folhas submetidas ao dessecamento, com perda superior a 90% do conteúdo inicial de água, se expandiram e readquiriram a cor verde quando colocadas em câmara úmida, torna-se óbvio que os tecidos apresentam alta capacidade de tolerância a *stress* hídrico. Esta experiência procura verificar até que ponto, as 2 funções básicas, fotossíntese e respiração, são afetadas pelo dessecamento e ulterior re-hidratação.

A figura 8a, referente ao tratamento de 10 dias, apresenta a variação do pH do reagente contendo indicador cresol, como consequência da maior ou menor assimilação de CO₂ pelas folhas expostas à iluminação durante 30, 60 e 120 minutos. No início, as folhas cujas perdas de água foram menores durante o dessecamento, apresentaram maior atividade, acompanhando de perto a folha controle, recém-destacada da planta. No fim de 2 horas, no entanto, todas as folhas, com excessão daquelas mantidas no frasco com U.R. ~ 0%, apresentaram balanço positivo de assimilação de CO₂.

O efeito do dessecamento com duração de 20 dias (Figura 8b) foi semelhante, pois, todos os lotes de folhas menos aquele referente ao tratamento com U.R. ~ 0%, apresentaram assimilação positiva. No último caso, as folhas se mantiveram em estado de aparente equilíbrio.

As folhas tratadas durante 40 dias (Figura 8c), mostraram comportamento bastante uniforme, todas com assimilação positiva, com excessão daquelas mantidas a 100%.

Já no tratamento com 80 dias (Figura 8d), o fator tempo parece ter exercido papel decisivo, tanto no processo de dessecamento como no de re-hidratação. Apenas as folhas mantidas à U.R. de 56% apresentaram assimilação positiva.

A liberação do CO₂ em folhas tratadas e submetidas ao mesmo tipo de experi-

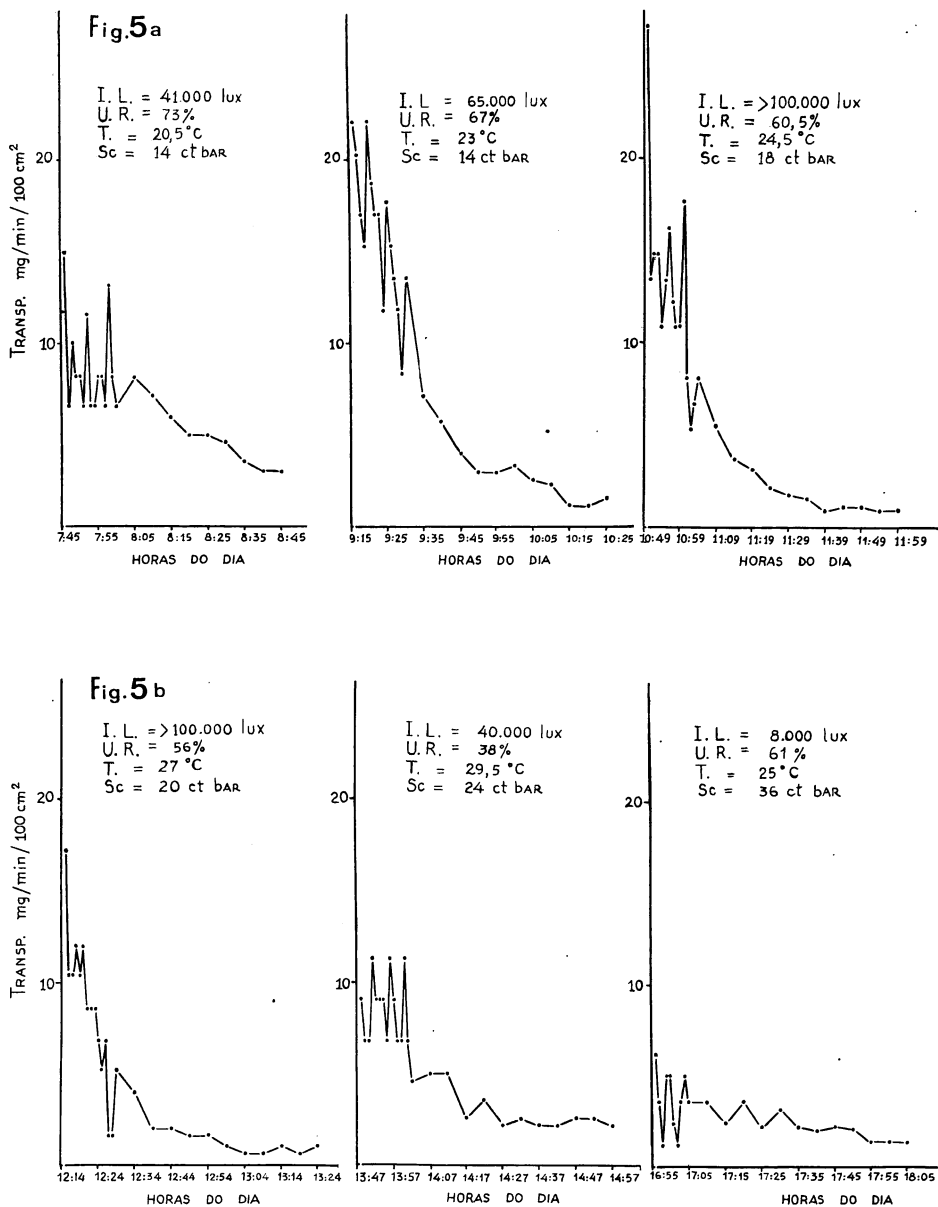


Fig. 5a, b – Curvas do fechamento hidroativo dos estômatos de *X. plicata* (novembro de 1974).
Fig. 5a, b – Curves of hydroactive closure of stomates of *X. plicata* (november, 1974).

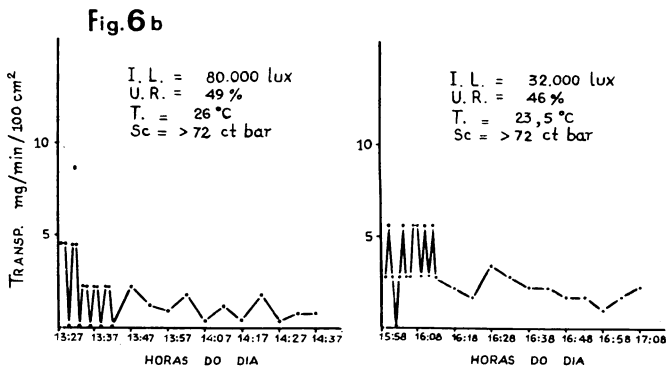
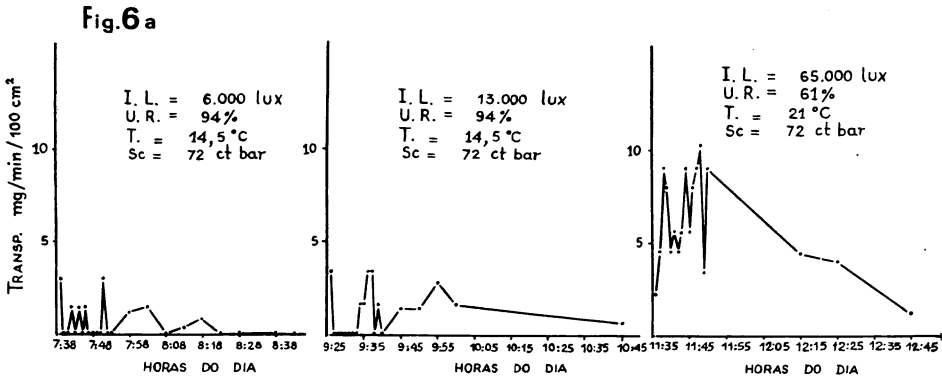


Fig. 6a, b – Curvas do fechamento hidroativo dos estômatos de *X. plicata* (julho de 1975).

Fig. 6a, b – Curves of hydroactive closure of stomates of *X. plicata* (july, 1975).

mento, porém no escuro, revelou-se aparentemente inferior ao controle no início (60 minutos), sendo convergente após 120 minutos em todos os lotes (Figura 9a, b, c).

Em folhas recém-retiradas dos frascos de dessecação e não submetidas à re-hidratação, não foi possível detectar, através da metodologia empregada, qualquer troca aparente de CO₂, a não ser naquelas provenientes de frascos com U.R. 100%. Neste caso, apenas no período mais curto de tratamento: 10 dias, em que a perda de água não ultrapassou 11 - 12%.

Quanto aos valores do peso seco obtidos após o experimento (Tabela 1), não apresentaram variação significativa com a duração do tratamento, principalmente em relação a 10 e 20 dias. No entanto, os valores inferiores obtidos em folhas tratadas durante 80 dias, podem ser atribuídos ao tempo prolongado de permanência na câmara úmida para o reaparecimento da coloração verde, durante o qual, a atividade respiratória teria prevalecido sobre a fotossíntese, assim como de outros possíveis danos sofridos durante o dessecação e re-hidratação.

DISCUSSÃO

Xerophyta plicata Spreng. apresenta uma grande capacidade de resistir a *stress* hídrico, o que lhe permite ocupar um habitat xérico, um substrato rochoso sujeito a severo déficit de água. Essa resistência se refere não somente à capacidade de manter o potencial hídrico interno superior ao do meio (evitação da desidratação) como a maioria das plantas superiores, mas também, suportar, em condições extremas, um alto grau de dessecação protoplasmática (tolerância à desidratação), comportamento mais comum entre as plantas inferiores.

A análise do andamento diário da transpiração demonstrou que a espécie possui razoável regulação estomática, pois, a uma tensão de umidade de solo da ordem de 40 - 70 ctbar associada à U.R. atmosférica de 30 - 40%, já apresentou restrição na perda d'água. Portanto, em condições de déficit hídrico moderado, comporta-se como homeoídrica típica, economizadora de água.

Durante os estudos do grau de tolerância do tecido da folha adulta, realizados em condições de laboratório, eliminando-se artificialmente a participação da raiz e do caule na eventual manutenção do potencial hídrico das células, foi verificado que os órgãos tratados atingiram déficits de até 90 - 97% do conteúdo inicial de água, tornando-se aparentemente secos e quiescentes.

Deve-se salientar que as mudanças no aspecto observadas durante o tratamento das folhas cortadas, concordam inteiramente com aquelas descritas por Owoseye e Sanford (1972) em folhas de plantas envazadas de *Vellozia schnitzleinia* var. *occidentalis*, submetidas ao déficit hídrico. A coloração cinza-púrpura observada nas folhas desseçadas foi atribuída à formação de antocianina, fenômeno já citado em plantas submetidas a déficit hídrico por diversos autores (Onslow, 1916 in Owoseye e Sanford, 1972) e relacionado com o conteúdo dos açúcares (Iljin, 1929; Vassiliev e Vassiliev, 1936; Levitt, 1972). Aqueles autores descreveram o aparecimento do pigmento nas células que circundam os feixes vasculares, o qual desaparece rapidamente com a re-hidratação. Owoseye e Sanford descreveram ainda, a destruição dos cloroplastos nos tecidos do mesófilo, nas preparações antômicas feitas após 24 horas de dessecação, o qual progredia até 4 - 5 dias. Sua recuperação foi perceptível já no primeiro dia de re-hidratação.

O restabelecimento da atividade respiratória, perceptível logo após a colocação das folhas tratadas na câmara úmida, e da assimilação positiva de CO₂ após a recupera-

ção da cor verde na maioria dos órgãos mantidos em U.R. de 100 a 0% durante 10, 20 e 40 dias, mostra que o grau de tolerância é bastante alto para o tecido de um órgão diferenciado e maduro. No tratamento mais prolongado de 80 dias, o efeito do fator tempo se associa ao deficit hídrico pronunciado e apenas as folhas mantidas em U.R. de 56% recobram a capacidade de assimilação positiva. Este fato, observado repetidas vezes durante a realização dos experimentos, é interessante, pois, a U.R. em torno de 56% e não a mais elevada, parece ser a mais favorável à manutenção da integridade das folhas no estado quiescente. Umidades relativas mais altas podem ser prejudiciais, uma vez que, permitiriam manter nos tecidos, determinadas funções metabólicas ativas por mais tempo, em detrimento de outras, causando desequilíbrios bioquímicos, os quais seriam agravados por fator tempo tanto no período prolongado de desidratação, como durante a re-hidratação em que a recuperação das clorofilas é mais demorada. Umidades relativas mais baixas, por outro lado, imporiam um ritmo de desidratação muito rápida, o que traria as mesmas consequências finais.

Desse modo, a pressão de vapor ambiente influiria na recuperação, através da velocidade com que impõe o processo do abaixamento do potencial interno até o ponto de equilíbrio, e da manutenção do estado quiescente que não cause injúria irreversível.

A grande maioria das plantas superiores não resiste quando colocada em equilíbrio com U.R. inferior a 97 - 92% e excepcionalmente a 88 - 85% (Iljin, 1930, *in* Levitt, 1972). Levitt e colaboradores (1960, *in* Levitt, 1972) verificaram o tempo de sobrevivência (tempo letal para 50%) para 7 espécies, expondo seus ramos à corrente

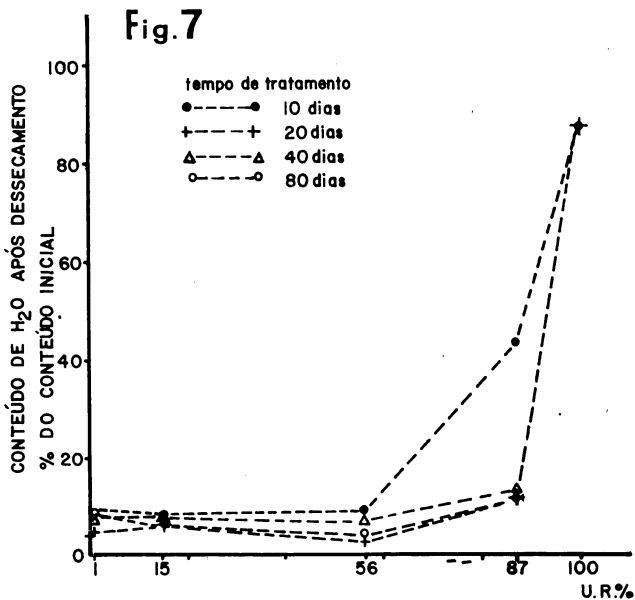


Fig. 7 - Variação do conteúdo de água em folhas de *X. plicata* submetidas ao dessecamento em câmaras de U.R. controlada, durante 10, 20, 40 e 80 dias.

Fig. 7 - Variation of water content in the leaves of *X. plicata* submitted to desiccation in R.H. controlled chambers during 10, 20, 40 and 80 days.

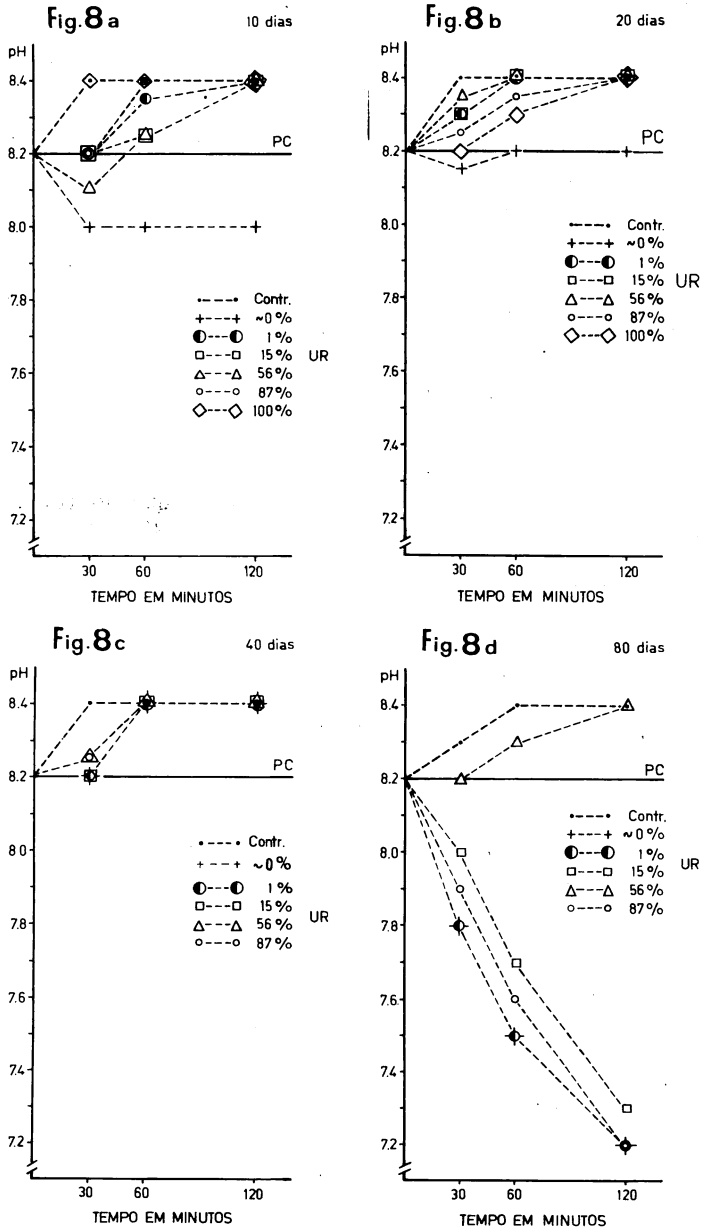


Fig. 8a, b, c, d – Avaliação da capacidade aparente de assimilação de CO_2 em folhas de *X. plicata* submetidas ao dessecamento em câmaras de U.R. controladas, durante 10, 20, 40 e 80 dias e re-hidratadas.

Fig. 8a, b, c, d – Apparent capacity of CO_2 assimilation of the leaves of *X. plicata* submitted to desiccation in R.H. controlled chambers during 10, 20, 40 and 80 days and rehydrated.

TABELA 1 – Peso seco das folhas submetidas ao dessecamento e re-hidratação

Tratamento	Peso seco em % do peso fresco				
	0 (dias)	10 dias	20 dias	40 dias	80 dias
U.R. %					
Controle	40,03				
100		40,80	42,03	—	—
87		42,64	44,38	42,85	33,69
56		36,70	39,74	37,21	36,05
15		41,29	41,08	37,95	33,00
1		47,60	44,30	38,18	33,23
- 0		47,36	44,70	43,86	34,94

de ar com 15% de U.R. a 30°C. Destas, apenas uma, a *Setcreasea stricta* resistiu 32 dias. Das outras, *Oxalis* sp. sobreviveu por 5 - 6 horas; *Lycopersicum esculentum* por 11 horas; *Mentha* sp. por 23 horas; *Hordeum vulgare* por 24 horas; *Helianthus annuus* por 31 - 34 horas; *Brassica oleracea* por 48 - 53 horas. No entanto, todas as espécies de *Xerophyta* estudadas por Gaff (1971), sobreviveram à U.R. aproximada de 0%, quando colocadas em câmaras de U.R. controlada, tendo levado para atingir o estado de equilíbrio, de 4 - 8 semanas. O mesmo autor fez ainda, observações sobre 4 espécies de gramíneas, *Oropetium capense*, *Sporobolus stapfianus*, *Eragrostis denudata* e *Microchloa caffra*, as quais resistiram à desidratação, em condições de laboratório, à U.R. de aproximadamente 30 - 40%. De modo geral, as folhas de plantas coletadas em condições de stress hídrico no campo, quando postas para equilibrar em câmaras de U.R. diversa, mostravam um potencial hídrico correspondente a U.R. de 30 - 40%. É possível que, também a *Xerophyta plicata* apresente este nível de potencial em condições naturais, uma vez que, em condições de laboratório, apresentou melhor desempenho em torno de 56% (não foram feitas as experiências com U.R. 30 - 40%).

Dois casos de tolerância ao dessecamento podem ainda ser lembrados: primeiro, de uma gramínea, *Bouteloua gracilis* que pode perder até 98,3% de água livre, sem apresentar injúria (Whitman, 1941); segundo, o de uma ciperácea rupícola africana, *Afrotrilepis pilosa*, a qual tolera perdas superiores a 86% do conteúdo total de água da folha e, em 24 horas de re-hidratação (planta intacta), readquire a flexibilidade e a clorofila (Hamblen, 1961; 1964). A maioria das espécies rupícolas apresenta valores de deficit crítico (50% de morte do tecido) em torno de 70 - 90% (veja Arvidsonk 1951, *in* Levitt, 1972). As folhas de *Xerophyta plicata*, destacadas da planta, sobreviveram ao deficit da ordem de 90%, mesmo em câmara de U.R. = 0% (40 dias).

No ambiente xérico dos campos rupestres, as espécies do gênero *Xerophyta*, tanto africanas como a brasileira, apresentam adaptações altamente vantajosas, uma vez que, mesmo em períodos prolongados de seca, não sofrem caducidade foliar, havendo recuperação imediata destes órgãos aparentemente secos após as primeiras chuvas. Tal fato, como lembram Owoseye e Sanford (1972), possibilita menor gasto do material estrutural que nas caducifólias, mormente num habitat onde as disponibilidades nutricionais podem ser baixas, aliadas à pequena capacidade de armazenamento de água do substrato rochoso. Além disso, apresentam vantagem competitiva no tempo de recuperação metabólica e processo de crescimento, pois, não precisa formar novas estruturas funcionais a partir de células meristemáticas. Quando as condições ambientais forem favoráveis, as plantas se mantêm verdes e em crescimento na maior parte do ano, como pode ser observado em espécimes cultivados em jardins, com bom suprimento de água.

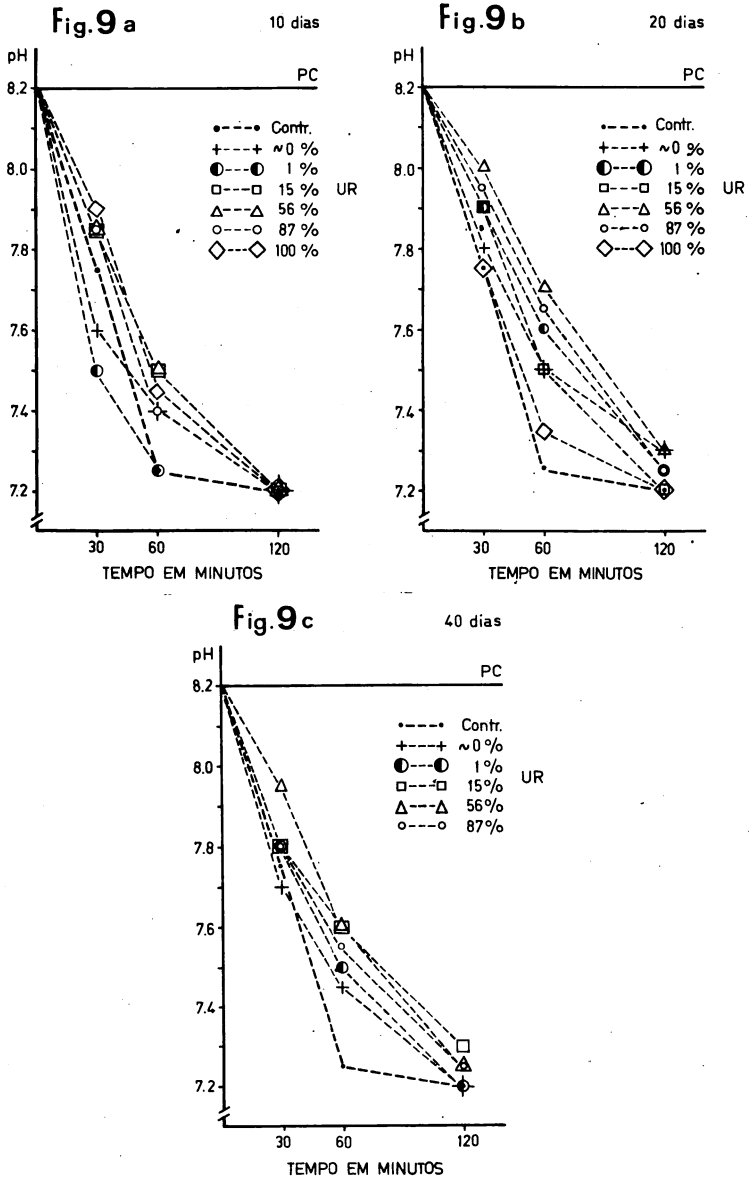


Fig. 9a, b, c – Avaliação da atividade respiratória em folhas de *X. plicata* submetidas ao dessecamento durante 10, 20 e 40 dias em câmara de U.R. controlada e re-hidratadas.

Fig. 9a, b, c – Apparent capacity of CO_2 liberation in the leaves of *X. plicata* submitted to desiccation in R.H. controlled chamber during 10, 20 and 40 days and rehydrated.

Agradecimentos - Agradecimentos à Dra. Nanuza Luiza de Menezes que nos cedeu o material botânico necessário para as experiências e ao Dr. Walter Handro pelo uso de câmara de condições controladas do Laboratório de Cultura de Tecidos de Plantas (FAPESP 77/1010 e 73/1207).

REFERÊNCIAS.

- DIOGO, J.C. 1926 - As folhas das Vellozias e seu aparelho regulador da transpiração. Arch. Mus. Nac. Rio de Janeiro, 28: 15-41.
- DUISBERG, P.C. 1952 - Some relationships between xerophytism and the content of resin, nor-dihydroguaiaretic acid and protein of *Larrea divaricata* Cav. Plant Physiol. 27: 769-777.
- FERRI, M.G. 1955 - Contribuição ao conhecimento da Ecologia do Cerrado e da Caatinga. Bolm. Fac. Filos. Ciênc. Univ. S. Paulo, n.º 195, Bot. 12: 1-70.
- FERRI, M.G. 1963 - Evolução do conceito do xerofitismo. Bolm. Fac. Filos. Ciênc. Univ. S. Paulo, n.º 267, Bot. 19: 101-113.
- GAFF, D.F. 1971 - Desiccation tolerant flowering plants in Southern Africa. Science, 174: 1033-1034.
- HAMBLER, D.J. 1961 - A poikilohydrous, poikilochlorophyllous angiosperm from Africa. Nature (London), 191: 1415-1416.
- HAMBLER, D.J. 1964 - The vegetation of granitic outcrops in Western Nigeria. J. Ecol. 52: 573-594
- HOFLER, K. 1942 - Uberg die Austrocknungsfähigkeit der Protoplasmas. Ber. dt. Bot. Ge. 60: 94-107.
- ILJIN, W.S. 1929 - Standortsfeuchtigkeit und der Zukergehalt in den Pflanzen. Planta, 7: 59-71.
- KILLIAN, C. & LEMMÉE, G. 1956 - Les xérophytes: leur économie d'eau. in: Ruhland, W. (ed.) - Encyclopedia of Plant Physiology. 3: 785-825. Springer-Verlag, Berlin.
- LEVITT, J. 1972 - Responses of plants to environmental stresses. Academic Press, New York, London.
- LIETH, H. 1958 - Grenzen und Anwendungsmöglichkeiten der kolorimetrischen CO₂ - Bestimmung. Planta, 51: 705-721.
- LIETH, H. 1960 - Über den Lichtkompensationspunkt der Landpflanzen. I Mitt. Planta, 54: II Mitt. Planta, 54: 555.
- MAXIMOV, N.A. 1929 - The plant in relation to water. Trad. R. Yapp, London.
- MAXIMOV, N.A. 1931 - The physiological significance of the xeromorphic structure of plants. J. Ecol. 19: 1-100.
- MEGURO, M. 1963 - Economia d'água de cana de açúcar. Bolm. Fac. Filos. Ciênc. Univ. S. Paulo. n.º 267, Bot. 19: 1-100.
- MENEZES, N.L. 1970 - Aspectos anatômicos e a taxonomia da família Velloziaceae. Tese, Depto. de Botânica, Instituto de Biociências, Univ. S. Paulo.
- MENEZES, N.L. 1971a - Traqueídes de transfusão no gênero *Vellozia*. Ciênc. Cult. 23: 389-409.
- MENEZES, N.L. 1971b - New taxa and new combinations in Velloziaceae. Ciênc. Cult. 23: 421-422.
- OWOSEYE, J.A. & SANFORD, W.W. 1972 - An ecological study of *Vellozia schnitzleinia*, a drought-enduring plant of Northern Nigeria. J. Ecol. 60: 807-817.
- SCHIMPER, A.F.W. 1935 - Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlagen (Rev. von Faber) Gustav Fischer, Jena.
- STEBING, L. 1965 - Pflanzenökologisches Praktikum. Verlag Paul Parey, Berlin.
- STOCKER, O. 1929 - Das Wasserdefizit von Gefasspflanzen in verschiedenen Klimzonen. Planta, 7: 382-387.
- STOCKER, O. 1947 - Problem der Pflanzlichen Dürresistenz. Naturwiss. 34: 362-371.
- STOCKER, O. 1956a - Die Dürresistenz. in: Ruhland, W. (ed.) - Encyclopedia of Plant Physiology, 3: 696-741. Springer Verlag, Berlin.
- STOCKER O. 1956b - Messmethodem der Transpiration. in: Ruhland, W. (ed.) - Encyclopedia of Plant Physiology, 3: 293-311 Srpinger Verlag, Berlin.

- VASSILIEV, I.M. & VASSILIEV, M.G. 1936 - Changes in carbohydrate content of wheat plants during the process of hardening for drought resistance. *Plant Physiol.* 11: 115-125.
- WALTER, H. 1955 - The water economy and the hydrature of plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 6: 239-252.
- WALTER, H. 1960 - Grundlagen der Pflanzenverbreitung. I Teil: Standortlehre. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart.
- WHITMAN, W.C. 1941 - Seasonal changes in bound water content of some prairie grasses. *Bot. Faz.* 103: 38-63.