

VARIAÇÃO DO POTENCIAL DA ÁGUA DA FOLHA COM O DESENVOLVIMENTO DA PLANTA DE BATATINHA (*Solanum tuberosum* L. cv. "Bintje") *

E. J. SCALOPI **

E. C. FERRAZ ***

RESUMO

A manutenção de um balanço hídrico favorável à planta é uma condição reconhecidamente necessária para assegurar a seqüência das reações metabólicas que se desenvolvem nas células vegetais. Os déficits de água¹ nas plantas poderiam ser quantitativamente avaliados a partir de determinações do teor ou do estado de energia da água dos tecidos. Neste trabalho, o potencial osmótico das hastes e folhas, o potencial da água da folha e as relações entre este e o teor relativo de água da folha foram determinados em plantas de batata (*Solanum tuberosum* L.) adequadamente supridas com água do solo, em condições de campo.

Os resultados revelaram que os potenciais determinados variaram durante o ciclo fenológico. Assim, o potencial da água da folha foi sendo reduzido com o desenvolvimento das plantas. Após o completo desenvolvimento vegetativo, não foi possível identificar qualquer tendência definida, crescente ou decrescente. Esta variação modificou as relações entre o potencial e o teor relativo de água da folha, de tal maneira, que o potencial associado a um determinado teor relativo de água, foi sendo reduzido a medida que as plantas se desenvolveram. A par destes resultados, pode-se concluir que o potencial da água da folha não parece ser um indicador seguro da existência de déficits fisiológicos de água na planta. O conhecimento do teor relativo de água, associado ao potencial, poderia contribuir decisivamente para fornecer uma avaliação mais precisa da condição da água nos tecidos vegetais.

INTRODUÇÃO

A determinação do teor, ou do estado de energia da água dos tecidos vegetais, pode fornecer uma avaliação quantitativa dos déficits de água na planta, embora BARRS (1968) admita que ambos sejam necessários para a completa caracterização. O potencial da água é considerado, atual-

* Entregue para publicação em 26/12/1974.

** Deptº de Engº Rural — Fac. Cienc. Méd. e Biol. de Botucatu, S. P.

*** Deptº de Botânica — Esc. Sup. Agric. «Luiz de Queiroz», Piracicaba, S. P.

(1) O termo «deficit de água» está empregado neste trabalho, no sentido proposto por TAYLOR (1968) para indicar uma condição da água, no solo ou na planta, inferior a um valor ótimo.

mente, como o parâmetro mais significativo no estudo da água na planta e suas interrelações com o meio ambiente.

A determinação do potencial total, ou de qualquer componente, em períodos amplos o suficiente para incluir modificações significativas na idade fisiológica das plantas, tem revelado alguma variação na grandeza dos valores obtidos. Assim, os resultados de LUTMAN (1919) indicaram que o potencial osmótico das folhas, hastes e tubérculos de plantas de batata variou durante o ciclo fenológico. SLATYER (1967) refere-se ao aumento progressivo da concentração de solutos nas folhas de plantas de ciclo anual durante o seu desenvolvimento. Atingindo a senescência, porém, esta concentração é reduzida, devido a migração das substâncias solúveis para os órgãos de reserva, o que causa um aumento no valor do potencial osmótico. Este autor cita os resultados de HERRICK (1933) com folhas de *Ambrosia*, onde o potencial osmótico diminuiu gradativamente até o completo desenvolvimento da folha. Após isto, houve um aumento gradual por ocasião da senescência, ou então, pelo sombreamento causado pelo desenvolvimento de folhas em posição superiores no caule.

Segundo SLATYER (1967) o fluxo de água através do sistema solo-planta ocorre em resposta a um gradiente de potencial da água. A variação do potencial osmótico, considerado o principal componente do potencial da água da célula, durante o ciclo fenológico deveria modificar os gradientes de potencial desenvolvidos no sistema solo-planta, afetando, em consequência, o balanço interno de água na planta. Este balanço, por sua vez, está direta ou indiretamente relacionado a quase todos os processos fisiológicos que se manifestam nos vegetais (VAADIA et al., 1961; GATES, 1968; KRAMER, 1969). Os resultados encontrados por SLATYER (1957) parecem indicar que a porcentagem de murchamento permanente é melhor determinada pelas características osmóticas das plantas, que por qualquer característica do solo.

O presente trabalho teve por objetivo principal observar o comportamento do potencial osmótico e do potencial total da água da folha de plantas de batata (*Solanum tuberosum* L.) desenvolvidas em condições de campo e umidade adequada no solo. Paralelamente, foram estabelecidas as relações entre o teor relativo de água e o potencial da água da folha em dois estádios fenológicos.

MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos foram conduzidos na Estação Experimental de Botucatu, Estado de São Paulo, em um solo classificado como um Latosol Vermelho-Escuro fase arenosa, Série Experimental.

As plantas de batata (*Solanum tuberosum* L., varied. Bentje) foram desenvolvidas a partir de tubérculos-sementes certificados, adotando-se um espaçamento de 3,0 cm entre as plantas e 80 cm entre as linhas de plantio.

A adubação foi calculada à razão de 180-300-200 kg por hectare de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. O plantio efetuou-se em 30 de abril de 1973.

Procedia-se a irrigação em sulcos fechados e nivelados, sempre que o potencial matricial da água do solo atingia —0,5 bar, médio para 30 cm de profundidade, determinado através de tensiômetros.

O potencial da água da folha foi determinado pelo método de Sharda-kov (SHARDAKOV, 1948, citado por KNIPLING, 1967b) utilizando-se um polietileno glicol, comercialmente denominado Carbowax 1500, como substância osmótica. A determinação foi procedida antes do sol surgir (entre 6:00 e 7:00 horas) e as amostras retiradas de folíolos situados na 3.^a ou 4.^a folha, contadas a partir do ápice, empregando-se um vazador de aço inoxidável bem afiado, tendo 14 mm de diâmetro.

O teor relativo de água da folha foi determinado conforme metodologia proposta por BARRS e WEATHERLEY (1962). Alguns testes preliminares desenvolvidos não evidenciaram a existência de erro devido a injeção da água nas extremidades cortadas das amostras de folhas.

As amostras, tendo 14 mm de diâmetro, eram colocadas em contato com água destilada em um ambiente com 40-60 foot-candles de intensidade luminosa, considerado o ponto de compensação para a espécie (WERNER, 1954) por um período de 6 horas, suficientemente longo para garantir a completa recuperação da turgescência em qualquer nível hídrico anterior e, relativamente curto, para provocar mudanças significativas no peso seco das amostras (BARRS e WEATHERLEY, 1962).

A determinação do potencial osmótico das folhas e hastes, aos 24, 58 e 88 dias após o plantio, baseou-se no método crioscópico (BARRS, 1968) conforme procedimento adotado por CURRIER (1944) empregando-se um termômetro Beckmann com precisão de 0,01°C. O equipamento utilizado nesta determinação foi previamente calibrado com soluções de NaCl, tomando-se como referência os padrões encontrados em International Critical Tables, volume IV, pag. 258 (1928). As amostras para esta determinação foram retiradas ao amanhecer, antes da incidência de radiação solar direta sobre as plantas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Potencial osmótico da planta

O potencial osmótico das folhas e hastes apresentou uma variação de acordo com o período de determinação, conforme revela o Quadro 1.

Quadro 1. Potencial osmótico (bares) das hastes e folhas de plantas de batata em diferentes estádios fenológicos.

dias após o plantio	24	58	88
hastes	— 9,2	—10,4	— 8,4
folhas	— 8,2	— 5,5	— 7,8

Analogamente aos resultados obtidos por LUTMAN (1919) os valores reduzidos do potencial osmótico da parte aérea das plantas de batata, anotados na determinação efetuada após a emergência das plantas, podem ser atribuídos à elevada proporção de substâncias que o tubérculo-semente deve ter contribuído para as brotações. EDELMAN e SINGH (1966) observaram que a redução no teor de carboidratos dos tubérculos em brotação estava associada a um aumento dessas substâncias nos tecidos constituintes das brotações. Posteriormente (EDELMAN e SINGH, 1968) verificaram efeitos análogos em relação aos ácidos nucleicos e proteínas. Esses autores admitem que os ácidos nucleicos devem ser utilizados como substrato ao crescimento das brotações.

Por ocasião da segunda determinação, procedida quando as plantas estavam em franco desenvolvimento, o potencial osmótico das hastes mostrou-se inferior àquele apresentado anteriormente. Ao mesmo tempo, o potencial osmótico das folhas foi sensivelmente aumentado. Um comportamento análogo, porém muito mais pronunciado, foi observado em aveia e trigo (BINZ, 1939, citado por LEVITT, 1956) quando este potencial variou de, respectivamente, -63 e -76 atm nos estádios iniciais de desenvolvimento, para -32 e -40 atm, no período de emissão das espigas.

Uma redução no valor do potencial osmótico das folhas foi observada aos 88 dias após o plantio, quando as plantas apresentavam-se completamente desenvolvidas. Este fenômeno, provavelmente, deve estar associado à grande proporção de substâncias solúveis existentes nas folhas. Nesta oportunidade, o crescimento da parte aérea já estava paralizado. LUTMAN (1919) atribuiu esta redução à maior quantidade de sais inorgânicos existentes na folhas mais velhas em relação às mais novas. Nestas, o potencial osmótico era determinado principalmente por carboidratos solúveis.

A variação do potencial osmótico da planta como um todo, segundo SLATYER, 1963, segue um modelo no qual os valores relativamente elevados, encontrados nos estádios iniciais de desenvolvimento, vão sendo reduzidos até atingir um mínimo, por ocasião do máximo desenvolvimento da área foliar. A intensa migração dos materiais solúveis para os tecidos de reserva, que caracteriza a senescência das plantas, deveria resultar em um aumento no valor do potencial osmótico ao final do ciclo fenológico.

Mesmo revelando uma menor variação, o potencial osmótico das hastes foi sempre inferior ao das folhas, contrariando, em parte, os resultados de LUTMAN (1919). As variações reveladas pelo potencial osmótico das hastes, nos três períodos de determinação, parecem seguir um modelo inverso àquele apresentado pelas folhas, conforme pode ser verificado no Quadro 1.

A grande variação nas leituras refratométricas do suco celular de folhas de batata, constatada por NECAS, 1965, citado por EWING e FARKAS, 1969, pode estar relacionada às variações do potencial osmótico. LEVITT (1956) atribuiu ao potencial osmótico um papel importante na resistência da planta às condições adversas do meio ambiente. O aumento no valor deste potencial no período de transição entre as fases vegetativa e

reprodutiva parece estar relacionado à particular sensibilidade das plantas às condições desfavoráveis neste período. Baseado em inúmeros trabalhos, LEVITT (1956) concluiu que durante o rápido crescimento das plantas, a resistência ao frio é, geralmente, muito reduzida. Devido a semelhança de comportamento, esta conclusão pode ser extensiva aos efeitos de déficits hídricos. Neste estágio, o potencial osmótico das células, geralmente, é mais elevado. Conforme propôs HUBER, 1965, citado por KRAMER, 1969, a redução do potencial osmótico pode causar inúmeras conseqüências ao desenvolvimento das plantas.

Potencial da água da folha

Os valores assumidos pelo potencial da água da folha estão graficamente representados na Figura 1.

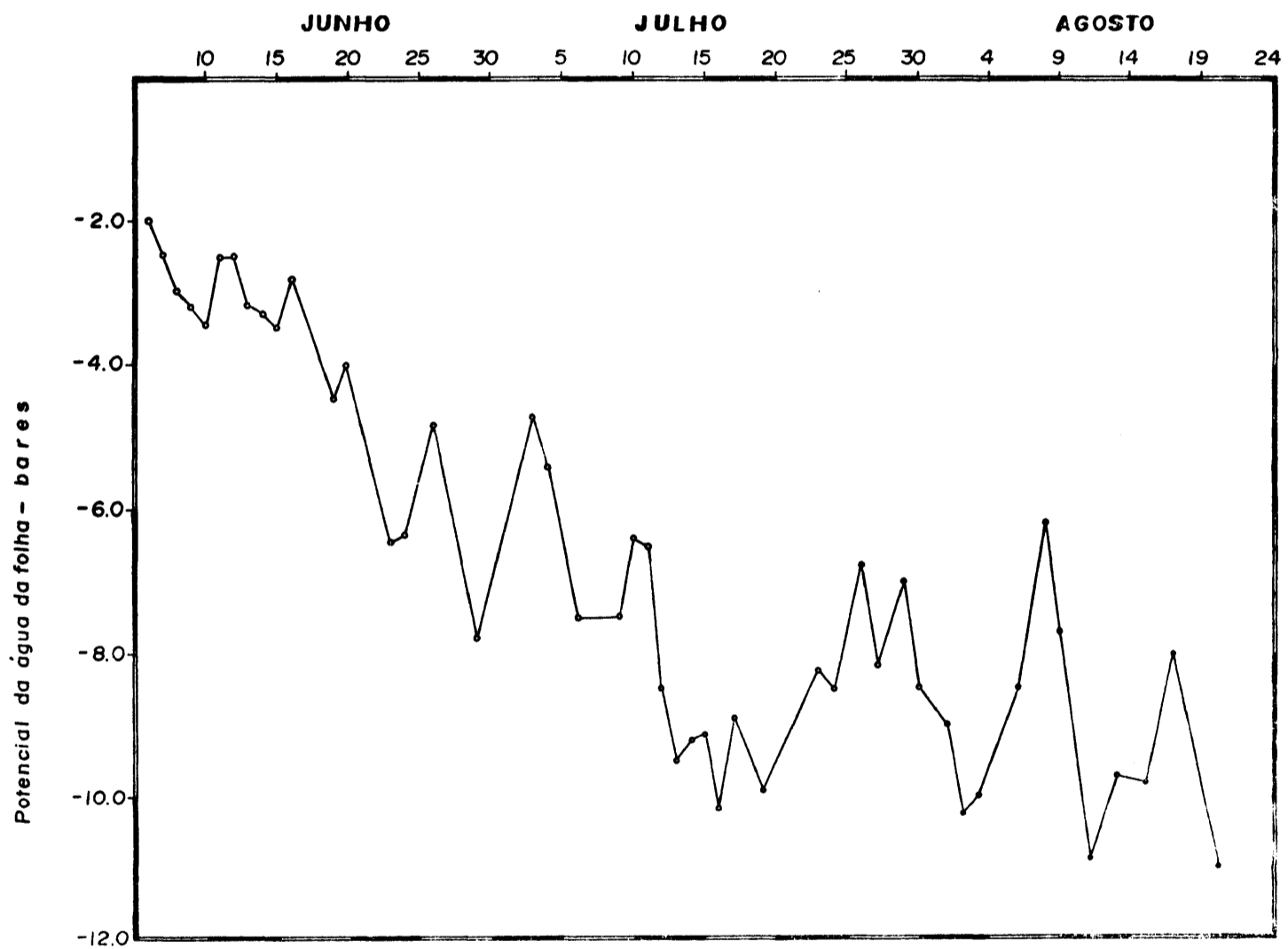


FIG. 1 - Valores assumidos pelo potencial da água da folha em diferentes estádios fenológicos das plantas

Segundo SLATYER (1963) o nível básico do potencial da água da planta é determinado pelas condições ambientais, constituição genética, idade e forma da planta e, pelo potencial da água na zona radicular. A este nível básico são acrescentadas as reduções devido ao atraso da absorção de água em relação às perdas, dependentes, em grande parte, do conjunto de fatores meteorológicos que determinam a intensidade de transpiração. Baseado nisto, pode-se considerar que a grandeza do potencial depende de dois grupos de fatores bem característicos, cujos efeitos podem ser avaliados separadamente, de acordo com o horário de determinação. Assim, as determinações desenvolvidas ao amanhecer, na ausência de radiação solar direta, deveriam representar o nível básico referido por SLATYER (1963).

Os valores assumidos pelo potencial de água da folha sugerem que o mesmo foi se reduzindo a medida que as plantas se desenvolveram. Esta redução, inicialmente pouco evidenciada, intensificou-se gradativamente até o completo desenvolvimento vegetativo, quando então não é possível observar qualquer tendência definida, crescente ou decrescente. HSIAO (1973) advertiu que, embora o potencial da água tenha recebido uma grande aceitação pelos pesquisadores durante a segunda metade da década passada, como uma medida fundamental do estado da água na planta, os valores obtidos não devem merecer uma confiança absoluta como indicadores de déficits fisiológicos. As adaptações evolutivas e fisiológicas ao ambiente poderiam influenciar acentuadamente o nível do potencial no qual os déficits hídricos se estabelecem.

O reduzido número de trabalhos referentes às determinações do potencial da água da folha em períodos amplos o suficiente para incluir modificações significativas na idade fisiológica da planta, parecem mostrar uma tendência semelhante (KNIPLING, 1967a; CLARK e HILER, 1973). O potencial osmótico, considerado o principal componente do potencial da água da folha, parece desempenhar um papel importante na manifestação deste comportamento. Os dados do Quadro 1 revelam uma redução no valor do potencial osmótico das folhas entre as duas últimas determinações, que são os períodos incluídos no intervalo de determinação do potencial da água. KNIPLING (1967a) encontrou também, variações na estrutura interna das folhas de *Cornus florida* L. associadas ao desenvolvimento foliar.

Conforme pode ser observado, o potencial da água da folha nunca excedeu o valor máximo de $-2,0$ bares, mesmo quando o potencial matricial da água do solo assumia valores próximos à zero. Este fato tem sido frequentemente relatado na literatura (GARDNER e EHLIG, 1963; GARDNER e NIEMAN, 1964; BOYER, 1968; HOFFMAN e SPLINTER, 1968; RAWLINS et al., 1968; SHINN e LEMON, 1968; JORDAN, 1970; RAWITZ, 1970. BOYER (1968) admite que as folhas, aparentemente, apresentam uma turgescência máxima durante a expansão celular, a qual é determinada pela extensibilidade das paredes celulares. A razão da expansão celular não permite à pressão de turgescência equilibrar completamente as forças

osmóticas e matriciais das células. BOYER (1970) observou que os maiores valores de potencial em milho, soja e girassol estavam associados às rápidas razões de crescimento da folha. Este autor propôs que a entrada de água na célula provoca uma distensão da parte celular, de maneira que a pressão de turgescência não se eleva a um valor suficiente para proporcionar um potencial igual a zero. Consequentemente, haverá uma diferença de potencial da ordem de 1,5 a 2,5 bares, entre as células em desenvolvimento e o meio fornecedor de água na zona radicular. A existência deste gradiente indica que as células da folha exibem uma resistência à entrada de água durante o processo de crescimento.

Relações entre o teor relativo de água e o potencial da água da folha.

Estas relações, obtidas aos cerca de 35 e 70 dias após o plantio, estão representadas na Figura 2.

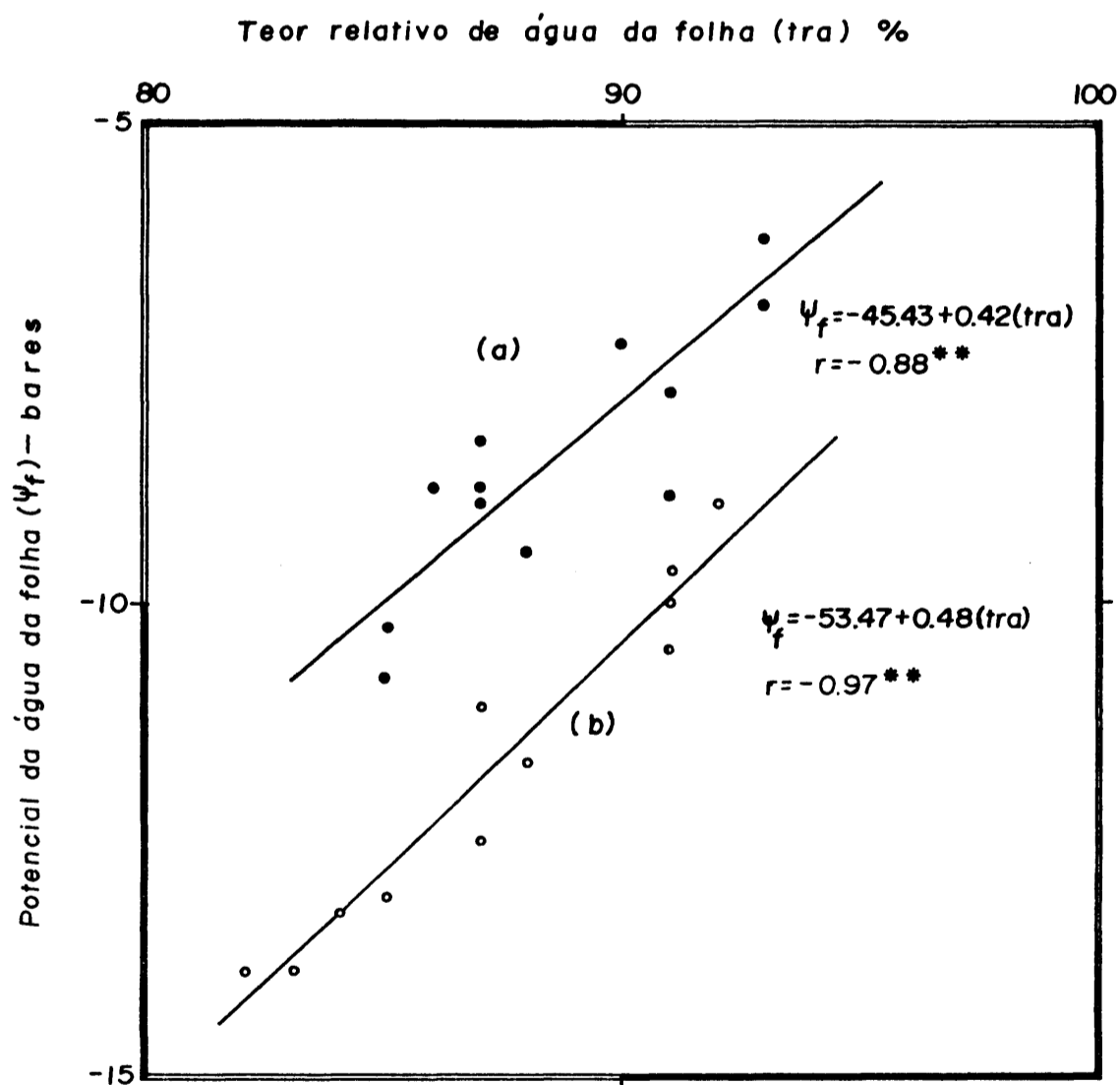


FIG.2 - Relações entre o teor relativo de água e o potencial da água da folha aos cerca de 35(a) e 70(b) dias após o plantio.

Conforme pode ser observado, existe uma tendência da reta se deslocar com o desenvolvimento das plantas, de tal maneira que, menores valores de potencial estarão associados a um determinado teor relativo de água da folha.

Considerando que estas relações foram obtidas em plantas adequadamente supridas com água e em condições atmosféricas relativamente comparáveis, parece provável que as causas desta variação estejam associadas às alterações nas propriedades das células. KNIPLING (1967a) constatou em plantas de *Cornus florida* L., que o envelhecimento da folha era acompanhado por um aumento do peso seco, diminuição da elasticidade das paredes celulares e redução do potencial osmótico. Assim a diminuição da elasticidade das paredes celulares com a idade pode contribuir para uma maior redução do potencial de pressão das células de uma folha velha que quando nova, a um mesmo teor relativo de água. Além disso, conforme anteriormente discutido, houve uma redução no valor do potencial osmótico das folhas no mesmo período em que se obtinham estas relações.

Os desvios observados em relação às regressões lineares apresentadas nos dois períodos de determinação podem ser atribuídos, em parte, aos erros experimentais, além da provável influência dos fatores meteorológicos. Estes, dificilmente, teriam se reproduzido com a mesma intensidade em todas as determinações. KNIPLING (1967a) observou que as relações entre o teor relativo de água e o potencial eram deslocados quando determinadas em folhas de *Cornus florida* L. de mesma idade mas, desenvolvendo-se em diferentes condições ambientais. Assim, em condições de elevada intensidade luminosa e baixa umidade relativa do ar atmosférico, o valor do potencial associado a um determinado teor de água foi reduzido, em relação àquele obtido em condições inversas. MILLAR et al. (1968) acentuaram que quando existe diferença entre a temperatura da folha no local de amostragem e a temperatura da água utilizada para a flutuação das amostras na determinação do teor relativo da água, os resultados podem ser muito diferentes, conduzindo a grandes erros.

A natureza linear das relações, no intervalo de variação anotado, tem sido reconhecida em outras espécies. COX e BOERSMA (1967) apresentaram uma relação grosseiramente linear em folhas de *Trifolium repens*. Por outro lado, JORDAN e RITCHIE (1971) encontraram uma relação aproximadamente linear em folhas de algodoeiro, quando estas estavam em processo de secamento e meados do processo de absorção de água. Entretanto, ao final deste, as relações assumiram um aspecto tipicamente curvilíneo, demonstrando haver histerese.

Conforme acentuou KNIPLING (1967a) a inconstância destas relações com o desenvolvimento da planta diminui a utilização do teor relativo de água como um indicador do potencial da água da folha. Além disso, a medida que o valor deste, correspondente a um determinado teor relativo de água, foi sendo progressivamente reduzido, a razão de crescimento da planta também reduziu-se. Este fato sugere que as relações entre o teor rela-

tivo de água e o crescimento deverão levar em consideração a idade fisiológica da planta, uma vez que, mesmo pequenas variações no valor do potencial osmótico poderão causar profundas alterações na estrutura das proteínas e na atividade enzimática (CHEN et al., 1964) o que poderá modificar o modelo fisiológico do tecido (VAADIA et al., 1961). Isto vem apoiar as considerações de CATSKY (1962) sobre a dificuldade de interpretação dos dados do teor relativo de água sem os valores dos potenciais correspondentes.

Baseada nos resultados obtidos, parece oportuna a sugestão apresentada por GARDNER (1965) referente à individualização da espécie e idade da planta, para que as relações entre o teor relativo de água e o potencial da água da folha sejam reproduzidas. Provavelmente, a variação destas relações esteja associada à manifestação dos processos fisiológicos que prevalecem nos diferentes estádios fenológicos das plantas.

CONCLUSÕES

Tanto o potencial osmótico como o potencial da água da folha de plantas de batata não permaneceram constantes durante o ciclo fenológico. De um modo geral, estes potenciais se reduziram com o desenvolvimento das plantas. Este fenômeno concorreu para modificar as relações entre o potencial e o teor relativo de água da folha, de tal maneira que, o potencial associado a um determinado teor relativo de água, foi sendo reduzido com o desenvolvimento das plantas.

A manifestação deste comportamento contribui para limitar a utilização do potencial da água da folha como um índice de déficits hídricos nas plantas. Assim, torna-se inseguro estabelecer o nível de potencial no qual os processos fisiológicos passam a ser afetados.

A par disto, a utilização do potencial como indicador do momento de se proceder as irrigações não deve merecer uma confiança absoluta, pelo menos nos estádios fenológicos que incluem o rápido crescimento das plantas. O conhecimento do teor relativo de água associado ao potencial poderia ser útil na interpretação dos resultados relacionados à condição da água nos tecidos vegetais.

SUMMARY

VARIATION OF LEAF WATER POTENTIAL WITH THE GROWTH OF POTATO PLANT

The maintenance of a favorable plant water budget is a condition generally regarded to assure the sequence of cell metabolism. Plant water deficits should be quantitatively evaluated through the determination of tissue water content or tissue water potential. In this work the osmotic potential of stems and leaves, the leaf water potential, and

the relative water content-water potential relationships were determined in adequately irrigated potatoes (*Solanum tuberosum* L.) growing in the field.

The results showed that potentials changed during the growing season. Leaf water potential decreased with aging of the plants and after the complete vegetative growth it was not possible to observe any definite trend, either increasing or decreasing. This change affected relative water content-water potential relationships, so that the relationships shifted to progressively lower water potential for a given relative water content. The data indicated that leaf water potential does not seem a reliable indicator of physiological water deficits. The knowledge of relative water content associated with leaf water potential measurement would provide a more precise condition of water in the plant tissues.

LITERATURA CITADA

- BARRS, H. D. 1968 — Determination of water deficits in plant tissues. In, Kozlowsky, T. T. (ed.) *Water Deficits and Plant Growth* (vol. I). New York, Academic press, p. 235-268.
- & WEATHERLEY, P. E. 1962 — A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. *Aust. J. biol. Sci.* 15(3): 413-428.
- BOYER, J. S. 1968 — Relationship of water potential to growth of leaves. *Pl. Physiol., Lancaster* 43(7) : 1056-1062.
- . 1970 — Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean, and sunflower at various leaf potentials. *Pl. Physiol., Lancaster* 46(2) : 233-235.
- CATSKY, J. 1962 — Water saturation deficit in the wilting plant. The preference of young leaves and translocation of water from old into young leaves. *Biol. Pl.* 4 : 306-314.
- CHEN, D., KESSLER, B. & MONSELISE, S. P. 1964 — Studies on water regime and nitrogen metabolism of citrus seedlings grown under water stress. *Pl. Physiol., Lancaster* 39(3) : 379-386.
- CLARK, R. N. & HILER, E. A. 1973 — Plant measurements as indicators of crop water deficit. *Crop Sci.* 13(4) : 466-469.
- COX, L. M. & BOERSMA, L. 1967 — Transpiration as a function of soil temperature and soil water stress. *Pl. Physiol., Lancaster* 42(4) : 550-556.
- CRRIER, H. B. 1944 — Cryoscopy of small amounts of expressed tissue sap. *Pl. Physiol., Lancaster* 19 : 544-550.
- EDELMAN, J. & SINGH, S. P. 1966 — Studies on the biochemical basis of physiological processes in the potato tuber. Changes in carbohydrates in the sprouting tuber. *J. exp. Bot.* 17(53) : 696-702.
- & —————. 1968 — Studies on the biochemical basis of physiological processes in the potato tuber. Changes in nucleic acids and protein in the sprouting tuber. *J. exp. Bot.* 19(59) : 288-294.
- EWING, E. E. & FARKAS, L. 1969 — Determination of need for potato irrigation using refractometric index of sap from frozen leaves. *J. Am. Soc. hort. Sci.* 94(2) : 163-167.
- GARDNER, W. R. 1965 — Dynamic aspects of soil-water availability to plants. *A. Rev. Pl. Physiol.* 16 : 323-342.

- & EHLIG, C. F. 1963 — The influence of soil water on transpiration by plants. *J. geophys. Res.* 68(20) : 5719-5724.
- & NIEMAN, R. H. 1964 — Lower limit of water availability to plants. *Science*, Wash. 143(3613) : 1460-1462.
- GATES, C. T. 1968 — Water deficits and growth of herbaceous plants. In, Kozlowsky, T. T. (ed.) *Water Deficits and Plant Growth* (vol. II). New York, Academic Press, p. 135-190.
- HOFFMAN, G. J. & SPLINTER, W. E. 1968 — Water potential measurements of an intact plant-soil system. *Agron. J.* 60(4) : 408-413.
- HSIAO, T. C. 1973 — Plant responses to water stress. *A. Rev. Pl. Physiol.* 24:519-570.
- JORDAN, W. R. 1970 — Growth of cotton seedlings in relation to maximum daily plant-water potential. *Agron. J.* 62(6) : 699-701.
- & RITCHIE, J. T. 1971 — Influence of soil water stress on evaporation, root absorption, and internal water status of cotton. *Pl. Physiol., Lancaster* 48(6) : 783-788.
- KNIPLING, E. B. 1967a — Effect of leaf aging on water deficit — water potential relationships of dogwood leaves growing in two environments. *Physiol. Pl.* 20 : 65-72.
- 1967b — Measurement of leaf water potential by the dye method. *Ecology.* 48(6) : 1038-1040.
- KRAMER, P. J. 1969 — *Plant and Soil Water Relationships: A Modern Synthesis.* New York, McGraw-Hill Book Co, 482 p.
- LEVITT, J. 1956 — *The Hardiness of Plants.* New York, Academic press, 278 p.
- LUTMAN, B. F. 1919 — Osmotic pressures in the potato plant at various stages of growth. *Am. J. Bot.* 6(5) : 181-202.
- MILLIAR, A. A., DUYSEN, M. E. & WILKINSON, G. E. 1968 — Internal water balance of barley under soil moisture stress. *Pl. Physiol., Lancaster* 43(6) : 968-972.
- RAWITZ, E. 1970 — The dependence of growth rate and transpiration rate on plant and soil physical parameters under controlled conditions. *Soil Sci.* 110(3) : 172-182.
- RAWLINS, S. L., GARDNER, W. R. & DALTON, F. N. 1968 — In situ measurement of soil and plant leaf water potential. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 32(4) : 468-470.
- SHINN, J. H. & LEMON, E. R. 1963 — Photosynthesis under field conditions. XI. Soil-plant-water relations during drought stress in corn. *Agron. J.* 60(4) : 337-343.
- SLATYER, R. O. 1957 — The influence of progressive increases in total soil moisture stress on transpiration, growth, and internal water relationships of plants. *Aust. J. biol. Sci.* 10(3) : 320-336.
- . 1963 — Climatic control of plant water relations. In, Evans, L. T. (ed.) *Environmental Control of Plant Growth.* New York, Academic, press, p. 33-54.
- . 1967 — *Plant-Water Relationship.* New York, Academic press, 366 p.
- TANNER, C. B. 1968 — Terminology in plant and soil water relations. In, Kozlowsky, T. T. (ed.) *Water Deficits and Plant Growth* (vol. I). New York, Academic press, p. 49-72.
- VAADIA, Y., RANEY, F. C. & HAGAN, R. M. 1961 — Plant water deficits and physiological processes. *A. Rev. Pl. Physiol.* 12 : 265-192.
- WERNER, H. O. 1954 — Influence of atmospheric and soil moisture conditions on diurnal variations in relative turgidity of potato leaves. *Res. Bull. Nebr. agric. Exp. Stn* 176. 39 p.

