

DEPENDÊNCIA DO CRESCIMENTO DAS PLANTAS
AO REGIME DE UMIDADE DO SOLO *

E.J. SCALOPPI**
E.C. FERRAZ ***

RESUMO

A produção de uma planta resulta do desenvolvimento integrado de inúmeros processos fisiológicos que, por sua vez, apresentam considerável individualidade nas inter-relações com o meio ambiente. Neste trabalho foi observado o crescimento de plantas de batata (*Solanum tuberosum* L.), em condições de campo, quando submetidas a três regimes de umidade do solo, individualizados em três estádios fenológicos. O desenvolvimento vegetativo foi avaliado através de estimativas semanais da área foliar.

Os resultados mostraram que ao final do primeiro estágio (cerca de 25 dias após a emergência das plantas) o desenvolvimento vegetativo nos tratamentos irrigados quando o potencial matricial da água do solo atingia -0,5 bar, superou, em cerca de 34%, àquele verificado nas plantas submetidas a

* Entregue para publicação em: 17.11.1978

** Deptº de Enga. Rural, Fac. de Ciênc. Méd. e Biol. de Botucatu, SP.

*** Deptº de Botânica, E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP.

déficits híbridos moderados (-1,0 bar) e, em aproximadamente 80%, aquelas sujeitas a déficits mais severos (-5,0 bares). Entretanto, a limitação do crescimento no primeiro caso, foi parcialmente recuperada após o restabelecimento de condições mais adequadas de umidade no solo, no estágio intermediário. O mesmo não foi verificado onde ocorreram déficits hídricos mais severos no estágio inicial, quando o crescimento foi quase irreversivelmente reduzido. A intensa desidratação imposta após o completo desenvolvimento vegetativo apressou a senescência das plantas em relação aos tratamentos melhores supridos com água.

INTRODUÇÃO

A identificação dos processos fisiológicos que prevalecem nos diferentes estádios de desenvolvimento das plantas cultivadas tem contribuído, significativamente, para um melhor entendimento das funções da água na planta e seus efeitos no rendimento e qualidade da produção.

Segundo KRAMER (1969) a transpiração é o fator dominante nas relações da água na planta. Este processo é responsável pelo desenvolvimento dos gradientes de potencial que controlam o movimento da água no sistema solo-planta-atmosfera, afetando, em consequência, a razão de absorção de água e ascensão da seiva. Além disso, sempre que a razão de perda exceder a de absorção, haverá o aparecimento de déficits hídricos que, geralmente, reduzem o crescimento (SLATYER, 1967; BOYER, 1968; CRAFTS, 1968; GATES, 1968). Por outro lado, VAA-DIA *et al.* (1961) admitem que a desidratação das plantas pode ser causada pela excessiva razão de perda, pela absorção lenta, ou pelo efeito combinado destes dois processos. Enquanto a razão de perda é controlada, principalmente, por fatores meteorológicos, a de absorção é dependente, em grande

parte, do potencial da água do solo em contato com as raízes.

Uma das principais adaptações protetoras das plantas à redução da umidade consiste na habilidade em renovar as proteínas durante o período desfavorável e restabelecê-las rapidamente, quando retornarem condições mais adequadas (HENCKEL, 1970). Em geral, a divisão celular parece ser menos afetada pelos déficits de água que a expansão celular (SLATYER, 1967). Isto poderia proporcionar razões de crescimento mais rápidas em plantas reumidecidas, após estarem submetidas a um deficit, que em plantas adequadamente irrigadas. Dessa maneira, os efeitos do deficit poderiam ser parcial ou totalmente recuperados em um estadio subsequente, conforme tem sido observado em plantas novas de tomateiro (GATES, 1955a), beterraba açucareira (OWEN & WATSON, 1956) e milho (ACEVEDO *et al.*, 1971). A atenuação dos efeitos prejudiciais poderia contribuir significativamente para aumentar a eficiência de utilização de água pelas plantas.

Conforme acentuou GATES (1968) o papel da água na célula não pode ser considerado apenas como sendo passivo. Existem inúmeras experiências que evidenciam sua participação nas funções e estruturas protoplasmáticas. A estabilidade do protoplasma não depende apenas do grau de hidratação da célula, mas também, da manutenção de centros específicos de ligações da água em pontos definidos na estrutura macromolecular. VAADIA *et al.* (1961) enfatizaram o estudo das relações entre os déficits de água e o metabolismo, e a maneira pela qual a redução do potencial da água influencia a velocidade das reações e induz substituições no modelo fisiológico dos tecidos vegetais.

No presente trabalho foi observado o crescimento de plantas de batata, em condições de campo, quando submetidas a três regimes de umidade do solo durante três estádios fenológicos.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado em Botucatu, Estado de São Paulo, em um solo classificado como um Latosol Vermelho-Escuro fase arenosa, Série Experimental. Para tanto, desenvolveu-se uma cultura de batata (*Solanum tuberosum* L., varied. Bintje) adotando-se um espaçamento de 30 cm entre as plantas e 80 cm entre as linhas de plantio. A adubação de pré-plantio foi calculada à razão de 60-300-200 kg por hectare, de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. Aos 52 dias após o plantio, por ocasião da amontoa, foram aplicados 120 kg de N por hectare, em cobertura.

Utilizou-se um delineamento experimental em blocos ao acaso, com nove tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos basearam-se em três regimes de umidade do solo impostos em três estádios fenológicos, conforme anotado na Tabela 1.

O plantio realizou-se em 30 de abril de 1973. A duração de cada estágio foi determinada pelo intervalo de tempo necessário para o potencial atingir -5,0 bares nos tratamentos implicados.

O momento de se proceder as irrigações era indicado por tensiômetros (-0,5 bar) e blocos de gesso de resistência elétrica (-1,0 e -5,0 bares) previamente calibrados (TAYLOR, 1955). A água foi aplicada em sulcos fechados e nivelados. Para assegurar a manutenção dos regimes de umidade preconizados, a área experimental era protegida por uma lâmina de plástico transparente, por ocasião das chuvas.

O crescimento das plantas foi estimado em base semanal, empregando-se o método por EPSTEIN & ROBINSON (1965). Os estudos de correlação desenvolvidos paralelamente ao experimento de campo, apresentaram a seguinte equação para esta estimativa:

$$A = 0,3288 c^{1,1385} \quad r = 0,88^{**} \quad (8)$$

onde A é a área foliar em cm^2 e c, o comprimento da folha, em mm, medido desde a base do pecíolo até a base do limbo do folíolo apical. É conveniente salientar que em todas as determinações desenvolvidas durante o ciclo fenológico o tratamento A, no primeiro estágio, representa também os tratamentos F, G, H e I; o tratamento B inclui o D e, o tratamento C refere-se também ao E. No segundo estágio, o tratamento A é participado também pelos tratamentos H e I. Ao adotar este critério, pretendeu-se aumentar a representatividade dos valores obtidos devido ao maior número de repetições disponíveis nas diversas determinações.

Tabela 1 - Potencial matricial da água do solo (bares) antes de cada irrigação. Valores médios para 30 cm de profundidade.

Tratamento	1º estágio	2º estágio	3º estágio
A	-0,5	-0,5	-0,5
B	-1,0	-1,0	-1,0
C	-5,0	-5,0	-5,0
D	-1,0	-0,5	-0,5
E	-5,0	-0,5	-0,5
F	-0,5	-1,0	-0,5
G	-0,5	-5,0	-0,5
H	-0,5	-0,5	-1,0
I	-0,5	-0,5	-5,0

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estimativas semanais da área foliar foram avaliadas em função daquela apresentada no início de cada estágio, à qual foi atribuída, arbitrariamente, o valor 1,0 (Figura 1). Os resultados foram identificados como a razão de crescimento relativo (RCR) das plantas em cada tratamento.

Em 15 de agosto, todas as plantas empregadas nas amostragens do tratamento I estavam mortas. Ao mesmo tempo, as plantas pertencentes aos demais tratamentos, principalmente o C e o G, apresentavam-se em adiantado estado de senescência e, conseqüentemente, as determinações foram encerradas.

Conforme pode ser observado, existe um período de rápido crescimento vegetativo em seguida à emergência das plantas que, com o passar do tempo, foi sendo progressivamente reduzido até estabilizar-se, cerca de 50 dias após a emergência. Nesta data as plantas caracterizavam-se por apresentar um grande número de tubérculos em desenvolvimento. HEDOU, (1965), baseado em MADEC & PERENNEC (1962), admite que o crescimento e a tuberização constituem dois processos relativamente antagônicos. A tuberização parece ser induzida por alguma substância elaborada nas folhas. Assim, o processo será desencadeado quando esta atingir uma determinada quantidade ou concentração na planta. O tubérculo-semente geralmente contribui com alguma quantidade que, sendo muito elevada, ou se as condições ambientais favorecerem a intensa produção desta substância nas folhas, o processo de tuberização poderá se tornar irreversível e o crescimento paralizado. Em condições favoráveis para a maioria das variedades cultivadas, porém, ambos se processam simultaneamente. De qualquer maneira, segundo WASSINK & STOLWIJK (1953), citados por LEOPOLD (1964) a tuberização parece reduzir o crescimento vegetativo das plantas da variedade Bintje, empregada neste trabalho.

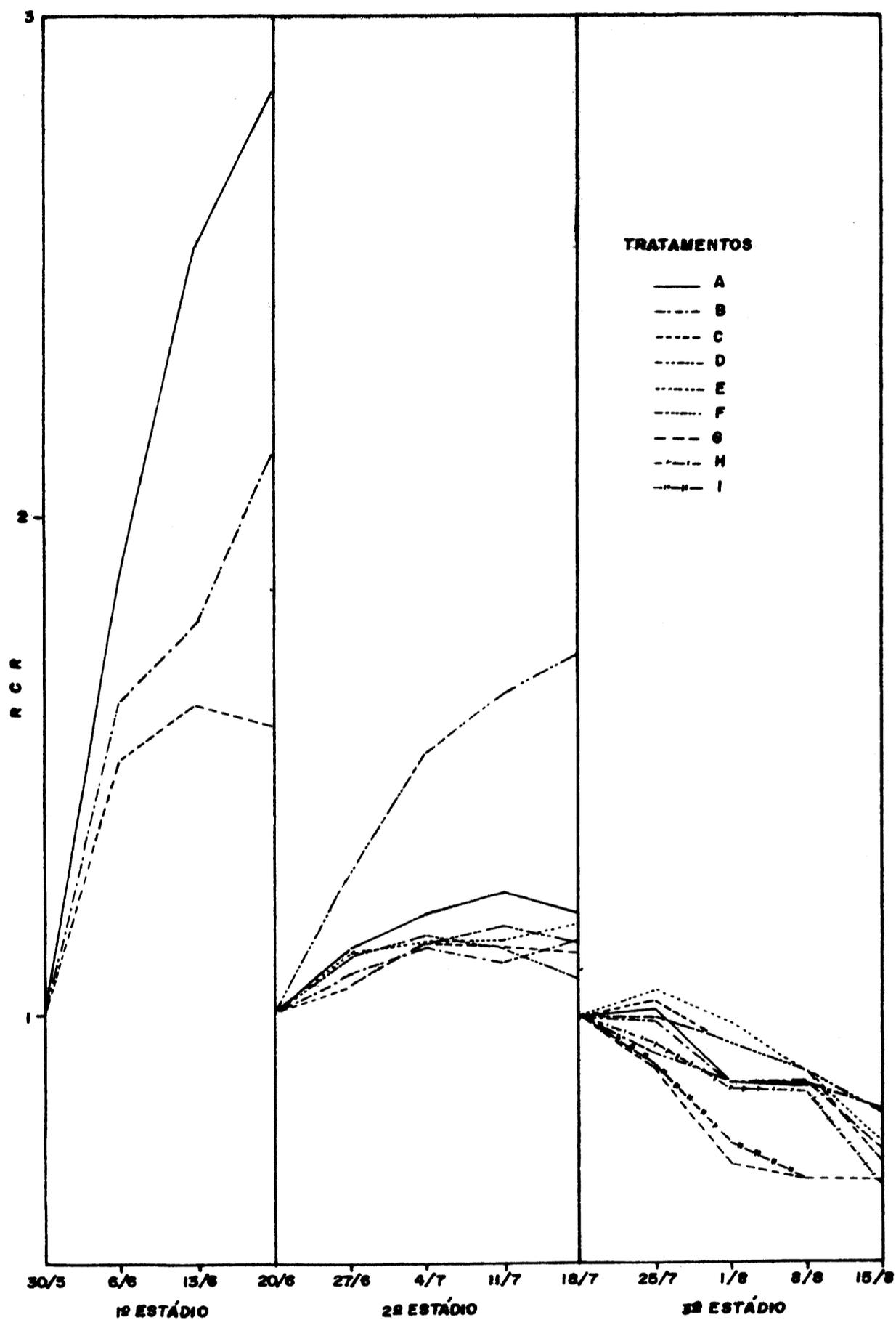


FIGURA 1- RAZÃO DE CRESCIMENTO RELATIVO (RGR) DAS PLANTAS REPRESENTATIVAS DOS TRATAMENTOS, NOS DIFERENTES PERÍODOS DE ESTIMATIVA DA ÁREA FOLIAR

A influência do regime de umidade do solo na manifestação do crescimento pode ser apreciada, analisando-se os valores assumidos pela relação entre a razão de crescimento relativo do tratamento A e dos demais (Tabela 2).

O decréscimo da razão de crescimento no primeiro estágio foi, de certo modo, proporcional à redução do teor de umidade do solo. Assim, a RCR do tratamento A mostrou-se cerca de 34% superior a do tratamento B e, aproximadamente, 80% mais pronunciada que aquela anotada para o tratamento C.

A dependência do crescimento ao regime de umidade do solo tem sido frequentemente observada (STANHILL, 1957; SLATYER, 1967, 1969; BOYER, 1968; SHINN & LEMON, 1968; RAWITZ, 1970). Segundo SLATYER (1963) o potencial da água do solo em contato com as raízes parece controlar, praticamente, o nível básico do potencial da água da planta e a pressão de turgescência. Consequentemente, todos os processos fisiológicos dependentes da grandeza desses parâmetros deverão ser direta ou indiretamente afetados pela redução do potencial da água do solo. A medida que o teor de umidade do solo diminui maior deverá ser o intervalo de tempo para as folhas se recuperarem dos déficits hídricos suportados durante o dia (GARDNER & NIEMAN, 1964; SLATYER, 1967). Por outro lado, BOYER (1968) concluiu que os elevados potenciais da água requeridos para o crescimento das folhas favoreciam o rápido crescimento foliar durante a noite e reduziam-no durante o dia. Assim, quando a umidade do solo diminui, os períodos de crescimento noturnos são reduzidos e o potencial da água da folha não se eleva suficientemente. Além disso, o gradiente de potencial para a absorção de água torna-se menor, devido a redução do potencial da água do solo, e a pressão de turgescência não atinge o valor mínimo requerido para o crescimento. Mais recentemente, HSIAO (1973) baseado nos resultados de ORDIN (1960), ORDIN *et al.* (1956) e GREENWAY & LEAHY (1970), considerou

Tabela 2 - Razão de crescimento relativo das plantas do tratamento A em relação aos demais, durante o período de determinação da área foliar.

data	6/6	13/6	20/6	27/6	4/7	11/7	18/7	25/7	1/8	8/8	15/8
A/B	1,157	1,422	1,338	1,049	1,062	1,129	1,046	1,024	1,007	0,990	1,152
A/C	1,244	1,558	1,797	1,072	1,051	1,094	1,070	0,983	0,920	0,967	1,184
A/D	1,157	1,422	1,338	0,885	0,790	0,760	0,699	1,096	1,003	0,994	1,023
A/E	1,244	1,558	1,797	1,001	1,050	1,050	1,081	1,019	0,965	0,878	1,112
A/F	1,000	1,000	1,000	1,070	1,050	1,058	1,047	1,015	0,918	0,971	1,035
A/G	1,000	1,000	1,000	1,013	1,038	1,100	1,117	1,133	1,303	1,284	1,251
A/H	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,073	1,235	1,014	1,276
A/I	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,126	1,164	1,291	----

que a manutenção da turgescência é, provavelmente, um fator mais crítico na manifestação do crescimento e outros processos metabólicos que os elevados valores do potencial da água da planta.

As revisões de GRAFTS (1968) levam à conclusão que as relações entre o potencial da água e o crescimento das plantas são muito complexas, devido ao grande número de processos fisiológicos que parecem estar envolvidos. Além disso, estes processos são afetados em diferentes intensidades pela redução do potencial da água da planta. LEVITT (1972) admite que a habilidade da planta se desenvolver quando submetida a um déficit hídrico é limitada pelas propriedades do vacúolo e da parede celular. Assim, o máximo déficit hídrico no qual o crescimento pode se manifestar aumenta com a pressão de turgescência e a plasticidade da parede das células.

Quando a redução gradativa do potencial da água do solo impõe déficits de água na planta, a interferência no metabolismo deverá ocorrer, inicialmente, apenas durante o período de máximo déficit diurno. Este período torna-se mais amplo a cada dia, causando o fechamento estomático, que poderá reduzir a fotossíntese e a transpiração, através do seu efeito nas trocas gasosas entre a folha e o ar atmosférico (SLATYER, 1967). Este autor admite ainda que a redução da turgescência poderá estar associada a um aumento da taxa respiratória, o que promoverá uma diminuição da razão fotossintética, afetando a razão de alargamento celular e, consequentemente, a expansão da área foliar. Todos estes fatores contribuirão para uma redução gradual da razão de crescimento.

O fato marcante no segundo estágio foi a rápida razão de crescimento do tratamento D, superando nitidamente aquela do tratamento A. Neste caso, a relação entre a RCR dos dois tratamentos foi sendo progressivamente reduzida, de tal maneira que

ao final do período, a RCR das plantas do tratamento D excedeu em cerca de 30% àquela observada no tratamento A. A imposição de um déficit hídrico moderado durante o primeiro estágio pode ter contribuído para a manifestação deste comportamento.

Existem resultados experimentais mostrando que o alargamento celular pode ser mais sensível a um reduzido potencial da água da folha que a fotossíntese (VAADIA *et al.*, 1961; BOYER, 1970). Assim, BOYER (1970) propôs que o alargamento celular de uma folha sob um reduzido valor de potencial não parece ser limitado pela falta de substâncias fotossintetizadas, a não ser que o déficit promova uma translocação dessas substâncias para outras partes da planta. Baseando-se nos resultados de GATES (1955a), MILLER (1965) e OWEN & WATSON (1956), BOYER explica que durante déficits moderados, as substâncias fotossintetizadas deveriam ser acumuladas na folha ou em outras partes da planta. Com este acúmulo, o crescimento pode ser mais vigoroso após um período de deficiência de água, que anteriormente. Seus resultados observados em folhas de girassol submetidas a um potencial variável de -4,0 a -9,0 bares durante 4 dias, antes do solo ser reumidecido, parecem comprovar a tese apresentada. Entretanto, apesar do aumento da razão de crescimento, este não foi suficiente para proporcionar a completa recuperação em relação à testemunha, o que evidencia a influência de algum outro fator limitando o crescimento, após o reumidecimento. Um comportamento análogo pode ser observado na Figura 1, examinando-se os dados obtidos no tratamento D. Apesar da elevada razão de crescimento apresentada no segundo estágio, a RCR acumulada ao final deste não superou aquela correspondente às plantas do tratamento A, concordando satisfatoriamente com a tese em pauta.

Resultados semelhantes foram obtidos por ACEVEDO *et al.* (1971), em folhas de milho. Estes autores observaram que embora o crescimento tenha sido severamente afetado por um déficit curto e modera-

do (-2,0 bares na zona radicular) o efeito sobre o comprimento das folhas foi completamente recuperado pelo rápido crescimento temporário registrado após a eliminação do déficit, o que os levou a concluir que os processos metabólicos necessários à expansão celular, aparentemente, não foram afetados durante o período desfavorável.

SLATYER (1969) baseia-se na contínua divisão celular das plantas sob um déficit hídrico, embora a uma razão mais reduzida (GARDNER & NIEMAN, 1964) para justificar a rápida recuperação do crescimento quando as condições favoráveis são restabelecidas.

O tratamento E, submetido a um déficit mais severo durante o primeiro estágio, não revelou o mesmo comportamento apresentado pelo tratamento D, apesar de estarem submetidos às mesmas condições de umidade do solo no segundo estágio. Segundo SLATYER (1967) a ocorrência de um déficit mais severo pode conduzir à completa desarticulação de muitos processos fisiológicos relacionados ao crescimento. Além disso, baseado nas considerações de HEDOU (1965) é provável que nestas condições a tuberização tenha se manifestado, provocando uma severa limitação ao crescimento. Isto pode ser válido desde que se admita que os dois processos sejam relativamente antagônicos.

A ocorrência de déficits hídricos mais severos durante o período caracterizado pelo desenvolvimento de um grande número de tubérculos (tratamento C e G no segundo estágio e, C e I, no terceiro) contribuiu para antecipar a senescência das plantas. Este fenômeno foi observado também em tomateiro (GATES, 1955 a, b). Os processos envolvidos parecem ser de natureza irreversível, uma vez que a restituição de um regime de água mais adequado em seguida ao déficit não foi efetiva para retardar seu desenvolvimento, conforme pode se observar no tratamento G. A manifestação da precocidade em função do regime de umidade do solo poderia se

constituir em um comportamento desejável, desde que a produção não seja significativamente afetada em decorrência da imposição dos déficits hídricos.

CONCLUSÕES

O crescimento de plantas de batata se mostrou acentuatadamente dependente da grandeza do potencial matricial da água do solo antes de se proceder as irrigações- Assim, a ocorrência de potenciais até -1,0 bar e -5,0 bares, no período inicial de desenvolvimento, provocou uma redução no crescimento vegetativo de, respectivamente, 34% e 80%. O restabelecimento de condições mais adequadas de umidade no estágio subsequente promoveu uma recuperação parcial do crescimento, nas plantas sujeitas à déficits moderados no estágio inicial. Ocorrendo déficits mais severos neste estágio, porém, a razão de crescimento não conseguiu reassumir valores significativos.

Conforme ficou evidenciado, os processos que determinam o crescimento das plantas de batata parecem ser afetados desigualmente pela redução da umidade do solo. Dependendo da intensidade e duração dos déficits hídricos, a razão de crescimento poderá ser restabelecida e a senescência antecipada. Estes fenômenos, criteriosamente associados à produção de tubérculos, poderiam ser considerados quando se objetivar o aumento da eficiência de utilização de água pelas plantas em culturas irrigadas.

SUMMARY

RELATIONSHIPS BETWEEN PLANT GROWTH AND MOISTURE LEVELS IN THE SOIL

Plant production is a result of many integrate physiological processes which occur during growing season. Whatever those processes show considerable individuality

with relation to environment. In this work the vegetative growth of potato plants (*Solanum tuberosum* L.) growing in the field was observed for three soil moisture regimes in three growth stages. The vegetative growth was evaluated through leaf area estimate in weakly basis.

The results showed that by the ending of the first growth stage (about 25 days after plant emergency) the vegetative growth in the treatment where soil water matric potential never dropped less than -0.5 bar, exceeded in about 34 percent that observed for plants submitted to moderate water deficits (-1.0 bar), and in about 80 percent for those submitted to more severe water deficits (5.0 bars). However, the inhibition of vegetative growth in the first treatment was partially recovered after the re-establishment of suitable soil water condition.

Occuring more severe water deficits in the initial growth stage, recovering of normal rates of vegetative growth did not occur upon rewatering. Intensive soil water depletion after complete vegetative growth hastened plant senescence when compared with plants growing in well watered soils.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ACEVEDO, E.; HASIAO, T.C.; HENDERSON, D.W., 1971. Immediate and subsequent growth responses of maize leaves to changes in water status. *Pl. Physiol.*, Lancaster 48 (5): 631-636.
- BOYER, J.S., 1968. Relationship of water potential to growth of leaves. *Pl. Physiol.*, Lancaster 43(7): 1056-1062.
- BOYER, J.S., 1970. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean, and sunflower at various leaf water potentials. *Pl. Physiol.*, Lancaster 46(2): 233-235.
- CRAFTS, A.S., 1968. Water deficits and physiological processes. In, Koslowsky, T.T. (ed.), *Water Deficits and Plant Growth* (vol. II). New York, Academic Press, p.85-133.

- EPSTEIN, E.; ROBINSON, R.R., 1965. A rapid method for determining leaf area of potato plants. *Agron. J.* 57(5): 515-516.
- GARDNER, W.R.; NIEMAN, R.H., 1964. Lower limit of water availability to plants. *Science, Was.* 143(3613): 1460-1462.
- GATES, C.T., 1955a. The response of the young tomato plant to a brief period of water shortage. I. The whole plant and its principal parts. *Aust. J. biol. Sci.* 8(2): 196-214.
- GATES, C.T., 1955b. The response of the young tomato plant to a brief period of water shortage. II. The individual leaves. *Aust. J. biol. Sci.* 8(2): 215-230.
- 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.
- HEDOU, M.J., 1965. Croissance et tubérisation de la pomme de terre. *Inst. Tech. de la Pomme de Terre* 20, Paris, 30 p.
- HENCKEL, P.A., 1970. Role of protein synthesis in drought resistance. *Can. J. Bot.* 48(6): 1235-1241.
- HSIAO, T.C., 1973. Plant responses to water stress. A. *Rev. Pl. Physiol.*, 24: 519-570.
- KRAMER, P.J., 1969. *Plant and Soil Water Relationships: A Modern Synthesis.* New York, McGraw-Hill Book Co, 482 p.
- LEOPOLD, A.C., 1964. *Plant Growth and Development.* New York, McGraw-Hill Book Co, 466 p.
- LEVITT, J., 1972. *Responses of Plants to Environmental Stress.* New York, Academic Press, 697 p.
- OWEN, P.C.; WATSON, D.J., 1956. Effect on crop growth of rain after prolonged drought. *Nature, Lond.* 177(4514):847.

- 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.
- SHINN, J.H.; LEMON, E.R., 1968. Photosynthesis under field conditions. XI. Soil-plant-water relations during drought stress in corn. *Agron. J.* 60(4): 337-343.
- SLATYER, R.O., 1963. Climatic control of plant water relations. In, Evans, L.T. (ed.), *Environmental Control of Plant Growth*. New York, Academic Press, p. 33-34.
- SLATYER, R.O., 1967. *Plant-Water Relationship*. New York, Academic Press, 366 p.
- SLATYER, R.O., 1969. Physiological significance of internal water relations to crop yield. In, Eastin, J.D., Haskins, F.A., Sullivan, C.Y. e van Bavel, C.H.M. (ed.). *Physiological Aspects of Crop Yield*. Am. Soc. Agron., Crop Sci. Soc. Am., Madison, Wisc., p. 53-83.
- STANHILL, G., 1957. The effect of differences in soil moisture status on plant growth: A review and analysis of soil moisture regime experiments. *Soil Sci.* 84: 205-214.
- TAYLOR, S.A., 1955. Field determinations of soil moisture. *Agric. Engng, St. Joseph, Mich.* 36(10): 654-659.
- VAADIA, Y.; RANEY, F.C.; HAGAN, R.M., 1961. Plant water deficits and physiological processes. *A Rev. Pl. Physiol.* 12:265-292.