

DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE ERVILHA (*Pisum sativum* L.), SUBMETIDAS À DIFERENTES POTENCIAIS DA ÁGUA NO SOLO: ÍNDICES FISIOLÓGICOS¹

A.O. AGUIAR NETTO; J. D. RODRIGUES; E. A. BASTOS ; E. O. ONO

Depto. de Botânica - IB/UNESP - CEP : 18618-000 - Botucatu, SP.

RESUMO : A ervilha é cultivada no Brasil Central, durante o inverno seco, exigindo para o pleno êxito da cultura o uso da irrigação. Assim, o presente trabalho se propõe a avaliar os efeitos do potencial da água no solo nos índices fisiológicos da análise quantitativa de crescimento de plantas de ervilha (*Pisum sativum* L.). O experimento foi montado em casa de vegetação, em solos de textura argilosa, com delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos decorrentes de potenciais mínimos da água no solo (-33, -100, -200 e -1500 kPa) em três repetições, cada qual contendo duas plantas de ervilha, cultivar Caprice. Os resultados obtidos evidenciaram que a redução do potencial água no solo, induziu o decréscimo na área foliar, sem interferir no comportamento da razão de massa foliar, razão de área foliar, taxa assimilatória líquida e taxa de crescimento relativo.

Descritores : ervilha, potencial da água no solo, análise quantitativa de crescimento

GROWTH OF PEA PLANTS (*Pisum sativum* L.) SUBJECTED TO DIFFERENT SOIL WATER POTENTIALS : PHYSIOLOGICAL INDEXES

ABSTRACT : Peas are cultivated in the central region of Brazil, during the dry winter, demanding for the complete success the use of irrigation. Therefore, the present work has the aim of evaluating soil water potential effects on the indexes of physiological growth analysis of peas (*Pisum sativum* L.). The experiment was carried out in a greenhouse using soils of clayey texture, in a fully randomized design, with four treatments, based on minimum soil water potentials (-33, -100, -200 and -1500 kPa) in three replicates, each one containing two pea plants Caprice cultivar. The results obtained indicate that the reduction of soil water potential induced the decrease of leaf area, but did not interfere on the behaviour of leaf weight ratio, leaf area ratio, net assimilation rate and relative growth rate.

Key Words : peas, soil water potential, growth analysis

INTRODUÇÃO

Sistemas de irrigação são planejados e implantados, com o propósito de fornecer às culturas a água necessária ao seu ótimo desenvolvimento e produção. Tal intento, deve ser alcançado da maneira mais eficiente possível, adotando medidas capazes de proporcionar um manejo de irrigação racional.

O manejo adequado e eficiente da água no solo é indispensável ao desenvolvimento vegetativo, produtividade e qualidade dos grãos da cultura da ervilha (MAROUELLI & OLIVEIRA, 1989). A redução do teor de água no solo, ao longo do desenvolvimento de plantas de ervilha, influencia

negativamente a extensão da área foliar, particularmente em ramos que são importantes na exportação de assimilados para o desenvolvimento dos frutos (HARVEY, 1980).

KVET *et al.* (1971) comentam que a análise quantitativa de crescimento representa o primeiro passo na análise de produção primária, sendo o elo de ligação entre o simples registro da produtividade vegetal e o estudo desta por métodos fisiológicos. MAGALHÃES (1979), conceitua a análise quantitativa de crescimento como o método que descreve as condições morfo-fisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo, propondo acompanhar a dinâmica da produção fotossintética.

¹ Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor apresentada à FCA/UNESP.

A análise quantitativa de crescimento pode ser usada para investigar a adaptação ecológica de culturas a novos ambientes, a competição entre espécies, os efeitos de manejo e tratamentos culturais e a identificação da capacidade produtiva de diferentes genótipos (KVET *et al.*, 1971). Apesar da complexidade que envolve o crescimento das espécies vegetais, a análise quantitativa de crescimento ainda é o meio mais acessível e bastante preciso para avaliar o crescimento e inferir a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre o comportamento vegetal (BENINCASA, 1988). Entre os trabalhos envolvendo análise quantitativa de crescimento na cultura da ervilha, citam-se os de EASTIN & GRITTON (1969) e MAHON (1990), em relação à densidade de plantio.

Face ao exposto, percebendo-se a importância da irrigação na cultura da ervilha, desenvolveu-se o presente trabalho que objetiva analisar os efeitos de diferentes potenciais da água no solo na área foliar, bem como em alguns dos índices fisiológicos que compõe a análise quantitativa de crescimento.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente experimento, foi realizado em casa de vegetação, Botucatu, SP, durante os meses de abril a julho de 1992. Na classificação de Köppen, o tipo climático da região é temperado chuvoso, constantemente úmido e com verão quente (Cfa).

Nos vasos foi utilizada terra proveniente de amostras de Terra Roxa Estruturada, distrófica com textura argilosa. A curva de retenção da água no solo, que relaciona o teor de água no solo (θ , cm^3/cm^3), com o potencial da água no solo (Ψ_m , kPa) foi ajustada, no intervalo entre 0 e -1500 kPa, ao modelo de Genuchten, pelo método de minimização dos quadrados dos desvios (GENUCHTEN, 1980), através do programa CURVARET (DOURADO NETO *et al.*, 1990), obtendo-se a seguinte equação, com um coeficiente de ajuste de 0,997:

$$\theta = 0,133 + \frac{0,467}{\left[1 + (12,111\Psi_m)^{1,845} \right]^{0,126}} \quad (01)$$

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial,

quatro coletas e com quatro tratamentos e três repetições. Os tratamentos consistiam em irrigar o solo, elevando o potencial da água no solo até -5 kPa em todos os vasos, sempre que Ψ_m atingisse o valor mínimo (-33, -100, -200 e -1500 kPa) estabelecido para cada tratamento, denominados neste trabalho de T1, T2, T3 e T4, respectivamente. O controle dos diferentes potenciais mínimos estudados foi realizado através da equação 01 (considerando Ψ_m como variável dependente) e da massa total do solo seco em estufa, da água, das plantas e dos vasos, determinada diariamente com o auxílio de uma balança digital com divisão de 10 g.

Foi utilizada a cultivar Caprice da ervilha (*Pisum sativum* L.), destinada à indústria de reidratação, bastante produtiva, com ciclo médio de 70 dias (NASCIMENTO *et al.*, 1987). A semeadura nas unidades experimentais foi realizada na segunda semana de abril, colocando-se 8 sementes por vaso. Aos 15 dias após a semeadura (DAS), iniciou-se a irrigação diferenciada dos tratamentos, que foi executada até aos 60 DAS, conforme recomendação de MAROELLI *et al.*, (1990) para a cultivar Caprice da ervilha.

A área foliar (AF), em cm^2 , foi determinada em folíolos e estípulas das plantas de ervilha, aos 20-30-40-50 dias após a semeadura, através de um integrador ótico de AF, tipo "AAM-7". A área foliar de cada vaso foi considerada como sendo a soma da AF de duas plantas, e o total para cada tratamento constituiu-se no somatório das três repetições. Para fins de cálculo dos índices fisiológicos da análise quantitativa de crescimento, determinou-se, também, a matéria seca, em g, colocando-se separadamente raiz, caule, folha, flores e frutos, coletadas nos mesmos dias da área foliar, em estufa com circulação forçada de ar à 60-70 °C, até massa constante, medida em balança digital, com divisão de 0,1 g.

Os seguintes índices fisiológicos da análise quantitativa de crescimento foram avaliados, de acordo com o método denominado de tradicional e descrito detalhadamente em RADFORD (1967):

I - Razão de massa foliar (RMF, em g/g) que é o quociente entre a matéria seca das folhas e matéria seca total.

II - Razão de área foliar (RAF, em cm^2/g) que é o quociente entre a área foliar e a matéria seca total.

III - Taxa assimilatória líquida (TAL, em $\text{g}/\text{cm}^2.\text{dia}$) que é o incremento da matéria seca total, por unidade de área foliar, por unidade de tempo.

IV - Taxa de crescimento relativo (TCR, em g/g.dia) que é o incremento da matéria seca total, por unidade de matéria seca total existente, por unidade de tempo.

Os resultados obtidos para a área foliar foram submetidos a análise de variância (teste F e de Tukey), com desdobramento de tratamentos dentro de coletas. Os índices fisiológicos da análise quantitativa de crescimento não foram submetidos à análise de variância, porque não se pode afirmar que essas variáveis, por serem calculadas, obedeçam às pressuposições básicas para o uso desta ferramenta estatística (BANZATTO & KRONKA, 1989).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Área foliar

Os resultados obtidos para a área foliar podem ser vistos na TABELA 1. A comparação das médias pelo teste Tukey revela que nas coletas C1 e C2, do ponto de vista estatístico não há divergência entre os tratamentos. Na coleta C3, os tratamentos T1 e T2 não divergem, sendo que este último T3 e T4 mostram-se significativamente semelhantes entre si. Já na coleta C4, apenas o tratamento T4 diferencia-se dos demais.

Observando-se os valores da TABELA 1, constata-se que na primeira coleta não ocorre distinção entre os tratamentos, uma vez que a diferenciação no potencial mínimo de água no solo, para se proceder à irrigação, iniciou-se cinco dias antes. Na coleta C2 há uma certa divergência entre os tratamentos, que progride significativamente até os 50 DAS, sendo que os menores valores são sempre do tratamento T4, cujo potencial mínimo da água no solo era de -1500 kPa, representando um estresse hídrico intenso e prolongado.

Os resultados auferidos para área foliar são concordantes com os da literatura, que relatam uma marcante redução na área foliar dos vegetais (BEGG & TURNER, 1976; TURNER & BEGG, 1981) e também na cultura da ervilha (HARVEY, 1980), à medida que se intensifica o estresse hídrico. Indubitavelmente, o decréscimo do potencial água no solo, reduz o potencial total de água na folha e, conseqüentemente, o seu componente de pressão, responsável pelo turgor celular e crescimento das folhas (HSIAO, 1973; BEGG & TURNER, 1976; KLAR, 1984).

AGUIAR NETTO (1993) observou que a área foliar das plantas de ervilha foi mais afetada pela redução do potencial da água no solo do que a fotossíntese, explicando fundamentalmente o decréscimo no acúmulo de matéria seca e componentes da produção

Analisando-se a TABELA 1, percebe-se um aumento da área foliar até aos 40 dias após a semeadura, a partir da qual verifica-se uma redução até aos 50 DAS. Este comportamento justifica-se porque, nos estádios de florescimento e enchimento de grãos, há um progressivo secamento e queda das folhas, que se intensifica no tratamento T4, em função da partição de assimilados para os órgãos reprodutivos. Salienta-se que este fato foi, também, observado em *Hordeum vulgare*, submetida à estresse hídrico, por URCHEI (1992).

2. Razão de massa foliar e razão de área foliar

Na figura 1 encontram-se expostos os resultados obtidos para a razão de massa foliar (RMF) e área foliar (RAF) para os diferentes tratamentos e coletas. Verificando-se os valores da

TABELA 1. Comparação das médias de tratamentos em cada coleta, pelo teste Tukey para a área foliar, em cm², das plantas de ervilha.

Tratamentos	Coletas				Médias
	C1	C2	C3	C4	
T1	258,33Aa	604,61Ab	829,32Abc	728,67Ac	605,23A
T2	246,08Aa	532,83Ab	731,95ABc	688,71Ac	549,89AB
T3	255,05Aa	522,51Ab	674,12Bbc	645,02Ac	524,17B
T4	240,57Aa	483,52Ab	615,09Bbc	425,02Bc	441,35C
Médias	250,00a	536,17b	712,62c	621,85d	-

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal, não diferem significativamente.

RMF cada coleta, percebe-se que o tratamento T4 apresenta os menores dados em todas as coletas, igualando-se à T3 na coleta C1. Já os valores mais elevados, são representados pelo tratamento T1 nas coletas C1 e C4, por T3 na coleta C2 e por T2 na coleta C3.

A razão de massa foliar, de acordo com RADFORD (1967), indica a partição de assimilados entre o crescimento da folha e de outras partes da planta. Este componente da razão de área foliar é basicamente fisiológico, expressando a fração de matéria seca não exportada das folhas para o resto da planta (BENINCASA, 1988). Reflete, ainda, a relação do aparelho fotossintetizante, em função da fitomassa total (RODRIGUES, 1990).

A ausência de maiores divergências entre os tratamentos para a razão de massa foliar, coincide com os resultados de URCHIEI (1992). Este fato, indica que apenas o estresse hídrico intenso e prolongado, representado pelo tratamento T4, interfere suavemente na partição de assimilados. Além disso, LOPES *et al.* (1982), trabalhando com três níveis de densidade do fluxo radiante em *Phaseolus vulgaris*, também não observaram diferenças na RMF e justificaram tal ocorrência, sugerindo ser este índice uma característica conservadora dos vegetais.

Os dados encontrados na literatura, são

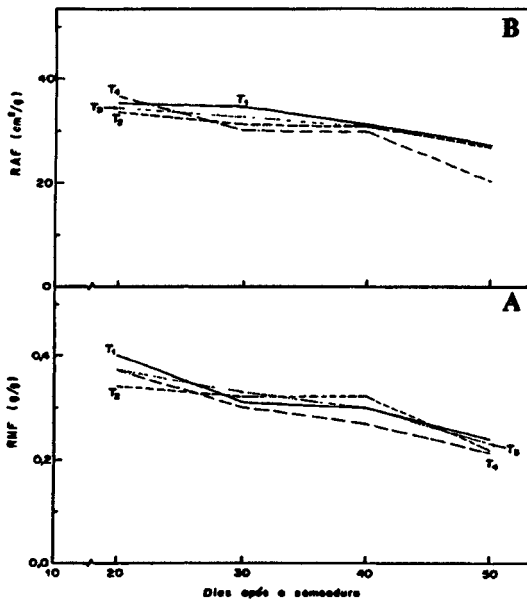


Figura 1. Resultados médios obtidos para a razão de massa foliar (A) e razão de área foliar (B) de plantas de ervilha.

concordes em mostrar que a razão de massa foliar decresce, à medida que as espécies vegetais se desenvolvem, pois enquanto as folhas atingem sua fase madura, ocorre direcionamento dos assimilados para outros órgãos vegetais (KOLLER *et al.*, 1970; LOPES *et al.*, 1982; RODRIGUES, 1982; RODRIGUES, 1990; URCHIEI, 1992). Assim, os resultados obtidos para este índice fisiológico estão de acordo com a literatura, como se pode observar nas médias das coletas, expostas na Figura 1.

Observa-se ainda que na figura 1, os resultados para a razão de área foliar nos tratamentos T1, T2 e T3 praticamente se assemelham em todas as coletas, enquanto o tratamento T4 possui menores valores a partir da segunda coleta, reduzindo-se bastante na última.

Para RODRIGUES (1982), a razão de área foliar representa a dimensão relativa do aparelho fotossintético, sendo inclusive apropriado à avaliação dos efeitos genotípicos vegetais. BENINCASA (1988), relata que a RAF expressa a área foliar útil para a fotossíntese, constituindo-se num índice morfofisiológico. Dessa forma, constata-se que o estresse hídrico intenso e prolongado, representado pelo tratamento T4, no final do período estudado, interfere na capacidade fotossintética teórica de plantas da ervilha.

De um modo geral, a razão de área foliar

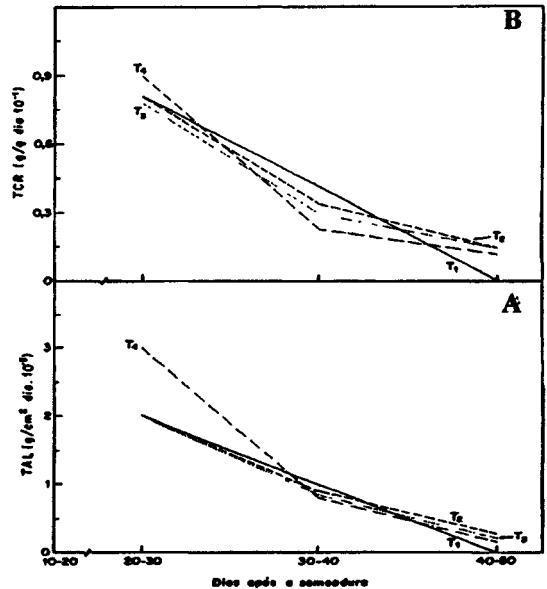


Figura 2. Resultados médios obtidos para a taxa assimilatória líquida (A) e taxa de crescimento relativo (B) de plantas de ervilha.

decrece com o desenvolvimento das plantas de ervilha, coincidindo com o relatado por KOLLER *et al.* (1970); LOPES *et al.* (1982); URCHAI (1992). Isto se justifica, possivelmente, porque há uma tendência de redução na área foliar depois de certo tempo, enquanto a matéria seca total continua aumentar, indicando partição diferencial de assimilados para os órgãos reprodutivos.

Todavia, EASTIN & GRITTON (1969), estudando o comportamento da cultura da ervilha em relação à densidade de plantio e espaçamento, verificaram aumento na razão de área foliar no estágio vegetativo, seguido de decréscimo até o final do ciclo da cultura, em quaisquer condições. Este padrão assemelha-se ao observado para o tratamento T1, submetido ao mais elevado potencial água no solo.

Padrão semelhante é relatado por PEREIRA & MACHADO (1987), os quais afirmam que para a maioria das culturas, a razão de área foliar aumenta rapidamente até um máximo na fase inicial do estágio vegetativo, decrescendo, posteriormente, com o desenvolvimento do vegetal. Para estes autores, esse comportamento indica que, inicialmente, a maior parte dos assimilados é convertido em folhas, visando elevar a captação da radiação solar disponível.

3. Taxa assimilatória líquida e taxa de crescimento relativo

Os valores referentes à taxa assimilatória líquida (TAL) e taxa de crescimento relativo (TCR), para os diferentes tratamentos e coletas, são mostrados nos gráficos da figura 2. Uma análise detalhada dos resultados da TAL, revela que há pequenas divergências entre os tratamentos. Ressalta-se contudo que, o valor deste índice fisiológico e da TCR, no tratamento T4 durante o primeiro intervalo são atípicos, dificilmente explicáveis do ponto de vista fisiológico.

A taxa assimilatória líquida, de acordo com WATSON (1952), expressa o balanço entre a fotossíntese e a respiração, sendo mais influenciada pelas condições climáticas do que pelo potencial genético do vegetal. Este autor afirma ainda que, o aumento da produtividade em culturas irrigadas, pode ser atribuído, em parte, ao incremento nos valores deste índice fisiológico.

Esta hipótese corrobora com os resultados obtidos por STONE *et al.* (1988) e MOREIRA (1993) para *Phaseolus vulgaris*, submetido à diferentes potenciais água no solo. Discorda, porém, dos

valores auferidos por URCHAI (1992), sobre estresse hídrico em *Hordeum vulgare* e dos resultados deste trabalho, onde não se observou divergências entre os tratamentos, apesar das diferenças significativas encontradas na área foliar. Isto, revela a necessidade de outros estudos, envolvendo a taxa assimilatória líquida, com diferentes espécies vegetais, em distintas condições edafo-climáticas, submetidas à prática da irrigação.

A variação da taxa assimilatória líquida em relação ao tempo, apresenta-se decrescente à medida que se desenvolve o ciclo da ervilha, concordando com os relatos de WATSON (1952) e os resultados de RODRIGUES (1982), em *Glycine max*, STONE *et al.* (1988), em alguns tratamentos em *Phaseolus vulgaris*, MOREIRA (1993), com a mesma cultura e RODRIGUES (1990), em *Stylosanthes guyanensis*. Todavia, alguns autores apresentam resultados conflitantes, como os de LOPES *et al.* (1982), em *Phaseolus vulgaris* e URCHAI (1992), em *Hordeum vulgare*, que verificaram um aumento da TAL com o crescimento das folhas, atingindo um valor máximo, com posterior redução, quando da senescência foliar.

Estas divergências podem ser atribuídas, como sugeriu WATSON (1952), por efeito de fatores meteorológicos, condições experimentais e por variações intra-específicas na taxa assimilatória líquida. Além disso, o cálculo da TAL pelo método tradicional da análise de crescimento, envolve algumas pressuposições, que podem levar à resultados diferentes (RADFORD, 1967). O uso de modelos matemáticos distintos, para relacionar a área foliar e matéria seca total com o tempo, utilizados para estimar a taxa assimilatória líquida, também, pode gerar comportamento variado, como demonstrou CALBO *et al.* (1989). Assim, pode-se inferir que, o modelo matemático preconizado, também interfere no padrão deste índice fisiológico.

Os resultados da taxa de crescimento relativo, para os diferentes tratamentos e intervalos (figura 2) mostram semelhanças entre os tratamentos, ao longo do ciclo das plantas de ervilha. Apenas, entre os 30 e 40 dias após a semeadura, houve uma redução na TCR com o decréscimo do potencial da água no solo.

A taxa de crescimento relativo, de acordo com BRIGGS *et al.* (1920), fornece uma idéia da eficiência das plantas na conversão de matéria seca, sendo bastante apropriado para avaliação do crescimento vegetal. RADFORD (1967), esclarece que como os cálculos da TCR não envolvem quaisquer pressuposições sobre a forma das curvas

de crescimento, este índice é particularmente útil para comparação de resultados de diferentes estudos, bem como para detectar divergências entre tratamentos dentro de um único experimento.

CHIARIELLO *et al.* (1991) acrescentam que a taxa de crescimento relativo é a variável fundamental da análise de crescimento tradicional, porque fornece o índice fisiológico mais proveitoso e ecologicamente significativo. Nesse contexto a TCR pode refletir de modo claro o efeito do estresse hídrico no acúmulo de matéria seca total, como verificado por STONE *et al.* (1988) e MOREIRA (1993), em *Phaseolus vulgaris* e nos resultados deste trabalho entre a terceira e quarta coletas, embora tal comportamento não tenha sido característico nos resultados de URCHEI (1992), para *Hordeum vulgare* e nos demais intervalos do presente estudo.

Analisando-se a figura 2, verifica-se que a tendência geral da taxa de crescimento relativo é a redução com o desenvolvimento do ciclo das plantas de ervilha, especialmente após 40 dias após a semeadura. Assim, percebe-se uma fase inicial de rápido acúmulo de matéria seca, seguido de um período de menor incremento, chegando ao final com valores de TCR próximos ou mesmo zero, decorrentes da senescência e queda foliar.

Este padrão de comportamento da taxa de crescimento relativo é descrito na literatura, desde que BRIGGS *et al.* (1920), demonstraram que a TCR não é constante, apresentando maiores valores no início do estágio vegetativo de *Zea mays*, decrescendo até o final do ciclo da cultura. Comportamento análogo, também, foi observado por KOLLER *et al.* (1970) e RODRIGUES (1982), em *Glycine max*, por LOPES *et al.* (1982), STONE *et al.* (1988) e MOREIRA (1993), em *Phaseolus vulgaris*, por BENINCASA (1988), em *Sorghum bicolor*, por RODRIGUES (1990), em *Stylosanthes guyanensis* e por URCHEI (1992), em *Hordeum vulgare*.

O produto da taxa assimilatória líquida versus a razão de área foliar, apenas se equivale à taxa de crescimento relativo em tempos instantâneos (RADFORD, 1967). Assim, a análise conjunta dos resultados destes índices fisiológicos, neste trabalho, apesar de biologicamente dependentes, não é recomendável do ponto de vista matemático, pois se determinou os valores de TAL e TCR em intervalos médios enquanto os dados de RAF foram calculados em cada coleta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS

- AGUIAR NETTO, A. de O. Comportamento fisiológico e produtivo da ervilha (*Pisum sativum* L.), submetida a diferentes potenciais água no solo. Botucatu; 1993. 149p. Dissertação (M. S.) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.
- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S. do N. Experimentação agrícola. Jaboticabal: FUNEP, 1989. 247p.
- BEGG, J.E.; TURNER, N.C. Crop water deficits. *Advances Agronomy*, Orlando, v.28, p.161-217, 1976.
- BENINCASA, M.M.P. Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42p.
- BRIGGS, G.E.; KIDD, F.; WEST, C. A quantitative analysis of plant growth. *Annals of Applied Biology*, Warwick, v.7, n.1, p.103-23, 1920.
- CALBO, A.G.; SILVA, W.L.C.; e TORRES, A.C. Comparação de modelos e estratégias para análise de crescimento. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Londrina, v.1, n.1, p.1-7, 1989.
- CHIARIELLO, N.R.; MOONEY, H.A.; WILLIAMS, K. Growth, carbon allocation and cost of plant tissues. In: PEARCY, R.W.; EHLERINGER, J.R.; MOONEY, H.A. *et al.*, ed. *Plant physiological ecology: fields and instrumentation*. New York: Chapman & Hall, 1991. p.328-65.
- DOURADO NETO, D.; LIER, Q. J. V.; BOTREL, T. A. *et al.* Programa para confecção da curva de retenção da água no solo utilizando o modelo de Genuchten. *Engenharia Rural*, Piracicaba, v.1, n.2, p.92-102, 1990.
- EASTIN, J.A.; GRITTON, E.T. Leaf area development, light interception, and the growth of canning peas (*Pisum sativum* L.) in relation to plant population and spacing. *Agronomy Journal*, Madison, v.61, p.612-15, 1969.
- HARVEY, D.M. Seed production in leafless and conventional phenotypes of *Pisum sativum* in relation to water availability within a controlled environment. *Annual Botanic*, London, v.45, p.673-680, 1980.
- HSIAO, T.C. Plant responses to water stress. *Annual Review Plant Physiology*, Palo Alto, v.24, p.519-70, 1973.

- KLAR, A.E. *A água no sistema solo-planta-atmosfera*. São Paulo: Nobel, 1984. 408p.
- KOLLER, H.R.; NYQUIST, W.E.; CHORUSH, I.S. Growth analysis of the soybean community. *Crop Science*, Madison, v.10, p.407-11, 1970.
- KVET, J.; ONDOCK, J.P.; NECAS, J. Methods of growth analysis. In: SESTAK, Z.; CATSKY, J.; JARVIS, P.G., ed. *Plant photosynthetic production*. The Hague: Dr. W. Junk, 1971. p.343-84.
- LOPES, N.F.; OLIVA, M.A.; FREITAS, J.G. de *et al.* Análise de crescimento e conversão da energia solar em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) submetido a três níveis de densidade do fluxo radiante. *Revista Ceres*, Viçosa, v.29, n.166, p.586-606, 1982.
- MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa de crescimento. In: FERRI, M.G., coord. *Fisiologia vegetal*. São Paulo: E.P.U./EDUSP, 1979. p.331-50.
- MAHON, J.D. Photosynthetic carbon dioxide exchange, leaf area, and growth of field-grown pea genotypes. *Crop Science*, Madison, v.30, n.5, p.1093-98, 1990.
- MARQUELLI, W.A.; OLIVEIRA, C.A. da S. Irrigação da ervilha. *Informe Agropecuario*, Belo Horizonte, v.14, n.158, p.32-7, 1989.
- MARQUELLI, W.A.; OLIVEIRA, C.A. da S.; CARRIJO, O.A. Época de suspensão das irrigações em cultivar precoce de ervilha. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.25, n.12, p.1769-73, 1990.
- MOREIRA, J. A. A. Efeitos da tensão da água do solo e do parcelamento da adubação nitrogenada, sobre o crescimento e a produtividade do feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.). Botucatu, 1993. 100p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.
- NASCIMENTO, W.M.; GIORDANO, L.B.; CÂMARA, F.L.A. *et al.* Produção de sementes de cultivares de ervilha destinadas à industrialização. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.5, n.1, p.34-6, 1987.
- PEREIRA, A.R., MACHADO, E.C. *Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais*. Campinas: Instituto Agronomico, 1987. 33p. (Boletim Técnico, 144).
- RADFORD, P.J. Growth analysis formulae - their use and abuse. *Crop Science*, Madison, v.7, n.3, p.171-5, 1967.
- RODRIGUES, J.D. Influência de diferentes níveis de cálcio, sobre o desenvolvimento de plantas de estilosantes (*Stylosanthes guyanensis* (Aubl.) Sw. cv Cook), em cultivo hidropônico. Botucatu, 1990. 180p. Tese (Livre - docencia) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista.
- RODRIGUES, S.D. Análise de crescimento de plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) submetidas a carências nutricionais. Rio Claro, 1982. 165p. Dissertação (M.S.) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista.
- STONE, L.F.; PORTES, T. de A.; MOREIRA, J.A.A. Efeitos da tensão da água do solo sobre a produtividade e crescimento do feijoeiro II. crescimento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.23, n.5, p.503-10, 1988.
- TURNER, N.C.; BEGG, J.E. Plant-water relations and adaptation to stress. *Plant and Soil*, The Hague, v.58, n.1/3, p.97-131, 1981.
- URCHEI, M.A. Efeitos de défices hídricos, em três estádios fenológicos, da cultura da cevada (*Hordeum vulgare* L.). Botucatu, 1992. 165p. Dissertação (M.S.) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.
- VAN GENUCHTEN, M. Th. A closed - form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.44, p.892-8, 1980.
- WATSON, D.J. The physiological basis of variation in yield. *Advances in Agronomy*, New York, v.4, p.101-44, 1952.

Recebido para publicação em 28.09.95

Aceito para publicação em 14.08.95