

ANÁLISE DE CRESCIMENTO DE PLANTAS: UM PROGRAMA COMPUTACIONAL AUXILIAR¹

TOMAS DE AQUINO PORTES² e LUIZ GONZAGA DE CASTRO Jr.³

COMUNICAÇÃO

RESUMO – Foi desenvolvido um programa computacional em linguagem basic para ajustar dados de área foliar (AF) e seca (MS) em relação ao tempo (t) e estimar índices fisiológicos. Os índices estimados foram: taxa instantânea de crescimento da cultura (TCC), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa assimilatória líquida ou aparente (TAL), área foliar específica (AFE), razão de área foliar (RAF) e duração de área foliar (DAF).

Termos para indexação: área foliar, matéria seca, índices fisiológicos.

PLANT GROWTH ANALYSIS USING COMPUTER: A SUBSIDIARY PROGRAM

ABSTRACT – A computational program was created in Basic to fit data of leaf area (AF) and dry matter (MS) in relation to time (t) and to estimate physiological indices. The index estimates were: instantaneous crop growth rate (TCC), instantaneous relative growth rate (TCR), instantaneous net assimilation rate (TAL), specific leaf area (AFE), leaf area ratio (RAF) and leaf area duration (DAF).

Index terms: leaf area, dry matter, physiological index.

INTRODUÇÃO

Como uma opção a mais na análise de crescimento, foi desenvolvido o presente programa tornando algumas análises mais fáceis e mais rá-

pidas, para a comparação de diferentes genótipos, ou para estudos de interação genótipo o ambiente, o que não é possível utilizando outros programas como os Arquivos de Análise de Crescimento cujos tópicos principais foram abordados por Calbo et al (1989 a, b).

Para a realização da análise de crescimento com o programa proposto, deve-se dispor dos dados de área foliar, matéria seca e a data das coletas ou idade das plantas. Existe ainda a opção de se entrar com matéria seca das folhas, a fim de se achar a área foliar específica.

Ajuste das Curvas e Estimativa dos Índices Fisiológicos

A análise é baseada no ajuste pelo método dos quadrados mínimos de dados de área foliar (AF) e peso da matéria seca (MS), em relação ao tempo (t) em dias após o plantio ou após a emergência. Os sistemas de equações lineares obtidos foram resolvidos pelo método de eliminação de Gauss (Landsberg, 1977; Dorn & McCracken, 1978; Spiegel, 1985; Ruggiero & Lopes, 1988).

Ajustados os dados e obtidas as equações passa-se a estimar os índices fisiológicos: taxa instantânea de crescimento da cultura (TCC), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa assimilatória líquida ou aparente (TAL), área foliar específica (AFE), razão de área foliar (RAF) e duração da área foliar (DAF) (ver Apêndice para mais detalhes).

Detalhes da utilização prática dos índices fisiológicos mencionados podem ser encontrados, entre outros, em Radford (1967), Buttery (1969), Kvet et al. (1971), Brandes et al. (1973), Caus-ton & Venus (1981), Hunt (1982), Lopes et al. (1982), Pereira & Machado (1987) e Stone et al. (1988).

¹ Recebido em 21/03/91 e aceito em 13/06/91

² Eng. Agr. Dr., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), Cx. Postal 179, Goiânia, GO, CEP 74001.

³ Estudante de graduação da Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG, CEP 37.200.

Descrição do Programa

Parte deste programa foi feita tomando por base o Programa Computacional para Ajuste de Equações em Dados Experimentais de Zullo Jr. & Arruda (1987). O programa foi desenvolvido em micro da linha PC (16 bit), na linguagem Basic utilizando-se do GWBasic. Após carregado o sistema operacional, chama o programa digitando-se ANACRES.

O programa foi desenvolvido para os trabalhos com duas unidades de disco flexível ou uma unidade mais disco rígido. No primeiro caso o disquete contendo o programa ANACRES é colocado na unidade B, os arquivos de dados serão enviados para a unidade A. No segundo caso o programa é armazenado no disco rígido e o disquete com os arquivos é colocado na unidade A.

Menu Principal

Este Menu apresenta três opções: 1) entrada e/ou atualização de dados; 2) ajuste – Análise de crescimento; e 3) fim de execução. O operador deve escolher a opção e digitar “enter”. Evidentemente, se não houver nenhum arquivo de dados armazenados o operador deve digitar a opção 1 para criar os seus arquivos.

Entrada e/ou Atualização de dados – Esta opção nos conduz às seguintes opções:

A – Entrada; B – Alteração; C – Inclusão
D – Exclusão; E – Listagem; F – Menu Principal

Como se vê as opções são auto-explicativas. No caso da opção A (Entrada), corresponde a entrada de dados (área foliar, matéria seca, dias após a emergência ou plantio). Para isto o computador pedirá o nome do arquivo, que será gravado na Unidade B.

Para alterar, incluir, excluir ou listar os dados basta digitar a opção desejada e em seguida o nome do arquivo. Após a arquivagem dos dados, digita-se a opção F (Menu Principal). Escolhe-se então a opção 3 (Fim de Execução) ou 2 (Ajuste – Análise de crescimento). Optando-se 3 o micro sai do programa e retorna ao sistema, optando-se 2 o programa solicitará o nome dos arquivos a

partir dos quais serão ajustados área foliar e matéria seca em função de tempo. Se houver erro na digitação do nome do arquivo aparecerá a seguinte mensagem na tela: Arquivo inexistente. REENTRE. Digita-se, então, o nome correto do arquivo. Em seguida o computador pedirá o nome do arquivo da variável Y (por exemplo, MS: matéria seca). Em seguida aparecerá a mensagem “NOME DO ARQUIVO DA VARIÁVEL Z” (IAF – Área Foliar). Digitado o nome do arquivo, o computador mostra na tela as opções para ajustar os dados: matéria seca (MS) e área foliar ou índice de área foliar (IAF, em função de dias após o plantio ou emergência, $Y = f(X)$ e $Z = f(X)$ respectivamente).

As opções aparecerão na tela assim:

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| (1) MS Linear | x IAF Linear |
| (2) MS Quadrática | x IAF Quadrática |
| (3) MS Cúbica | x IAF Cúbica |
| (4) MS Exp. Quadrática | x IAF Exp. Quadrática |
| (5) MS Exp. Cúbica | x IAF Exp. Cúbica |
| (6) MS Logística | x IAF Logística |
| (7) MS Logística | x IAF Quadrática |
| (8) MS Logística | x IAF Exp. Quadrática |
| (9) Menu Principal | |

Os ajustes simultâneos de matéria seca e área foliar facilitarão o cálculo da taxa assimilatória líquida, uma vez que para o cálculo da mesma são necessários tais dados.

As combinações das equações mostradas na tabela acima, são as mais utilizadas rotineiramente em análise de crescimento. Para espécies de ciclo curto como feijão e arroz as opções 4 e 5 têm sido as mais recomendadas pois são as que mais se ajustam a conjuntos de dados de matéria seca e de área ou índice de área foliar (Hughes & Freeman, 1967, citados por Kvet et al., 1971; Buttery, 1969).

Digitada a opção desejada, as equações aparecerão na tela com os seus respectivos coeficientes de correlação (R). Logo abaixo aparecem as opções “continuar ou imprimir”. Ao digitar qualquer opção onde envolvendo a equação logística, aparecerá uma mensagem para digitar a constante assintótica da variável em questão. Di-

gite um valor ligeiramente superior ao Y ou Z máximo.

Após as equações aparecerá a opção para o cálculo da área foliar específica. Pode-se fazer uso dessa opção, se em vez de matéria seca total da planta, se usa a matéria seca das folhas. Isto é, tendo-se os arquivos dos dados de área foliar e de suas massas secas correspondentes é possível calcular a área foliar específica. Caso não seja esta a opção desejada, continuando, aparecerão os valores de:

DAE: Dias após a emergência (ou opcionalmente plantio)

MS (o): matéria seca observada

IAF (o): Índice de área foliar ou área foliar observada

MS (c): matéria seca calculada

IAF (c): Índice de área foliar ou área foliar calculada.

Continuando aparecerá outra tabela com os valores de:

DAE: Dias após a emergência (ou opcionalmente plantio)

TCC: Taxa de crescimento da cultura (massa/área x tempo)

TCR: Taxa de crescimento relativo (massa/massa x tempo)

TAL: Taxa assimilatória líquida ou aparente (massa/área foliar x tempo)

RAF: Razão de área foliar (em área foliar/massa)

DAF: Duração da área foliar (em área foliar/área terreno x tempo).

Abaixo dos valores aparecerá a mensagem "Digite arroba (@) para voltar às opções". Se a escolha anterior (opção ou combinação de equações para matéria seca e área foliar) não agradar, digite outra opção até encontrar a melhor.

Cópia do programa pode ser obtida enviando um disquete 5 1/4" e as despesas postais, para

Tomás de Aquino Portes, CNPAF/EMBRAPA, CP 179, Goiânia, GO, CEP 74.001, Brasil.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem ao Prof. Hilton Silveira Pinto, por ter permitido a utilização dos equipamentos do CEPAGRI-UNICAMP, na elaboração do programa.

REFERÊNCIAS

- BUTTERY, B.R. Analysis of the growth of soybeans as affected by plants population and fertilizer. *Can. J. Plant Sci.*, 49: 675-684, 1969.
- BRANDES, D.; MAESTRI, M.; VIEIRA, C.; GOMES, F.R. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). II. Análise de crescimento. *Experientiae*, Viçosa, 15(1): 1-21, 1973.
- CALBO, A.G.; SILVA, W.L.C.; TORRES, A.C. Comparação de modelos e estratégias para análise de crescimento. *Rev. Bras. Fisiol. Veg.*, 1(1): 1-7, 1989a.
- CALBO, A.G.; SILVA, W.L.C.; TORRES, A.C. Ajuste de funções não lineares de crescimento. *Rev. Bras. Fisiol. Veg.*, 1(1): 9-17, 1989b.
- CAUSTON, D.R. & VENUS, J.C. *The biometry of plant growth*. London, Edward Arnold, 1981. 307p.
- DORN, W.S. & McCracken, D.D. *Cálculo numérico com estudos de casos em Fortran IV*. São Paulo, Campus/Universidade de São Paulo, 1978. 568p.
- HUNT, R. *Plant growth curves; the functional approach to plant growth analysis*. London, Edward Arnold, 1982. 248p.
- KVET, J.; ONDOCK, J.P.; NECAS, J.; JARVIS, P.G. Methods of growth analysis. In: SESTAK, Z.; CATSKY, J.; JARVIS, P.G., eds. *Plant photosynthetic production; manual of methods*. The Hague, W. Junk, 1971. p. 343-391.
- LANDSBERG, J.J. Some useful equations for biological studies. *Exp. Agric.*, 13: 273-286, 1977.
- LOPES, N.F.; OLIVA, M.A.; FREITAS, J.G.; MELGES, E.; BELTRÃO, N. E. M. Análise de crescimento e conversão da energia solar em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) submetido a três níveis de densidade do fluxo radiante. *Rev. Ceres*, 29(166): 586-606, 1982.
- PEREIRA, A.R. & MACHADO, E.C. *Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais*. Campinas, Instituto Agrônomo, 1987. 33p. (Boletim Técnico, 114)
- RADFORD, P.J. Growth analysis formulae; their use and abuse. *Crop Sci.*, 7: 171-175, 1967.
- RUGGIERO, M. A. G. & LOPES, V. L. R. *Cálculo numérico; aspectos teóricos e computacionais*. São Paulo, McGraw-Hill, 1988. 295p.
- SPIEGEL, M.R. *Estatística*. São Paulo, McGraw-Hill, 1985. 454p.
- STONE, L.F.; PORTES, T.A.; MOREIRA, J.A.A. Efeitos da tensão da água do solo sobre a produtividade e crescimento do feijoeiro II. Crescimento. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 23(5): 503-510, 1988.
- ZULLO Jr, J. & ARRUDA, F.B. *Programa computacional para ajuste de equações em dados experimentais*. Campinas, Instituto Agrônomo, 1987. 31p. (Boletim Técnico, 113).

APÊNDICE

São apresentadas, a seguir, as equações usadas para obtenção dos índices da análise de crescimento.

1. Linear

Versão para ajuste $y = a + bt$

$$MS(y) = a + bt; \quad IAF(Y_1) = a_1 + b_1 t$$

$$TCC = dMS/dt = d(a + bt)/dt; \quad TCC = b$$

$$TCR = d(1nMS)/dt = d \ln(a + bt) / dt; \quad TCR = b / (a + bt)$$

$$TAL = (dMS/dt)/IAF = TCC/IAF; \quad TAL = b / (a_1 + b_1 t)$$

2. Quadrática

Versão para ajuste $y = a + bt + ct^2$

$$MS(y) = a + bt + ct^2; \quad IAF(Y_1) = a_1 + b_1 t + c_1 t^2$$

$$TCC = d(a + bt + ct^2)/dt; \quad TCC = b + 2ct$$

$$TCR = d \ln(a + bt + ct^2) / dt; \quad TCR = (b + 2ct) / (a + bt + ct^2)$$

$$TAL = (b + 2ct) / (a_1 + b_1 t + c_1 t^2)$$

3. Cúbica

Versão para ajuste $y = a + bt + ct^2 + dt^3$ para MS e $IAF > 0$

$$MS(y) = a + bt + ct^2 + dt^3; \quad IAF(Y_1) = a_1 + b_1 t + c_1 t^2 + d_1 t^3$$

$$TCC = d(a + bt + ct^2 + dt^3)/dt; \quad TCC = b + 2ct + 3dt^2$$

$$TCR = d \ln(a + bt + ct^2 + dt^3) / dt;$$

$$TCR = (b + 2ct + 3dt^2) / (a + bt + ct^2 + dt^3)$$

$$TAL = (b + 2ct + 3dt^2) / (a_1 + b_1 t + c_1 t^2 + d_1 t^3)$$

4. Exponencial Quadrática

Versão para ajuste $1ny = a + bt + ct^2$ para $MS > 0$

$$MS(y) = ae^{(bt + ct^2)}; \quad IAF(Y_1) = a_1 e^{(b_1 t + c_1 t^2)}$$

$$TCC = d ae^{(bt + ct^2)} / dt; \quad TCC = ae^{(bt + ct^2)} \cdot (b + 2ct)$$

$$TCR = d \ln(ae^{(bt + ct^2)}) / dt; \quad TCR = b + 2ct$$

$$TAL = (b + 2ct) \cdot ae^{(bt + ct^2)} / a_1 e^{(b_1 t + c_1 t^2)}$$

5. Exponencial Cúbica

Versão para ajuste $1ny = a + bt + ct^2 + dt^3$ para $MS > 0$

$$MS(y) = ae^{(bt + ct^2 + dt^3)}; \quad IAF(Y_1) = a_1 e^{(b_1 t + c_1 t^2 + d_1 t^3)}$$

$$TCC = d(ae^{(bt + ct^2 + dt^3)}) / dt;$$

$$TCC = ae^{(bt + ct^2 + dt^3)} \cdot (b + 2ct + 3dt^2)$$

$$TCR = d \ln(ae^{(bt + ct^2 + dt^3)}) / dt; \quad TCR = b + 2ct + 3dt^2$$

$$TAL = (b + 2ct + 3dt^2) \cdot ae^{(bt + ct^2 + dt^3)} / a_1 e^{(b_1 t + c_1 t^2 + d_1 t^3)}$$

6. Logística

Versão para ajuste $1n(C/Y - 1) = 1na - bt$ para $Y > 0, Y < C$

$$MS(y) = c / (1 + be^{-at}); \quad IAF(Y_1) = c_1 / (c_1 + b_1 e^{-a_1 t})$$

$$TCC = d [c / (1 + be^{-at})] / dt; \quad TCC = (cbae^{-at}) / (1 + be^{-at})^2$$

$$TCR = d [1n c / (1 + be^{-at})] / dt; \quad TCR = (bae^{-at}) / (1 + be^{-at})$$

$$TAL = (1 + b_1 e^{-a_1 t}) (cbae^{-at}) / [c_1 (1 + be^{-at})^2]$$