

Comunicação Científica

Determinação do Número de Ínstares de Insetos Utilizando Modelo de Regressão Segmentado

Gláucia M.B. Ambrosano¹, Toshio Igue¹ e André L. Lourenção²

¹Seção de Técnica Experimental e Cálculo, Instituto Agronômico, IAC, Caixa postal 28, 13001-970, Campinas, SP.

²Seção de Entomologia Fitotécnica, IAC, Caixa postal 28, 13001-970, Campinas, SP.

An. Soc. Entomol. Brasil 26(2): 371-374 (1997)

Using the Segmented Regression in Determining Instar Number of Insects

ABSTRACT - Data from populations of *Anticarsia gemmatalis* Hübner larvae, and simulated data considering fixed and variable proportions of larvae head capsules sizes of successive instars, were fit into a segmented polynomial regression. The joint points corresponded to the change of instars and the larvae growing process was represented by a sequence of submodels. This allowed the accurate estimation of the mean size of larvae head capsule, and the confidence interval for each instar.

KEY-WORDS: Insecta, head capsule, insect development.

A razão de crescimento em insetos pode ser prevista por regras empíricas. Dyar (1890) demonstrou que a cápsula cefálica de lagartas cresce em progressão geométrica, aumentando em largura a cada ecdise numa razão constante (em média 1,4) sendo possível deduzir qual o número de ecdises. A determinação do número de ínstares, baseando-se nesta regra tem sido largamente utilizada, mas tem recebido críticas por não se aplicar a certos grupos de insetos (Parra & Haddad 1989). Por exemplo, para *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Popillia japonica* (Newman) (Coleoptera: Scarabaeidae), há tamanha variação que a regra de Dyar não pode ser usada. Em outra lei empírica de crescimento, conhecida como a regra de Przibram, o peso do inseto dobra a cada ínstar e a cada ecdise e

as dimensões lineares são aumentadas na razão de $\sqrt[3]{2}=1,26$. Esta regra, deduzida de medidas de *Sphodromantis* (Mantodea), pode ser tão incorreta que não apresenta valor prático (Wigglesworth 1972).

O ajuste de curvas de regressão através de um único modelo é comum, mas pode acontecer que certo fenômeno seja melhor representado por uma seqüência de submodelos. É relativamente simples ajustar uma curva segmentada quando se conhecem os pontos de ligação (Hudson 1966), mas também é possível estimar esses pontos. Gallant & Fuller (1973) estimaram parâmetros de modelos de regressão que consistem de submodelos polinomiais unidos cujos pontos de união não são conhecidos. Nesse trabalho testou-se a regressão segmentada na determinação do número de ínstares de

Tabela 1. Larguras (mm) das cápsulas cefálicas reais (usada na simulação) e calculadas para cada ínstar usando o ponto de ligação estimado pela regressão segmentada.

| Média para Simulação | Dias | Ínstares | Cápsula Cefálica (Média Estimada) | Intervalo de Confiança ($\alpha = 0,05$) |
|----------------------|---------|----------|-----------------------------------|--|
| 0,34 | 1 a 4 | 1 | 0,3424 | 0,3362-0,3485 |
| 0,54 | 5 a 8 | 2 | 0,5432 | 0,5323-0,5541 |
| 0,86 | 9 a 12 | 3 | 0,8710 | 0,8554-0,8866 |
| 1,38 | 13 a 16 | 4 | 1,3800 | 1,3584-1,4016 |
| 2,21 | 17 a 20 | 5 | 2,2251 | 2,1848-2,2654 |
| 0,34 | 1 a 4 | 1 | 0,3424 | 0,3362-0,3485 |
| 0,51 | 5 a 8 | 2 | 0,5092 | 0,4983-0,5200 |
| 1,02 | 9 a 12 | 3 | 1,0206 | 1,0050-1,0362 |
| 1,33 | 13 a 16 | 4 | 1,3134 | 1,2918-1,3350 |
| 2,25 | 17 a 20 | 5 | 2,2518 | 2,2216-2,2820 |

insetos.

Os valores utilizados foram obtidos usando-se medidas reais obtidas de duas amostras de lagartas de *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae), criadas em laboratório, em soja sadia e soja com o vírus do mosaico comum (SMV), à $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 10\%$ UR e fotofase de 14 h; e simulando-se dados através do programa Statistical Analysis System (SAS). A 1a amostra foi simulada considerando-se cinco ínstaes, com as larguras médias das cápsulas para cada ínstar: 0,34; 0,54; 0,87; 1,39 e 2,23 mm (proporções fixas de 1,6 entre os ínstaes). Os dados da 2a amostra foram simulados com as larguras médias: 0,34; 0,51; 1,02; 1,33 e 2,25 mm (proporções variáveis). Utilizando o programa SAS e o método de Marguardt, foi feita uma regressão segmentada entre largura da cápsula (mm), e tempo (dias) para cada amostra, determinando-se os pontos de ligação dos submodelos, os quais representam a mudança de ínstaes. Foram calculadas as médias das larguras das cápsulas e os intervalos de confiança, dentro de cada ínstar definido pelos pontos de ligação estimados pela regressão segmentada, comparando-se as médias

estimadas e observadas através do teste t. A simulação das larguras das cápsulas cefálicas para cada ínstar, foi feita através do SAS, utilizando-se o seguinte modelo: $Y_{i,j} = \mu_i + e_{ij}$; onde: $Y_{i,j}$ = o valor da cápsula cefálica do ínstar i , repetição j ; μ_i = a média das cápsulas do ínstar i ; e_{ij} = variância aleatória. Foram simulados 450 valores para cada ínstar. O modelo da média diária da largura da cápsula ($g(x)$) foi formado por uma sequência de submodelos lineares. Assim: $g(x) = g_1(x, \beta_1)$ para $\alpha_0 \leq x < \alpha_1$; $g_2(x, \beta_2)$ para $\alpha_1 \leq x < \alpha_2$; $g_r(x, \beta_r)$ para $\alpha_{r-1} \leq x < \alpha_r$; Onde: $g(x)$ = modelo de regressão da largura da cápsula em função do tempo; $g_r(x, \beta_r)$ = submodelo de regressão do ínstar r ; $\alpha_{i-1} - \alpha_i$ ($i = 1, 2, \dots, r$) = intervalo correspondente a variação da cápsula cefálica do ínstar i ; e β_r = coeficiente de regressão do submodelo do ínstar r . Através da regressão não linear, foram estimados os valores de α_i (junção dos submodelos), e calculadas as larguras médias das cápsulas e seus intervalos de confiança, os quais representam os ínstaes.

Houve convergência em todas as amostras estudadas. A largura média estimada não diferiu da média real tanto para a amostra

Tabela 2. Largura (mm) média da cápsula cefálica de cada ínstar de *Anticarsia gemmatalis* calculada usando o ponto de ligação estimado pela regressão segmentada.

| Amostra | Tipo | Dias | Ínstar | Cápsula Cefálica (Média) | Intervalo de Confiança |
|---------|----------------------|--------|--------|--------------------------|------------------------|
| Sadia | completa | 1 e 2 | 1 | 0,3379 | 0,3294-0,3464 |
| | | 3 e 4 | 2 | 0,5085 | 0,4838-0,5331 |
| | | 5 e 6 | 3 | 0,9682 | 0,9098-1,0266 |
| | | 7 e 8 | 4 | 1,6220 | 1,5335-1,7104 |
| | | 9 a 15 | 5 | 2,5022 | 2,4342-2,5702 |
| Com SMV | completa | 1 e 2 | 1 | 0,3341 | 0,3252-0,3430 |
| | | 3 e 4 | 2 | 0,5270 | 0,5046-0,5494 |
| | | 5 e 6 | 3 | 1,0200 | 0,9470-1,0932 |
| | | 7 e 8 | 4 | 1,6924 | 1,5972-1,7875 |
| | | 9 a 13 | 5 | 2,5280 | 2,4722-2,5838 |
| Com SMV | sem valores extremos | 1 e 2 | 1 | 0,3341 | 0,3252-0,3430 |
| | | 3 e 4 | 2 | 0,5466 | 0,5300-0,5632 |
| | | 5 e 6 | 3 | 1,0740 | 1,0098-1,1381 |
| | | 7 e 8 | 4 | 1,6906 | 1,6912-1,7364 |
| | | 9 a 13 | 5 | 2,6027 | 2,5756-2,6299 |

com proporções fixas como variáveis, sendo que nesse último caso não se poderia utilizar a regra de Dyar para determinar o número de ínstar (Tabela 1). Para a amostra criada em laboratório (Tabela 2), pode-se verificar que não houve variação no valor da cápsula cefálica média estimada, quando foram eliminados os valores extremamente baixos ou altos ("outliers"). Observou-se, ainda, que nesse caso as proporções entre as larguras médias estimadas nos ínstar consecutivos variaram de 1,42 a 1,96.

Concluiu-se que o modelo segmentado pode ser utilizado na determinação do número de ínstar e do tamanho médio das cápsulas cefálicas de cada ínstar, mesmo no caso em que a regra de Dyar não se aplica.

Agradecimentos

A.L. Lourenção agradece ao CNPq pela bolsa concedida.

Literatura Citada

- Dyar, H.G. 1890.** The number of molts of lepidopterous larvae. *Psyche* 5:420-422.
- Hudson, D.J. 1966.** Fitting segmented curves whose join points have to be estimated. *J. Am. Stat. Assoc.* 61:1097-1125.
- Gallant, A.R. & W. A. Fuller. 1973.** Fitting segmented polynomial regression models whose join points have to be estimated. *J. Am. Stat. Assoc.* 68:144-147.

Parra, J.R.P. & M. L. Haddad. 1989. Determinação do número de ínstar de insetos. Piracicaba, Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 49 p.

Wigglesworth, V.B. 1972. The principles of insect physiology. 7th ed., London, Chapman and Hall, 827 p.

Recebido em 29/08/96. Aceito em 22/04/97.
