

# LA VARIANZA DEL TASSO INTRINSECO D'INCREMENTO: POSSIBILE SIGNIFICATO ECOLOGICO PER ALCUNI ACARI PREDATORI

## VARIANCE OF THE INTRINSIC RATE OF INCREASE IN PREDATORY MITES: POSSIBLE ECOLOGICAL MEANINGS

Sauro Simoni\*<sup>1</sup>, Marisa Castagnoli<sup>1</sup>

<sup>1</sup>: C.R.A. - Istituto Sperimentale per la Zoologia Agraria via di Lanciola 12/a - 50125 Firenze (Italy)

\*Corresponding author: Tel. +39-55-2492229, fax +39-55-209177 e-mail: sauro.simoni@isza.it

Ricevuto 3 aprile 2005, accettato 14 ottobre 2005

### Riassunto

Il tasso intrinseco d'incremento,  $r_m$ , rappresenta la sintesi dei parametri biologici e demografici di una specie/popolazione di insetti o acari valutati in determinate condizioni. Quasi sempre questo valore è fornito senza stima della quota di variabilità ad esso associata. Utilizzando la procedura/tecnica Jackknife, alcune serie di dati disponibili su acari fitoseidi, predatori di acari dannosi alle colture, sono state rivalutate al fine di calcolare la stima della varianza del tasso intrinseco d'incremento e degli altri parametri.

I dati ottenuti sono, nella maggioranza dei casi, consistenti con quelli noti. Una maggiore dispersione nella varianza del tasso intrinseco di incremento è stata riscontrata quando i fitoseidi erano in condizioni non ottimali di sopravvivenza o non ancora adattati ad una nuova condizione. Per quanto preliminari i risultati sembrano evidenziare che l'entità dell'ampiezza della varianza possa essere un indice dell'adattamento o gradimento delle specie di fitoseidi alle condizioni imposte.

**Parole chiave:** fitoseidi, metodo Jackknife,  $r_m$ , parametri biologici.

### Abstract

The intrinsic rate of increase,  $r_m$ , summarizes the biological and demographic parameters of an insect or mite population in established laboratory conditions. Generally, estimates of  $r_m$  are reported in the literature without any measure of uncertainty. Series of data related to the growth potential of the phytoseiids, mites preying phytophagous mites, are newly processed using the Jackknife technique in order to calculate the variance of the intrinsic rate of increase and of the other associated demographic parameters.

The results obtained generally agree with the previously calculated. A more wide variance associated to  $r_m$  was found when the phytoseiids were not in optimal survival conditions or not accustomed to new conditions. Although preliminarily, our results seem to evidence the amplitude of variance as informative index of the adaptation to the set conditions.

**Keywords:** phytoseiids, Jackknife method,  $r_m$ , biological parameters

### Introduzione

Ogni sistema ecologico che evolve nel tempo dà luogo a successioni che hanno caratteristiche di flessibilità e, spesso, di reversibilità: si opera una sorta di 'derivata' temporale ogniqualvolta si cerchi di valutare in laboratorio le risposte agli stimoli ambientali d'organismi animali e di definirne il grado di successo o adattabilità durante l'evoluzione temporale di un dato sistema.

Mentre a livello di comunità la compensazione avviene spesso con sostituzione di specie, a livello di simulazioni od esperimenti di laboratorio, la compensazione può avvenire mediante selezione genetica ma anche attraverso cambiamenti dei meccanismi fisiologici (per es. alterazioni dell'affinità enzima-substrato) che contribuiscono a mantenere a livelli relativamente stabili la popolazione. Il tasso intrinseco d'incremento,  $r_m$ , (Birch, 1948), in quanto espressione e sintesi dei connotati biologici (lun-

ghezza dello sviluppo, fertilità, sex ratio, mortalità) rappresenta uno dei parametri più utilizzati nell'esprimere e nel valutare il potenziale di sviluppo di una specie di insetti od acari valutata in determinate condizioni; tale parametro definisce infatti quante femmine produce una femmina al giorno. Nella maggioranza dei casi le stime dell' $r_m$ , e dei parametri che da esso derivano, sono riportate come singole statistiche senza indicazione della quota di variabilità ad esse associata, non consentendo di operare inferenza statistica. Tra gli acari, i fitoseidi rappresentano un importante gruppo di predatori con vario grado di specializzazione e una discreta capacità di adattamento a nuove condizioni e/o cibi alternativi. Molte specie sono in grado di contenere le popolazioni di altri acari o piccoli insetti dannosi alle colture ed alcune sono già correntemente commercializzate e utilizzate nel con-

**Tab. 1** - Casi di studio esaminati e loro numero di riferimento nel testo  
**Tab. 1** - *Set of data examined and their reference number in the text*

Rif.	fitoseide predatore	preda/cibo (F= generazione n.)	T°C	$r_m$		
1	<i>Neoseiulus californicus</i>	<i>Tetranychus urticae</i>	13	0,06	Cast. & Sim., 1991	
2	<i>N. californicus</i>	<i>T. urticae</i>	17	0,11	" "	
3	<i>N. californicus</i>	<i>T. urticae</i>	21	0,19	" "	
4	<i>N. californicus</i>	<i>T. urticae</i>	25	0,26	" "	
5	<i>N. californicus</i>	<i>T. urticae</i>	29	0,35	" "	
6	<i>N. californicus</i>	<i>T. urticae</i>	33	0,38	" "	
7	<i>N. californicus</i> <sup>(a)</sup>	<i>Aculops lycopersici</i>	F1	25	0,17	Cast. et al., 2004
8	<i>N. californicus</i> <sup>(b)</sup>	<i>A. lycopersici</i>	F1	25	0,21	" "
9	<i>N. californicus</i> <sup>(a)</sup>	<i>A. lycopersici</i>	F2	25	0,17	" "
10	<i>N. californicus</i> <sup>(b)</sup>	<i>A. lycopersici</i>	F2	25	0,15	" "
11	<i>N. californicus</i> <sup>(a)</sup>	<i>A. lycopersici</i>	F3	25	0,10	" "
12	<i>N. californicus</i> <sup>(b)</sup>	<i>A. lycopersici</i>	F3	25	0,08	" "
13	<i>Typhlodromus exhilaratus</i>	<i>Eotetranychus carpini</i>	25	0,18	Cast. et al., 1989	
14	<i>T. exhilaratus</i>	<i>T. urticae</i>	25	0,12	Cast. & Lig., 1987	
15	<i>Amblyseius cucumeris</i>	polline di <i>Quercus</i>	25	0,19	Cast. & Sim., 1990	
16	<i>A. cucumeris</i>	<i>T. urticae</i>	25	0,17	" "	
17	<i>A. cucumeris</i>	<i>Dermatophagoides farinae</i>	25	0,20	Cast., 1989	
18	<i>A. cucumeris</i>	<i>Thrips tabaci</i>	F1	25	0,15	Cast. & Sim., 1990
19	<i>A. cucumeris</i>	<i>T. tabaci</i>	F2	25	0,16	" "
20	<i>A. cucumeris</i>	<i>T. tabaci</i>	F3	25	0,18	" "
21	<i>N. californicus</i>	<i>T. urticae</i> + poll. <i>Quercus</i>	27,1 <sup>(c)</sup>	0,29	Cast. et al., 1995	
22	<i>N. californicus</i>	<i>T. urticae</i> + poll. <i>Quercus</i>	20,4 <sup>(c)</sup>	0,21	" "	
23	<i>N. californicus</i>	polline <i>Quercus</i>	25	0,16	Cast. & Lig., 1994	
24	<i>T. exhilaratus</i>	polline <i>Quercus</i>	25	0,10	" "	
25	<i>T. kerkirae</i>	<i>T. urticae</i>	25	0,16	Lig. et al., 1996	
26	<i>T. kerkirae</i>	polline <i>Quercus</i>	25	0,19	" "	
27	<i>N. californicus</i>	<i>D. farinae</i>	25	0,14	Cast. et al., 1999a	

<sup>(a)</sup>: provenienti da allevamenti su *T. urticae*;

<sup>(b)</sup>: provenienti da allevamenti su polline di *Quercus* spp.;

<sup>(c)</sup>: temperatura media registrata in condizioni di semi campo.

<sup>(a)</sup>: coming from *T. urticae* mass rearing;

<sup>(b)</sup>: coming from *Quercus* spp. mass rearing;

<sup>(c)</sup>: mean temperature registered in semi-field conditions.

trolo biologico dei fitofagi. Il calcolo dell' $r_m$  e degli altri parametri demografici ad esso associati è considerato, di fatto, un prerequisito per valutare le potenzialità di questi predatori nel controllo dei fitofagi.

Utilizzando la tecnica Jackknife che consente di stimare la quota di variabilità associata ai valori di  $r_m$  e agli altri parametri demografici ad esso connessi, sono state processate 27 serie di dati già utilizzati per il calcolo di tassi intrinseci di incremento di acari fitoseidi con il classico metodo iterativo di Birch (1948). Si è quindi tentato di interpretare la possibile valenza ecologica della quota di variabilità calcolata.

## Materiali e metodi

Nella tabella 1 sono elencati i 27 casi considerati per il calcolo dei limiti di confidenza del tasso intrinseco di incremento e gli  $r_m$  già riportati in letteratura. I casi di studio riguardano 4 specie di fitoseidi tra i più comuni in Italia sulle colture agrarie. *Neoseiulus californicus* (McGregor) è il predatore per cui si hanno più dati ed è, tra quelli considerati, il più specializzato sul fitofago *Tetranychus urticae* Koch, su cui evidenzia il più alto potenziale riproduttivo. Questo fitoseide può anche nutrirsi a spese di altre specie di acari o di cibi alternativi, ad esempio l'eriofide del pomodoro *Aculops lycopersici* (Tyron) e l'acaro della polvere delle case *Dermatophagoides farinae* Hughes (Castagnoli e Simoni, 2003). *Typhlodromus exhilaratus* Ragusa predilige *Eotetranychus carpini* (Oudemans) (Castagnoli et al., 1989), mentre *Amblyseius cucumeris* (Oudemans) si incrementa maggiormente sull'acaro delle polveri di casa, *D. farinae* o su tripidi, per esempio *Thrips tabaci* Lind. (Castagnoli, 1989; Castagnoli e Simoni, 1990). *Typhlodromus kerkirae* Swirski e Ragusa è specializzato su polline pur non disdegnando prede diverse (Liguori et al., 1996). La temperatura di riferimento è stata generalmente 25°C, tranne che per *N. californicus* per cui, in alcuni test, sono state saggiate diverse temperature sia costanti che variabili. Oltre che su cibi diversi sono stati considerati anche dati ottenuti valutando la performance di ceppi di fitoseidi alimentati con cibi differenti e/o, nell'ambito di generazioni successive, con differente grado di adattamento al cibo o preda proposta.

I dati utilizzati per il calcolo dell' $r_m$  sono stati il tempo di sviluppo dall'ovideposizione dell'uovo femminile alla produzione del primo uovo da parte della femmina matura, la sopravvivenza, la fecondità e la sex ratio. Le percentuali di sopravvivenza degli immaturi e la sex ratio erano calcolate su centinaia di esemplari, mentre i tempi di sviluppo, la sopravvivenza delle femmine e la loro fecondità su almeno una quindicina di individui. Dalla formula secondo la quale la popolazione di un artropode in determinate condizioni si accresce esponenzialmente secondo il modello

$$N(t) = N_0 \times e^{r_m \times t}$$

dove

$N(t)$  indica il numero degli individui della popolazione al tempo  $t$ ,

$N_0$  è il numero di individui iniziale,

$r_m$  o tasso intrinseco di incremento, rappresenta il tasso di crescita della popolazione, derivano tutte le metodiche per il calcolo dell' $r_m$ .

Generalmente la stima dell'intervallo di confidenza dei valori degli  $r_m$  è calcolata con i metodi di iterazione Jackknife e Bootstrap; in questo contesto si è scelto di adottare il metodo Jackknife come proposto da Meyer *et al.* (1986) che si basa sul calcolo ripetuto dell'estimatore tralasciando, di volta in volta, un campione (nel nostro caso una femmina) dal computo dei dati.

Tale metodo, rispetto alla tecnica Bootstrap, risulta essere uno stimatore più conservativo dell'intervallo dei limiti di confidenza (95%) dell' $r_m$  e degli altri parametri demografici associati soprattutto quando l'entità numerica dei campioni da esaminare non è grandissima. L'applicazione della tecnica Jackknife ed il computo dei valori e dei rispettivi intervalli di confidenza è stato eseguito utilizzando il programma implementato da Maia *et al.* (2000) e il pacchetto statistico SAS (1999).

Il coefficiente di variazione,  $V = (\text{Deviazione Standard} \times 100) / \text{media}$ , è stato utilizzato quale misura di dispersione delle singole variabili di tempo di sviluppo e fertilità giornaliera.

## Risultati e discussione

I valori di  $r_m$  ottenuti utilizzando il metodo Jackknife applicato all'analisi dei dati sono visualizzati in Fig. 1A. Questo metodo ha quasi sempre restituito valori del tasso di crescita della popolazione leggermente più bassi di quelli già noti e calcolati utilizzando il metodo iterativo (Abou-Setta *et al.*, 1986). Solo pochi casi (7, 12, 14, 18 e 24) registrano valori leggermente più alti, ma rimangono comunque inclusi nel range di variabilità determinato in questo lavoro.

Nel 67% dei casi il range della varianza (intervalli di confidenza al 95%) include i valori già noti. Nei rimanenti casi (3, 4, 5, 6, 13, 15, 17, 21 e 22) che corrispondono tutti a minime ampiezze dei limiti di confidenza (Fig. 1B), gli  $r_m$  calcolati con il metodo iterativo hanno valori più alti (da 1/20 a 1/7) del limite superiore di confidenza accertato. Nel complesso, dunque, questi dati suggeriscono una tendenza alla sottostima della tecnica Jackknife rispetto al metodo iterativo.

Per quanto riguarda l'ampiezza dei limiti di confidenza registrati per l' $r_m$ , scarti maggiori del 10% sono stati registrati in 8 casi su 27 e la più ampia forbice (>70%) nella III generazione di *N. californicus* precedentemente allevato con polline, su eriofidi (caso 12) (Fig. 1B). Due casi (23, 24) riguardano *N. californicus* e *T. exhilaratus* su polline che è un alimento subottimale per le due specie (Castagnoli e Simoni, 1990) ma non per *T. kerki-rae* (Liguori *et al.*, 1996). Il terzo caso riguarda *T. exhilaratus* su *T. urticae* (caso 14): la preda di elezione di questo fitoseide è, per i dati di nostra conoscenza, *Eote-*

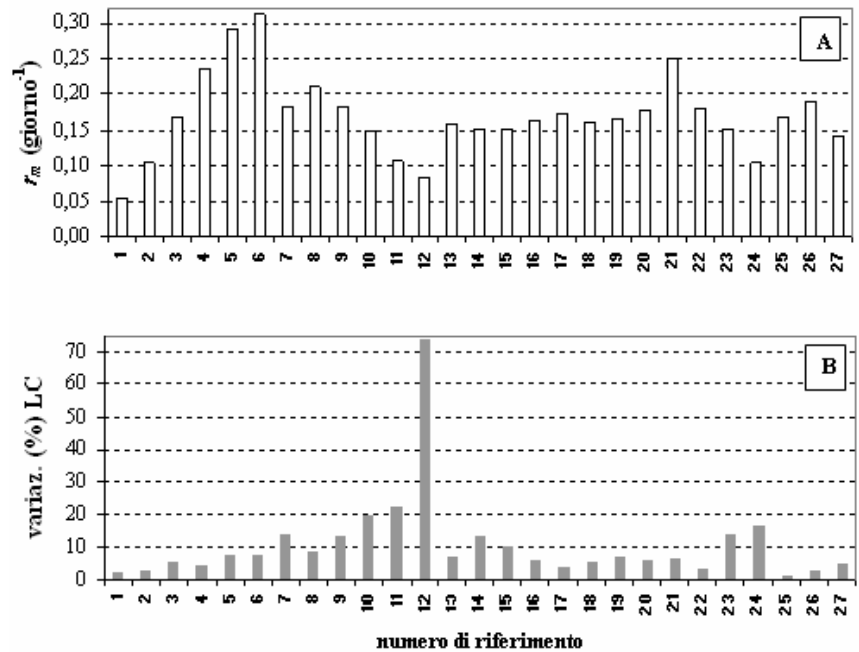
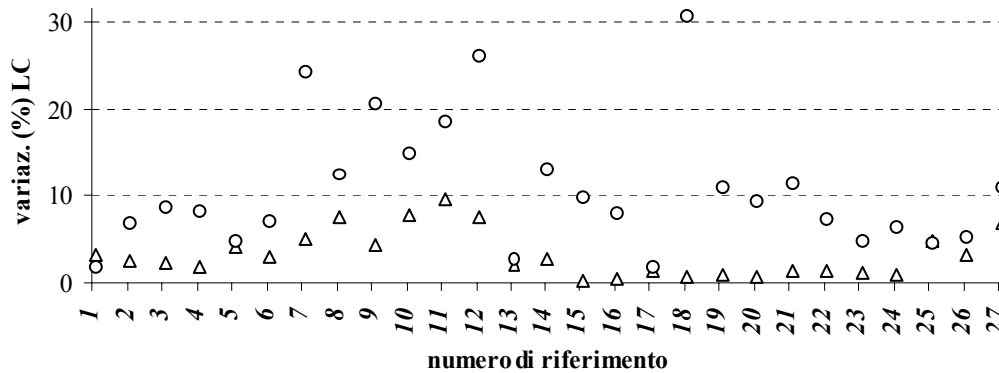


Fig. 1 - Tassi intrinseci di incremento calcolati con il metodo Jackknife (A) e ampiezza percentuale dei limiti di confidenza (95%) rispetto ai valori di  $r_m$  (B).

Fig. 1 - Intrinsic rates of increase calculated by means of Jackknife procedure (A) and percentage of their confidence limits (95%) (B).

*tranychus carpini* (Castagnoli *et al.*, 1989). I rimanenti casi sono *N. californicus* sull'eriofide *A. lycopersici* (casi 7, 9, 10, 11, 12) che, come la pianta su cui è infeudato, il pomodoro, è sicuramente poco gradito per il fitoseide (Castagnoli *et al.*, 1999b).

I fattori che più avrebbero dovuto incidere sulla quota di variabilità dell' $r_m$  calcolato sono la fertilità (sia intesa in termini di numero di uova complessive deposte, sia in termini di andamento temporale dell'ovideposizione), i tempi di sviluppo e la sopravvivenza delle femmine, in quanto per sex ratio e mortalità giovanile è stato usato un valore medio. La più alta dispersione dei campioni considerati è stata registrata nei valori di fertilità, con variazioni superiori al 10% in 11 casi, tutti relativi a fitoseidi non adattati alle condizioni imposte (Fig. 2). Nei tempi di sviluppo non sono stati registrati valori superiori al 10% (Fig. 2). In questo ambito solamente 5 casi hanno superato la soglia del 5%: sono relativi a situazioni in cui *N. californicus* preda specie a cui non è adattato (eriofidi) o specie, come *D. farinae*, che sono predate con qualche difficoltà dagli stadi immaturi del fitoseide. In tutti i casi considerati la sopravvivenza delle femmine dei fitoseidi è rimasta generalmente costante nel primo periodo di ovideposizione che, corrispondendo alla più alta fertilità, maggiormente incide nella determinazione del valore del tasso intrinseco di incremento (Sabelis & Janssen, 1993). Pertanto la sua incidenza nella variabilità dell' $r_m$  può essere considerata meno significativa degli altri fattori.



**Fig. 2** - Ampiezza percentuale dei limiti di confidenza (95%) rispetto alla media per i tempi di sviluppo (Δ) e per il numero di uova deposte da ogni femmina giornalmente (○).

**Fig. 2** - Confidence limits (95%) of the means of developmental times (Δ) and the number of eggs daily laid (○).

In generale, l'ampiezza della forbice tra l' $r_m$  e i suoi limiti di confidenza sembra rispecchiare il graduale andamento dei rapporti tra le medie e le proprie dispersioni registrati quando fertilità e tempo di sviluppo sono stati valutati singolarmente (Fig. 2). Solamente nel caso 23, in cui *N. californicus* è alimentato con polline, cibo non elettivo per questo predatore, il rapporto  $r_m/LC$  supera il 10% mentre, nelle singole valutazioni di fertilità e tempi di sviluppo, si colloca in una zona di minima variazione. Minime variazioni si sono dunque composte amplificandosi nel tasso intrinseco di incremento che, se calcolato con relativa stima della sua variabilità, diventa un parametro ancor più indicativo. Anche se in alcune delle condizioni esaminate è garantito un apprezzabile sviluppo della popolazione, la dispersione dell' $r_m$  sembra restituire un indice della fase del processo di omogeneizzazione della risposta dei singoli individui di una popolazione alle condizioni imposte e mettere in risalto la difformità delle risposte dei singoli individui. Per quanto preliminari, questi dati sembrano supportare in effetti l'ipotesi che l'ampiezza della dispersione dell' $r_m$  possa costituire un indice del grado di adattamento di una specie alle condizioni sperimentate.

## Bibliografia

- Abou-Setta, M.M., Sorrell, R.W., Childers, C.C., 1986. Life48: A basic computer program to calculate life table parameters for an insect or mite species. *Florida Entomol.*, 69 (4): 690-697.
- Birch, L.C., 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *J. Anim. Ecol.*, 17: 15-26.
- Castagnoli, M., 1989. Biologia e prospettive di allevamento massale di *Amblyseius cucumeris* (Oud.) (Acarina: Phytoseiidae) usando *Dermatophagoides farinae* Hughes (Acarina: Pyroglyphidae) come preda. *Redia*, 72: 389-402.
- Castagnoli, M., Liguori, M., 1987. Laboratory rearing and construction of a life table for *Typhlodromus exilaratus* Ragusa (Acarina: Phytoseiidae). *Redia*, 69: 591-596.
- Castagnoli, M., Simoni, S., 1990. Biological observations and life table parameters of *Amblyseius cucumeris* (Oud.) reared on different diets. *Redia*, 73 (2): 569-583.
- Castagnoli, M., Simoni, S., 1991. Influenza della temperatura sull'incremento delle popolazioni di *Amblyseius californicus* (McGregor) (Acarini: Phytoseiidae). *Redia*, 74 (2): 621-640.
- Castagnoli, M., Liguori, M., 1994. Utilizzazione di polline nell'allevamento massale di *Typhlodromus exilaratus* Ragusa e *Amblyseius californicus* (McGregor) (Acarini: Phytoseiidae). In: G. Viggiani, MAF, Conv. "Lotta Biologica", Acireale 1991, Ist. Pat. Veg., Roma, pp.139-144.
- Castagnoli, M., Simoni, S., 2003. *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acarini Phytoseiidae): survey of biological and behavioural traits of a versatile predator. *Redia*, 86: 153-164.
- Castagnoli, M., Amato, F., Monagheddu, M., 1989. Osservazioni biologiche e parametri demografici di *Eotetranychus carpini* (Oud.) (Acarina: Tetranychidae) e del suo predatore *Typhlodromus exilaratus* Ragusa (Acarina: Phytoseiidae) in condizioni di laboratorio. *Redia*, 72 (2): 545-557.
- Castagnoli, M., Simoni, S., Pintucci, M., 1995. Response of a laboratory strain of *Amblyseius californicus* (McGregor) (Acarina Phytoseiidae) to seminatural outdoor conditions. *Redia*, 78 (2): 273-282.
- Castagnoli, M., Simoni, S., Biliotti, N., 1999a. Mass-rearing of *Amblyseius californicus* on two alternative food sources. In: J. Bruin, L.P.S. van der Geest and M.W. Sabelis (eds): *Ecology and Evolution of the Acari*, Kluwer Acad, Publ., Dordrecht, The Netherlands, pp. 425-431.
- Castagnoli, M., Liguori, M., Simoni S., 1999b. Effects of two different host plants on biological features of *Neoseiulus californicus* (McGregor). *Int. J. Acarol.*, 25 (2): 145-150.
- Castagnoli, M., Simoni, S., Liguori, M., 2004. Evaluation of *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acarini: Phytoseiidae) as a candidate for the control of *Aculops lycopersici* (Tyron) (Acarini: Eriophyoidea): a preliminary study. *Redia*, 86: 97-100 (2003).
- Liguori, M., Guidi, S., Simoni, S., 1996. Life history and potential for increase of a laboratory strain of the predaceous mite *Typhlodromus kerkirae* Swirski and Ragusa (Acarini Phytoseiidae) reared on two different kinds of food. *Redia*, 79 (2): 247-256.
- Maia, A.H.N., Luiz, A.J.B., Campanhola, C., 2000. Statistical inference on associated fertility life table parameters using Jackknife technique: computational aspects. *J. Econ. Entomol.*, 93 (2): 511-518.
- Meyer, J.S., Ingersoll, C.G., MacDonald, L.L., Boyce, M.S., 1986. Estimating uncertainty in population growth rates: jackknife vs. bootstrap techniques. *Ecology*, 67: 1156-1166.
- Sabelis, M.W., Janssen, A., 1993. Evolution of life-history patterns in the Phytoseiidae. In: Houck M.A. (ed): *Mites: Ecological and evolutionary analyses of life-history patterns*. Chapman & Hall, New York, pp 70-98.
- SAS/STAT User's Guide, ver. 8, Volumi 1-2-3. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA, 1999.