

## Metode statistice cu aplicații în cercetări entomologice (V)

GH. STAN

### Summary

#### Statistical methods applied in entomological research (V)

The fifth part of the study about statistical methods used in entomology deals with the rate of increase of an insect population. As part of the dynamics parameters and populations level, are presented the both intrinsic and finite rate of increase, the net reproduction rate, the-birth and the death-rate, and the common modalities for to study of the intrinsic rate of increase in lepidoptera population, especially. Data from laboratory and field are compared.

#### c. Rata creșterii numerice.

Fiind un parametru important în studiul populațiilor, aici vom insista puțin mai mult. Există două accepțiuni de întrebuintare a acestei expresii:

- **rata intrinsecă de creștere sau rata infinită (infinitesimală de creștere ( $r$ ))**, este diferența dintre rata natalității și rata mortalității. Deci, corect este să se scrie:

$$r = Q_n - Q_m \quad \text{sau} \quad Q_r = Q_n - Q_m \quad / 78 /$$

și nu:  $r = n - m$  care este coeficientul creșterii numerice. Cu acest gen de rata se poate lucra cu rezultate bune, în studiul populațiilor de mamifere, păsări sau la om.

- **rata finită de creștere ( $\lambda$ )**, este necesară în studiul populațiilor de insecte, ea reprezentând *numărul de timpi necesari pentru multiplicarea populației pe o anumită unitate de timp*. Deci, într-o populație care crește exponențial (vezi la "ecuația de creștere"), dacă există  $N_t$  indivizi la timpul  $t$ , în următoarea unitate de timp, după aceea, rata de creștere va fi:

$$\frac{N_{t+1}}{N_t} = e^r$$

sau

/ 79 /

$$\frac{N_{t+1}}{N_t} = \text{antilog}_e r = \lambda$$

Deci, **rata finită (limitată) de creștere este antilogaritmul natural al ratei intrinseci de creștere ( $r$ ) sau reciproca, rata intrinsecă de creștere este logaritmul natural al lui  $\lambda$ .**

Să mai amintim aici că această constantă  $r$  definește rata intrinsecă de creștere în ecuația diferențială pentru creșterea populațiilor, într-un mediu nelimitat:

sau forma integrată

$$\frac{dN}{dt} = rN_0 \quad /80/$$

$$N_t = N_0 e^{rt} \quad /81/$$

Rata intrinsecă de creștere este rata de creștere per unitate în condiții fizice specifice, în spațiu nelimitat unde nu este nevoie să se ia în considerare efectul creșterii densității. Mulți autori s-au referit la acest concept sub denumirea de **potențial biotic** (prin combinarea ratelor fecundității, sexelor și supraviețuirii), **indice de mediu** (ca o măsură relativă a stabilității mediilor, dar fără a prezenta rata de creștere în diferite condiții de mediu) sau indice **combinat** (însușind numărul de ouă depuse, rata de supraviețuire a stadiilor imature, rata de dezvoltare și rata sexelor)(aut.cit în BIRCH,1952).

Studiul lui  $r$  s-a făcut prin metoda de determinare directă, la specii de insecte cu o singură perioadă de ovipozitare și care depun toate ouăle repede (BIRCH,1952). Alte cercetări în domeniu, au simplificat metoda aceasta de calcul (HOWE,1952).

Orice studiu despre rata de creștere a populațiilor este incomplet fără referire la **distribuția vârstelor în populație** (și legat de aceasta, a capacității femelelor de a produce urmași). O populație are în realitate un anumit **program al vârstei** atât pentru fecunditate cât și pentru mortalitate. Dacă ar exista o populație cu un program constant al vârstei pentru fecunditate și pentru mortalitate, populația va crește la o rată  $dN/dt = rN$  (deci parametrul  $r$  se referă la o populație cu o distribuție stabilă a vârstei). Ideea aceasta a fost vitală în statistică. În oricare alt fel de populație, **rata creșterii variază în timp** până se obține o distribuție stabilă a vârstei. Referitor la aceasta, se poate pune întrebarea: care este rata de creștere pentru  $N_0$  adulți proaspăt emersi, într-un spațiu nelimitat?. Această rată va varia în timp până când populația va avea o distribuție stabilă a vârstelor. Pe de altă parte, maximul ratei care se poate menține pe o perioadă nedefinită de timp este dată de rata de creștere într-o populație cu o distribuție stabilă a vârstelor. Această rată este deci o **capacitate intrinsecă de creștere** a organismului.

Toate acestea au determinat pe unii specialiști ecologi în studiul populațiilor de insecte să respingă forma exponențială a ecuației de creștere, abordând rata de creștere ca un **fenomen discontinuu**. Totuși, rata de creștere rămâne expresia cea mai bună pentru studiul creșterii populațiilor în spațiu nelimitat, dar ea singură nu este totuși satisfăcătoare. Astfel, o etapă următoare a fost **calcularea ratei de creștere ținând cont de vârsta specifică a fecundității și rata de supraviețuire, observată în condiții distincte** (rata fecundității se consideră proporția în care sunt depuse ouăle: sunt încă discuții dacă fecunditatea reprezintă numărul de ouă depuse de o femelă sau reprezintă numărul de ouă depuse + numărul de ouă din ovare, înregistrate la moarte). Considerând fecunditatea ca număr de ouă depuse, apar alte aspecte: unele sunt nefertile, altele nu eclozează în acest caz, acestea vor fi incluse în rata mortalității stadiului de ou). De fapt, unii ecologi și folosesc expresia de **rata fertilității** pentru rata natalității. Apoi, fecunditatea și rata de supraviețuire variază cu densitatea, deci valoarea lui  $r$  se poate calcula și la diferite densități. Semnificația particulară a lui  $r$  este în situația unei fecundități și rate de supraviețuire, maxime, atunci și densitatea este optimă și există un maxim posibil al ratei de creștere, în cadrul unor condiții fizice definite. Această zonă poate fi considerată ca o **zonă optimă** (accepțiunea lui *optim* este uneori arbitrară: optim nu implică întotdeauna și

un avantaj în creștere, la un maxim posibil al ratei). **Rata maximă intrinsecă de creștere** are importanță din două puncte de vedere:

- necesară "ca termen", în ecuațiile matematice ale populațiilor (Lotka, Gausse, Voltera);
- importanță practică ( pentru studiul temperaturii, umidității, densității, competiției interspecifice, care modelează zona optimă)

### Calcularea ratei intrinseci a creșterii numerice naturale.

Calcularea lui  $r$  (sau  $r_m$ ) se bazează pe populația de femele, datele necesare fiind:

\* - vârsta individuală în zile -  $X$ ;

\* - tabelul supraviețuirii și mortalității femelelor, care dă probabilitatea de naștere a urmașilor ce sunt vii la vârsta  $X$  (numărul de indivizi care trăiesc la vârsta  $X$ ), adică  $l_x$  ( $l_0=1$ );

\* - tabelul fecundității specifice vârstei care dă media numărului de femele reproducătoare, produse în unitatea de timp, de către o femelă de vârsta  $X$ , adică -  $m_x$ .

În calcularea distribuției vârstei stabile, rata de supraviețuire a vârstei specifice ( $l_x$ ) trebuie estimată atât pentru stadiile imature cât și pentru cele reproductive. Deci, pentru calcularea lui  $r$  sunt necesare atât tabelul cu supraviețuirea adultului cât și totașul supraviețuirii în stadiile imature. În practică, fecunditatea vârstei specifice ( $m_x$ ) se stabilește pe intervale de vârstă.

\* - **rata netă a reproducerii.**

Este cel de al patrulea parametru important și reprezintă **rata de multiplicare** ( $R_0$  - considerat ca simbol demografic) în prima generație și este cea mai bine ilustrată de rata nașterii numărului total de femele în două generații succesive.  $R_0$  este determinat atât pentru fecunditatea vârstei specifice cât și pentru rata de supraviețuire și este definită de relația:

$$R_0 = \int_0^{\infty} l_x m_x dx \quad /82/$$

**Rata intrinsecă de creștere** a fost concepută (BIRCH, 1948) în sensul de dezvoltare al unei populații care se află în condiții constante de mediu, în care spațiul și hrana sunt nelimitate și nu există alți factori de mortalitate decât cei fiziologici.

#### **Metodă de lucru.**

Spre exemplificare și înțelegere luăm cazul speciei *Heliothis armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) (BILAPATE et al., 1980). Se pornește de la 100 ouă/variantă (se pot compara variante referitoare la influența plantei gazdă, generații, linii de creștere, creștere pe diete artificiale diferite, etc). După eclozare, în vârsta I-a, se pun câte 10 larve/cutie Petri (cu diametrul de 5 cm), deci se lucrează cu 10 cutii. Se adaugă permanent hrană proaspătă (dacă sunt plante gazdă acestea se schimbă zilnic). Paralel cu creșterea se face o rărire progresivă iar din vârsta IV-a se hrănesc individual (sistemul celular este cel mai indicat (STAN, 1990). După împupare, pupele se sexează. La emergență adulții se hrănesc (soluție de miere 10%, soluție de glucoză 10%, soluție de zahăr 10%) până la vârsta de maturizare sexuală specifică și apoi se pun la împerecheat (o pereche/vas). Pentru toate situațiile de experimentare, se notează: perioada de eclozare, durata de dezvoltare larvară, pupală și

adult, emergența, fecunditatea zilnică (nr. ouă depuse/femelă), fertilitatea, mortalitatea. Se va întocmi un tabel al biologiei speciei de unde se vor obține parametrii:  $X$ ,  $l_x$ ,  $m_x$ . Toate testele s-au făcut în condiții de laborator, la o temperatură constantă de  $26 \pm 1^\circ \text{C}$ .

Pe baza acestor date, rata intrinsecă de creștere s-a calculat cu formula:

$$e^{-r} m^l m_x = 1$$

$e$  = baza logaritmului natural. Valorile pentru  $e^{-r} m^l$  se pot calcula din tabele matematice. Relația de mai sus se poate scrie și sub alte două forme (vezi în continuare, la modul concret de calculare). Analizăm acest aspect prin două exemple:

### Exemplul 1.

Mai întâi, în Tabelul 2, prezint ca model de lucru (după BIRCH, 1952), estimarea parametrilor necesari pentru studiul ratei de creștere.

Tabelul 2

Parametri  $l_x$ ,  $m_x$  și  $l_x m_x$  pentru *Calandra oryzae* ( $29^\circ \text{C}$ , UR=14%, rata sexelor = 1)(din BIRCH, 1952).

Vârsta (săptămâni) (X)	$l_x$	$m_x$	$l_x m_x$	$X.l_x m_x$
4,5	0,87	20,0	17,400	78,30
5,5	0,83	23,0	19,090	109,45
6,5	0,81	15,0	12,150	78,98
7,5	0,80	12,5	10,000	75,00
8,5	0,79	12,5	9,875	83,94
9,5	0,77	14,0	10,780	102,41
10,5	0,74	12,5	9,250	97,13
11,5	0,66	14,5	9,570	110,06
12,5	0,59	11,0	6,490	81,13
13,5	0,52	9,5	4,940	66,69
14,5	0,45	2,5	1,125	16,31
15,5	0,36	2,5	0,900	13,95
16,5	0,29	2,5	0,800	3,20
17,5	0,25	4,0	1,000	7,50
18,5	0,19	1,0	0,190	3,52
			$R_0 = 113,56$	$\Sigma = 947,57$

(în acest tabel  $l_x$  = punctul de mijloc al fiecărui grup de vârstă iar vârsta este dată de timpul cât sunt depuse ouăle).

Pentru experiența de mai sus, rata de supraviețuire a stadiilor imature a fost 0,90.

Tabelul natalității adulților fiind calculat de la naștere, ovipozitarea a fost:  $l_x, 0,90$ . Dezvoltarea de la ou și până la ieșirea adultului din bob a durat 28 zile, iar punctul de mijloc al primei săptămâni de ovipozitare a fost 4,5 ( $=x$ ). Cum se observa din tabel, pentru a estima pe  $R_0$ , pentru fiecare vârstă se calculează  $l_x m_x$  ( $R_0 = \sum l_x m_x$ ).

**Interpretare.** În fiecare generație, specia *Calandra oryzae* se multiplică de 113,6 ori.

Compararea a două sau mai multe populații cu ajutorul **ratei reproductive nete** este corectă atât timp cât generațiile sunt la fel (vom prezenta în continuare trei situații posibile). Două sau mai multe populații pot avea aceeași rată reproductivă netă dar ratele intrinseci pot fi foarte diferite, pentru că generațiile au lungimi diferite. Din acest punct de vedere s-a introdus și al 5-lea parametru:

\* - **media lungimii generației.** Am amintit anterior că relația între număr și timpul în care populația crește exponențial ( $N_T = N_0 e^{rT}$ ). Când  $T$  = media duratei generației, atunci din definiția ratei reproductive nete ( $N_T/N_0 = R_0 T$ ):

$$R_0 = e^{rT} \quad /83/$$

$$T = \frac{\ln R_0}{r}$$

Din relație se observă că o estimare corectă a mediei lungimii generației nu se poate obține fără a cunoaște pe  $r$ . Există totuși o posibilitate de calculare corectă a lui  $T$ , fără a cunoaște valoarea lui  $r$ , după relația:

$$T = \frac{\sum x \cdot l_x m_x}{\sum l_x m_x} \quad /84/$$

În exemplul nostru  $T = 947,57/113,56 = 8,3$  săptămâni. Apoi, dacă valoarea lui  $T$  a fost corect estimată, calculăm pe  $r$  din relația penultimă / 83 /:

$$r = \frac{\ln R_0}{T} \quad /85/$$

Deci,  $r = \ln 113,56/8,3 = 0,57/\text{individ/săptămână}$ . Dar aceasta este în realitate o subestimare a lui  $r$ , datorită unei estimări aproximative a lui  $T$ . Dacă însă valoarea lui  $r$  este mică, corectitudinea poate fi apreciabilă. În continuare, iată o ilustrare concretă de calcul a ratei de creștere, metoda fiind cea mai folosită.

#### Calcularea ratei de creștere ( $r$ ).

Aceasta se realizează din relația:

$$\int_0^{\infty} e^{-rx} l_x m_x dx = 1 \quad /86/$$

Si de data aceasta, datele primare care intră în relație pot avea unele erori însemnate datorită variațiilor individuale, normale în condițiile experimentării și de aceea s-a adoptat

o modalitate aproximativă, mai simplă, de calcul, care este scrisă sub forma:

$$\sum e^{-rx} l_x m_x = 1 \quad /87/$$

Valorile  $e^x$  sau  $e^{-x}$  se calculează din tabele matematice. Aici, unii autori fac un artefact: pentru a lucra cu valori convenabile, adică valori care să marcheze distinct diferențele, ambele părți ale ultimei relații se vor înmulți cu un factor  $e^k$  care să dea puteri pentru  $e$  în partea finală a tabelului (deci acolo unde sunt cifrele mari și trecerea, pentru pasul de 0,01, este semnificativă). În exemplul dat aici, autorul a folosit  $k=7$ , iar relația a devenit:

$$e^7 \cdot \sum e^{-rx} l_x m_x = e^7 \quad /88/$$

sau

$$\sum e^{7-rx} l_x m_x = 1096,6 \quad /89/$$

Se încearcă apoi valori pentru  $r$ , care să facă partea stângă a relației de mai sus, egală cu 1096,6.

Prezint în continuare metoda de calcul, cu precizarea că date revelatoare dă numai prima jumătate a grupelor de vârstă (inclusiv 13,5), deoarece contribuția grupelor de vârstă bătrână este neglijabilă (să reținem că aici este vorba de rata infinitesimală de creștere ( $r$ ) și nu de rata finită de creștere ( $\lambda$ )).

Iată (Tabelul 3) modul de calculare al lui  $r$  pentru *Calandra oryzae* (29°C), prin substituirea diferitelor valori pentru  $r$ , în relația / 89 / (date din BIRCH, 1952)

Tabelul 3

grup de vârstă (X)	$l_x m_x$	$7^{-rx}$	$r=0,76$ $e_1^{7-rx}$	$e_1^{7-rx} \cdot l_x m_x$	$7^{-rx}$	$r=0,77$ $e_2^{7-rx}$	$e_2^{7-rx} \cdot l_x m_x$
4,5	17,400	3,58	35,870	624,14	3,53	34,120	593,69
5,5	19,090	2,82	16,780	320,33	2,76	15,800	301,62
6,5	12,150	2,06	7,846	95,33	1,99	7,316	88,89
7,5	10,000	1,30	3,669	36,69	1,22	3,387	33,87
8,5	9,875	0,54	1,716	16,95	0,45	1,568	15,49
9,5	10,780	-0,22	0,803	8,66	-0,32	0,726	7,8
10,5	9,250	-0,98	0,375	3,47	-1,09	0,336	3,1
11,5	9,570	-1,74	0,176	1,68	-1,86	0,156	1,49
12,5	6,490	-2,50	0,082	0,53	-2,62	0,073	0,47
13,5	4,940	-3,26	0,038	0,19	-3,39	0,034	0,17
				1107,9			1046,6

Valoarea 1096,6 (relația / 89 /) se găsește situată între cele două valori: 1107,9 (pt.  $r=0,76$ ) și 1046,6 (pt.  $r=0,77$ ). Facem apoi diferența:  $1107,9 - 1096,6 = 11,3$  și  $1096,6 - 1046,6 = 50,0$ . Se constată deci că valoarea 1096,6 este mai apropiată de 1107,9, deci valoarea bună este - 0,76. Apoi, din relația:

$$\lambda = \text{antilog}_e r$$

obținem:  $\lambda = \text{antilog}_e . 0,76$ . După calcule,  $\lambda = 2,14$ . Deci:

$$r = 0,76 \quad \lambda = 2,14$$

**Interpretare.** Populația se multiplică de 2,14 ori pe săptămână.

Să observăm în continuare (Tabelul 4) cu cât participă fiecare grup de vârstă la valoarea lui  $r$ , desprinsă din relația  $\lambda_m e^{7-rx}$ .

Tabelul 4  
Procentul de contribuție la valoarea lui  $r$ , pentru fiecare grup de vârstă, la specia *Calandra oryzae* (după BIRCH, 1952)

grup vârstă (X)	$\lambda_m e^{7-rx}$	% contrib. la val. r	$\Sigma\%$
4,5	624,14	56,33	56,33
5,5	320,33	29,91	86,24
6,5	95,33	8,60	93,84
7,5	36,79	3,31	
8,5	17,95	1,53	
9,5	8,66	0,78	
10,5	3,47	0,32	
11,5	1,68	0,15	
12,5	0,53	0,05	
13,5	0,19	0,02	
	$\Sigma = 1107,9$	$\Sigma = 100$	

Deci, procentul de contribuție la valoarea lui  $r$  a fost: în prima săptămână - 56,3%; după două săptămâni - 86,2%; după trei săptămâni - 93,8%. În ultima săptămână procentul a fost de abia 0,02, iar pentru ultimele trei săptămâni - doar 0,2. Așadar, rata intrinsecă de creștere este net influențată de rata de ovipozitare din primele trei săptămâni de viață ale adultului și nu de numărul total de ouă depuse pe toată durata de viață a adultului (deși numai 27% din numărul total de ouă au fost depuse în primele două săptămâni).

### Exemplul 2.

Revenim la datele prezentate la început, interpretate din lucrare amintită (BILAPATE et al., 1980). Prin observarea directă a speciei, s-a alcătuit tabelul următor:

Var	Nr. ouă	Stadiul de ou 0-4 zile	Stadiul larvar 5-20 zile	Stadiul pupal 21-36 zile
I	10	10	8	6
	10	10	8	7
	10	8	8	6
	10	10	8	7
	10	9	7	6
	10	9	7	7
	10	9	7	6
	10	9	7	6
	10	8	6	6
	10	8	6	6
Suma	100	72	72	62

Tabelul se poate continua pe verticală cu datele obținute la celelalte variante luate comparativ în studiu. În continuare, pentru stadiul de adult se poate alcătui un alt tabel:

Planta gazdă (mediul, varianta)	Vârsta însumată (zile) X	Supraviețui- rea femelelor la diferite intervale de viață $I_x$	$m_x$	$l_x m_x$	$X \cdot l_x m_x$	
Frunze de porumb pentru hrana larvelor	0-36	0,63		st. imature	st. imature	
	37	0,63		0,63	23,31	
	38	0,63		0,63	23,94	
	39	0,63		0,63	24,57	
	40	0,63		0,63	25,20	
	41	0,63		7,67	4,83	198,11
	42	0,63		39,67	24,99	1049,66
	43	0,63		85,25	53,70	2309,42
	44	0,63		113,50	71,50	3146,22
	45	0,63		139,90	88,13	3966,16
	46	0,63		91,76	57,80	2696,20
	47	0,63		55,60	34,96	1643,65
	48	0,61		31,30	10,09	916,46
	49	0,41		15,35	6,29	308,38
	50	0,32		15,00	4,80	240,00
	51	0,31		0,00	0,00	0,00
				$R_0 = \sum l_x m_x =$ 368,61	$\sum X \cdot l_x m_x =$ 16533,98	

Si acest tabel se poate continua cu datele pentru celelalte variante luate în lucru.



Astfel, în lucrarea citată, în varianta în care larvele au fost hrănite cu frunze de floarea soarelui s-au obținut următoarele valori:

$$R_0 = \Sigma l_x m_x = 254,33; \Sigma X.l_x m_x = 11308,40$$

Pe baza acestor date se poate apoi calcula durata (lungimea) generației (valoare medie), capacitatea înăscută de creștere (în număr), rata intrinsecă de creștere, rata finită de creștere, multiplicarea săptămânală, numărul ipotetic de femele în F2, după relațiile trecute în tabelul următor (tot după BILAPATE et al., 1980):

Var.	Durata medie a generației (lungimea) (zile)	Capacitatea înăscută de creștere	Rata intrinsecă de creștere (r sau $r_m$ ) (corectată) $\Sigma e^{-x} m^x l_x m_x =$ <b>1096,6</b>	Corectarea timpului generației
	$T_c = \Sigma l_x m_x \cdot X / R_0$	$r_c = \log_e R_0 / T_c$		$T_c = \log_e R_0 / r_m$
f.P*	44,85	0,1317	0,1328	44,50
f.FF	44,46	0,1245	0,1257	44,06

(continuare tabel)

Var.	Rata finită de creștere (nr.) $\lambda = \text{antilog}_e r_m$	Multiplicarea săptămânală	Dublarea timpului	Numărul ipotetic de femele în F2
f.P*	1,1420	2,5334	5,22	135.873,33
f.FF	1,1339	2,4106	5,51	64.633,74

\* hrănirea larvelor s-a făcut pe frunze de porumb, respectiv, pe frunze de floarea soarelui.

Prin reprezentare grafică se poate vizualiza modalitatea de determinare relativ precisă a ratei medii de creștere. Valorile  $\Sigma e^{-x} m^x l_x m_x$  se transpun pe axa orizontală iar pe axa verticală se trec valorile  $r_m$  (r). Punctele din grafic se unesc iar din dreptul valorii 1096,6 se ridică o dreaptă paralelă cu axa o-y. Din punctul în care aceasta se unește cu dreapta, se trasează o paralelă la axa o-x. Locul în care aceasta va întâlni axa verticală se va citi valoarea  $r_m$  (detalii în Fig.4; în Fig. 5 este ilustrat un model de reprezentare grafică a evoluției supraviețuirii și fecundității).

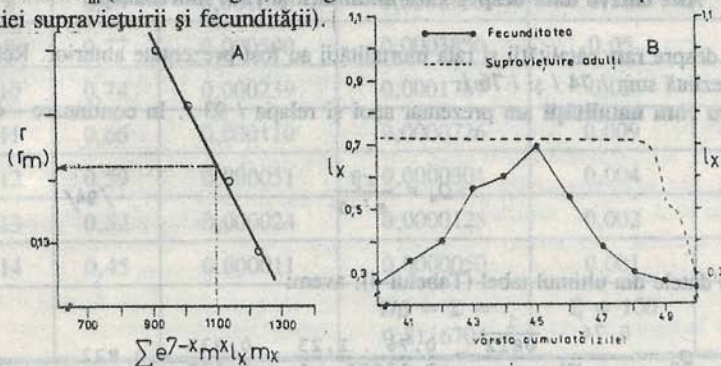


Fig. 4, 5. Rata de creștere (A) și vârsta fecundității și supraviețuirii la *H. armigera* (B)

Pe baza cunoașterii ratei intrinseci de creștere și a tabelului duratei de viață se poate calcula distribuția vârstei stabile și rata natalității stabile a femelelor din populație.

Dacă  $c_x$  = proporția populației stabile, cu vârsta între  $x$  și  $dx$ , iar  $b$  = rata natalității instantanee, avem:

$$c_x = be^{-rx}l_x \quad \text{și} \quad \frac{1}{b} = \int_0^{\infty} e^{-rx}l_x dx \quad /90/ \quad /91/$$

**Dar se poate calcula și mai ușor:**

Dacă la timpul  $t$  considerăm o populație stabilă din  $N_t$  indivizi și dacă pe parcursul intervalului de timp de la  $t$  la  $t+1$ , există  $B$  femele născute, rata natalității ( $\beta$ ), va fi:

$$\beta = B_t/N_t \quad /74/$$

Dacă pentru un tabel al duratei de viață (tabel de mortalitate) -  $l_x$ , seria de valori  $L_x$  este estimat după relația:

$$L_x = \int_x^{x+1} l_x dx$$

$p_x$  = proporția de indivizi cu vârsta între  $x$  și  $x+1$ , într-o populație stabilă, este dată de relația:

$$p_x = \beta L_x e^{-r(x+1)} \quad /92/$$

și rata natalității va fi:

$$1/\beta = \sum_{x=0}^m L_x e^{-r(x+1)} \quad /93/$$

unde  $x = m$ ;  $m+1$  = ultimul grup de vârstă considerat.

Calculul pentru distribuția vârstei și calcularea ratei natalității, implică etapele prezentate în Tabelul 5 (date pentru *Calandra oryzae*,  $t=29^\circ\text{C}$ ,  $r=0,76$ ; după BIRCH, 1952):

#### Alte câteva date despre rata natalității și rata mortalității.

Date despre rata natalității și rata mortalității au fost prezentate anterior. Relațiile care le reprezintă sunt / 74 / și / 76 /.

Pentru rata natalității am prezentat apoi și relația / 93 /. În continuare - o altă relație:

$$Q_n = \frac{r\beta}{e^r - 1} \quad /94/$$

Introducând datele din ultimul tabel (Tabelul 4), avem:

$$Q_n = \frac{0,76 \cdot \frac{1}{0,812}}{e^{0,76} - 1} = \frac{0,76 \cdot 1,23}{2,13828 - 1} = \frac{0,935}{1,138} = 0,822$$

deci  $Q_n = 8,22$ , valoare apropiată de cea estimată prin relația / 93 /.

Rata instantanee a moratilității ( $Q_m$ ) se află din relația / 78 /:

$$r = Q_n - Q_m$$

$$Q_m = Q_n - r; Q_m = 0,822 - 0,760 = 0,062$$

Aceste ultime relații sunt însă folosite în studiul populațiilor umane. La insecte, ecologii folosesc mai mult rata finită (limitată) a creșterii ( $\lambda$ ), adică numărul timpilor necesari pentru multiplicarea populației în unitatea de timp, din relația / 79 /:

$$\frac{N_{t+1}}{N_t} = \text{antilog}_e r = \lambda \quad / 79 /$$

(Tabelul 5. Date despre *Calandra-oryzae*,  $t=29^\circ\text{C}$ ;  $r=0,76$ ; după BIRCH, 1952)

grup de vârstă (x)	$L_x$	$e^{-r(x+1)}$	$L_x e^{-r(x+1)}$	% distribuție $100\beta L_x e^{-r(x+1)}$	Total - pentru imaturi ** - pentru pt. adulți
0	0,95	0,46770	0,4443150	54,74	
1	0,90	0,21870	0,1968300	24,25	95,50 % *
2	0,90	0,10228	0,0925200	11,34	
3	0,90	0,04783	0,0430770	5,30	
4	0,87	0,02237	0,0194619	2,39	
5	0,83	0,01046	0,0086818	1,07	
6	0,81	0,00489	0,0039609	0,49	
7	0,80	0,002243	0,0017944	0,22	
8	0,79	0,001070	0,0008453	0,10	
9	0,77	0,000500	0,0003850	0,05	4,5 % **
10	0,74	0,000239	0,0001769	0,02	
11	0,66	0,000110	0,0000726	0,009	
12	0,59	0,000051	0,0000301	0,004	
13	0,52	0,000024	0,0000125	0,002	
14	0,45	0,000011	0,0000050	0,001	
			$1/\beta = \Sigma = 0,8116704$	$\Sigma = 100$	

Adică, rata finită de creștere este antilogaritmul natural al ratei intrinseci de creștere.

**Alte modalități de estimare a ratei de creștere a unei populații și relații care au tangență cu problematica ratei de creștere, la specii de lepidoptere.**

\* *Date de la capcana luminoasă.*

Pentru diferiți parametri prin care se estimează nivelul populațiilor unor specii de lepidoptere, se pot folosi și date de la capcanele feromonale (de altfel, semnificația studiilor ecologice asupra populațiilor, prin cercetări separate sau simultane, cu capcane luminoase și feromonale, vor fi analizate în lucrările următoare). Estimarea ratei de creștere a populației are la bază relația:

$$\lambda = \frac{\ln \frac{F}{2}}{T_c} \quad / 95/$$

[F - fecunditatea (nr. ouă din ovarele femelei capturate);  $T_c$  - 1/Nr. generații per an]

SPITZER et al. (1984) și SPITZER & LEPS (1988), studiază potențialul de creștere al populației (fecunditatea), la specii de lepidoptere noctuide, prin relația de mai sus, la o rată a sexelor de 1:1, corelat cu **fluctuația numărului de la o generație la alta (f)**, prin relația:

$$f = \frac{N_{\max}}{N_{\min} + 1}$$

folosind datele de la capcana luminoasă, pe perioada 1967-1979 și care a funcționat pe toată durata zborului anual al speciilor. Autorii interpretează relația dintre fecunditate și fluctuație, prin conceptul **strategiei de selecție r-K**. [r-strategiștii au  $\lambda > 10$ , coeficientul de variabilitate ( $C_v = s/x$ )  $> 1$  și larve polifage; K-strategiștii au  $\lambda < 5$ ,  $C_v < 0,5$  și larve oligofage; speciile intermediare au  $5 < \lambda < 10$  și  $0,5 < C_v < 1$ ].

MAY (1975) abordează teoretic relația dintre **rata netă a creșterii populației ( $\lambda$ )** și magnitudinea fluctuațiilor populației ( $N_{\max}/N_{\min}$ ).

Legătura dintre parametrii de mai sus a fost studiată și de HASSEL et al. (1976), dar relația s-a dovedit slabă.

**Important !** În primul rând accentuăm existența unei variabilități logice, în timp și spațiu. Astfel, pentru o aceeași specie s-au înregistrat normal, diferențe între datele personale (zona Cluj, Transilvania) și datele obținute de SPITZER et al. (1984) (pentru Boemia), iar o aceeași specie se încadrează într-o altă categorie a strategiei de selecție r-K. Lucrul este logic, pentru diferitele puncte ale arealului, corelat cu o multitudine de factori care influențează specia (climatici, populaționali, dependenți de natura ecosistemelor, interni), care, nedăunătoare într-o zonă, devine dăunătoare în altă zonă. Nu s'încadrează aici (în anumite limite), speciile dăunătoare tipice sau cele tipic nedăunătoare.

În al doilea rând, utilizarea relației / 95 / este dependentă de fecunditate, iar aprecierea acesteia este uneori dificil de apreciat cu mare corectitudine. Există trei modalități de estimare a fecundității: a).  $F = \text{număr de ouă depuse}/\varnothing$ ; b).  $F = \text{numărul de ouă din ovare}$ ; c).  $F = \text{numărul de ouă depuse}/\varnothing + \text{numărul de ouă din ovare înregistrat la moartea femelei}$ . În literatura de specialitate, pentru insecte, există discuții în funcție de specie. Dacă se fac investigații de acest gen la specii capturate în capcana luminoasă, pot exista două posibilități :

- unele specii, înainte de a fi atrase de stimulul luminos, depun o parte, sau majoritatea ouălor, reproducerea având valoare adaptativă mai puternică decât atracția stimulului luminos (o variantă la acest punct este legată de calitatea stimulului luminos, care poate intensifica sau diminua atracția);

- alte specii sunt atrase de stimulul luminos, imediat după emergență, deci se consideră că femela nu a depus ponta, sau a depus foarte puțină (dar aici intervin probleme legate de numărul real de ouă, deoarece la emergență nu sunt formate toate ouăle, pentru toată durata de viață).

Referitor la aceste aspecte, apar importante studiile de creștere a speciilor în laborator și cunoașterea perfectă a biologiei și fiziologiei speciei (chiar la lepidoptere există cercetări de apreciere a vârstei femelei capturate în capcană, pe baza fizionomiei aparatului reproducător, modificarea culorii sau alte detalii morfologice). Dar și creșterea în laborator, pe lângă faptul că este dificil de făcut la toate speciile, ar trebui să se deruleze în condiții similare cu cele din habitatul natural al speciei. În timp însă, se acumulează daune de la diferiți autori, cel puțin pentru speciile cele mai importante din punct de vedere științific sau, mai ales, practic. Trebuie reținut că și în două situații identice de creștere intervin aspectele dependente de variabilitatea individuală.

Esențial de cunoscut este că aprecierea ratei de creștere nu trebuie să dea valori exacte ci valori *aproximative*. Am ținut să accentuez aceste câteva detalii pentru cei care sunt refractari la prelucrarea matematică a datelor. Evident, evaluare și predicția, prin amplificarea și aproximarea unei situații existente la un moment dat, nu concordă cu realitatea, dar poate furniza informație suficientă asupra unei tendințe de evoluție, chiar și pentru intervale reduse de timp.

*\* Date obținute în creșterea pe diete artificiale.*

Un exemplu de estimare a creșterii a populației în laborator se poate face (CLANCY et al., 1992) după relația:

$$N_L F_1 = N_L P_1 \cdot \%S_{L-A} P_1 \cdot xF_{\varnothing} P_1 \cdot \%O_{\varnothing} F_1$$

$N_L F_1$  = nr. larve în generația F1;

$N_L P_1$  = nr. larve în generația P1 (parentală; cea adusă din câmp);

$\%S_{L-A}$  = % de supraviețuire de la larva adult, în P1;

$xF_{\varnothing} P_1$  = media fecundității femelelor în P1;

$\%O_{\varnothing} F_1$  = % ooplăci cu ouă fertile, depuse în F1.

Pentru generațiile următoare, calculele se fac la fel, făcând referință la datele din generația anterioară (ex. pentru F3 se face referință la F2).

*c. Rata creșterii zilnice a larvelor.*

De exemplu, la specia *Pararge aegeria* (NYLIN et al., 1989), rata creșterii zilnice s-a calculat după relația:

$$\log r = (\log W_1 - \log W_0) / d$$

$r$  = rata creșterii zilnice (mg/mg.zi);

$W_0$  = greutatea inițială (pentru fiecare interval de timp);

$W_1$  = greutatea finală (pentru fiecare interval de timp corespunzător);

$d$  = nr. zile între măsurători.

*\* Alte aspecte.*

Fără a mai intra în alte detalii, în Tabelul 6 (Bul.inf. 5, 3/1994) prezentăm evaluarea unor parametri implicați în studiul populațiilor de lepidoptere, exemplul fiind dat doar pentru 3 specii din două zone diferite. Introducerea în tabel și a altor termeni decât cei legați direct de rata de creștere poate servi ca model de lucru pentru cei care dispun de date, sau încearcă să facă asemenea studii la diferite grupuri de insecte.

Din datele tabelului se vor observa următoarele:

- existența variabilității pentru populațiile de *M.oleracea*, între Transilvania și Boemia, respectiv similitudini pentru populațiile de *X.c-nigrum* (specie cu un comportament de zbor foarte pronunțat, cu deplasări semnificative în interiorul arealului de răspândire și cu un nivel constant mare al populațiilor; specia este extrem polifagă și cu o capacitate evidentă de evitare a habitatelor nefavorabile). Pentru datele de la capcana luminoasă, pentru *M.oleracea*, diferențele se datorează estimării lui  $\lambda$  pentru număr diferit de generații.

- valori apropiate ale  $C_v$  pentru datele personale de la capcana luminoasă și datele de la capcanele feromonale;

- între  $\lambda$  și  $\lambda_1$ , corelat cu cele două modalități de apreciere ale fecundității, diferențele au fost mici și nesemnificative, fiind atenuate prin estimarea logaritmului natural.

(continuare în Bul.inf.Soc.lepid.rom., 5(3),1994)

Dr. Gh. STAN

Colectivul de Entomologie experimentală

Institutul de Cercetări Biologice

str. Republicii, Nr. 48

3400 CLUJ-NAPOCA