

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

Gheorghe STAN

### Summary

### Statistical methods applied in entomological research (IX).

In this number, our brief study about statistical methods with applications in entomology depicts data as concerns insect dispersal, density and methods for the estimation of the populations level. In the study of the insect dispersal, the following aspects are presented: the measurement and description of the dispersal and individual territory, the random diffusion theory. For population estimates the following methods are analysed: direct measurements, sampling, area census method (line transect), the analyse of the catches (the regression method, the relation 'time-catch', standard errors estimation, the catches of adults and relation with the level of the insect population, adults, eggs or larvae), and capture-recapture methods (simple LINCOLN Index, BAILEY's triple- catch method, JOLLY's stochastic method, CRAIG's method based on the frequency of recapture, KELKER's method, the use of pheromonal traps, JACKSON's, ITO's and HAMADA's methods). In the beginning some general aspects about domain, are presented. The study of the insect dispersal and population estimates depending of some parameters as: measuring of the variation in abundance, the population variability (homogeneous and heterogeneous populations), density dependence, regulation, stability and variability in populations, territoriality, the density and migration, the patterns of the movement.

### RASPANDIREA SI ESTIMAREA DENSITATII SI MARIMII POPULATIILOR

#### I. Generalități

Probematica răspândirii (împrăștierii = *insect dispersal*, spre deosebire de dispersie = *insect dispersion*, care reprezintă modelul de distribuție al indivizilor în spațiu și aprecierii mărimii populațiilor de insecte în natură sunt preocupări de bază ale entomologilor, pe linia cercetărilor ecologice și comportamentale din ultima vreme, având semnificație atât din punct de vedere fundamental cât și aplicativ, mai ales în cadrul programelor de monitoring și combatere, la nivelul insectelor importante din punct de vedere economic. Tratațe separat din punct de vedere didactic, o serie de noțiuni ca: *dinamica populațiilor, variabilitatea populatională, deplasarea și mișcarea în câmp (distribuția, împrăștierea, agregarea), teritorialitatea, colonizarea, stabilitatea, supraviețuirea, rata natalității și mortalității, densitatea și reglarea nivelului populațiilor, supraviețuirea, migrarea (emigrare, imigrare)* sunt practic inseparabile pentru o interpretare unitară și complexă a populațiilor de insecte.

La nivelul populațiilor de insecte (și nu numai), obținerea de rezultate importante cu referire la aspectele demografice, genetice sau legate de protecție și conservare, sunt efectiv limitate de disponibilitatea informațiilor privind modelele de mișcare care joacă un rol esențial în determinarea *ratei de extincție locală* și de *estimare a mărimii efective a populației* (aut. cit. în PORTER & DOOLEY 1993). Indivizii se depasează din multe motive (hrană, reproducere,

evitarea dușmanilor, condiții mai prielnice de viață), toate aceste deplasări influențând supraviețuirea și rata de reproducere.

Pe linia înțelegерii unor aspecte ecologice, cum sunt reglarea populațiilor, persistența și evoluția (ca bază genetică a populațiilor), este esențial de a cunoaște: *tipul de indivizi care se deplasează și se dispersează și compoziția căt mai precisă a populației respective* (LAWRENCE 1988). Pe de altă parte, pentru studiul mișcării în câmp se consideră că nu este suficient a efectua o operațiune de lansare și apoi a urmări activitatea în timp, deoarece *orice model de distribuție poate fi rezultatul însumării a unui număr variabil de modele de mișcare și care asigură distribuții spațiale diverse, în circumstanțe diverse* (JONES 1977). Să ne amintim aici de următoarea situație sugerată de GILBERT. Existând o teorie a mersului randomizat, mișcările unui grup de indivizi în diferite perioade de timp, nu pot fi deduse din înregistrarea poziției individului la sfârșitul zborului. Să presupunem situația că un individ se mișcă în două direcții, executând o serie de  $n$  pași (pasul = step), este considerat ca o secvență de activitate comportamentală, fiecare fiind de o lungime  $s$ . Primul pas poate fi făcut în orice direcție. Unghurile  $U$  dintre pașii succesiivi sunt variabile randomizate, de o distribuție normală circulară, cu media zero (de ex. deplasările la dreapta sunt probabil egale ca număr cu cele făcute la stânga). După  $n$  pași, individul se va afla la o distanță  $r$  de punctul de pornire. Din punct de vedere matematic s-a constatat că este convenabil să se ia în considerare **distribuția lui  $r^2$**  mai degrabă decât a lui  $r$ . Astfel, valoarea medie a lui  $r^2$  va fi:

$$r^2 = s^2 \frac{1 + z}{1 - z} \cdot n = \frac{2z \cdot (1 - z^n)}{(1 - z^2)}$$

( $z$  = valoarea medie a lui  $\cos U$ ). Expresia de sus este în realitate mult mai complicată dar **media și varianța** pot fi transpusă pe sistemul de axe și valorile comparate pentru fiecare pas de lungime  $s$ , numărul de pași  $n$  și valoare a lui  $z$ . În relația de mai sus, pentru diferenții pași și condiții se va obține același rezultat. Exemplu: pentru  $n=4$  și  $n=64$ ,  $s=1,28$  și  $z=0,093$ ,  $z=0,29$  și  $z=0,91$ , pentru  $r^2$  se va obține o medie de 10 și varianța de 50. În final, indivizii care fac 64 de pași comportamentali scurți vor acoperi o distanță mai mare decât cei care fac 4 pași lungi, dar în final distribuția va fi aceeași.

Modelele de mișcare pot fi diferențiate: mișcare în interiorul unei suprafețe de răspândire, lângă baza de dezvoltare (împrăștiere, folosită la noi și cu sensul de dispersie) sau mișcări ample, mai degrabă cu valoare adaptativă decât accidentale (**migrații**).

In determinarea structurii reale și durata de menținere în timp a populației, una dintre problemele cele mai dificile pentru ecolog este măsurarea *ratei imigratiei/ emigratiei* (DEMPSTER et al. 1986). Să mai amintim doar cu caracter informativ că problematica migrării insectelor este departe de a fi elucidată, atât ca mecanism în sine dar și ca modalitate directă de influențare a mărășimii populației (din care indivizii peacă sau în care ajung) și aceasta pentru că migrația nu este doar un simplu fenomen care ajută insecta să evite, temporar, unele condiții de viață neprielnice, ci este un mecanism fixat prin selecție naturală în condiții ecologice particulare (NOVAK & SPITZER 1972; LINGREN et al. 1979).

Este interesant că unii autori vorbesc de un *interval larg de dispersie* (aici cu sensul de distanță de răspândire). Cercetări făcute (prin metoda de marcare-recaptură) în cadrul speciei *Callosomia promethea* (Lepidoptera: Saturniidae) au evidențiat pentru masculi distanțe de 14 km și 36,5 km, în 3 zile (TOLIVER & JEFFORDS 1981) dar la *Trichoplusia ni* distanța maximă a fost de 196 km, pe un interval de 7 ore și o viteza medie de 4,9 km/oră (KISHABA et al. 1967). Masculii de *Spodoptera litura* zboară în medie distanțe de 4-6 km pe noapte, distanța maximă fiind de 10-19 km pe noapte, femelele virgine dovedindu-se a avea un potențial de zbor mai redus decât al masculilor (WAKAMURA et al. 1990). La insecte, mai ales la cele bune zburătoare, am constatat și în studiul anterior (despre sampling) că fenomenul se complică astunci când sunt implicate fenomenele de dispersie și migrare în aer. Prin metode speciale de captură, înălțimea de zbor la unele noctuide a variat între 61-1524 m și se pare că aceasta nu este o constantă specifică.

Unele studii moderne cu capcane cu feromoni sexuali au putut evidenția faptul că se poate stabili o relație între numărul de capturi și nivelul populației, ilustrată printr-o interpretare matematică a datelor (DU MERLE 1985). Datorită comportamentului, lucrurile se complică intervenind relațiile complexe și competiția dintre feromonul sintetic și cel natural. Abateri pot să apară și în condițiile folosirea incorecte a altor modalități de captură. Indiferent care ar fi metoda de captură se afirmă totuși că este dificil de a corela numărul de adulți capturați în capcane, cu numărul adulților din câmp, cu numărul de larve din generația următoare sau cu daunele posibile (MINKS 1976). Si totuși, de la această afirmație din 1976, cercetările au dovedit că există și alte modalități sau îmbinări de metode prin care se pot face corelații de acest gen și se poate estima nivelul populației, cu un grad destul de bun de precizie (vezi în continuare la pct. III).

In studiile ecologice ale populațiilor de animale, trei concepe domină azi orientarea cercetărilor: dependența de densitate, reglarea mărimei populațiilor și variabilitatea mărimei populației (HANSKI 1990). In ceea ce privește ultimul concept, cercetările au arătat că variabilitatea poate fi măsurată. Se folosește terminologia de populații omogene

și populații heterogene (WILLIAMSON 1984). Deoarece sunt incluse câteva probleme de care un cercetător are nevoie în prelucrarea datelor sale, consider necesară o detaliere a metodelor:

a. pentru populațiile omogene. Este de dorit să se uzeze de o statistică standard pentru a face comparații între diferite populații și alegerea cea mai bună pentru mărimea populației, se pare a fi *deviația standard (s) a logaritmului mărimei populației*. Log în bază 10 sunt folositori de cei mai mulți autori. Pe scară logaritmă, mărimea unei populații este distribuită simetric și deviația standard este o modalitate evidentă de răspândire apropiat de distribuția normală. Pe de altă parte, autorul citat acordă atenție deosebită relației  $s^2 = ax^b$  (cunoscută *Legea lui Taylor*) despre care am vorbit destul de mult. Se analizează semnificația reprezentării valorilor la scară normală sau logaritmă (TUKEY 1977; TAYLOR et al. 1978; GREEN 1979; DEN BOER 1981).

b. pentru populațiile heterogene. In situația în care se compară populațiile unei specii în diferite puncte sau părți ale populațiilor formate din indivizi ai diferitelor specii, estimarea deviației standard nu mai este corectă, pentru că aceasta să reflecte nu numai variabilitatea populației dar și diferențele în media densității. In acest caz se folosește tehnica varianței. Unii autori (POLLARD 1984; WOLDA 1978, 1983; DEN BOER 1981) folosesc raportul densității populației în două estimări succesive ( $n_{t+1}/n_t$ ), respectiv echivalentul diferenței logaritmului ( $\log n_{t+1} - \log n_t$ ) (în lucrările lui WOLDA și DEN BOER notația acestora este  $\log R$ , respectiv  $R$ ; WOLDA vorbește despre variabilitatea anuală =  $V_A$ ). Este interesant de exemplu că DEN BOER (1981) sugerează varianța lui  $R$  iar LEIGH (1983) sugerează folosirea varianței lui  $(n_{t+1} - n_t)$  este obținută densitatea brută a populației mai bine decât dacă se folosi transformarea logaritmă. Totuși, TAYLOR et al. (1978) și WOLDA (1983), pe baza datelor lor, arată că sugestiile celor doi autori cități înainte ar putea asigura o măsurare a variabilității dar care nu este independentă de medie densității populației iar aceste măsurări nu pot fi folosite pentru a compara diferite locuri sau specii fără a face corecții necesare și uneori inconveniente. Din această cauză se preferă  $V_A$ . Dar care este relația dintre variabilitatea anuală ( $V_A$ ) și abaterea standard a logaritmului densității populației ( $s$ )?

- varianța pentru  $\log n$  este  $s^2$ ;
- $V_A$  este varianța pentru  $(\log n_{t+1} - \log n_t)$ ;
- avem relația cunoscută:  $\text{var}(a-b) = \text{var}(a) + \text{var}(b) - 2 \text{covar}(a, b)$ ;
- se ia:  $a = \log n_{t+1}$  și  $b = \log n_t$ ;
- avem:  $V_A = 2s^2 - 2 \text{covar}(\log n_{t+1}, \log n_t)$ ;
- în continuare, scriind prima serie de corelare a  $\log n$  ca  $r_1$ , deci  $\text{covar}(\log n_{t+1}, \log n_t) = s^2 r_1$ , înlocuind, vom obține  $V_A = 2s^2 - 2s^2 r_1$  și deci:  

$$V_A = 2s^2(1-r_1)$$

Pentru multe populații de insecte, măsurate la intervale anuale,  $r_1$  nu poate fi semnificativ diferit față de zero. In aceste cazuri, estimările pentru  $V_A$  pot fi folosite pentru a estima pe s, și invers. Totuși,  $r_1$  nu poate fi neglijat.

(Alte detalii asupra acestui aspect, cu referire la măsurarea variației abundenței, sunt

furnizate de WOLDA & MAREK 1994).

Studiul stabilității populațiilor și reglarea implică stabilirea ratei proceselor care determină schimbările în populație (natalitatea, mortalitatea, supraviețuire, emigrația, imigrația), toate dependente de densitate, un aspect deosebit de important fiind stabilirea factorilor care influențează aceasta reglare. Se poate vorbi apoi de o densitate temporară iar detectarea ei asociată cu factorii de influență este dificil de stabilit prin operațiuni statistice. Dacă am lăsat numai o situație, am constat că în ultimii ani un număr mare de studii se referă la cercetarea mecanismelor care stabilizează sistemul fitofag - entomofag în cadrul relației extrem de complexe între aceștia (CAPPUCINO 1992; BELLOWS et al. 1992; SULSKI 1993). Studiile care evaluatează acest gen de impact iau în considerare două categorii importante: (a) studiul unei populații găzdui împreună cu dușmanul său natural; (b) studiu separat. Când se obțin densități diferite sau fenomene de mortalitate, acestea se atribuie de obicei dușmanilor naturali. Aici sunt implicate acele studii compexe ce urmăresc stabilirea ciclului de viață specific, trăsătura unei populații fiind marcată efectiv de 3 parametrii: (a). câștigul în număr de indivizi la începutul fiecărui stadiu; (b). mortalitatea stabilită pentru fiecare factor specific și la nivelul fiecărui stadiu; (c). potențialul fecundității. Pentru că nu este subiectul acestui studiu, din ceea ce ne mai reamintim să completăm cu câteva date noi. Se vorbește despre: o mortalitate reală ( $r_m = d_x / I_0$ ), adică un raport între mortalitatea înregistrată într-un stadiu ( $d_x$ ) și numărul inițial de indivizi care au intrat în stadiul respectiv ( $I_0$ ); o mortalitate aparentă ( $q_m = d_x / I_0$ ) adică raportul dintre indivizi morți la nivelul unui stadiu și numărul celor care au intrat în acel stadiu, mortalitate indispensabilă, rata atacului marginal, rata de supraviețuire ( $k$ ) (valorile  $k$  sunt ratele supraviețuirii pe scară logaritmică cât și logaritmul negativ (1 - rata atacului marginal) pentru un factor). Datele se includ în tabele detaliante cu particularități specifice în cadrul unui complex interactiv.

Problematica dinamicii spațiale, structura populațiilor și densitatea acestora (prin cercetări de marcă-recaptură; vezi în continuare) a fost abordată eficient la heteroptere (SOLBRECK & SILLENTULLBERG 1990). S-a pornit de la considerentul că populațiile multor specii de insecte sunt divizate în unități de spațiu, mici și mari. În acest fel, autori se referă la populații locale (grupuri de indivizi în "petice" mici) și metapopulații sau populații totale (suma indivizilor de pe toată area studiată).

Aceste câteva precizări cu statut de generalități au fost incluse aici doar pentru a marca complexitatea cercetărilor referitoare la studiul nivelului real al populațiilor de insecte, cu implicații deosebite atât pentru speciile sălăjene, dar și pentru polul opus al speciilor cu nivel constant redus al populațiilor, unde intră speciile rare.

## II. Răspândirea și deplasarea

Simplist, termenul semnifică orice mișcare, în sensul de îndepărțare (*engl. dispersal*), a unei agregări a populației (ex. mișcarea larvelor nou-eclozate, migrarea adulților) (pe parcurs va fi folosită expresia de dispersie iar pentru semnificația în engleză a cuvântului se va folosi model de distribuție). Vorbind despre dispersie, se iau în considerare două modalități: deplasări în interiorul habitatului (nemigratoare) și deplasări între habitate (dispersie prin migrație). Mișările din interiorul habitatului au o evidență valoare adaptativă, asigurând indivizilor necesarul în hrană, împerechere, suportul pentru ovipozitare, adăpost. Am arătat la început că și deplasările de migrație au valoare adaptativă. Frecvent se vorbește despre diferite tipuri de migrare: locală, sezonieră, anuală. Astfel, există o strategie a migrației, asociată cu dinamica populatională și cu densitatea acesteia (SOLBRECK 1986). Pe de altă parte, aceasta este asociată cu diapauna. Mediatorii chimici și în special feromonii sexuali au permis obținerea unor date semnificative în studiul migrației și dispersiei, mai ales la poipulații de lepidoptere (WITZGALL & PRIESNER 1985 și aut. cit.). Se vorbește tot mai mult despre un comportament de dispersie, asociat cu receptivitatea sau nerceptivitatea indivizilor la acțiunea stimulilor chimici (CARDE &

ELKINTON 1984). Față de mediatorii chimici, comportamentul de răspuns diferă în funcție de sex, drept care nu se poate face întotdeauna o corectă estimare a densității numai pe această cale.

Deși există numeroase cercetări referitoare la deplasarea insectelor (JOHNSON 1969; TAYLOR 1986; LAWRENCE 1988), nu se cunoaște precis populația de origine, de la care pornesc indivizi. La toate acestea se mai adaugă și alte dificultăți asociate cu marcarea cât și abilitatea cercetătorului în a măsura cât mai precis distanțele. Există apoi diferențe semnificative între datele obținute pe diferite grupe de insecte, din acest punct de vedere cele mai multe studii fiind făcute la lepidoptere.

Există mai multe modalități pentru studiul acestui tip de comportament. Prezintă câteva aspecte mai importante.

### 1. Metoda marcării indivizilor

*a. Măsurarea și descrierea dispersiei.* Vă reamintiți? Am prezentat în numerele anterioare ale Bul. inf. detalii despre metoda capturare-marcare-lansare-recapturare sau pe scurt lansare-recapturare. Metoda este foarte bună atât pentru cercetări privind determinarea nivelului populațiilor dar și pentru studiul comportamentului de dispersie. S-a constatat că unele insecte foarte bune zburătoare (ex. specii de fluturi) se deplasează la distanțe de peste 120 km (LINGREN 1979). Pentru asemenea studii se pretează și populațiile provenite din creșteri în laborator.

*Rata de dispersie și detectarea heterogenității.* Se determină îndepărțarea ( $R$ ) față de punctul de lansare, într-o anumită zi:

$$R = \frac{N \sum d_p^2 \cdot n_p}{(\sum d_p^2 \cdot n_p)^2}$$

( $N$  = nr. total de indivizi capturați în toate capcanele;  $d_p$  = distanța la care se recapturează față de punctul  $p$  de lansare;  $n_p$  = nr. total de adulți prinși în capcane, în punctul de recaptură, pentru aceeași distanță față de punctul  $p$ . La o curbă normală,  $R = 3$ . Valori mai mari sau mai mici decât 3 indică heterogenitatea dispersiei ( $R > 3$  - curbă întinsă;  $R < 3$  - curbă abruptă).

*Rata de dispersie ca distanță.* Se bazează pe determinarea vitezei de dispersie prin compararea varianțelor ( $s^2$ ) pentru diferite zile de experimentare:

$$s^2 = \frac{\pi \sum d_p^2 \cdot \bar{n}_p}{\sum d_p \cdot \bar{n}_p + c}$$

( $\bar{n}_p$  = media nr. indivizi găsiți în capcanele puse la o anumită distanță față de punct;  $c$  = numărul de indivizi găsiți în centrul capcanei;  $\pi = 3,14$ ).

Relațiile de mai sus s-au elaborat pe baza unor studii la *Drosophila*. Alte cercetări (la lăcuste) au dovedit că rata de dispersie a variat cu timpul de lansare, astfel că pentru fiecare zi după lansare s-a calculat media rădăcinii patrate a distanței parcursă (D):

$$D = \sqrt{\frac{\sum (d^2)}{N}}$$

( $d$  = distanța punctului de recapturare, față de punctul de lansare;  $N$  = nr. total de indivizi capturați)

*Metoda ecuației de regresie a relației dintre densitatea populației (y) și distanța față de punctul de lansare (x).* Iată câteva ecuații pentru diferite studii:

$$y = a + b \log x$$

$$y = a + b \log x + c/x$$

$$\log y = \log a + bx$$

$$\log y = \log a + b \log x$$

$$y = a + c/x$$

*Elaborarea unei metode de cartare a punctelor de lansare și recapturare.* Se poate face cu ajutorul unei grile, în plan orizontal și vertical, prin estimarea mediei ( $x$ ) și varianței ( $s^2$ ), în fiecare zi pentru fiecare grilă. Dacă mediile diferă semnificativ, înseamnă că au existat dispersii marcante pentru o anume direcție. Dacă mediile sunt similare dar diferă varianțele, mișcările au fost nerandomizate, existând chiar metode pentru a descrie tipul de distribuție spațială (detalii în SOUTHWOOD 1966).

*Numărul de indivizi marcați care au părăsit o anumită suprafață sau zonă.* Numărul indivizilor care emigrează sau imigrează din populație poate fi estimat prin marcă-recaptură. Dacă nu există natalitate și mortalitate, atunci pierderile și rata de diluare pot fi echivalente cu rata de migrare. Indicele L în cînd simplu (vezi în continuare) poate fi folosit pentru a calcula proporția populației care a migrat, dacă totalul populației este cunoscut (și nu există natalitate și mortalitate).

*Rata populației care se deplasează între două zone.* Se pornește de la presupunerea că în două populații de insecte ratele de supraviețuire sunt egale. Se fac 3 observații: ziua 1 ( $t_1$ ), ziua 2 ( $t_2$ ) și ziua 3 ( $t_3$ ) cu ajutorul metodei lui Bayley de triplă recaptură (vezi în continuare). În ziua 1, se marchează și se lanseză, în ambele suprafețe unde sunt cele două populații, un număr de indivizi ( $a_1$ ). În ziua 2, se ia o probă ( $n_2$ ) și se numără indivizii marcați și lansați ( $a_2$ ). În ziua 3, se iau probe din ambele suprafețe și se înregistrează numărul tuturor indivizilor marcați.

**Rata de emigrare din suprafața  $x$  în  $y$ , pe intervalul dintre ziua 1 și 2, este dată de relația:**

$$R\hat{e}_1(xy) = \frac{\left[ \frac{(x_{3,1} \cdot ya_2) + (x_{2,1} \cdot x_{3,2})}{x_{3,2} \cdot ya_1} \right] \cdot (ya_1 \cdot x_{2,1})}{xa_1 \cdot x_{2,1}}$$

$xa_1$  = nr. indivizi marcați, lansați în zona  $x$  în ziua 1;

$ya_1$  = nr. indivizi marcați, lansați în zona  $y$  în ziua 1;

$ya_2$  = nr. indivizi marcați, lansați în zona  $y$  în ziua 2;

$r_{2,1}$  = recapturare în zona  $y$  în ziua 2 pt. indivizii marcați în  $y$ , în ziua 1;

$r_{3,1}$  = recapturare în zona  $y$  în ziua 3 pt. indivizii marcați în  $y$ , în ziua 1;

$r_{3,2}$  = recapturare în zona  $y$  în ziua 3 pt. indivizii marcați în  $y$ , în ziua 2.

**Ecuația echivalentă a estimării ratei de emigrare din  $y$  în  $x$ , este:**

$$R\hat{e}_1(yx) = \frac{\left[ \frac{(x_{3,1} \cdot xa_2) + (x_{2,1} \cdot x_{3,2})}{x_{3,2} \cdot xa_1} \right] \cdot (xa_1 \cdot x_{2,1})}{ya_1 \cdot x_{2,1}}$$

Să presupunem că prin alte metode (vezi ia cap. despre mărimea populațiilor), s-a estimat corect nivelul populației ( $P$ ), atunci numărul actual al indivizilor care au emigrat ( $\hat{E}$ ) este:

- din  $x$  în  $y$ :  $\hat{E}(xy) = P_1(x) \cdot R\hat{e}_1(xy)$

- din  $y$  în  $x$ :  $\hat{E}(yx) = P_1(y) \cdot R\hat{e}_1(yx)$

Cu ajutorul acestor parametrii poate fi calculată și rata de supraviețuire ( $K_1(x)$ ):

$$K_1(x) = \mu_1(xy) + R\hat{e}_1(xy)$$

unde:

$$\mu_1(xy) = \frac{(x_{3,1} \cdot ya_2) + (x_{2,1} \cdot x_{3,2})}{x_{3,2} \cdot ya_1}$$

Se poate observa că această ultimă relație este de fapt conținutul în  $\square$  al relației anterioare ( $R\hat{e}_1(xy)$ ). Atunci înseamnă logic că:  $K_1(y) = \mu_1(yx) + R\hat{e}_1(yx)$  și respectiv:

$$\mu_1(yx) = \frac{(r_{3,1} \cdot xa_2) + (r_{2,1} \cdot r_{3,2})}{r_{3,2} \cdot xa_1}$$

*b. Determinarea și măsurarea teritoriului de locuit al individului sau populației.*

Amintesc acest aspect, dar el se pretează foarte bine la animale vertebrate. La insecte s-au făcut cercetări la furnici, lăcuste, unele coleoptere. Metoda este importantă pentru analiza competiției și influență densității. La insecte, teritoriul de locuit nu trebuie privit ca o simplă suprafață geografică, iar în condiții în care studiul poate fi făcut riguros, poate fi detectate și modificările datorate competiției intra- și interspecifice, modificarea resurselor și modificarea comportamentului. Ca metodă, se pot folosi foarte bine capcanele feromonale, capcanele Barber, observațiile directe pe traseu. Cu capcane feromonale, pe suprafețe extinse, în zona Cluj, s-a încercat aceste metode în studiul populațiilor de lepidoptere noctuide (STAN et al. nepubl.).

*Metoda suprafeței minime.* Punctele de recaptură se pot marca pe o hartă la o scară convenabilă întinderii teritoriului și se pot face măsurători. Metoda are avantajul că nu se face nici o referire asupra conformației teritoriului, acesta fiind considerat ca liniar. Suprafața se calculează prin unirea punctelor extreme (Fig. 43A).

*Metoda fâșiei de hotar.* Se apropie de cea anterioară dar, în plus, se ia arbitrar o bandă care se întinde și pe jumătatea domeniului capcanei vecine (Fig. 43B). Metoda are două variante marcate pe figură cu ----- și ++++++ (ultima dând cele mai bune rezultate).

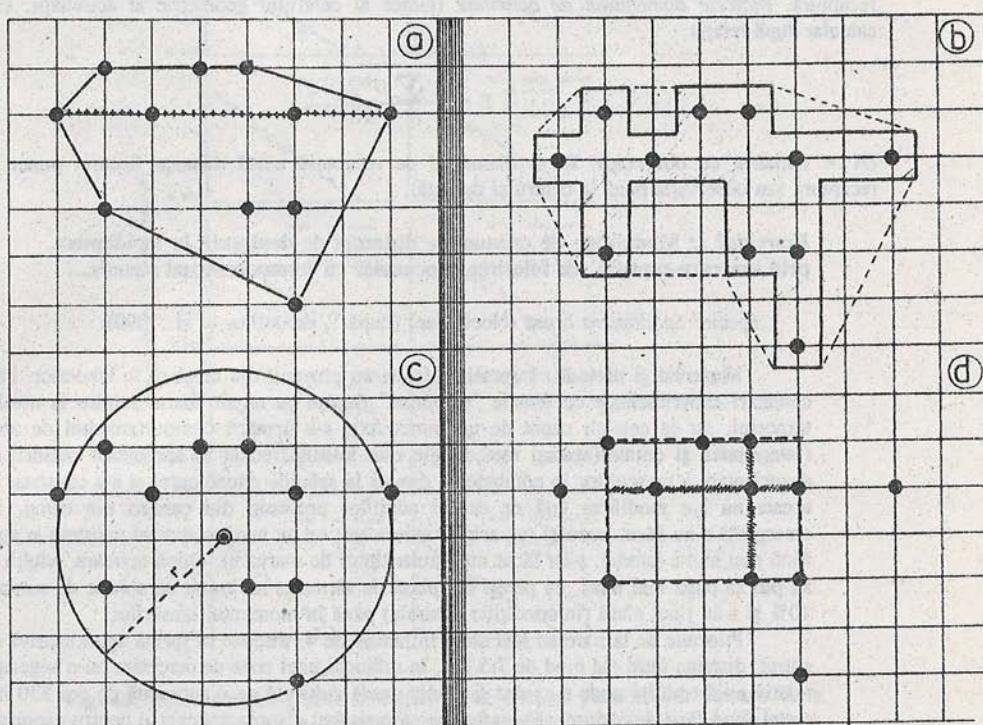


Fig. 43. Modalități simple de determinare și măsurare a teritoriului de locuit al unui individ sau a unei populații, prin: metoda suprafeței minime (A), metoda fâșiei de hotar (B), aprecierea lungimii teritoriului (+ + + + A), metoda centrului de activitate (C), metoda suprafeței geometrice (D) (date din SOUTHWOOD 1966).

**Lungimea domeniului.** Este distanța dintre cele mai îndepărtate capturi (marcare cu ++++++ în Fig. 43A). Se mai poate ajusta, ca și la punctul anterior, prin includerea și a jumătate din distanța capcanei următoare.

**Metoda centrului de activitate.** S-a pus în aplicare pentru a elimina unele dificultăți legate de stabilirea fâșiei și influența capcanelor învecinate. Centrul de activitate este *centrul geometric* al tuturor punctelor de captură sau de observații (Fig. 43C). Se calculează astfel: se aplică punctele de captură pe o grilă; fiecare punct are două valori (una pe verticală și una pe orizontală); se însumează toate valorile de pe verticală și se împart la numărul de observații obținând o valoare medie; se procedează la fel și pe orizontală; cele două valori medii vor fixa un punct care este centrul de activitate.

**Metoda suprafeței geometrice.** Se bazează pe punerea în evidență, prin unirea pe grilă a punctelor de captură sau observare situate la extremitatea a două drepte perpendiculare dar în așa fel încât prin unirea a căt mai multe puncte de pe o latură, să se formeze o figură geometrică clasică, a cărei suprafață poate fi calculată matematic (Fig. 43D).

**Indicele domeniului de activitate.** Este o metodă simplificată a centrului de activitate dar se ia în considerare domeniul ca fiind circular iar distanțele diferitelor puncte de recaptură reprezintă razele acestor cercuri (raze de recaptură). Unii autori iau în considerare un diametru standard ca diametru al cercului a cărui rază este egală cu abaterea standard a valorii razelor de recaptură. *Indicele domeniului de activitate* (indice al centrului geometric al activității), este calculat după relația:

$$I = \sqrt{\frac{\sum D^2}{N - 1}}$$

( $N$  = numărul de observații;  $D$  = diametrul de recaptură adică distanța fiecărui punct de recaptură sau observație până la centru și dublată).

**Exercițiul 1: Modalitate de estimare a distanței de deplasare la lepidoptere, prin marcare-captură, cu folosirea capcanelor cu feromon sexual sintetic.**

specia: *Spodoptera litura* (Noctuidae) (după WAKAMURA et al. 1990).

**Material și metodă.** Insectele folosite au provenit din creștere în laborator. Prin cercetări experimentale cu femele "priponite" (legate cu un fir foarte subțire la nivelul toracelui, iar la celalalt capăt de un punct fix), s-a urmărit comportamentul de zbor (intensitatea și durata) (aceeași metodologie este folosită recent în aprecierea măsurii de dezorientare a masculilor în combaterea directă la speciile dăunătoare) și s-a constatat că acesta nu s-a modificat față de cel al adulților proveniți din capturi din câmp. La emergență s-au făcut marcări (pe aripile anterioare, cu un marker special rezistent la apă; fiind mai multe lansări, s-au făcut mai multe tipuri de marcări). După marcare, adulții s-au pus în cuști mai mari, cu pereți din plasă de sărma, s-au hraniți cu soluție de sucroză 10% și s-au lăsat afară (în condițiile naturale) până în momentul lansărilor.

Punctele de lansare au fost alese în număr de 4, dispuse în formă aproximativă de patrat, distanța între ele fiind de 3-5 km, în mijlocul unei zone de cercetare cu o vegetație relativ uniformă (și unde a existat și planta gazdă cultivată pe o suprafață de cca 530 ha, restul fiind fâșii de pădure). Suprafața pe care au fost dispuse capcanele pentru capturare a fost de cca 650 km<sup>2</sup>, diferența dintre ele variind între 2 și 10 km. Sunt folosite capcane feromonale cu apă, mult mai eficiente decât cele adezive (în total = 24 capcane cu 96 operații de lansare-recaptură).

Lansările s-au făcut în 5 luni (mai-septembrie) pe o durată de 3-4 zile, la aproximativ mijlocul fiecărei luni (deci 3-4 lansări pe lună).

Ce s-a înregistrat?

\* Relația dintre rata de recaptură (P) și punctul de lansare:

$$P = m / M$$

(M = numărul total al masculilor marcați și lansați dintr-un punct de lansare; m = numărul total de masculi marcați care au fost capturați într-o capcană). Rata de recaptură s-a calculat după prima noapte de după lansare și la sfârșitul perioadei de experimentare.

\*\* Relația dintre rata de recaptură (P) și distanța de la punctul de lansare fată de capcană (X) a fost determinată pe baza ecuației:

$$\ln P = a + b \cdot \sqrt{X}$$

Datele obținute includ și valori în care rata de recaptură a fost zero. Aceste date s-au omis. Datele de lansare-recaptură au fost ajustate și grupate în funcție de distanța de la punctul de lansare, în următoarele categorii: pe intervale de 0,4 km în cadrul distanței de 2 km; intervale de 0,5 km în cadrul limitei de 2-8 km; interval de 2 km în cadrul distanței 8-14 km; interval de 6 km, la distanțe de peste 14 km. Transpunerea grafică a datelor arată ca cea din Fig. 44.

\*\*\* Distanța medie de zbor (d) a fost estimată în funcție de panta (b) a ecuației:

$$d = 20 / b^2$$

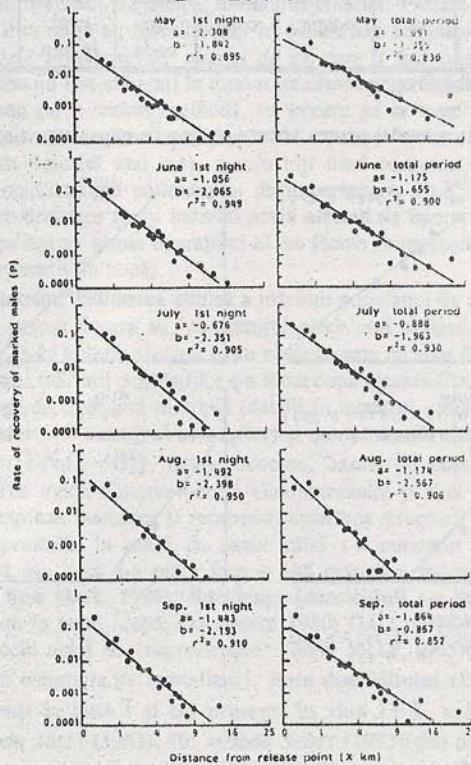


Fig. 44. Reprezentarea grafică a relației dintre distanța punctului de lansare (X) a masculilor marcați și rata de recaptură (P), pentru specia *Spodoptera litura* (după WAKAMURA et al. 1990).

\*\*\*\* Perioada de supraviețuire a masculilor marcați. Rata de supraviețuire zilnică (S) s-a făcut pe baza modificării modelului lui JACKSON (după ITO et al. 1974) (detalii în Fig. 45). Este vorba de o relație între numărul de zile de după lansarea masculilor (i) și  $Y_i$ , valoarea acestui termen fiind calculată astfel:

$$Y_i = 10^4 \cdot m_i / M_0 \cdot n_i$$

( $m_i$  = numărul de masculi marcați și prinși în ziua  $i$ ;  $n_i$  = numărul total de masculi capturați în ziua  $i$ ;  $M_0$  = numărul total de masculi marcați și lansați; deoarece cu ocazia cărării capcanelor, masculii capturați au fost luati din capcană, în locul lui  $M_0$  s-a folosit  $M_0'_{(1)}$  când  $i > 2$ , adică  $M_0'_{(1)} = M_0 - \Sigma m_i$ ).

Media perioadei de supraviețuire ( $L$ ) a fost estimată pentru rata zilnică de supraviețuire ( $S$ ):

$$L = L_0 + 1 / (1 - S)$$

( $L_0$  = perioada lui  $S = 1$ ).

**Rezultate.** Datele obținute au fost incluse într-un tabel cu următoarele rubrici:

Luna	Data >	Nr >	Nr. total ♂♂ >	P în prima noapte	Dist. max. zbor în prima noapte	P pt. toată peri- oada	Dist. max. zbor pt. toată peri- oada	Media nr. ♂♂ din câmp capt. în cap.	Media temp. (°C)	Vit. vânt (m/s)
- lansare de masculi marcați										

(Tabelul poate fi luat ca model pentru aricare alt gen de experiențe similare)

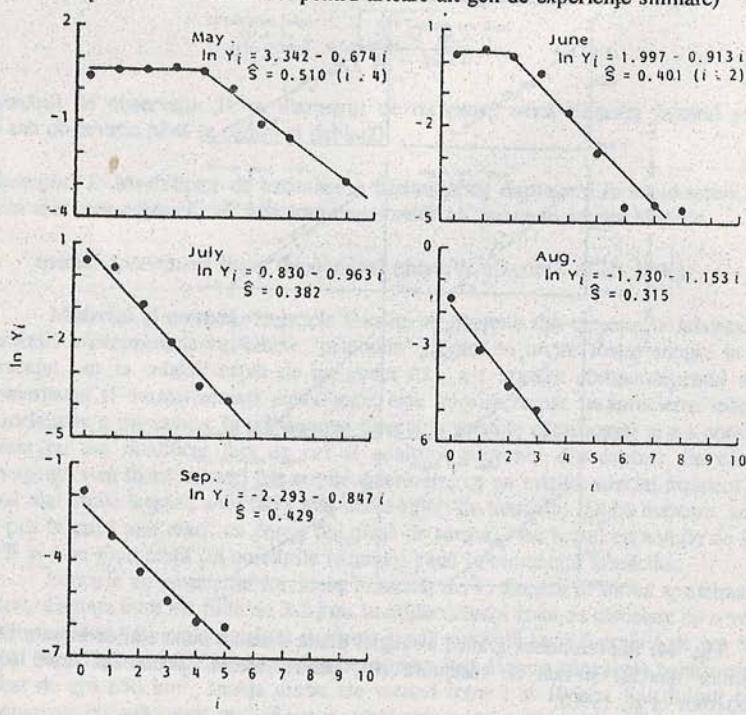


Fig. 45. Reprezentarea grafică cu ajutorul ecuației de regresie a relației dintre  $i$  și  $Y_i$  în cadrul modelului modificat al lui JACKSON pentru calcularea ratei zilnice de supraviețuire ( $S$ ). Alte detalii - în text (după WAKAMURA et al. 1990).

**Exercițiul 2: Studiu ecologic al comportamentului de deplasare în relație cu structura și mărimea populației, la coleoptere.**

specia *Tetraopes tetraphthalmus* (Coleoptera: Cerambycidae)(după LAWRENCE 1988)

Studiul complex al speciei în relație cu planta sa gazdă a luat în considerare următoarele aspecte colaterale: (1) studiul zilnic al mărimei și densității populației, (2) structura pe vârstă și pe sexe a populației, (3) rata domiciliului fiecărui individ, (4) modelul de mișcare și deplasare al indivizilor în interiorul populației, (5) studiul unor cauze posibile în influențarea modelului de deplasare și mișcare.

**Material și metodă.** Pe o suprafață mare, în câmpuri vechi s-au ales asociații în care a predominat planta gazdă *Asclepias syriaca*, suport pentru populațiile speciei *T. tetraphthalmus*. S-au marcat și numerotat plantele, s-au capturat gândaci și după ce s-a notat planta și statutul reproductiv, s-au pus individual în niște cutii mici de plastic. În laborator s-a determinat sexul și s-a făcut măsurarea elitelor. Fiecare individ s-a numerotat. Adulții capturați dimineața au fost eliberați în după-masa aceleiași zile, *fiecare fiind pus pe una din frunzele inferioare ale plantei de pe care a fost capturat inițial* (indivizii capturați după-masa au fost eliberați în dimineața următoare). Folosind apoi zinic, metoda deplasării pe traseu (area census method), cu trecere pe la toate exemplarele de plante gazdă, luate în studiu, s-au făcut operațiunile de capturare (pentru cei nemarcăți anterior s-a aplicat metoda descrisă mai sus), pentru toți fiind consemnat astfel locul, statutul reproductiv și remarcii asupra partenerului de împerechere. În aceste operațiuni trebuie avută o grijă mare deoarece mulți indivizi pot fi afectați de operațiunile de manevrare și observare. Este indicat ca aceste operațiuni să fie făcute în repetiții (în același sezon și în mai mulți ani consecutivi în zonă).

**Analiza datelor.** Estimarea zilnică a mărimei populației de masculi și femele ( $N_i$ ) s-a făcut separat pentru fiecare an, cu ajutorul modelului stochastic al lui JOLLY (1965) (vezi cap. 4.B.d.). Aici trebuie precizat că în zilele în care nu s-au făcut deplasările pentru observații, estimarea mărimei populațiilor s-a făcut după metoda COOK, BROWER & CROZE (1967) prin metoda de recaptură multiplă (detalii în numărul următor - X). În estimarea emergenței sezoniere (= numărul urmășilor) și media numărului de gândaci prezenți în fiecare zi  $\{ = [\Sigma N_i(1-\phi)] \}$ , datele extreme, bazate pe observații puține, au fost înlocuite cu valorile medii obținute pentru ziua anterioară și ziua următoare. În studiile acestea care au implicat marcarea și recaptura, stabilirea structurii pe vârstă a populației este aproape imposibilă, în afară de cazul când s-a cunoscut vârsta individului la capturarea inițială sau dacă s-a putut face o altă măsurare independentă (de ex. după mărimea aripilor - vezi GALL 1984). **Rezidența (domiciliul)** s-a determinat pentru toate datele de observare în teren (după TABASHNIK 1980; GALL 1984), folosind termenul de "rezidență", în locul celui de "supraviețuire" (după JOLLY 1965) (aceasta deoarece este dificil de a separa emigratia de mortalitate). Rata domiciliului zilnic ( $\phi$ ) = proporția indivizilor prezenți în ziua i și cei prezenți în ziua i+1, a fost estimată prin trei metode: (a) metoda JOLLY (1965), (b) metoda SCOTT (1973) ( $\phi_S$ ) descrisă de TABASHNIK (1980), (c) metoda variației greutății medii (după TABASHNIK 1980) ( $\phi_V$ ). După metoda (a),  $\phi$  poate fi  $> 1$  ceea ce din punct de vedere biologic este imposibil. Acest lucru poate fi evitat prin calcularea timpului de rezidență =  $-\ln(\phi)^{-1}$ .

Rata sexelor (masculi : femele) a fost calculată zilnic ( $r_s = N_{i\delta} / N_{i\beta}$ ).

În prelucrare matematică se pot folosi: *testul "t"*, *testul  $\chi^2$* , *F*.

**Model de ilustrare grafică a datelor.** Redăm aici câteva din multiplele posibilități de vizualizare a datelor obținute, în grafice și tabele (după LAWRENCE 1988) (acestea sunt doar câteva modalități, în literatură existând multiple posibilități):

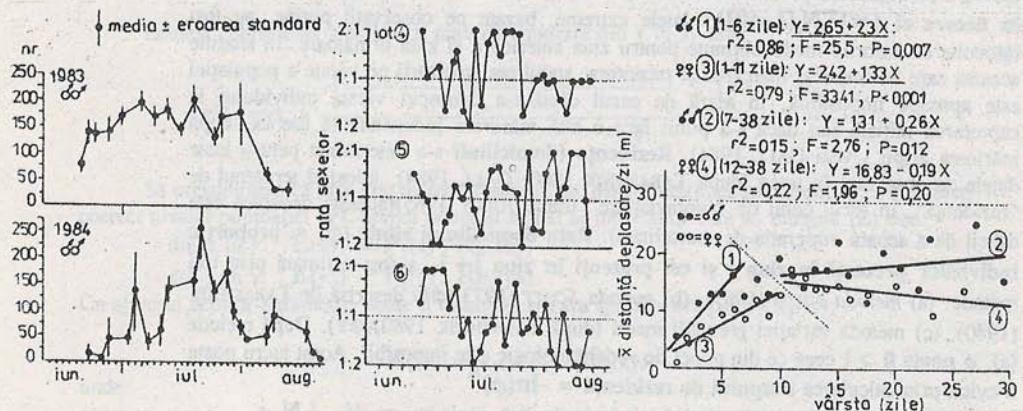
Tabelul A. Date sintetice despre populația speciei.....

Parametrii	Numărul de plante sau grupări de plante gazdă					
	I	II	III	IV	V	VI
Media nr. femele	-					
Media nr. masculi	-					
Media de masculi/plantă	-					
Media de femele/plantă	-					
Suprafață ( $m^2$ )	-					
Nr. plante analizate/grup	-					
Media de masculi recapturați	-					
Media femele recapturate (din fiecare marcare anteroiară)	-					
Nr. urmași masculi	-					
Nr. urmași femele	-					

Tabelul B. Date asupra comportamentului de depasare și dispersie al speciei....

Parametrii	Masculi	Femele	t*	g.l.	P
<i>Valori pentru toată durata de viață</i>					
Total deplasări	$43,2 \pm 2,9$	$30,3 \pm 1,9$	3,94	1427	<0,001
Număr mediu deplasări					
Distanță maximă de deplasare					
Deplasări între plante	$14,9 \pm 1,0$	$11,9 \pm 0,7$	2,25	1581	= 0,02
Deplasări între grup. de plante	$28,5 \pm 2,4$	$18,5 \pm 1,6$	3,79	1452	= 0,001
<i>Valori zilnice</i> (aceeași parametrii)					

\* - t = testul "t"; G.l. = grade libertate; P = pragul de asigurare; în tabel doar câteva date sunt prezentate ca ex.).



Grafice. Modelul de reprezentare a estimării zilnice a mărimei populației într-un grup de plante (A), estimarea zilnică a ratei sexelor (B), și media distanței de mișcare zilnică pe baza recapturilor de masculi și femele (C).

**Tabelul C. Analiza multiplă a factorilor și a datelor privind imigrația, emigrația, domiciliu, densitatea, dispariția, la adulții speciei....**

Variabile (pentru masculi)	Parametrii				Obs.
	Nr./pl.(grup)	Emigrare	Imigrare	Dispariție	
Rata sexelor					
Abundența conspecifică					
Abundență masculi					
Abundență femele					
Densitatea conspecifică					
D. masculi/plantă					
D. masculi/suprafajă					
D. femele/plantă					
D. femele/suprafajă					
Propri. asociației insectă și grupul de pante gazdă					
Nr. plante/grup					
Suprafața ocup. plante					
Grupuri apropiate					
Grupuri învecinate					
Vremea					
Soarele					
Vântul					
Umiditatea					
Model matematic					
$r^2$					
F					
P					

## 2. Teoria difuziei randomizate

Este o modalitate aplicată în studiul comportamentului de deplasare și mobilitatea insectelor. Metoda implică o numărare a patratelor cu indivizi nemarcați. Schimbarea numărului de insecte în timp este dată de formula:

### Relația I

$$df/dt = \alpha[(d^2f / dx^2) + (d^2f / dy^2)] - \mu f$$

( $\alpha$  = mobilitatea insectei;  $\mu$  = rata de mortalitate;  $d^2f/dx^2 + d^2f/dy^2$  = măsura gradientului de densitate de-a lungul celor două axe ale unui patrat în care se găsesc insectele).

### Relația II

$$d^2f/dx^2 + d^2f/dy^2 = 1/3 (3\sum x^2 f_{(x,y)} + 3\sum y^2 f'_{(x,y)} - 4\sum f'_{(x,y)})$$

Această relație pentru reprezentarea gradientului densității este dată de DEMPSTER (1957). Să luăm cazul din Fig. 46. Este un ansamblu de 9 patrate și luăm patratul  $f_{1,1}$ , valoarea lui numerică în expresia de mai sus, va fi:  $= 3 \cdot (-1)^2 + 3 \cdot (1)^2 - 4 = 2$ . La fel se calculează și pentru celelalte astfel că vom avea:

### Relația III

$$d^2f/dx^2 + d^2f/dy^2 = 1/3(2f_{1,1}-1f_{1,2}+2f_{1,3}-1f_{2,1}-4f_{2,2}-1f_{2,3}+2f_{3,1}-1f_{3,2}+2f_{3,3})$$

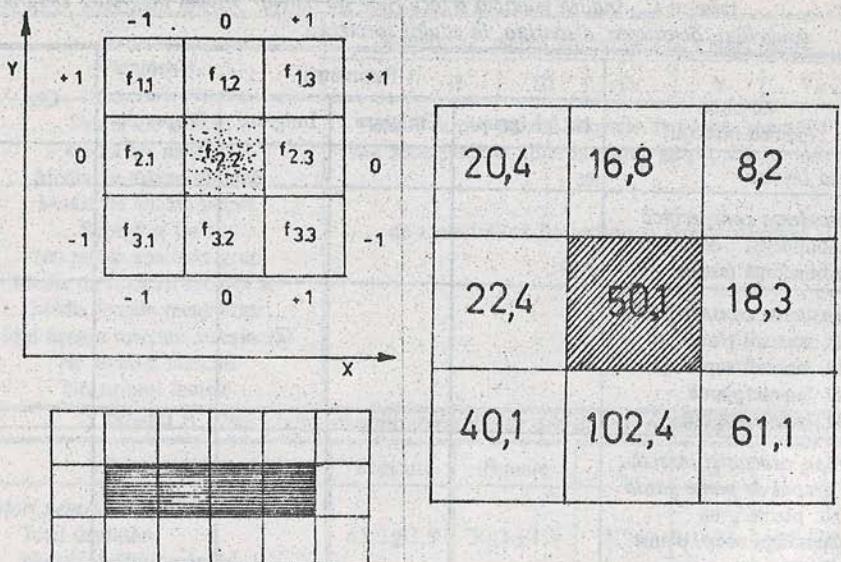


Fig. 46. Ilustrare grafică pentru modalitatea de estimare a gradientului de densitate în cazul teoriei difuziei randomizate (A, B)(explicația este dată în text)(după DEMPSTER 1959; din SOUTHWOOD 1966). Modelul este exemplificat printr-o situație concretă (C).

Pentru cazul prezentat în Fig. 46, această relație este cea mai bună. Valoarea obținută va fi apoi înlocuită în Relația I și vor rămâne ca necunoscute doar  $\alpha$  și  $\mu$ . Un număr de ecuații simultane, vor putea estima pentru diferite patrate centrate în aşa fel încât numărul acestora să fie mai mare decât numărul de patrate necunoscute (în cazul nostru - 2). Numărul minim absolut al patrelor ar putea fi 15, aranjate într-un bloc de  $3 \times 5$ . Se pot folosi și 18 în aranjament de  $3 \times 6$  și se calculează ecuațiile pentru cele 4 din mijloc (Fig. 46 B).

*Exercițiu.* Să luăm un caz concret. Ne imaginăm un cadru de  $3 \times 3$  patrate și în fiecare este trecut numărul de insecte (Fig. 46 C)(se trec valori medii pe baza mai multor repetiții, se pot trece valori de captură, observații pe stadii, vârstă, etc.). Înlocuind în relația III, avem:

$$\begin{aligned} d^2f/dx^2 + d^2f/dy^2 &= 1/3(2 \times 20,4 - 16,8 + 2 \times 8,2 - 22,4 - 4 \times 50,1 - 18,3 + 2 \times 40,1 - 102,4 \\ &\quad + 2 \times 61,1) = -100,7 \times 1/3 = -33,6 \end{aligned}$$

Substituim în Relația I și vom avea în final:  $df/dt = -33,6\alpha - 50,1\mu$

### III. ESTIMAREA MĂRIMII POPULAȚIILOR

Studiul populațiilor este marcat de 6 particularități caracteristice: distribuția spațială a indivizilor, densitatea, rata intrinsecă a creșterii naturale, ciclul de viață și piramida vârstelor, rata sexelor, polimorfismul genetic. Aici ne vom referi doar la aspectul estimării densității și mărimii populațiilor, celelalte direcții fiind abordate anterior.

Pentru estimarea densității există multe modalități dar 4 categorii sunt semnificative: numărarea directă, captură-marcare-lansare-recaptură, prin eşantionaj (descriș în numărul anterior), prin metode indirecte.

Pentru cei care doresc să se inițieze în acest domeniu, într-un spațiu mai restrâns voi prezenta câteva din tehniciile mai simple, fără a vă complica cu aspecte de mărime relativă sau absolută sau cu alte aspecte colaterale. Estimarea nivelului populațiilor, prin diferite metode, duce și la obținerea unor rezultate  $\pm$  similare. Astfel, în habitate destul de omogene (ex. culturi), în afara speciilor care sunt clar cu distribuție în agregate se pot aplica, comparativ, mai multe modalități (ex. tehnica celui mai apropiat vecin, marcare-recaptură și sampling clasic).

## 1. Măsurări directe asupra populației

Aparent metoda este simplă fiind vorba de a înregistra direct numărul indivizilor (recensământ), în condițiile unor activități de deplasare, eșantionare, observare directă, în diferite biotopuri sau ecosisteme recunoscute ca reprezentative. Deși această operațiune este simplă în aparență pentru speciile de vertebrate mari, cu un comportament locomotor redus, operațiunea se complică la păsări și devine chiar dificilă în cazul insectelor.

In cazul acesta din urmă, există totuși două modalități:

a. *"Tehnica celui mai apropiat vecin"*. Se selectează întâmplare un punct și în jurul lui, în cercuri concentrice, se fac cercetări până se găsește un individ al speciei căutate. Se continuă cercetarea, prin același procedeu până se identifică următorul individ. Se măsoară distanța între cei doi indivizi.

Densitatea per unitatea de spațiu cercetat ( $D$ ) va fi dată de relația:

$$D = 1 / 4\bar{r}^2$$

( $D$  = densitatea;  $\bar{r}$  = media distanței între cei mai apropijați vecini).

Dacă estimarea densității se face corect și este verificată prin mai multe metode, atunci îndepărțarea modelului de distribuție de tipul randomizat este dată valoarea numărătorului din următoarele două relații:  $\bar{r}^2 = 1,154 / D$  (distribuție uniformă) și  $\bar{r}^2 = 0,250 / D$  (distribuție randomizată); cele mai mici valori ale numărătorului indică distribuție în agrăgat (semnificația termenilor este ca mai sus). Estimările de mai sus s-au bazat pe un număr foarte mare de probe (eșantioane). Cu cât se vor folosi cât mai mulți vecini apropijați (2, 3, 4,...,n) cu atât este mai mare corectitudinea determinării densității.

Efectul competiției dintre cei mai apropijați vecini poate fi marcat la distanțe mari datorită heterogenității habitatului. Relația:

$$N^2 \pi D \cdot (\sum r_n^2 / N)$$

( $N$  = numărul de observații;  $D$  = densitatea;  $r$  = distanță),

este distribuită ca un  $\chi^2$  cu  $2N$  grade de libertate. Această valoare poate fi calculată și se compară cu cea din Tabelul lui  $\chi^2$  (o probabilitate pt.  $\chi^2 < 0,05$  indică o distribuție în agregate).

b. *Metoda distanței sau a celui mai apropiat individ*. Se alege un punct la întâmplare și se măsoară distanța dintre acesta și cei mai apropijați  $n$  indivizi. De fapt, metoda este folosită larg în botanică să-l specifice de animale cu capacitate redusă de deplasare (ex. melci). Este necesar ca populația să fie distribuită randomizată iar dacă discontinuitățile sunt mici, erorile se vor anula unele pe altele. Ecuația de bază este:

$$D = [(n - 1) / \pi] \cdot (1 / \sum a_n^2)$$

( $D$  = densitatea;  $n$  = rangul în distanță pentru fiecare individ, față de punctul randomizat selectat de cercetător - de ex. pentru cel mai aproape  $n=1$ , pentru următorul,  $n=2$ , s.a.m.d.;  $a$  = distanța măsurată între punctul selectat și individ).

Este dată și o variantă a acestei relații, pentru specii cu mobilitate mare, cel mai apropiat vecin fiind înregistrat în anumite momente ( $s$ ), prin diferite mijloace (fotografic, cu radar, telemetric). Relația este:

$$D = [(sn - 1) / \pi] \cdot (1 / \sum a_n^2).$$

## 2. Estimarea prin eșantionare și observații în unități de habitat

Detalii asupra eșantionării am prezentat în numărul anterior al acestui studiu (VIII). Revenim cu două completări: eșantionarea în aer și metoda transectului (area census, line transect)

*Inregistrarea directă în habitat, colectarea cu plase și observațiile vizuale directe.* Sumar, ca metodologie, aici intră:

- notarea indivizilor care trec pe lângă un observator ce se deplasează pe un anumit

transect. In această situație se impune o bună cunoaștere a speciilor iar pe baza acestor notări, cu ajutorul unui indice de densitate  $I_A = \sum \bar{x}N$ , adică, indicele de abundență este suma mediilor numărului săptămânal (POLLARD 1984) se poate aprecia nivelul populațiilor.

- colectarea cu plase, filee s-au alte dispozitive. Este de fapt o estimare relativă a mărimii populațiilor. Ca procedee, entomologii folosesc: dispozitive de succiune, lovirea crengilor, plase conice atașate de cozi lungi (sau chiar de avioane) pentru a acționa la altitudine, etc. *Să nu uităm: în momentul în care un entomolog face aceste acțiuni, el trebuie deja să aibă în vedere un program de eșantionare, pentru ca aceste operațiuni să fie făcute corect și datele să poată fi folosite nu numai pentru determinări calitative dar și cantitative.* Pe de altă parte, pentru toate aceste metode se înregistrează frecvențe modificări de eficiență, dependent de tipul de habitat, numărul de specii, distribuția, condițiile climatice, comportamentul circadian, deplasările pe verticală, etc.

- observații vizuale. Pe o anumită suprafață, indiferent de metodă (succiune, numărare directă, notare pe linie transect) se înregistrează numărul de specii și indivizi. Intervine însă capacitatea cercetătorului de a face cât mai multe observații dar și viteza de zbor a insectelor ori distanța la care zboară. Există totuși o relație pe baza căreia se poate estima densitatea populației unei specii:

$$D = Z / 2RV$$

(D = densitate; Z = nr. înregistrări/unitate de timp; R = raza efectivă sau distanța radioială până la care specia poate fi observată, recunoscută și considerată că este corect notată; V = viteza de zbor a speciei, dependent de observator, astfel:  $V^2 = \bar{u}^2 + \bar{w}^2$  și unde:  $u$  = viteza de deplasare a cercetătorului iar  $v$  = viteza de deplasare a speciei sau individului).

Prezentăm și o altă modalitate de estimare a mărimii populației pentru insecte zburătoare. Eficiența acestora este în relație, printre altele, cu mărimea insectei și vizeta vântului. Se dă următoarea formulă:  $E = (W + 3)(0,0082CE - 0,123) + (0,104 - 0,159 \log i)$  ( $E$  = log eficienței capcanei;  $W$  = viteza vântului în m/h;  $CE$  = coeficient de eficiență,  $i$  = mărimea insectei, în  $\text{mm}^2$ ). Cum se face conversia capturii în densitate aeriană?. Numărul de insecte capturate se împarte la volumul de aer:  $\log \text{captură}/\text{unit. timp} + \log \text{factor conversie} = \log \text{densitate}/10^6 \text{ volum aer}$ .

Densitatea insectei la o anumită înălțime ( $D_h$ ) este dată de următoarea relație:

$$D_h = C(h + h_e)^{-\lambda}$$

( $D_h$  = densitatea la înălțimea  $h$ ;  $C$  = factor de scară dependent de mărimea generală a populației în aer;  $\lambda$  = indice de profil al proceselor de difuziune în aer;  $h_e$  = constantă adăugată la înălțimea actuală și dependentă de înălțimea de zbor).

*Calcularea valorilor relației.* Datele se vor trece pe un sistem de axe (Fig. 47) și se obține o curbă. Înălțimile observate sunt fiecare crescute de o constantă până se obține linia pătrată. Valoarea care dă cea mai de sus liniaritate este  $h_e$ . Pentru determinarea lui  $\lambda$  se iau în considerare cele două înălțimi de la extremitățile curbei:

$$\bar{\lambda} = \log [(h_1/h_2) - \log [(h_2 + h_e) / (h_1 + h_e)]]$$

$D_{h_1}$  = densitatea insectelor la înălțimea  $h_1$  - este aproape la minimul înălțimii de observare;

$D_{h_2}$  = densitatea insectelor la înălțimea  $h_2$  - este la maximul înălțimii de observare.

Apoi:

$$\log C = fh + \lambda \log (h + h_e)$$

( $D_h$  = densitatea insectelor la înălțimea  $h$ ).

Numărul total al insectelor ( $P$ ) între înălțimile  $h_1$  și  $h_2$  este dată de relația:

$$P = C / (1 - \lambda) [(h_2 + h_e)^{1-\lambda} - (h_1 + h_e)^{1-\lambda}]$$

In metoda transectului se poate folosi numai observarea directă sau se combină cu metoda de marcare-recaptură. Apoi, de exemplu, în cercetările noastre cu capcane feromonale în câmp (STAN et al. 1994) am folosit metoda transectului cu capcane feromonale pe distanțe mari, acoperind diferite habitate caracteristice unor ecosisteme reprezentative ale zonei studiate (prin

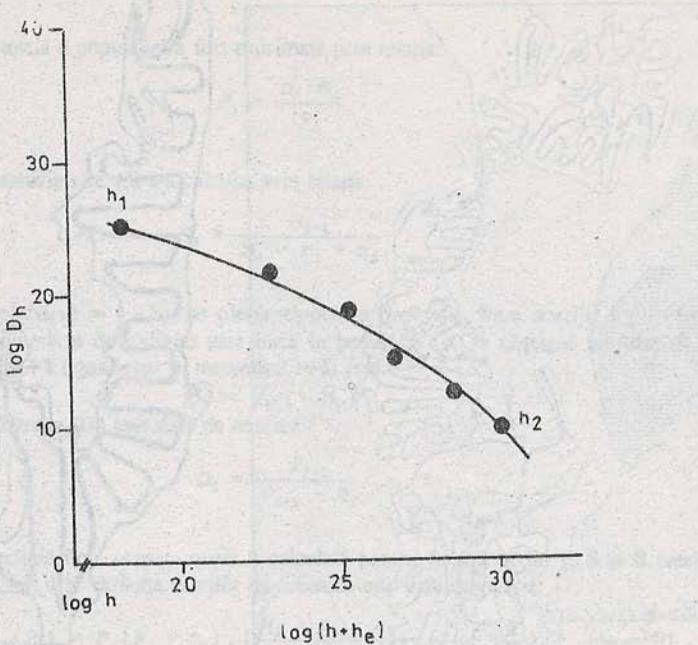


Fig. 47. Reprezentare grafică pentru situația de estimare a densității insectelor în aer, la diferite înălțimi (detalii - în text)(după JOHNSON 1957).

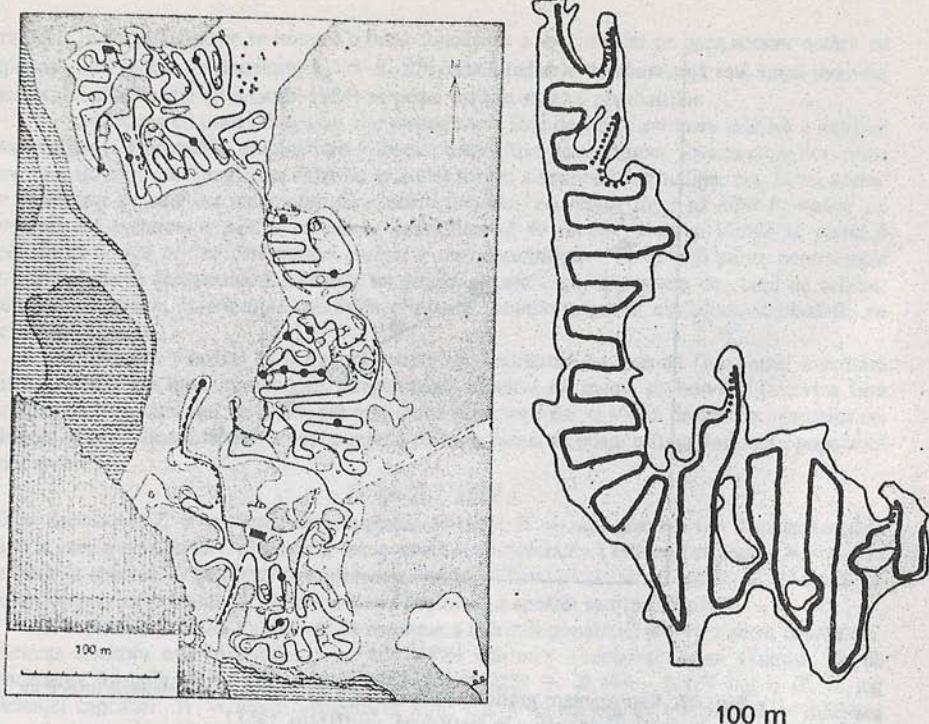
acest procedeu se obțin însă date revelatoare despre speciile la care s-au pus la punct variante feromonale atractive și specifice). În cele ce urmează mă voi referi la câteva exemple care pot fi luate ca model de orice cercetător, adică metoda clasică a transectului, prin deplasare în habitate. Se înțelege că această metodă este practică pentru cercetările făcute la speciile cu comportament diurn. Iată câteva lucrări ca model (DOUWES 1970, 1976; POLLARD et al. 1975).

Mărimea suprafeței aleasă pentru experimentare este diferită, asociat cu o serie de factori (uniformitatea terenului, habitatele preferențiale componente, capacitatea de investigare a persoanei, etc). Deplasarea se poate face, prin repetiție, pe niște drumuri deja existente sau se preferă metoda clasică în zig-zag, cu sau fără reîntoarceri pe același drum. Operațiunea se poate face de mai multe persoane iar datele se vor compara în final. Pe traseu se fac toate notările corespunzătoare care vor ajuta apoi la prelucrarea și interpretarea datelor.

Pentru marcarea prezenței indivizilor (ne referim evident la speciile care zboară și în special la fluturi), se folosesc frecvent două metode:

a. *înregistrare la contact*. Se marchează prezența și denumirea speciei plus numărul de indivizi, când observatorul se află la o distanță de cca 5m de insectă. Dacă întâmplător, un anume și același individ este reîntâlnit după un anumit parcurs, se marchează numai prima observare (dacă sunt dubii, se poate face o înregistrare în plus. Ca lățime, "banda de observare" diferă, frecvent fiind între 2-5m. Transectul poate fi divizat și în subunități.

b. *observații în plan transect pe bază de capturare-marcare-lansare-recapturare*. Această metodă a transectului dă rezultate mai corecte, dar cere finețe practică din partea cercetătorului. Se face frecvent de mai mulți indivizi, pentru compararea datelor. Metoda este de transect cu deplasare în zig-zag (area census method)(Fig. 48), buclele traseului fiind distanțate la cca 10m. În final datele pot fi reprezentate grafic marcând relația dintre mărimea populației ( $P$ ) și numărul de observații efectuate ( $n$ )(Fig. 49).



**Fig. 48.** Schița unui model de transect pentru studiul densității populației de *Heodes virgaurea* în metoda *area census* (după DOUWES 1976 (A) și DOUWES 1970 (B)). Linia continuă marchează traseul iar cea punctată - porțiunea de traseu pe care nu s-au făcut înregistrări: punctele marchează stații meteo iar celelalte simboluri definesc diferite tipuri de culturi și forme de vegetație

O metodă bună de lucru în această direcție, este descrisă de DOUWES (1970) iar zona cercetată (Fig. 48 B) a fost pentru specia *Heodes virgaurea*. Metoda a constat în repetarea traseului (de două ori pe zi) în mai multe zile (conform perioadei de zbor; vezi Tabelele D-1 și D-2). Autorul a folosit două metode de marcare (una pe partea inferioară a aripilor și care s-a dovedit mai greoie și mai ineficientă iar a doua pe partea superioară a aripilor anterioare, ceea ce a permis înregistrarea indivizilor chiar de la o distanță de 1-2m, fără a mai captura individul, semnul de marcat fiind vizibil de la această distanță; indivizii au fost prinși cu fileul entomologic iar cei nemarcați au fost imediat marcați și apoi lansați în cel mai scurt interval).

**Atenție.** Pentru fiecare ieșire și efectuare de observații pe traseu se va aplica un model caracteristic de marcare pentru a putea face distincție între acestea în operațiunile de recapturare iar cu ocazia fiecărei ieșiri se fac aceleși operațiuni: captură, marcare, lansare și se notează recaptura, corespunzător zilei în care s-a făcut (pentru detalii vezi tabelele date ca exemplu; pentru a marca diferențele între sexe, se fac tabele separate).

Pe baza datelor, s-au făcut următoarele estimări:

- Numărul de indivizi marcați din populație la momentul i a fost exprimat prin relația:

$$M_i = \frac{a_i \cdot Z_i}{R_i} + r_i$$

- Mărimea totală a populației a fost exprimată prin relația:

$$P_i = \frac{n_i \cdot M_i}{r_i}$$

- Rata de supraviețuire (S) s-a calculat prin relația:

$$S_i = \frac{M_{i+1}}{M_i - r_i + a_i}$$

- Rata de pierdere =  $I - S_i$ , iar pierderea pentru populație, între ocaziile i și i+1 este egală cu  $P_i \cdot P_i \cdot S_i$ . Numărul de indivizi care intră în populație ( $B_i$  = câștigul populației), în intervalul dintre i și i+1 (eșantionat în momentul i+1) este:

$$B_i = P_{i+1} - S_i \cdot P_i$$

- Rata de diluare (D) este dată de relația:

$$D_i = \frac{P_{i+1}}{P_{i+1} - B_i}$$

- Varianța estimărilor. Aceasta poate fi calculată pentru estimările lui P, S și B (vezi în continuare punctul 4.B.d.). Varianța erorilor de estimare este dată de relația:

$$\text{var}(P_{\text{estimat}}/P_i) = P_i (P_i - n_i) \cdot \left[ \frac{M_i - r_i + a_i}{M_i} \cdot \left( \frac{I}{R_i} - \frac{I}{a_i} \right) + \frac{n_i - r_i}{n_i \cdot r_i} \right]$$

( $n_i$  = numărul de identificări;  $a_i$  = nr. indivizi lansați, după marcare;  $R_i$  = numărul total al fluturilor recapturați în fiecare ieșire pe traseu, pentru toate datele când s-au făcut marcări și lansări;  $r_i$  = nr. de recapturi;  $P_i$  = populația totală în momentul i;  $Z_i$  = însumarea pe verticală a recapturilor, obținute printr-un artificiu de aranjare adatelor, pornind de la Tabelul D-1).

Pentru  $n_i$ ,  $a_i$ ,  $R_i$  - vezi Tabelul D-1. Pentru  $Z_i$ ,  $r_i$  - vezi Tabelul D-2. În Tab. D-1 cea mai mare parte a acestuia este ocupată de valorile care se referă la recaptură. Să luăm un exemplu. În data de 25 iulie a.m. s-au capturat 23 fluturi ( $n_i$ ) care au fost nemarcăți. Aceștia s-au marcat și s-au lansat imediat ( $a_i$ ). S-au recapturat însă și 18 fluturi marcați în zilele anterioare, după cum urmează (citește valorile de la intersecția liniei lui 25 a.m. cu celelalte coloane și vei constata: 1 fluture marcat din 18 a.m., 1 individ din 19 p.m., 2 din 21 a.m., 1 din 21 p.m., 3 din 22 a.m., 5 din 24 a.m., 5 din 24 p.m.; în total 18, valoare care este trecută cu bold în Tabelul d-2, în fața lui 25 a.m.). Însumarea pe verticală a datelor de recaptură indică valoarea lui  $R_i$ . Tabelul D-2 s-a obținut prin aranjarea datelor, pornind de la Tabelul D-1, fiind făcute următoarele operații:

- nu se mai trec coloanele lui  $n_i$  și  $a_i$ ;

- pe orizontală se face operațiunea de adunare a valorilor, de la stânga la dreapta (inclusiv 0 și la locul de intersecție dintre linie și coloană, pentru datele respective, se vor trece noile valori). **Atenție:** ultima cifră înainte de sătul, pe orizontală, este cu caracter bold și, aşa cum am amintit mai înainte, ea este suma reală a recapturilor și nu suma valorilor după ce s-a făcut artificiu de adunare. De exemplu. Luăm data de 17 p.m. unde valoarea 5 este suma recapturilor din diferite zile, după datele din Tab. D-1 (1 + 1 + 3). Dacă pentru valorile de recaptură din Tab. D-1, facem operațiile de adunare amintite, vom avea: în 10-12 iul. = 0; în 13 a.m. = 1; în 13 p.m. = 1 (1 din 13 a.m. + 0 din 13 p.m.); în 14 a.m. = 1 (val. 1 de la însumarea anterioară + 0); în 15 a.m. = 1 (1 + 0); în 15 p.m. = 1 (1 + 0); în 16 p.m. = 2 (1 din însumarea din față și valoarea 1 ce reprezintă recaptura din 17 pentru fluturele marcat în 16 p.m.); în 17 a.m. = 5 (2 anterior + 3); valoarea aceasta este cea trecută cu bold.

Autorul de mai sus folosește 4 tabele: două pentru masculi (cele date aici ca exemplu) și

**Tabelul D-1**

(după DOUWES 1970)

10-12 July																										
4	4	13 a.m.																								
6	6	13 p.m.																								
4	4	2	13 p.m.																							
5	5	1	2	14 a.m.																						
1	1	0	0	1	15 a.m.																					
7	7	0	0	3	1	(5 p.m.)																				
12	12	0	1	0	0	0	3	10 p.m.																		
13	13	1	1	0	0	0	3	17 a.m.																		
10	9	0	1	0	0	0	1	3	17 p.m.																	
14	14	0	0	0	0	0	1	4	5	18 a.m.																
11	11	0	0	0	0	0	0	2	5	18 p.m.																
13	13	0	0	0	1	0	0	0	1	3	19 a.m.															
9	9	0	0	0	0	0	1	0	1	0	19 p.m.															
17	15	0	0	0	0	0	2	0	0	3	20 a.m.															
12	12	0	0	0	0	0	0	0	0	3	20 p.m.															
10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	21 a.m.													
11	11	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	2	21 p.m.													
9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	22 a.m.														
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	23 a.m.												
32	31	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	5	1	1	1	24 a.m.									
14	14	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2	1	24 p.m.									
23	23	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	1	25 a.m.									
6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	25 p.m.									
24	22	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	2	8	1	26 a.m.							
28	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	4	1	6	17 a.m.						
24	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	0	3	6	28 a.m.						
22	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	7	29 a.m.					
10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3	29 p.m.							
79	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	3	7	4	30 a.m.						
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	31 a.m.								
3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3	31 p.m.						
11	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	4	1 a.m. August						
7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	3	1 p.m.				
17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	2	1	4	1	24 a.m.			
3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2 p.m.			
23	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0			
12	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0			
17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0			
18	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0			
8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	2	6 p.m.			
11	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	1	2	3 p.m.		
15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	9 a.m.		
5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	4	2	3	10 a.m.		
8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	11 a.m.		
4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	12 p.m.		
8	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	13 p.m.		
6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	14 p.m.		
3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15 a.m.		
2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15 p.m.		
1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	15 p.m.	

Tabelul D-2

Explicații în text - Pag 99

(după DOUWES 1970)

altele două, corespunzător pentru femele.

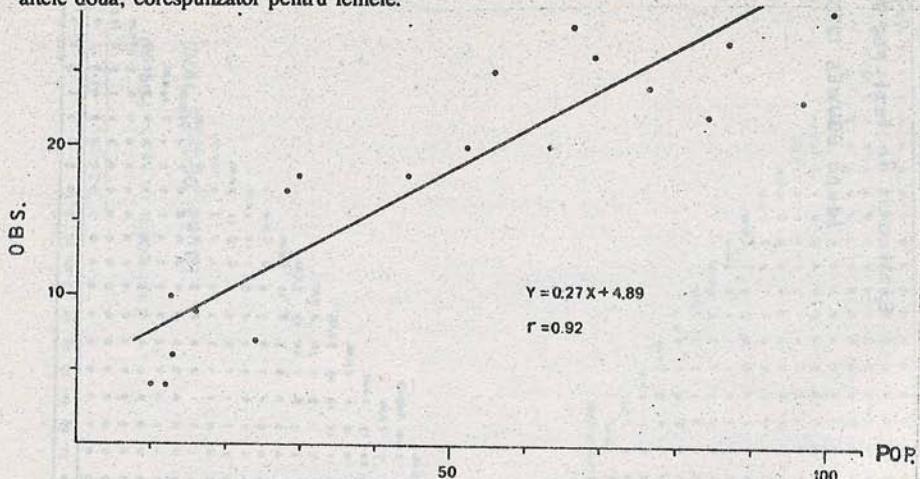


Fig. 49. Reprezentarea grafică a relației dintre numărul de observații și mărimea populației de *Heodes virgaurea* (după DOUWES 1976).

Datele publicate de DOUWES (1970) analizează și alte relații: frecvența de distribuție a recapturilor pe sexe, relația dintre comportament (zbor, poziția pe loc cuaripile apropiate, sau cu aripile depărtate) și factorii de mediu, mărimea populației în funcție de capturi-recapturi în funcție de momentul din zi (dimineață sau după masa).

### 3. Estimarea mărimii populațiilor prin analiza capturilor

Am introdus această modalitate ca fiind distinctă și separată de metoda complexă a marcării-lansării-recapturării și în condițiile în care tehnica capcanelor câștigă tot mai mult teren.

#### A. Folosirea capcanelor în tehnica de eșantionare.

Capturarea este și ea o metodă relativă. Să mai amintim câteva aspecte neincluse în numărul trecut privitor la programul de eșantionare. Capcanele pot fi împărțite în:

- capcane care capturează randomizat (la întâmplare);
- capcane care au surse atractante de diferite tipuri (lumină, feromoni, fagoatracanți, etc);
- capcane cu eficiență intermedieră (capcanele adezive, capcanele cu apă);
- capcane cu eficiență mare, prin combinarea procedeelor (ex. capcană luminoasă + feromoni + fagoatracanți + apă ca sursă de omorâre).

Unii autori mai folosesc și o clasificare de genul:

- capcane de intercepție: înregistrează indivizi speciilor, ± randomizat, în diferite habitate și sunt considerate ca eficiente chiar în estimarea mărimei absolute a populațiilor (în această categorie intră capcanele cu acțiune în aer, în apă, în sol - ex. c Barber);
- capcane care imbină intercepția cu atracția (este cazul de mai sus: capcane luminoase + atracanți, capcane cu apă + feromoni, etc);
- capcane care influențează stimulii vizuali (toate capcanele luminoase);
- capcane cu stimuli atracanți (fagoatracanți, stimulatori, feromoni, kairomoni).

Utilizarea capcanelor și deci a datelor de captură în studiul densității populațiilor de insecte a câștigat teren chiar dacă, așa cum am arătat la început, este riscant, fără o bună cunoaștere a biologiei, ecologiei și comportamentului speciilor, să se facă asemenea corelații.

## B. Metode de estimare a mărimeii populațiilor.

### a. Metoda regresiei.

Este probabil cea mai simplă. Capturarea înregistrată în momentul capturării (este indicat a fi făcută la intervale egale de timp) se marchează pe un grafic. Pe axa Ox se trece totalul de captură, prin insumarea rezultatului anterior, iar pe Oy numărul de capturi la fiecare moment al controlului capcanelor. Se calculează ecuația de regresie și se trage linia de regresie, obținând modelul din Fig. 50. Dacă sunt multe date de captură și nu există o variabilitate mare iar, pe de altă parte, nu avem nevoie de o estimare corectă, se poate renunța, în fazele preliminare, la calcularea ecuației de regresie, iar linia se va trage "după ochi". Locul unde linia de regresie va intersecta dreapta Ox va marca mărimea totală a populației. Pentru exemplul nostru simplu avem:

$$P = 185$$

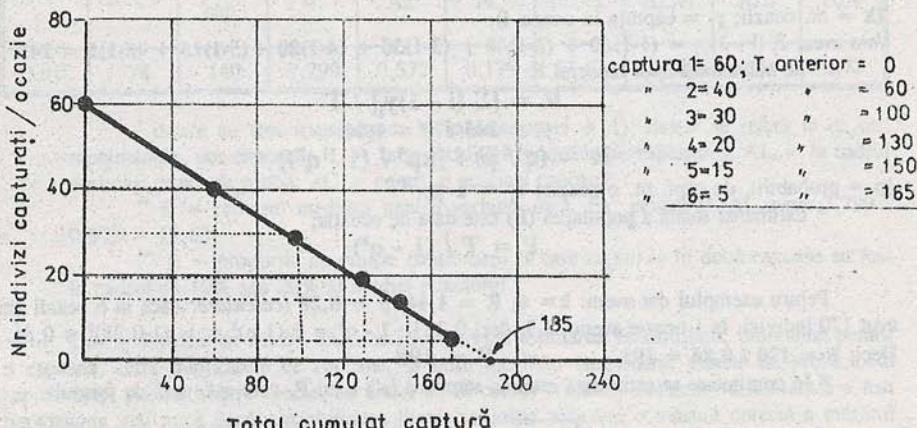


Fig. 50. Estimarea mărimei populației pe baza datelor de captură, prin metoda regresiei și relația exponențială - timp-captură (explicația este dată în text).

### b. Relația exponențială "timp - captură".

Metoda are la bază ipoteza că relația exponențială dintre captură și momentul din timp, poate fi evidențiată prin luarea în considerare a capturilor din 3 puncte, în 3 momente ( $t_1, t_2, t_3$ ) astfel ca  $(t_1 + t_2)/2 = t_3$ . În aceste condiții, populația totală (P), va fi:

$$P = \frac{n_3^2 - n_1 \cdot n_2}{2n_3 - (n_1 + n_2)}$$

$(n_1, n_2, n_3)$  = număr cumulat de capturi în momentele  $t_1, t_2, t_3$ .

Să luăm exemplul de la punctul a. Avem următoarea situație:

Capturile succesive la intervale egale de timp	Număr cumulat de capturi
60	60
40	100
30	130
20	150
15	165
5	170

Dacă  $t_1 = 1$ ;  $t_2 = 5$ ;  $t_3 = (1 + 5)/2 = 3$ , atunci  $n_1 = 60$ ;  $n_2 = 165$ ;  $n_3 = 130$ . Rezultă:  
 $P = [130^2 - (60 \times 165)] / [(2 \times 130) - (60 + 165)] = 7000 / 35 = 200$ .

Deci:

$$P = 200$$

### c. Estimarea erorilor standard.

Este, se pare, metoda cea mai corectă, elaborată de MORAN (1951) și ZIPPIN (1958). Modul de lucru este următorul:

\* Luăm același exemplu;

\* Se estimează totalul capturiilor:  $60 + 40 + 30 + 20 + 15 + 5 = 170$ ;

\* Se calculează:

$$\Sigma (i - 1)y_i$$

( $k =$ nr. ocazii;  $y_i =$ captura în ocazia  $i$ );

Vom avea:  $\Sigma (i - 1)y_i = (1-1)60 + (2-1)40 + (3-1)30 + (4-1)20 + (5-1)15 + (6-1)5 = 245$ .

\* Se calculează apoi raportul R:

$$R = [\Sigma (i - 1)y_i] / T$$

$$R = 245/170 = 1,44.$$

$$R = (q / p) / [kp^q / (1 - q^k)]$$

( $p =$ probabilit. de capt. pt. o ocazie:  $q = 1-p$ );

\* Estimarea totală a populației ( $P$ ) este dată de ecuația:

$$P = T / (1 - q^k);$$

Pentru exemplul dat avem:  $k = 6$ ;  $R = 1,44$ ;  $p = 0,28$  (calculare: dacă la 6 ocazii am avut 170 indivizi, la 1 ocazie avem 28,3, deci 0,283);  $1 - q^k = 1 - (1-p)^k = 1 - (1-0,28)^6 = 0,86$ .

Deci:  $P = 170 / 0,86 = 198$ .

$$P = 198$$

\* În continuare se estimează eroarea standard ( $s'$ ) a lui  $P$ , care este dată de formula:

$$s' = \sqrt{\frac{P \cdot (P-T) \cdot T}{T^2 - P(P-T) \cdot \left[\frac{(kp)^2}{1-p}\right]}}$$

$$s' = \sqrt{\frac{198 \cdot (198 - 170) \cdot 170}{170^2 - 198(198 - 170) \cdot \left[\frac{(6 \cdot 0,28)^2}{1 - 0,28}\right]}}$$

$$s' = 11,5$$

Pentru  $P = 0,95$ , valoarea va fi:  $P = 198 \pm 2 \cdot 11,5$ , deci:

$$P = 198 \pm 23$$

Observând valorile obținute prin cele 3 metode, se constată că acestea sunt foarte apropiate (185, 198 și  $198 \pm 23$ ).

### d. Relații între nr. capturi și nivelul populației.

Am ales doar câteva situații bazate pe analiza datelor de captură de la capcanele feromonale, pentru specii la care feromonul sexual a fost bine pus la punct. În primul caz, cu exemple pentru Noctuidae, este vorba de o interpretare a datelor de captură ale adulților. În cel de-al doilea caz, pentru Tortricidae, este încercarea de a stabili o corelație strânsă între numărul de adulți capturați și alți parametrii populaționali (nr. ouă, nr. larve) mai ușor de înregistrat. La aceste date mai adăugăm un exemplu privind estimarea populației corelat cu eficiența capcanei tip MCPHAIL, la diptere.

**Atenție.** Acestea nu sunt singurele posibilități, dar din datele din literatura de specialitate am ales orientativ pe acestea.

\* Pentru specii de Noctuidae (date după BYERS et al. 1987). S-au ales 81 staționare și în fiecare loc s-au pus câte două grupe (la distanța de 100m) a către 4 capcane (distanțe intre ele la 10m). Captura s-a înregistrat săptămânal. Consistența capturilor intre localități, în același an și între ani diferiți, pentru fiecare specie, a fost testată prin folosirea coefficientului de concordanță KENDALL (W) (GIBBONS 1976). Punctele de probă s-au ordonat în ordinea descrescătoare a valorilor medii de captură. S-a analizat apoi variația în captură luând în considerare parametrii inclusi într-un tabel de felul următor (este dată doar o singură rubrica, ca și exemplu orientativ):

Specia	An	$\bar{x} \text{ } d \text{ } \delta$ per cap.	Patratul mediilor*			Raportul F**		R***	
			IL	AL	AC	IL/AL	AL/A C	10%	20%
D.trif.	'78	140	7,799	0,572	0,179	13,63	3,20	0,44	0,72

\* datele au fost transformate în  $\ln(\text{nr.capturi} + 1)$ ; datele se referă la capturi săptămânale per capcană; IL = intre localități (punctele de capturare); AL = în cadrul aceluiași punct de probă; AC = pentru o aceeași capcană;

\*\*  $F = \text{raportul mediilor pentru varianta dată}$ . Ex. pentru IL/AL avem  $7,799 : 0,572 = 13,63$ ;

\*\*\*  $R = \text{proporția de puncte (staționare) în care capturile în două capcane au fost în cadrul de } 10\% \text{ sau } 20\% \text{ al mediei punctului.}$

Datele obținute de autorii citați mai sus privind estimarea variabilității, individual pentru o capcană, între duplicatele de capcane, și între localități (staționare, puncte de probă, locul capanelor), pentru fiecare specie, au arătat că în cadrul aceluiași staționar variabilitatea a fost întotdeauna mai mică decât variabilitatea dintre staționar indicând o măsură corectă a mărimii relative a populației pentru fiecare punct de capturare. Când nivelele de abundență s-au apropiat de pragul economic probabilitatea de capturare în duplicatele de capcane fiind în cadrul a 20% din medie, captura pentru un punct a fost în general mai mare de 80%. Captura cumulată într-un sezon poate constitui o măsură a abundenței dar și a activității comportamentale, care implică ovipozitarea sau fecunditatea.. Datele pot fi în continuare prelucrate pentru estimarea nivelului populațiilor din zonă.

\*\* Date pentru Tortricidae (după DU MERLE 1985). Pentru specia *Tortrix viridana*, s-au ales 17 puncte de probă (între 450 și 1360m), cu căte 2 capcane per punct. S-a înregistrat captura (n) și valorile corespunzătoare s-au corelat cu datele privind numărul de ouă (d), înregistrate la sfârșitul perioadei de zbor (trebuie să amintim că în acest procedeu există o variabilitate accentuată în funcție de specie, stabilirea unor asemenea corelații fiind extrem de greu de făcut, s-au se obține un optim de informație numai prin anumite prelucrări ale datelor<sup>1</sup>). În funcție de valoarea lui d (normală sau transformată în log) s-a obținut modelul de curbe prezentate în Fig. 51. A fost de asemenea analizată și relația dintre n/d și n (Fig. 52). În cazul acestei specii a existat o puternică corelație semnificativă între n și d (dar acest lucru nu este general valabil. Mai mult, chiar pentru o aceeași specie există diferențe semnificative, în funcție de loc, de nivelul populațiilor și alți factori care se implică.

Făcând referire tot la *Tortrix viridana*, CORNIC et al (1986) arată că în cazul capanelor feromonale, prin intervenția copetăției dintre feromonul sexual sintetic și femelele din natură,

<sup>1</sup> STAN, GH., COROIU, I., CRIȘAN, AL. *Mamestra brassicae L. (Lepidoptera: Noctuidae): Relations among egg masses density, larval infestation, damage level and the number of male moths caught in light and sex attractant traps, în Cluj area (Transylvania, Romania) (in press)*.

numărul de capturi poate varia semnificativ în sens invers cu densitatea indivizilor până ce depășește o anumită valoare critică. Adică, ar exista în realitate o relație care dă cursul după modelul prezentat în Fig. 53.

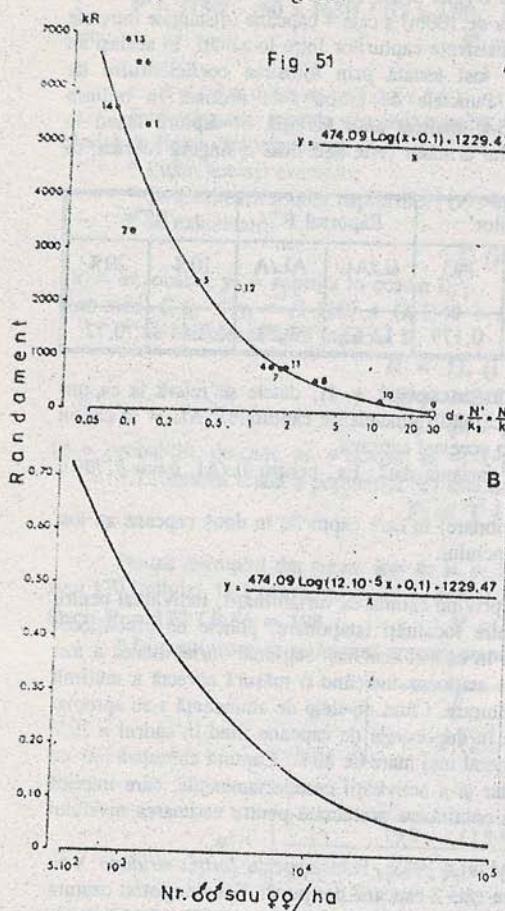
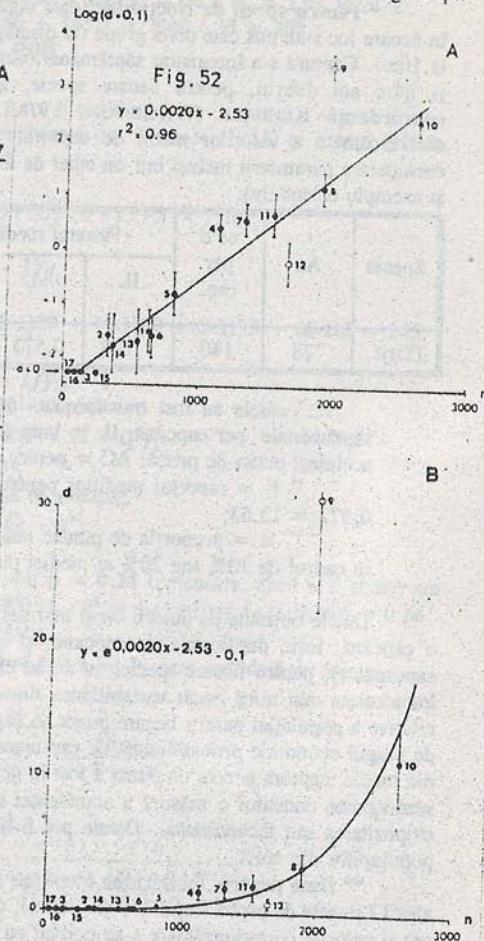


Fig. 51. Modelul curbelor obținute în cazul analizării relației dintre  $n$  și  $d$  (transf. log)(A) și între  $n$  și  $d$  (normal)(B), pentru specia *Tortrix viridana* (detaliu în text; cifrele reprezintă punctele de probă).

Fig. 52. Analiza relației dintre raportul  $n/d = kR$  și  $d = N/k$  pe baza datelor obținute în punctele de probă (A) și variația ipotetică a randamentului de captură  $R$  în funcție de efectivul populației speciei *Tortrix viridana*, în condițiile în care nu ar exista influențe externe (B). Pentru ambele reprezentări, s-au folosit coordonate semilogaritmice. Randamentul mediu de captură al capcanelor ( $R$ ) este dat de relația:  $R = n/N$  ( $N$  = efectivul numărului de masculi pe unitatea de suprafață)  $N = k \cdot d$  deci  $kR = n/d$  (date după DU MERLE 1985).

\*\*\* Date despre diptere - specia *Dacus oleae* (după KAPATOS & FLETCHER 1983). Pentru monitorizarea speciei s-a folosit acest tip de capcană, având ca momeală o soluție apoasă standard, în amestec de 2% proteină hidrolizată și 1,5% borax. Capcanele, distanțate la 25m (cam 1 capcană la 5 copaci) s-au pus în cultura de măslini. Controlul a fost făcut săptămânal. Pentru



determinarea eficienței capcanei în monitoring, s-au făcut estimări regulate, pe sexe în cadrul suprafeței acoperită cu capcane, folosind metoda de *marcare-recaptură* după *modelul Indicelui LYNCOLN, modificat* (FLETCHER et al. 1981) (vezi și cap. 4 B.a.b.). Inițial s-a pornit de la fructe atacate, acestea s-au cules din câmp și s-au adus în laborator iar adulții emerși ulterior s-au transferat în niște capsule cu pudră fluorescentă (ulterior, la captură, pudra a fost evidențiată prin observații la lumină UV). Pentru marcări și eliberări consecutive, s-au folosit pudre de diferite culori (rejineți această metodă și pentru cap. 4 A.). Din momentul marcării în laborator, adulții s-au transferat în cuști cu hrană (apă + proteine + glucide) și s-au lăsat în condiții naturale până la vîrstă maturizării (3-7 zile). S-au ales apoi mai multe puncte de lansare, distribuite cât mai uniform, și un număr de alte asemenea capcane, distribuite la pomii vecini, s-au folosit pentru recaptură. În ele s-a pus soluția de atragere (proteină hidroizată + borax) numai în momentul lansării. Individii afectați au fost omorâți. La 24 și 72 ore după lansare, s-au făcut observațiile îiar captura s-a înregistrat pe sexe, operațiunile repetându-se. Estimările au fost standardizate prin evaluarea nr. indivizi/copac (populația inițială împărțită a nr. pomii din suprafață de probă).

**Calcularea eficienței capcaneor (EC).** Media eficienței a fost estimată per săptămână, prin raportul dintre media numărului de indivizi per capcană (C) și numărul de indivizi înregistrat pe capcană obținuți prin operațiunea de marcare-recaptură în săptămâna respectivă (N<sub>t</sub>). Relația este deci:

$$EC_i = C_i / N_{t_i}$$

Estimările s-au făcut separat, pentru masculi și femele. În prelucrarea datelor s-a calculat regresia în relația dintre datele combinate pentru masculi și femele, dintre eficiența capcanelor și media săptămânală a temperaturii (T):

$$\ln EC = -5,271 + 0,244 T$$

iar varianța eficienței capcanei (ca log) a fost:

$$\text{var}[\ln EC] = 0,00823 + 0,0003 (T - 16,9)^2$$

Numărul de indivizi adulți/pom (N<sub>t</sub>) în funcție de EC și de numărul de adulți per capcană (C) a avut următoarea relație:

$$N_t = C / EC$$

Pentru o anumită săptămână i, estimarea (\*) numărului de adulți per pom (N<sup>^</sup>T) poate fi obținută prin regresie, substituind valorile C<sub>i</sub> și T<sub>i</sub> în ecuația:

$$N^T_i = C_i / \exp (-5,271 + 0,244 T_i)$$

Intervalul de confidență pentru NT poate fi obținut din prima calculare a varianței aproximative a log N<sup>^</sup>T (var[ln N<sup>^</sup>T]) care este dată de formula:

$$\text{var} [ \ln NT ] = \frac{r}{C^2} + \text{var} [\ln EC]$$

și unde var (C) / r = varianța capturii totale din capcană, împărțită la numărul total de capcane folosite.

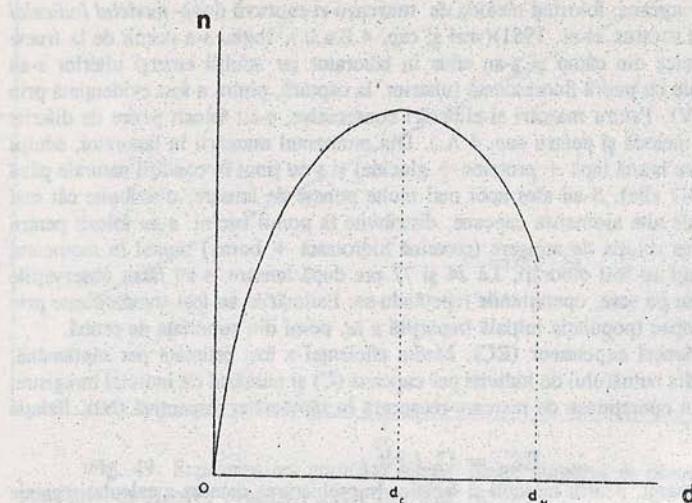
#### 4. Estimarea mărimei absolute a populațiilor prin tehnica de marcare-lansare-recapturare

Revenim la o problemă care a mai fost abordată de către noi (vezi Bul.inf.Soc.lepid.rom. 5(1): 18-21 și 5(3-4): 262-265 /1994) dar fragmentar pentru că la momentul respectiv nu intenționam o extindere a problemei iar ulterior a apărut interes pentru ea. Înțegrim datele prezentate atunci cu aspecte noi, deși metoda cere multă finețe.

Inainte de toate, câteva cuvinte despre principiul general al metodei.

Se pornește de la ipoteza că există o populație de N indivizi, din care sunt capturați un număr de c indivizi. Aceștia sunt marcați și apoi lansați. După o anumită perioadă de timp se face o nouă operațiune de capturare și se presupune că vor fi capturați n indivizi, iar dintre aceștia m sunt marcați. Din relația:

$$c/N = m/n \text{ obținem } N = c.n / m$$



**Fig. 53.** Curba ipotecă a relației dintre numărul de masculi (n) capturați în capcane feromonale, în funcție de densitatea populației (d). Grafic imaginat pentru datele obținute pentru specia *Tortrix viridana* (după CORNIC et al. 1986),  $d_c$  = valoarea critică a lui d de unde n începe să scadă;  $d_M$  = valoarea maximă posibilă a lui d dacă se ține cont de resursele alimentare din suprafață învecinată cu capcanele. Modelul s-a dovedit a fi valabil și în cazul speciei *Ostrinia nubilalis* (STOCKEL 1984).

Dacă cei 4 parametrii sunt prea mari, metoda nu este eficientă. În acest caz, valorile superioare și inferioare ( $N_1$  și  $N_2$ ) ale efectivului populației, se pot estima din relațile:

$$\frac{C}{N_1} = \frac{m}{n} + 2\sigma \quad \frac{C}{N_2} = \frac{m}{n} - 2\sigma$$

iar  $\sigma$  este eroarea standard calculată după relația:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{m}{n} + \frac{n-m}{n}}$$

**A. Tehnici de marcare.** Cel mai bine sunt cunoscute de "fluturari" dar și specialiștii altor grupuri sunt documentați în domeniu. Ca aspect general, sunt implicate tehnici care să nu afecteze comportamentul (scrierea de cifre sau simboluri, pe aripi sau pronot, cu cerneală specială; utilizarea unor substanțe speciale cu caracter de marcher, aplicate pe aripi, pronot, tarși; substanțe uleioase; folosirea pudrelor fluorescente; marcajul radioactiv extern sau incorporat în hrană; etc.). După cum vom vedea se folosesc adulți capturați în capcane sau prin alte metode (aceștia se marchează și se lansează de prerinjă în aceleasi habitate, în timp cât mai scurt) cât și adulți proveniți din creștere în condiții de laborator (HAMADA 1976; YAMAMURA et al. 1992; WAKAMURA et al. 1992; SOLBRECK & SILLÉN-TULLBERG 1990; SILLÉN-TULLBERG & SOLBRECK 1990; KAGAWA 1985). Multe alte aspecte privind tehnica de capturare, manevrare, marcare și lansare sunt prezentate și în SOUTHWOOD (1966).

## B. Estimarea parametrilor populațiilor prin metoda de marcare-recaptură.

### a. Metoda Indicelui Lincoln.

Utilizarea acestuia implică câteva aspecte cum sunt: indivizi marcați să nu fie afectați iar marcul să nu dispară; indivizi să se amestecă foarte bine în populație; eșantionarea să se facă randomizată, la intervale mici de timp (indiferent că sunt una sau mai multe lansări succesive) în robe mici și multe în relație cu timpul total alocat studiului; să se aplică la populații închise (absența natalității ori mortalității excesive, absența imigrării și emigrării - dacă există totusi, să fie evaluate).

Metoda de control a recapturărilor randomizate a indivizilor marcați se face prin compararea varianțelor ( $s^2$ ) (estimată și teoretică) a seriilor de recapturare a indivizilor.

Cercetătorul va alcătui un tabel de felul următor:

Analiza de la o zi la alta		Analiza în toate zilele	
Ziua	Nr. recapturări în fiecare zi (n <sub>i</sub> )	Nr. recapturări pentru fiecare individ (x)	Frecvența lui x f(x)
1	7	0	12
2	7	1	6
3	6	2	6
4	4	3	5
5	4	4	2
6	2	5	1
7	1	6	0
	31		N = Σ f(x) = 32

$$\Sigma (x - \bar{x})^2 = \Sigma x^2 f(x) - [\Sigma x f(x)]^2 / N$$

Inlocuim:  $\Sigma x^2 \cdot f(x) = (0^2 \times 12) + (1^2 \times 6) + (2^2 \times 6) + (3^2 \times 5) + (4^2 \times 2) + (5^2 \times 1) + (6^2 \times 0) = 132$   
și  $[\Sigma x \cdot f(x)]^2 / N = [(0 \times 12) + (1 \times 6) + (2 \times 6) + (3 \times 5) + (4 \times 2) + (5 \times 1) + (6 \times 0)]^2 / 32 = 66,12$ .  
deci:  $\Sigma / x - x)^2 = 132 - 66,12 = 65,88$ .

Varianța teoretică este:

$$s^2 = (\Sigma n_i / N) - (\Sigma n_i^2 / N^2) = (31 / 32) - (31^2 / 32^2) = 0,7745$$

$$\chi^2 = [\Sigma (x - \bar{x})^2] / s^2 = 65,88 / 0,7745 = 85,06$$

$$\chi^2 = 85,06$$

Pentru probabilitatea unei valori, egale sau mai mari ca aceasta, se caută la valorile din Tabelul lui  $\chi^2$ , la N-1 grade libertate între 20 și 30. Probabilități < 0,50 arată captură nerandomizată. La valori peste 30 se va folosi relația:  $\sqrt{2\chi^2} - \sqrt{2} \text{ grade lib. - 1} = \sqrt{2} \times 85,06 - \sqrt{2} \times 31 - 1 = +6,23$ . S-a sugerat că testul acesta poate fi făcut atunci când numărul de indivizi este cel puțin 20 și când numărul de ocazii în fiecare recaptură este de cel puțin 3.

b. Indicele Lincoln simplu (LINCOLN 1930).

### Varianta I

Principiu: Populația totală / nr. initial marcati = Total la sampling 2 / total recaptură.

sau: Populația totală (P) va fi:  $P = (a \cdot n) / r$  (n = nr. total indivizi în probă 2; a = nr. total de indivizi marcati; r = total recaptură). Varianța acestei estimări este dată de relația:

$$s^2_P = \frac{a^2 \cdot n(n - r)}{r^2}$$

Sacă eșantionarea a două (recapturarea) constă într-o serie de subeșantionări și o mare proporție

a populației a fost marcătă atunci se poate folosi relația ratei de recuocerare sau de regăsire ( $R_r$ ):  $R_r = r/n$ , pentru a calcula eroarea standard a estimării populației.  $P = a / R_r$ , iar varianța va fi:

$$S^2_p = \left( \frac{a}{R_r} \right)^2 \cdot R_r \frac{(1 - R_r)}{y}$$

( $y$  = numărul total de indivizi în subeșantionări. Aceasta este validă dacă indivizii marcați sunt distribuiți randomizat în subprobe și se poate testa prin compararea varianței observate cu cea teoretică (vezi punctul anterior).

### Varianta II

Când  $r$  este mare (frecvență  $r > 20$ ) atunci relația de la varianta I va fi:

$$P = [a(n + 1)] / (r + 1)$$

iar o estimare aproximativă a varianței va fi:

$$S^2_p = \frac{a^2 \cdot (n + 1)(n - r)}{(r + 1)^2 \cdot (r + 2)}$$

Aceste metode se referă la un eșantionaj direct, în care, mărimea lui  $n$  este predeterminată. Dacă este posibil, la un eșantionaj invers, unde numărul de indivizi marcați, spre a fi recapturați, a fost predeterminat, estimarea se face după relația:

$$P = \frac{n \cdot (a + 1)}{x_i} - 1$$

și

$$S^2_{p_i} = \frac{(a - x_i + 1)(x + 1)(x - a)}{x_i(a + 2)}$$

**Important.** Indicele Lincoln de care am vorbit până aici, este bazat pe o singură marcăre.

#### c. Metoda de triplă captură (metoda B a i l e y).

Metoda are la bază un model deterministic de supraviețuire și folosește o tehnică de grupare a datelor. După cercetări și investigații, s-a sugerat că o serie de numai 3 eșantionări pot fi o măsură credibilă a variațiilor biologice din populație. În al doilea rând, este necesar ca probele să fie luate pe un interval cât mai scurt (pentru a nu fi influențate de rata natalității și a mortalității). De fapt, metoda s-a folosit atât la speciile cu viajă scurtă cât și la cele cu durată lungă de viajă. Este evident că rezultatele sunt cu atât mai edificatoare și convingătoare, cu cât se recapturează un număr cât mai mare de indivizi marcați. Intervalul între cele 3 eșantionări (o eșantionare = o zi), poate fi oricărat de lung, atât de lung încât să fie suficient timp ca indivizii marcați să se amestecă bine în populație, dar nu prea lung încât acești indivizi să moară.

Formula de calcul, pentru estimarea mărimii populației în a 2-a zi, va fi:

$$P_2 = (a_2 \cdot n_2 \cdot r_{3,1}) / (r_{2,1} \cdot r_{3,2}) \quad (\text{Relația A})$$

( $a_2$  = nr. indivizi marcați și eliberați în ziua 2;  $n_2$  = nr. total de indivizi, capturați în ziua 2;  $r$  = recapturile: prima cifră = ziua de captură; a doua cifră = ziua de marcăre: ex.  $r_{2,1} =$  nr. indivizi capturați în ziua 2 și marcați în ziua 1;  $r_{3,1} =$  nr. indivizi capturați în ziua 3 și marcați în prima zi).

Formula de mai sus se poate scrie:  $P_2 = (\hat{a}_1 \cdot n_2) / r_{2,1}$  (Relația B) ( $\hat{a}_1$  = numărul estimat de indivizi marcați în ziua 1 și disponibili pentru a fi recapturați în ziua 2).

Indivizii din ziua 3, provin logic din marcările din ziua 1 și ziua 2. Dacă rata de natalitate - mortalitate este constantă atunci:  $\hat{a}_1 / a_2 = r_{3,1} / r_{3,2}$ , deci:  $\hat{a}_1 = (a_2 \cdot r_{3,1}) / r_{3,2}$ .

Substituind pe  $\hat{a}_1$  în Relația B, obținem Relația A, a lui P<sub>2</sub>.  
Varianța va fi:

$$S^2_{P_2} = P_2^2 \cdot \left( \frac{1}{x_{2,1}} + \frac{1}{x_{3,2}} + \frac{1}{x_{3,1}} - \frac{1}{n_2} \right)$$

Dacă numărul de indivizi recapturați este destul de mic, este avantajos ca Relația A să fie folosită cu factorul de corecție Bailey, situație în care noua formă a Relației A va fi:

$$P_2 = \frac{a_2 \cdot (n_2 + 1) \cdot x_{3,1}}{(x_{2,1} + 1)(x_{3,2} + 1)}$$

iar varianța aproximativă, va fi:

$$S^2_{P_2} = P_2 - \frac{a_2^2 \cdot (n_2 + 1)(n_2 + 2) \cdot x_{3,1} \cdot (x_{3,1} - 1)}{(n_{2,1} + 1)(n_{2,1} + 2)(n_{3,2} + 1)(n_{3,2} + 2)}$$

In plus, se mai poate estima și o rată pierdere (r), pentru indivizi care emerg din populație, sau care mor:

$$r = -\log_e \cdot \left( \frac{a_2 \cdot x_{3,1}}{a_1 \cdot x_{3,2}} \right)^{\frac{1}{t_1}}$$

( $t_1$  = timpul dintre prima și a doua ocazie de eșantionare; în relație:  $t = 0 \dots 1$ ).

Există și o rată de diluție ( $\beta$ ), dată de relația:

$$\beta = \text{antilog}_e \cdot \left( \frac{x_{2,1} \cdot n_3}{n_2 \cdot x_{3,1}} \right)^{\frac{1}{t_2}}$$

( $t_2$  = intervalul dintre a doua și a treia ocazie de eșantionare).

Să ne reamintim că în Bul.inf. 5(3-4)/1994 am prezentat metoda de cercetare și posibilitatea de estimare a densității la fluturii de zi (și alte insecte diurne) prin folosirea indicelui Bailey (BAILEY 1951; BEGON 1979; SILLEN-TULLBERG & SOLBRECK 1990), după relația:

$$N = [a(b + 1)] / (c + 1)$$

și

$$ES = \{[a^2(b + 1)(b - c)] / [(c + 1)^2(c + 2)]\}^{0.5}$$

(a = nr. insecte marcate în prima vizită; b = nr. total de insecte (marcate și nemarcate) găsite în deplasarea a două; c = nr. insecte marcate care au fost recapturate la deplasarea a două; N = mărimea estimată a populației, plus ES - eroarea standard).

Trecând de la fluturi, mai mult studiați, doresc să dau câteva detalii la specii cu comportament de deplasare mai puțin activ. Ca exemplu sunt prezentate date despre *Lygaeus equestris* (Heteroptera) (după SILLEN-TULLBERG & SEABROCK 1990):

### Exercițiu:

**Material și metodă.** Pe o perioadă de 10 ani, într-o anumită zonă s-au ales mai multe suprafețe de experimentare, cu suprafață variind între 127 și 419 m<sup>2</sup>. Aceste suprafețe s-au caracterizat prin prezența plantei gazdă, constituită în asociații (grupări sau petice distincte = patches). Cam 10-24 asemenea grupări de plante sau studiat pe fiecare suprafață. S-au folosit și grupări suplimentare. În funcție de biologia speciei, mărimea populației insectei a fost estimată de două ori/an: când planta gazdă a fost în plină înflorire (estimarea s-a referit la părinți (P)) și una mai târziu, în septembrie, când a apărut nouă

generație de adulți (aceștia sunt *fili* (F)). De asemenea sau făcut studii și în perioada de hibernare (H) cât și la larve. În condiții de laborator, s-a crescut specia și s-a studiat fecunditatea și fertilitatea. În prelucrarea matematică a datelor, densitatea populației a fost analizată în relație cu resursele de hrănă și factorii de mediu, fiind folosită regresia liniară simplă sau regresia multiplă (vezi Bul.inf. 4(4)/1993).

**Rezultate.** În fiecare punct de studiu s-a analizat fluctuația densității (min. - max.) atât a plantei gazdă cât și a insectei. S-a analizat apoi modificările în mărimea populațiilor P și F. Prin reprezentarea ecuației de regresie, pentru același an sau în ani consecutivi s-a putut deduce modelul de evoluție al populației, fie luând în considerare numai P și F (Fig. 54A), fie și H (Fig. 54B). De asemenea s-a luat în considerare mortalitatea pentru ouă și larve ( $k_1$ ), aceasta deoarece o populație crește datorită nedepunerii de ouă, ouălor sterile sau a ouălor distruse, fie datorită mortalității larvelor. În prelucrarea datelor lor, autorii citați uzează de un *factor sintetic de mortalitate* (k), combinând cele două tipuri, prin relația:

$$k = \log P_t + 2,41 - \log F_t$$

(valoarea 2,41 a fost obținută în felul următor: în condiții de laborator s-a studiat fecunditatea la temperaturile de 25, 30 și 35°C iar valoarea medie cea mai mare (514) s-a obținut la 30°C; creșterea reală a populației a împărțit numărul de ouă la 2; fiind în reprezentare log, atunci  $\log (514/2) = 2,4099$ ).

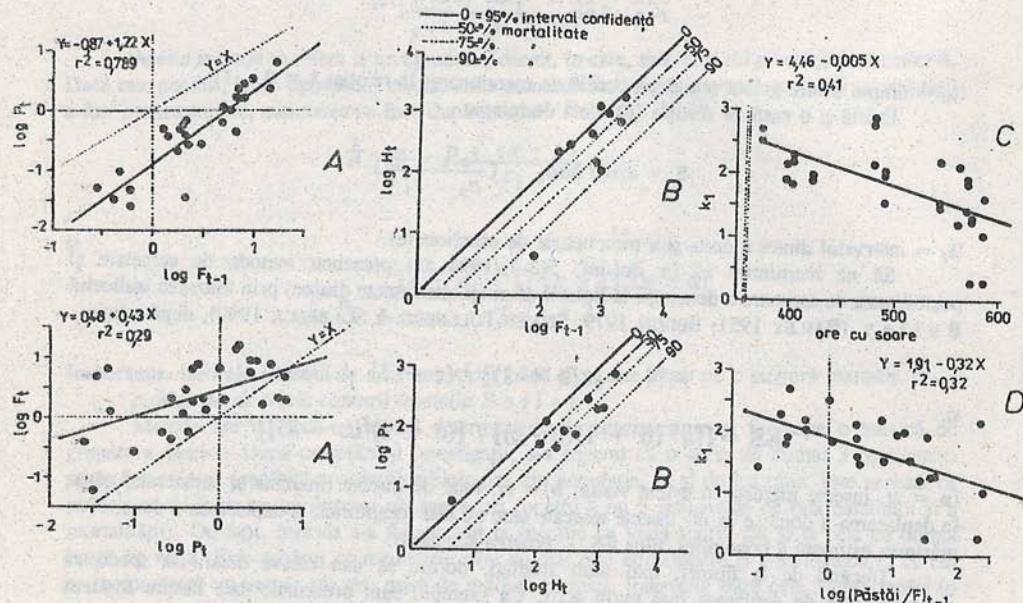


Fig. 54. Relația dintre densitatea populației de *L. equestris* din toamnă ( $F_{t-1}$ ) și perioada de ovipozitare a anului următor ( $P_t$ ) și pentru perioadele din același an ( $F_t$ ). A) relația dintre densitățile populației din toamnă ( $F_{t-1}$ ) și sfârșitul perioadei de hibernare a anului care urmează ( $H_t$ ) sau între  $H_t$  și  $P_t$  (B), relația dintre mortalitatea din vară ( $k_1$ ) și orele cu soare din VI-VII (C), ori dintre  $k_1$  și cantitatea de hrănă din anul anterior (păstări/ $F_{t-1}$ ) (după SILEN-TULBERG & SEABROCK 1990).

Alte reprezentări grafice au abordat relația dintre mortalitate și iluminarea soarelui (Fig. 54C) sau dintre mortalitate și resursele de hrănă (Fig. 54D). De asemenea a fost estimat **coeficientul de corelație** (r) dintre  $k_1$  și variabile ale populației sau factorii de

mediu, după modelul tabelului de mai jos:

Factorii corelați	r	$r^2$	P*	g.l.**
Plante, frunze, păstăi (aici !)(anul în curs)(log)	0,542	0,294	<0,01	27
Nr. altă sp. insectă (anul în curs) (log)***	0,505	0,255	<0,01	23
Ore cu soare în VI-VII (an în curs)	-0,642	....	<0,001	27
Ore cu soare în VI-VIII (an în curs)	-0,458		<0,05	27
Nr. păstăi (P)an anterior(log)	0,444		<0,05	24
Nr. păstăi (an anterior)(log)	-0,524		<0,01	24
Nr. păstăi neatacate (an anterior)(log)	-0,492		<0,05	20
Nr. păstăi/indiv.P din an anterior (log)	-0,561		<0,01	24
Nr. păstăi neatacate/individ P (an anterior)(log)	-0,579		<0,01	20
Ore cu soare în VI-VII (an anterior)	0,541		<0,01	27

\* P=pragul de asigurare;

\*\* g.l.=grade de libertate;

\*\*\* există o altă specie de insectă dăunătoare (diptera) care atacă de asemenea această plantă găzădă, situație în care atacul total nu este numai al speciei de heteropter

#### d. Metoda modelului stochastic (Metoda Jolly).

Este avantajoasă și are la bază relația:  $\hat{P}_i = (\hat{M}_i \cdot n_i) / r_i$   $\hat{P}_i$  = populația estimată în ziua i;  $\hat{M}_i$  = nr. total de indivizi marcați, estimati în ziua i;  $r_i$  = nr. total de indivizi marcați și recapturați în ziua i;  $n_i$  = nr. total de capturi în ziua i.

Să urmărim concret modul de procedură:

- Datele de captură din câmp se aranjează într-un tabel caracteristic (Tabelul 19)(după SOUTHWOOD 1966).

Tabelul 19

Estimarea unor parametru ai mărimei populațiilor de insecte prin metoda modelului stochastic, implicând metoda de marcăre - recaptură.

Ziua de capt. (i)	Total captură (n <sub>i</sub> )	Total lansări (a <sub>i</sub> )	Zilele cand. s-a facut ultima captură (j)												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	54	54	(1)												
2	146	143	10	(2)											
3	169	164	3	34	(3)										
4	209	202	5	18	33	(4)									
5	220	214	2	8	13	30	(5)								
6	209	207	2	4	8	20	43	(6)							
7	250	243	1	6	5	10	34	56	(7)						
8	176	175	0	4	0	3	14	19	46	(8)					
9	172	169	0	2	4	2	11	12	28	51	(9)				
10	127	126	0	0	1	2	3	5	17	22	34	(10)			
11	123	120	1	2	3	1	0	4	8	12	16	30	(11)		
12	120	120	0	1	3	1	1	2	7	14	11	16	26	(12)	
13	142		0	1	0	2	3	3	2	10	9	12	18	35	(13)
Nr. recapturi(R <sub>i</sub> )			24	80	70	71	109	101	108	99	70	58	44	35	

Explicație. In ziua 1 se capturează deci 54 indivizi, se marchează și se lansează toți 54; în ziua 2 se recapturează 10 din cei lansați în ziua 1 dar și alți 146 indivizi care se vor marca și

din ei se lansează 143 (3 au fost, să zicem, anomalii); în ziua 3, se recapturează 3 din cei marcați și lansajă în ziua 1, 34 dintre cei marcați și lansajă în ziua 2 și încă 169 normali, care se marchează și din ei se lansează 164.... Operațiunea se continuă după acest tipic până la terminarea capturărilor.

Se mai poate alcătui un tabel (Tabelul 20) apropiat ca și configurație de Tabelul 1, prin care se înregistrează numărul total de indivizi marcați - recapturați în ziua i, marcarea fiind în ziua j sau mai timpuriu.

Tabelul 20

O altă modalitate de aranjare a datelor în tabe, pentru estimarea unor parametrii referitor la mărimea unei populații de insecte, folosind metoda de marcă - recaptură, în cadrul tehnicii de lucru cu modelul stochastic (metoda JOLLY).

Ziua j	Ziua i-1											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	(1)											
2	10	(2)										
3	3	37	(3)									
4	5	23	56	(4)								
5	2	10	23	53	(5)							
6	2	6	14	34	77	(6)						
7	1	7	12	22	56	112	(7)					
8	0	4	4	7	21	40	86	(8)				
9	0	2	6	8	19	31	59	110	(9)			
10	0	0	1	3	6	11	28	50	84	(10)		
11	1	3	6	7	7	11	19	31	47	77	(11)	
12	0	1	4	5	6	8	15	19	30	46	72	(12)
13	0	1	1	3	6	9	11	21	30	42	60	95
Z <i>i</i> -1+1	14	57	71	89	121	110	132	121	117	88	60	
	Z.2	Z.3	Z.4	Z.5	Z.6	Z.7	Z.8	Z.9	Z.10	Z.11	Z.12	

\*  $14 = \text{Sumă coloana } 1 - 10$   
 57 = \* \* \* (2) - 37...  
 $110 = 40 + 31 + 11 + 18 + 9$

Explicație. În Tabelul 20 se observă că pe coloana verticală 1 (de la nivelul ziua *i*-1) sunt inscrise aceleasi valori ca și cele din Tabelul 1. Pentru zilele următoare se vor însuma recapturile din zilele anterioare. Astfel: dacă luăm ziua *j*<sub>3</sub>, valoarea 37 din ziua *i*-1 = 2, provine din suma  $34 + 3$  a Tab. 1; ziua *j*<sub>4</sub>, valoarea 56 din ziua *i*-1 = 3, provine din insumarea  $5 + 23 + 33$  ( $23 = 5 + 18$ ;  $56 = 23 + 33$ , vezi Tab.1). Ca și în cazul tabelului anterior operațiunea se continuă după aceeași procedură.

In final, pe baza datelor din acest tabel se vor putea estima:

\* Numărul de indivizi marcați și estimări pentru o anumită zi:

$$\hat{M}_i = [(a_i \cdot Z_i) / R_i] + r_i \text{ Ex. } \hat{M}_i = [(243 \cdot 110) / 108] + 112 = 359,5$$

\*\* Proporția de indivizi marcați din populație, la momentul de captură al zilei *i*:

$$\alpha_i = r_i / n_i \text{ Ex. } \alpha_i = 112 / 250 = 0,45$$

\*\*\* Estimarea totalului populației:

$$\hat{P}_i = \hat{M}_i / \alpha_i$$

\*\*\*\* Probabilitatea ca un individ viu la un anumit moment al lansării în proba  $i$ , să supraviețuască până la momentul de captură  $i+1$  (*rata de supraviețuire*):

$$\hat{\phi}_i = (\hat{M}_i + 1) / (\hat{M}_i + r_i + a_i)$$

\*\*\*\*\* *Rata de supraviețuire*, poate fi convertită în *rată de pierdere* (datorită morții sau emigrării):

$$\hat{r}_i = 1 - \hat{\phi}_i$$

\*\*\*\*\* Numărul de indivizi care se alătură populației, în intervalul dintre eșantionările  $i$  și  $i+1$ , și care indivizi trăiesc la momentul  $i+1$ :

$$\hat{B}_i = \hat{P}_{i+1} - \hat{\phi}_i \cdot (\hat{P}_i - n_i + a_i)$$

\*\*\*\*\* Relația aceasta poate fi convertită în *rată de diluție* ( $\hat{\beta}$ ):

$$1 / \hat{\beta} = 1 - (\hat{B}_i / \hat{P}_{i+1})$$

\*\*\*\*\* Obținerea erorii standard (rădăcina patrată a varianței) chiar din relația varianței:

$$s^2(\hat{P}_i) = P_i \cdot (P_i - n_i) \left[ \frac{M_i - r_i + a_i}{M_i} \cdot \left( \frac{1}{R_i} - \frac{1}{a_i} \right) + \frac{1 - \alpha_i}{r_i} \right] + P_i - \sum \frac{P_i^2(j)}{\beta_i}$$

$$s^2(\hat{\phi}_i) = \phi_i^2 \cdot \left[ \frac{(M_{i+1} - r_{i+1}) (M_{i+1} - r_{i+1} + a_{i+1})}{M_{i+1}^2} \cdot \left( \frac{1}{R_{i+1}} - \frac{1}{a_{i+1}} \right) + \right.$$

$$\left. + \frac{M_i - r_i}{M_i - r_i + a_i} \cdot \left( \frac{1}{R_i} - \frac{1}{a_i} \right) + \frac{1 - \phi_i}{M_{i+1}} \right]$$

$$s^2(\hat{B}_i) = \frac{B_i^2 \cdot (M_{i+1} - r_{i+1}) (M_{i+1} - r_{i+1} + a_{i+1})}{M_{i+1}^2} \cdot \left( \frac{1}{R_{i+1}} - \frac{1}{a_{i+1}} \right) +$$

$$+ \frac{M_i - r_i}{M_i - r_i + a_i} \cdot [\phi_i \cdot a_i \cdot \frac{(1 - \alpha_i)}{\alpha_i}]^2 \cdot \left( \frac{1}{R_i} - \frac{1}{a_i} \right) +$$

$$+ \frac{(P_i - n_i) (P_{i+1} - B_i) (1 - \alpha_i) (1 - \phi_i)}{M_i - r_i + a_i} +$$

$$+ P_{i+1} \cdot (P_{i+1} - n_{i+1}) \cdot \frac{1 - \alpha_{i+1}}{r_{i+1}} + \phi_i^2 \cdot P_i \cdot (P_i - n_i) \cdot \frac{1 - \alpha_i}{r_i}$$

\*\*\*\*\* Existând modificări reale la nivelul populației, variațiile dintre aceasta și rata estimată a supraviețuirii, determină erori care pot fi atenuate prin simplificarea formulelor:

$$s^2(\hat{P}_i / P_i) = \hat{P}_i \cdot (P_i - n_i) \cdot \left[ \frac{M_i - r_i + a_i}{M_i} \cdot \left( \frac{1}{R_i} - \frac{1}{a_i} \right) + \frac{1 - \alpha_i}{r_i} \right]$$

$$s^2(\hat{\phi}_i / \phi_i) = \frac{\hat{\phi}_i^2 \cdot (1 - \phi_i)}{M_i + 1}$$

e. Metode bazate pe frecvența de recaptură (Metoda Craig).

Dacă indivizii unei specii sunt mobili, dar ei stau în habitat și dacă indivizii sunt capturați

la întâmplare, sunt marcați și apoi imediat sunt lansați, la un prim eșantionaj vor fi recapturați un anumit număr. Prinț-o altă tehnică, aceștia vor fi remarcatai și relansați. Dintre acești doar puini vor mai fi recapturați. Dar, procedeul poate continua, rezultatele fiind în funcție de comportamentul speciilor luate în studiu. Notarea se va face în felul următor: indivizii capturați din câmp și care se marchează primadată vor fi notați (f1), cei marcați a doua oară (f2), a treia oară (f3).....(fx). Acești termeni sunt deci o parte a seriei de frecvențe ( $f_0$  = acei indivizi care nu au fost capturați sau marcați). În acest caz:

$$P = \frac{(\sum x \cdot fx)^2}{(\sum x^2 \cdot fx - \sum x \cdot fx)}$$

( $P$  = populația;  $x$  = nr. de câte ori un individ a fost marcat;  $fx$  = frecvența cu care, un individ marcat de  $x$  ori, a fost prins;  $\Sigma x \cdot fx$  = totalul numărului de indivizi capturați în diferiți timpi).

**Varianța** va fi:  $s^2 P = 2 / P \lambda^2$ ;  $\lambda = \Sigma x \cdot fx / P$

Pentru atenuarea erorilor, relația de mai sus se va scrie:

$$\log P - \log (P - \Sigma fx) = \Sigma x \cdot fx / P$$

iar varianța, va fi:  $s^2 P = 1 / [P (e^\lambda - 1 - \lambda)]$

( $\Sigma fx$  = totalul numărului de indivizi capturați: o dată, de două ori, de 3 ori....de  $x$  ori;  $e$  = baza e a log;  $e^\lambda$  - se ia din tabele).

*f. Metoda Keltke.* Metoda are poate un avantaj în sensul că ea folosește atât marcarea naturală dar și oricare altă metodă de recunoaștere. Are la bază determinarea proporției diferitelor componente (nr. indivizi, sexe, vârstă):

$$P = \frac{K_\alpha}{D_{\alpha_1} - \frac{(D_{\beta_1} + D_{\alpha_0})}{D_{\beta_0}}}$$

( $\alpha$  și  $\beta$  = componentele populației;  $\alpha$  = acea parte componentă, care este înlocuită în timpul dintre. intervalele 1 și 2;  $\beta$  = componentul (sau componenteii) care nu sunt înlocuiți;  $K_0$  = numărul de componente  $\alpha$  care sunt omorâte;  $D$  = proporția din acea populație, care este reprezentată de unul dintre componente, la timpul 1 sau 2).

*g. Estimarea densității unor populații de lepidoptere prin folosirea capcanelor feromonale în recapturare.*

Includem aici datele prezentate anterior:

(Bul.inf.Soc.lepid.rom., 5(1): 15-21, 1994)

\* Metoda: o singură lansare și o singură recaptură

\*\* Metoda: două lansări - două recapturări (SEBER 1962);

\*\*\* Metoda: o lansare și cel puțin 3 recapturări (PARKER 1963; GALL 1984);

\*\*\*\* Metoda: o lansare - două recapturări (YAMAMURA et al. 1992);

Ultima metodă face și o comparație cu *metoda Petersen* și *metoda Jolly-Seber*.

(Bul.inf.Soc.lepid., 5(3-4): 262-264, 1994)

\* Metoda proporției suprafețelor (HARSTACK et al. 1971);

\*\* *Metoda Petersen* prin folosirea indicelui Lincoln (KAGAWA 1985; WAKAMURA et al. 1992).

Tot în acest număr sunt date câteva detalii și indicații bibliografice privind estimarea densității coleopterelor prin metoda marcăre-recapturare.

*h. Estimarea densității prin metodele Jackson, Itō și Hamada.*

In cadrul acestui subiect am selectat câteva aspecte referitoare la estimarea densității pentru grupul sistematic al dipterozelor. Metodele au fost folosite de către diferiți autori (JACKSON

1939; ITO 1973; HAMADA 1976) în studiul muștelor fructelor (*Dacus spp.*) da se pot aplica și altor grupe sistematice, cu comportament similar. Populațiile acestor specii ating în general densități mari în câmp și este foarte dificil de a estimări densitatea prin tehnici directe de eșantionare (cum ar fi măturarea sau scuturarea substratelor). S-a trecut astfel la metoda de marcare-recapturare, mai ales în condițiile în care au fost evidențiați atracanții sexuali și la aceste specii.. Dar, au mai apărut și alte inconveniente. Astfel, la *Dacus cucurbitae* răspunsul răspunsul masculilor la atracant a scăzut semnificativ după prima expunere a acestora. În aceste condiții s-a exclus și această metodă. S-au încercat altele noi și au fost preferate cele care au la bază o singură lansare în câmp, unui număr mare de indivizi, crescuți și hrăniți în condiții de laborator, apoi marcați, iar estimarea densității s-a bazat pe capturări în capcane cu clei (mai nou, capcane colorate), care au fost permanent înlocuite în câmp. Pe acest procedeu, mai există și alte metode, dar destul de complicate (SEBER 1973).

Pentru metodele amintite la acest subiect, toate având o legătură strânsă una cu alta, prezentăm toate simbolurile folosite:

- $U$  = densitatea inițială a populației nemarcate, din câmp;
- $U_0$  = densitatea estimată a populației nemarcate, din câmp;
- $N$  = densitatea întregii populații ( $U + M_0$ );
- $\hat{N}$  = valoarea estimată pentru  $N$ ;
- $M_0$  = nr. indivizi marcați și lansați la timpul 0;
- $M_i$  = nr. indivizi marcați și supraviețuitori, la timpul  $i$ ;
- $M_{00}$  = valoarea corectată a lui  $M_0$  (propusă de ITO 1973);
- $u_i$  = nr. indivizi din câmp, capturați la timpul  $i$ ;
- $m_i$  = nr. indivizi marcați și capturați, la timpul  $i$ ;
- $n_i$  = nr. indivizi, capturați la timpul  $i$  ( $u_i + m_i$ );
- $y_i$  = valoarea convertită a lui  $m_i$  (relația JACKSON 1939);
- $y_i'$  =  $y_i$  calculat prin folosirea lui  $M_{00}$  în locul lui  $M_0$ ;
- $\hat{y}_0$  = valoarea estimată a lui  $y_i$  la timpul 0;
- $\hat{y}_0'$  = valoarea estimată a lui  $y_i'$ ;
- $z_i$  = valoarea convertită a lui  $m_i$  (după HAMADA 1976);
- $z_i'$  =  $z_i$  calculat prin folosirea lui  $M_{00}$  în locul lui  $M_0$ ;
- $\hat{z}_0$  = valoarea estimată a lui  $z_i$ , la timpul 0;
- $\hat{z}_0'$  = valoarea estimată a lui  $z_i'$ , la timpul 0;
- $S$  = rata de supraviețuire a indivizilor marcați, per unitatea de timp;
- $R$  = rata de captură.

Îată câteva dintre relațiile cele mai semnificative ale acestor cercetări. JACKSON (1939) a convertit pe  $m_i$  în  $y_i$  după relația:

#### Formula 1

$$y_i = \frac{10^4 \cdot m_i}{n_i \cdot M_0}$$

Dacă rata de descreștere a lui  $y_i$  este constantă, putem calcula pe  $\hat{y}_0$  care este o valoare imaginară de recaptură, presupunând că 100 indivizi marcați s-au lansat instantaneu, s-au amestecat cu populația și apoi, imediat după lansare, s-au recapturat alți 100 indivizi. Pentru aceștia, mărimea populației va fi estimată după relația

#### Formula 2

$$\hat{N} = 10^4 / \hat{y}_0.$$

ITO (1973) a arătat că această metodă a lui Jackson poate fi folosită numai unde indivizii recapturați s-au returnat în populația originală. Astfel, el concluzionează că este mult mai corect să se folosească numărul de indivizi marcați care supraviețuiesc la timpul  $i$  ( $M_{00}$ ), în locul lui  $M_0$ , în cazul în care indivizii capturați, au fost eliminați. Relațiile de estimare sunt:

### Formula 3

$$M_{0(0)} = M_0 - \sum m_i$$

### Formula 4

$$y'_i = (10^4 \cdot m_i) / (n_i \cdot M_{0(0)})$$

De asemenea, autorul sugerează folosirea metodei regresiei pentru a folosi pe  $y'_0$  în ecuația Jackson, după relația:

### Formula 5

$$\log y'_i = \log \hat{y}'_0 + i \log S$$

Val. estimată a lui N poate fi obținută prin folosirea lui  $\hat{y}'_0$  în locul lui  $\hat{y}'_0$ , în Form. 2:

### Formula 6

$$N = 10^4 / \hat{y}'_0$$

Pentru verificarea acestei metode, HAMADA (1976), folosește o tehnică de simulare, pe baza unor presupuneri similare cu cele ale lui ITO (1973):

- \* - la populația din câmp, rata natalității este egală cu rata naturală a mortalității, iar mortalitatea provenită ca urmare a capturării este compensată de imigrare;
- \* - rata de supraviețuire a indivizilor marcați, este constantă;
- \* - rata de captură este constantă și asemănătoare, atât pentru populația marcată cât și pentru cea nemarcată.

Calculele de estimare s-au făcut apoi folosind valorile de mai jos, pentru următorii 4 factori, datele obținute fiind prezentate comparativ, ca model, în Tabelul 22:

- \* -  $U = 10^4$ ;  $M_0 = 10^3$ ;  $U = M_0 = 10^4$ ,  $U = 10^3$  și  $M_0 = 10^4$ .
- \* -  $S = 0,95$ ;  $S = 0,1$  și  $S = 0,15$ ;
- \* -  $R = 0,05$ ;  $R = 0,1$  și  $R = 0,15$ ;
- \* - Numărul de probe: 4 sau 6.

Conform presupunerilor de mai sus vom avea:

### Formula 7

$$u_i = U \cdot R$$

respectiv

### Formula 8

$$m_i = M_i \cdot R$$

și de unde se obțin:

### Formula 9

$$M_i = M_0 \cdot S$$

sau

### Formula 10

$$M_i = M_{i-1} \cdot S(1 - R) \quad (i > 2).$$

În consecință,  $M_i$  va fi calculat după:

### Formula 11

$$M_i = M_0 \cdot S^i \cdot (1 - R)^{i-1}$$

$y'_i$  este puternic influențat de rata  $M_0 / U$ , pentru că acest indice include raportul  $m_i / (m_i + u_i)$ . Pentru a înlătura acest efect, HAMADA (1976) arată că se poate folosi raportul  $m_i / u_i$ , mai convenabil decât raportul  $m_i / n_i$ . A fost elaborat astfel noul indice  $z_i$ , care include raportul  $m_i / u_i$ , definit de:

### Formula 12

$$z_i = (10^4 \cdot m_i) / (u_i \cdot M_0)$$

Dacă se folosește  $M_{0(0)}$  în loc de  $M_0$ , atunci indicele  $z'_i$ , va fi definit de:

### Formula 13

$$z'_i = (10^4 \cdot m_i) / (u_i \cdot M_{0(0)})$$

După estimarea lui  $z_0$  de către ecuația de regresie liniară, densitatea populației din câmp a fost estimată de relația:

Formula 14

$$U = 10^4 / \hat{z}_0$$

Tabelul 21

Prezentare comparativă a datelor obținute în estimarea densității la musca fructelor, prin cele 3 metode și pe baza valorilor acordate celor 4 parametrii, cf. notațiilor din text (după HAMADA 1976).

	S	R	Metodele					
			Jackson		Ito		Hamada	
			4 probe	6 probe	4 probe	6 probe	4 probe	6 probe
$U > M_0$	0,95	0,05	95,5	96,1	100,2	100,3	100,0	100,3
		0,10	90,3	89,7	99,8	97,7	99,4	97,7
		0,15	83,9	83,6	97,8	94,9	97,3	95,1
	0,90	0,05	97,1	96,1	101,3	99,2	101,3	99,7
		0,10	90,0	89,5	98,1	95,2	98,1	95,9
		0,15	84,3	83,5	96,1	91,4	96,1	92,4
	0,85	0,05	95,0	94,3	98,5	96,5	96,7	96,0
		0,10	89,9	88,9	96,8	93,0	97,3	94,4
		0,15	82,9	83,0	92,6	88,1	93,3	90,0
$U = M_0$	0,95	0,05	94,0	92,9	102,8	100,6	99,6	99,0
		0,10	87,2	84,9	105,0	99,8	98,6	97,4
		0,15	79,9	75,9	106,7	97,5	98,4	95,9
	0,90	0,05	92,4	89,8	99,9	95,5	99,0	98,0
		0,10	85,1	81,0	100,1	91,5	97,5	95,3
		0,15	77,2	71,3	99,5	85,9	95,7	92,2
	0,85	0,05	89,7	85,5	96,2	89,5	98,3	97,0
		0,10	82,1	76,2	94,7	83,4	96,3	93,7
		0,15	73,8	66,3	92,1	75,7	94,0	89,9
$U < M_0$	0,95	0,05	92,4	89,7	142,3	133,1	99,6	99,0
		0,10	83,7	76,9	186,7	164,2	98,6	97,4
		0,15	72,6	58,9	232,4	188,8	97,7	95,5
	0,90	0,05	88,4	81,4	131,5	113,5	99,0	98,0
		0,10	77,7	63,5	165,2	125,6	97,5	95,3
		0,15	64,1	39,9	197,8	128,0	95,7	92,2
	0,85	0,05	81,4	65,8	118,3	89,1	98,3	97,0
		0,10	68,2	42,9	142,2	85,5	96,3	93,7
		0,15	52,1	12,9	162,9	70,6	94,0	89,9

HAMADA (1976), prezintă și metodologia de calculare a ratei de supraviețuire, a ratei de captură și a numărului de indivizi din câmp, pornind de la Formulele 7, 8, 11 și 12. În acest caz, forma generală a lui  $z_i$  se poate scrie astfel:

$$z_i = \frac{10^4 \cdot M_0 \cdot S^i (1-R)^{i-1} \cdot R}{U \cdot R \cdot M_0} = \frac{10^4 \cdot S^i \cdot (1-R)^{i-1}}{U}$$

Dacă pe un sistem de axe se reprezintă  $\log z_i$  față de timpul  $i$ , obținem o relație liniară cu panta de  $\log S (1-R)$ , iar punctul de intercepție, de  $\log [10^4 / U (1-R)]$ . Valoarea pentru  $z_0$  va fi:

$$\hat{z}_0 = 10^4 / [U (1 - R)]$$

iar estimarea este dată de:  $U = 10^4 / \hat{z}_0 = U(1 - R)$

Aceste estimări facute prin această metodă, vor fi dependente însă de rata de captură. Dacă rata de supraviețuire ( $S$ ) sau rata de captură ( $R$ ) sunt cunoscute, densitatea populației din câmp va putea fi estimată, prin implicarea celor doi parametrii, astfel:

$$U = U / (1 - R)$$

respectiv,

$$U = (U \cdot S) / [S (1 - R)]$$

(dacă cei doi parametrii nu se cunosc, ultimele două relații nu pot fi aplicate în estimarea densității).

În condițiile de mai sus, HAMADA (1976) sugerează o altă metodă, aproximativă, în loc. Dacă mărimea populației din câmp nu este afectată de moartea indivizilor, cauzată de capturare, pentru că dilupia obținută prin imigrare și natalitate este compensată de emigrare și mortalitate, și dacă rata de captură este constantă, atunci numărul de indivizi capturați din câmp ( $u_i$ ) este constant egal cu  $(U \cdot R)$ . Valoarea adeverată este obținută prin însumarea  $u_i$  și  $U$ .

Practic, va fi folosită *media lui u*, adică:

$$U + u \approx U(1 - R) + U \cdot R = U.$$

Rata de captură ( $R$ ) va fi obținută prin împărțirea mediei lui  $u$ , la  $U$ . Rata de supraviețuire ( $S$ ) poate fi de asemenea calculată prin folosirea ratei de captură calculată și a coeficientului de regresie.

Exemplul autorului. Pentru specia *Dacus cucurbitae* s-au ales două zone. În fiecare din ele s-au făcut marcări și câte două lansări. Datele de marcare-recapturare sunt prezentate ca model în Tabelul 4. A fost folosit modelul stochastic al lui Jolly (vezi pct. d) pentru estimarea timpului celei de a două lansări.

Tabelul 4  
Numărul de indivizi de *Dacus cucurbitae*, marcați și nemarcăți capturați în capcane adezive, în două staționare (după Ito et al. 1974, din HAMADA 1976).

Data	Staționarele					
	1			2		
	Nemarcați	M - roșu	M - Albastru	Nemarcați	M - alb	M - albastru-A
VI. 15		1108			893	
20	202	63	1103*	195	155	1052*
25	197	28	115	152	54	215
30	77	1	15	98	4	47
VII. 5	84	2	10	121	2	16
10	127		3	89	2	2
15	99			104		2

\* valorile marcate [bold] arată numărul de indivizi marcați și relansați.

Densitatea masculilor din câmp, la timpul 0 și la timpul 1, a fost de 2059 și 623, în prima staționare, respectiv 478 și un număr negativ în cel de al doilea staționar (estimare prin metoda

modificată a lui Ito). Prin modelul anterior, al lui Jolly, estimarea pentru timpul 1 a fost de 983 și 480 indivizi, pentru primul și, respectiv, pentru al doilea staționar. În exemplul autorului, numărul de indivizi nemarcăți ( $u_i$ ) nu s-a schimbat semnificativ și în consecință metoda a putut fi folosită. Mediile lui  $u_i$ , în cele două puncte, au fost 131 și, respectiv, 127. Pe sistemul de axe s-a reprezentat grafic  $\log z_i$  față de  $i-0,5$ .

(a trecut așa și nu simplu î, deoarece eşantionarea nu s-a făcut la timpul i ci la intervale de timp între  $i-1$  și  $i$ . Rezultatele obținute sunt prezentate în Tabelul 5.

**Tabelul 5**

Parametrii populației de *Dacus cucurbitae* estimări pe baza datelor de marcare-recapturare, incluse în Tabelul 4.

Parametrii	S t a j i o n a r e l e			
	1		2	
	Roșu	Albastru	Alb	Albastru - A
$u$	131		127	
$U_0$	1228		483	
$U_0$	1359		610	
$U_1$		1091		397
$U_1$		1222		524
$R$	0,0963	0,1072	0,2081	0,2423
$S(1 - R)$	0,2040	0,3637	0,2520	0,3047
$S$	0,2258	0,4073	0,3182	0,4034

GH. STAN  
 Institutul de Cercetări Biologice  
 Col. Entomologie experimentală  
 str. Republicii, nr. 48  
 3400 Cluj-Napoca

Apărut/Printed: 20 Februarie 1997.