

LUCYNA ANDRZEJEWSKA, ANNA KAJAK

Instytut Ekologii PAN
Warszawa

Metodyka entomologicznych badań ilościowych na łąkach

Nie ma właściwie metod badań specyficznie łąkowych. Nie ma też, jak się wydaje wśród metod stosowanych na łąkach, takiej, której nie dałoby się zastosować w polu lub w runie lasu. Odmienna jest tylko problematyka badań najczęściej prowadzonych w danym środowisku i stąd wynika odmienność najczęściej stosowanych metod. Wydaje się natomiast, że trudności metodycznych jest w środowisku łąkowym szczególnie dużo. Nastęcza je w znacznej mierze już sam charakter roślinności na łące. Trudne jest wyodrębnienie warstw roślinności, zwłaszcza miejsca, w którym darnь przechodzi w runo łąkowe. Elton i Miller (1954) przyjęli dla tego typu środowisk bardzo ścisły podział na warstwy, uważając, że warstwa darni obejmuje przestrzeń do 15 cm od poziomu gleby, a warstwa runi przestrzeń od 15 cm do 1,5 m. Przyjęcie takiego podziału może jednak często prowadzić do błędów. Granice między darnią a runem łąkowym w różnych typach łąk mogą przebiegać w różnych miejscach. Lepsze jest chyba przyjęcie warstwy mchu lub warstwy, w której występują obumarłe części rośliny, jako wyznacznika darni.

Następna trudność metodyczna wiąże się z brakiem dobrej typologii fitosocjologicznej szeregu środowisk łąkowych zwłaszcza torfowisk.

Poza tym roślinność łąkowa tworzy na ogół bardziej zwarty kobieziec, niż roślinność innych typów siedlisk. Dlatego też stosowanie metod subiektywnych, polegających np. na przeglądaniu określonej powierzchni i wybieraniu z niej zwierząt, jest w tym środowisku szczególnie trudne.

Inną sprawą utrudniającą określenie zagęszczenia entomofauny jest duża różnorodność siedlisk, w których ona występuje, np. wnętrza liści, źdźbeł, kwiatów itd. Prawie niemożliwe jest znalezienie metody uniwersalnej, która objęłaby całość fauny, w tych wszystkich środowiskach łącznie, a stosowanie szeregu metod równocześnie jest niezmiernie pracochłonne. Badania najczęściej ograniczają się do określenia liczebności zwierząt najważniejszych z jakiegoś, obranego przez badacza punktu widzenia.

W referacie chcemy zwrócić uwagę na metody najczęściej stosowane i aparaty bardziej nowoczesne lub ostatnio zmodyfikowane oraz

przytoczyć trochę danych o efektywności działania niektórych spośród tych przyrządów.

Stosowane metody można zgrupować następująco:

- A. Metody rejestrujące liczebność zwierząt.
- B. Metody służące do równoczesnej oceny liczebności i ruchliwości zwierząt.
- C. Metody oceniające zależności między populacjami.

A. Metody rejestrujące liczebność zwierząt

Rozwój metodyki zbierania owadów idzie wyraźnie w kierunku poszukiwania metod uniwersalnych i mechanicznych. Poszukuje się metod mechanicznych, aby wyeliminować czynniki subiektywne z pobierania prób i aby ułatwić pobieranie i sortowanie materiału, a tym samym skrócić czas niezbędny do otrzymania gotowych danych liczbowych. Poszukuje się metod uniwersalnych, to jest ogarniających jak największą liczbę gatunków w odniesieniu do określonej jednostki powierzchni i objętości. Stosowanie takich metod jest szczególnie ważne, gdy trzeba wiernie oddać zagęszczenie zwierząt w terenie, określić liczebność bezwzględna, gdy nie wystarcza określenie liczby zwierząt w danej próbie, a konieczna jest znajomość liczby zwierząt na jednostkę powierzchni. Dzięki stosowaniu metod pozwalających wnioskować o liczebności bezwzględnej można porównać ze sobą dane, otrzymane różnymi przyrządami i zebrane z różnych środowisk.

Określenie bezwzględnej liczebności fauny staje się niezbędne przy wszelkiego typu badaniach produktywności, coraz bardziej rozpowszechniających się na świecie, przy badaniach roli, jaką odgrywa populacja lub zespół populacji, i przy określaniu, ile zwierząt można odłowić bez naruszenia naturalnego rozwoju populacji, słowem wszędzie tam, gdzie nie wystarcza samo stwierdzenie zachodzącej zmiany i jej kierunku, ale gdzie trzeba określić, jak wielka zmiana zaszła.

Metodą stosunkowo najbardziej uniwersalną i chyba najdokładniejszą jest wybieranie owadów spod izolatorów określonej wielkości — tzw. biocenometrów. Stosuje się tę metodę z różnymi modyfikacjami od około 40 lat. Biocenometr jest to prostopadłościan lub walec określonych wymiarów, sporządzony z blachy lub prętów obszytych siatką, spod którego możliwie dokładnie wybiera się faunę. Istnieją różne sposoby tego wybierania. Można faunę zatrzymywać wewnątrz biocenometru, a następnie ścinać roślinność i przebierać w pracowni (B a l o g h 1958). Można też łowić owady żywe. Wykorzystuje się wtedy ruchliwość, jako element ułatwiający spostrzeganie zwierząt. Ostatnie lata przyniosły szereg ułatwień tej metody, dawniej bardzo pracochłonnej. Stosuje się mianowicie różnego typu przyrządy ssące, tzw. ssawki, za pomocą których wyławia się faunę. Zasadniczym składnikiem ssawki jest wirnik, powodujący wciąganie powietrza wraz z owadami i częściami roślinnymi do odpowiednich pojemników wymienianych po pobraniu każdej próby. Aparat jest zasilany prądem z sieci czy akumulatora lub połączony z silnikiem spalinowym. S o u t h w o o d, P l e a s a n c e (1962) stosowali nawet ssawkę poruszaną ręcznie. Stosowanie ssawek nie tylko przyspiesza pobieranie próby, ale także zwiększa jej dokładność i niezależnia, przynajmniej w znacznym stopniu, od spostrzegawczości

osoby pobierającej próby. Zasada działania przyrządu jest na ogół podobna.

Wielkość ssawek nie doczekała się jeszcze standaryzacji. Stosuje się, ogólnie biorąc, 2 typy takich przyrządów — ssawki duże o średnicy otworu rzędu 30—40 cm, które stosuje się bez biocenometru (Dietrick, Schlinger i Bosch 1959, Dietrick, Schlinger i Graber 1960, Dietrick 1961). Wielkość otworu jest zarazem wielkością próby. Ssawki tego rodzaju muszą oczywiście posiadać dużą siłę ssania, są to więc duże, ciężkie aparaty wymagające dwuosobowej obsługi (fig. 1). Pobiera się nimi materiał z całego słupa roślin, nie można takich prób różnicować na warstwy. Poza tym materiał jest bardzo zanieczyszczony i wymaga albo żmudnego sortowania, albo zastosowania do sortowania aparatu Berlezego czy Tullgrena, co znów staje się dodatkowym źródłem błędu.



Fig. 1. Typ ssawki o dużej średnicy otworu wpustowego (wg Dietrick, Schlinger i Bosch 1959)

Suction apparatus with large diameter of intake opening (after Dietrick, Schlinger, Bosch 1959)

Ssawki małe mają na ogół otwór wpustowy o średnicy 1—3 cm. Powierzchnię próby określa tu biocenometr. Całą powierzchnię roślin zawartą w jego wnętrzu dokładnie przejeżdża się ssawką.

W pracy Johnsona, Southwoda, Entwilsta (1957) stosowano ssawkę, która jest odmianą odkurzacza (otwór przyrządu ma 3 cm średnicy). Wybiera się na nią próby z otwartego cylindra metalowego o powierzchni podstawy $0,045 \text{ m}^2$ (fig. 2).

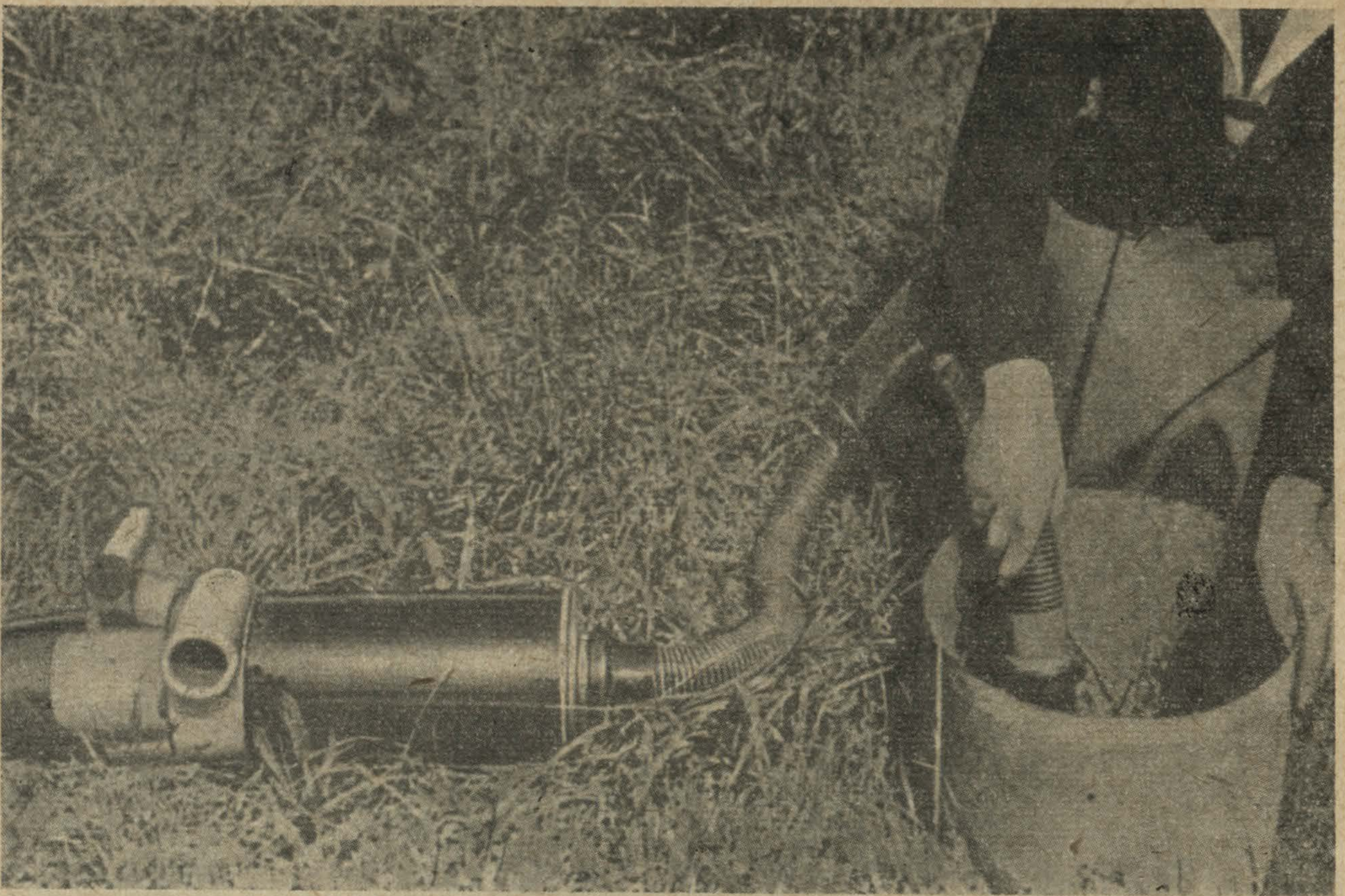


Fig. 2. Typ ssawki z małym otworem wpustowym (wg Johnson, Southwood, Entwistle 1957)

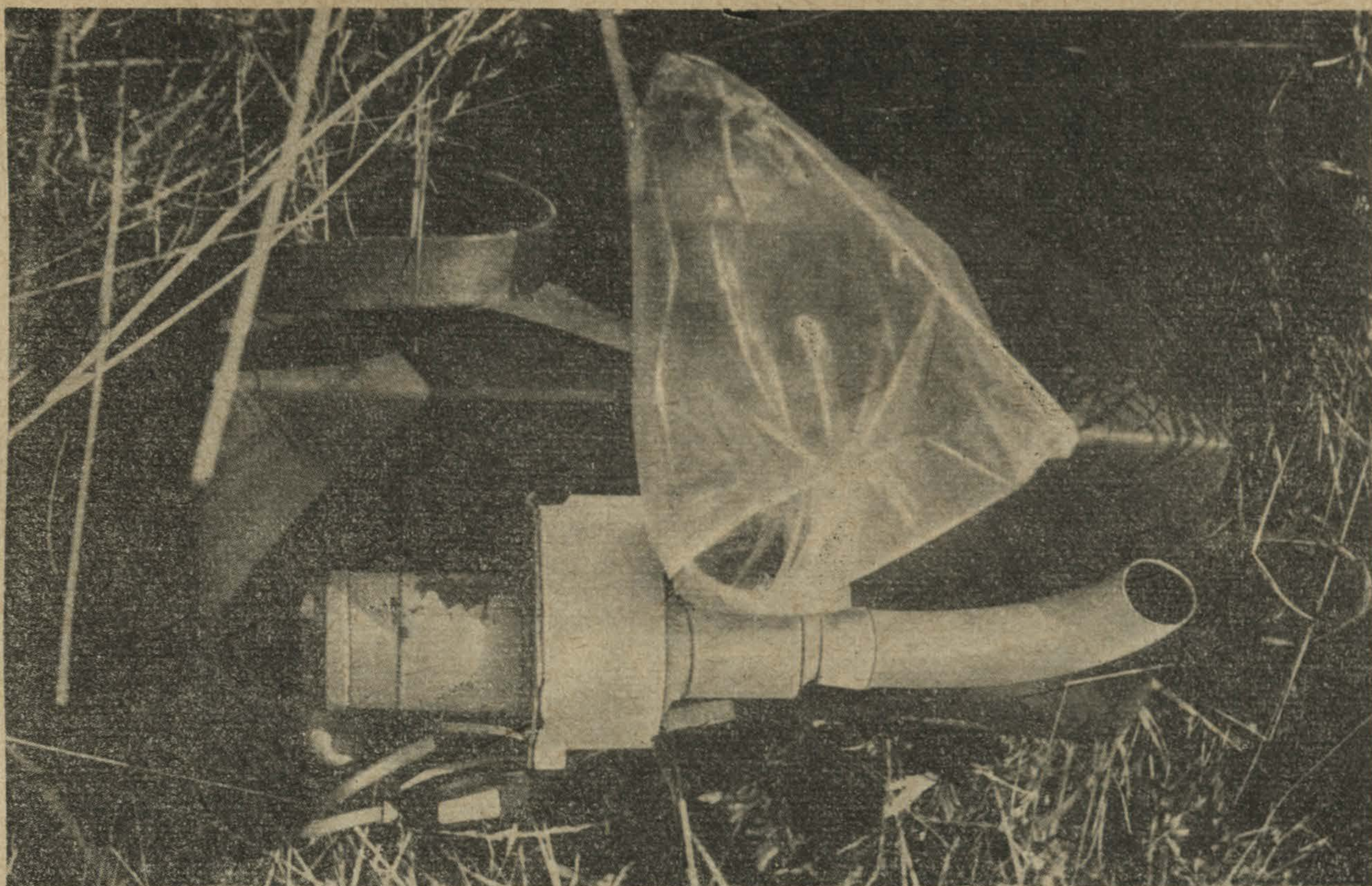
Suction apparatus with small intake opening (after Johnson, Southwood, Entwistle 1957)

Podobną ssawkę stosował Heikinheimo i Raatikainen (1962) (średnica 2,5 cm). Pobierano nią próby z cylindra o powierzchni zaledwie 0,01 m².

W pracowni łąkowej Zakładu Ekologii PAN stosuje się ssawkę jeszcze mniejszą, o średnicy otworu wpustowego 2 cm (fig. 3). Zasilana jest ona przez szereg baterii, jest więc względnie lekka i wygodna w obsłudze. Pobiera się nią natomiast próby ze stosunkowo dużych biocenometrów o powierzchni 0,25 m². Gromadzka i Trojan (w druku) stosowali ssawkę o przekroju 3 cm, którą wciągano zwierzęta spod kołpaka o powierzchni 0,25 m². Powierzchnia próby jest czasem nawet większa, niż przy stosowaniu omówionych poprzednio dużych ssawek, których powierzchnia wynosiła blisko 0,2 m². Jeszcze większą powierzchnię próby (1 m²) stosował Remane (1958).

Na razie więc wielkość ssawek i wielkość pobieranych prób oraz sposoby pobierania prób różnią się zasadniczo. Nasilenie badań metodycznych, które w rezultacie powinny doprowadzić do pewnej standaryzacji stosowanych metod, byłoby bardzo pożądane.

Bardzo małe próby można stosować: a) w stosunkowo jednorodnym środowisku, b) przy dużej liczebności badanych zwierząt (rzędu kilkudziesięciu osobników na 1 m² c) gdy bada się owady mało płochliwe, które nie zdążą uciec w trakcie zakładania cylindrów. W omawianych tu pracach (Johnson, Southwood i Entwistle 1957, Hei-



Fot. K. Breymeyer

Fig. 3. Typ ssawki z małym otworem wpustowym, stosowany w Zakładzie Ekologii PAN

Suction apparatus with small intake opening, used in the Institute of Ecology, Polish Academy of Sciences

kinheimo i Raatikainen 1962) badano środowiska uprawiane — łąki obsiane jednym gatunkiem trawy; w tych warunkach, jak wykazała przeprowadzona przez autorów analiza statystyczna, ta mała wielkość próby była wystarczająca. Jednak w zróżnicowanym środowisku łąkowym konieczne jest stosowanie prób większych.

Efektywność działania ssawki badał Heikinheimo i Raatikainen (1962) w ten sposób, że pobierał próby w dwie godziny po wpuszczeniu do cylindrów określonej liczby osobników badanego gatunku *Homoptera*. Stwierdził on, że dorosłe osobniki były odławiane średnio w 84 a larwy w 74%. To stwierdzenie posłużyło następnie autorowi do wyliczenia poprawki dodawanej do uzyskanych wyników. Autor uważa przeprowadzenie tego rodzaju wstępnych prób efektywności za bardzo pożyteczne. Tę metodę sprawdzania efektywności można oczywiście zastosować jedynie w takim przypadku, gdy bada się liczebność jednego lub niewielu gatunków.

Johnson, Southwood i Entwistle (1957) stwierdzili, że efektywność stosowanego przez nich przyrządu wynosiła 90—100%. Po wybraniu owadów ssawką wykopywano rośliny z wnętrza cylindra i jeszcze raz szczegółowo przeglądano w pracowni, wybierając owady nie wciągnięte przez przyrząd. Tak uzyskane wyniki posłużyły do określenia efektywności ssawki. Okazało się, że większość grup była odławiana z dużą dokładnością, (prawie 100%), tylko *Chilopoda*, *Diplopoda*,

larwy *Diptera* i *Coleoptera* wyławiane były mniej dokładnie (tab. I). Ruchliwa, lotna fauna uciekała zapewne w trakcie ustawiania cylindra i podczas pobierania próby. Zastosowana metoda badania efektywności przyrządu może być słuszna jedynie do owadów o stosunkowo małej ruchliwości.

Tabela I

Efektywność działania ssawki
Effectiveness of small suction apparatus
(Johnson, Southwood, Entwistle 1957)

Grupa — Group	Procent wyłowionych bezkręgowców Percentage of invertebrates caught	Liczba prób Number of samples
<i>Collembola</i> — <i>Arthropleona</i>	99,3	30
<i>Collembola</i> — <i>Symphyleona</i>	100,0	30
<i>Thysanoptera</i>	97,5	15
<i>Hemiptera</i> — <i>Auchenorrhyncha</i>	98,1	30
<i>Homoptera</i> — <i>Aphidoidea</i>	99,8	30
<i>Hemiptera</i> — <i>Heteroptera</i>	98,9	30
<i>Coleoptera</i> — <i>Staphylinidae</i>	92,2	30
<i>Coleoptera</i> — <i>Ptiliidae</i>	97,4	30
Inne — Others <i>Coleoptera</i>	92,4	30
Larwy — Larvae <i>Coleoptera</i>	70,3	30
<i>Hymenoptera</i> — <i>Parasitica</i>	97,0	30
<i>Diptera</i>	99,2	30
Larwy i poczwarki — Larvae and pupae <i>Diptera</i>	75,5	30
<i>Isopoda</i>	98,2	30
<i>Acarina</i>	90,2	30
<i>Araneida</i>	97,4	30
<i>Diplopoda</i>	84,1	30
<i>Chilopoda</i>	66,7	30
<i>Mollusca</i>	94,7	30

Gromadzka i Trojan (w druku) badali efektywność ssawki przez porównanie liczby owadów schwytanych w ciągu kolejnych minut pobierania próby. Połowa muchówek została odłowiona w ciągu pół minuty, w ciągu 5 minut odławiano ponad 95% muchówek i 92,4% *Auchenorrhyncha*. Po pobraniu prób, powierzchnię, z której wyłowiono faunę jeszcze raz przeglądano. Metoda okazała się jednak nie zbyt dobra w stosunku do owadów chowających się w ściółce.

Z doświadczeń przeprowadzonych w naszej pracowni wynika, że płoszenie jest podstawowym źródłem błędu w stosunku do ruchliwych owadów (np. muchówek). Gromadzka i Trojan (w druku), aby nie płoszyć owadów przy ustawianiu biocenometru, stosowali opuszczenie przyrządu z czterometrowego wyciągu i dopiero potem pobierano próby ssawką. Na podstawie porównania wyników tej metody z innymi metodami stosowanymi równocześnie, autorzy doszli do wniosku, że w ten sposób odławia się prawie 100% fauny.

W naszej pracowni zastosowano jeszcze inną metodę zmniejszania roli płoszenia. Biocenometry ustawiano o zmroku, kiedy ruchliwość fauny jest stosunkowo mała i dopiero następnego dnia pobierano próby (fig. 4). Spod każdego biocenometru pobierano próby 3-krotnie, to jest powracano do każdego z nich w odstępach około godzinnych. Dzięki temu osobniki, które opadły w dół i zaszyły się w ściółkę mogły powrócić na powierzchnię. Wydaje się, że taka metoda pozwala na stosunkowo ściśle oszacowanie zagęszczenia przynajmniej znacznej części entomofauny.

Inną szeroko stosowaną metodą, pozwalającą oszacować liczebność fauny, są fotoeklektory. Jest to metoda znacznie mniej uniwersalna niż biocenometr. Stosuje się je przede wszystkim do oceny liczebności



Fot. K. Breymeyer

Fig. 4. Rozstawione biocenometry, każdy z nich stanowi jedną próbę
Biocenometers arranged at intervals, each of which forms one sample

owadów wylatujących z gleby. Fotoeklektory mają najczęściej postać stożków wykonanych z materiału nie przepuszczającego promieni słonecznych (fig. 5). Na szczycie znajduje się jedyne miejsce nie zaciemnione, do którego dążą owady o dodatnim fototropizmie. Tam znajduje się pułapka opróżniana co kilka dni lub nawet codziennie (Malaise 1937, Varley, Gradwell 1963, Sothwood, Jepson 1962). Stożki można przenosić lub pozostawiać w tym samym miejscu w ciągu całego sezonu. Dzięki nim można określić, ile form lęgnię się na określonej powierzchni, kiedy i jak intensywne są poszczególne wyloty. Fotoeklektory powinny być zaciemniane tylko przez niektóre dni, gdyż

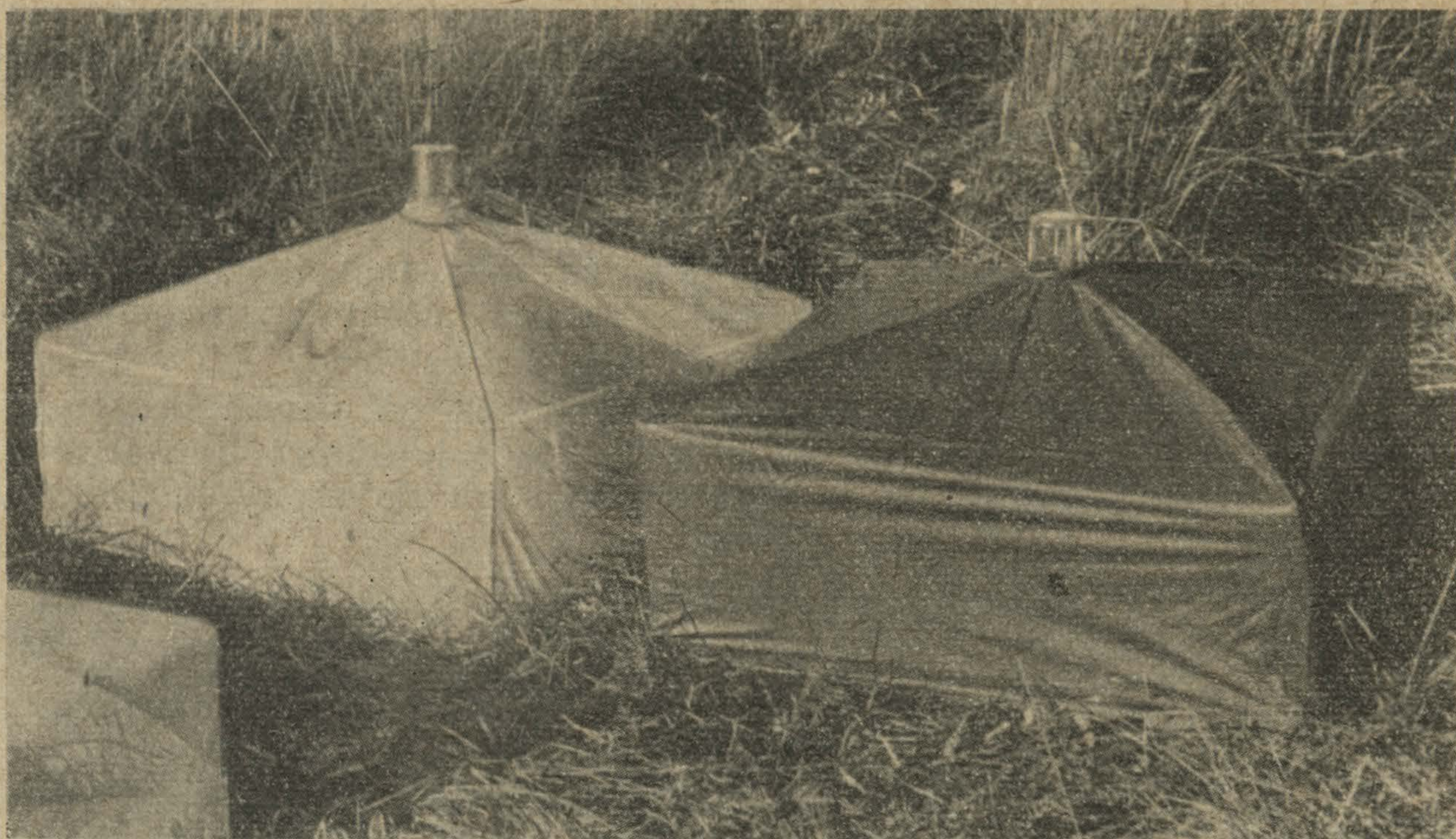


Fig. 5. Fotoeklektory zaciemnione i niezaciemnione
Obscured and unobscured photoelectrodes

w przeciwnym razie w miejscach, w których są ustawione tworzy się specyficzny, odmienny od otoczenia mikroklimat. Powoduje to skupianie się pod fotoeklektorami fauny wilgociolubnej, co bardzo zmienia otrzymywane obrazy wylotów. Stosuje się też metodę rozstawiania fotoeklektorów o zmroku i wyłapywania muchówek już następnego ranka.

Metodą często stosowaną ale też wybiórczą, którą można zastosować do niektórych tylko grup owadów, jest liczenie fauny na poszczególnych roślinach lub, co stosuje się powszechniej, na częściach roślin np. na określonej liczbie kwiatów i liści (zwykle bierze się pod uwagę 50 lub 100 liści). Wyliczając następnie, ile tego typu liści czy kwiatów znajduje się na jednostce powierzchni, określa się zagęszczenie danej grupy owadów w danym środowisku. Metoda ta znajduje zastosowanie głównie do oceny bardzo drobnej, a zarazem mało ruchliwej fauny, a więc do oceny zagęszczenia niektórych larw, kolonii mszyc, przyłżeńców itd. Okazuje się ona często pomocna, tam gdzie metody mechaniczne zawodzą.

Z przedstawionych metod, najbardziej uniwersalną jest metoda biocenometru. Jest on cenny, gdy chodzi o określenie zagęszczenia całej entomofauny, natomiast okazuje się zbyt pracochłonny, gdy zależy nam na ocenie zagęszczenia jednego rzędu owadów.

Niezależnie od tego jaką stosuje się metodę pobierania prób, można określić bezwzględną liczebność zwierząt, stosując przyżyciowe znakowanie osobników badanych populacji lub wnioskować o liczebności bezwzględnej na podstawie krzywej regresji liczebności zwierząt.

Różne sposoby znakowania (malowanie znaków lub cyfr kolorowymi farbami, nacinanie skrzydeł, nalepianie numerków) pozwalają na indywidualne numerowanie osobników, bądź znakowanie tym samym znakiem grup osobników różniących się wiekiem, płcią lub owadów z tej

samej próby. Znakowanie osobników daje duże możliwości badawcze np. różnorodnego wykorzystywania uzyskanych danych liczbowych do obliczeń całej populacji. Dzięki znakowaniu możemy przeprowadzić przyżyciowe obserwacje tych samych osobników w populacji w ciągu dłuższego okresu, jednego lub nawet kilku sezonów wegetacyjnych, bez zakłócenia stosunków ilościowych (płciowych, wiekowych itp.), czy też niszczenia struktury przestrzennej układu.

Stąd wyliczenia bezwzględnej liczebności populacji i zmian tej liczebności w czasie, oparte nie na wyławianiu a na obserwacji tych samych osobników, mogą być bardziej precyzyjne, a także można je stosować w badaniu populacji eksperymentalnych lub populacji mało licznych.

Stosunkowo często stosowane są metody „mark-release-recapture” polegające na znakowaniu populacji w terenie i ponownym ich wyławianiu. Metody te początkowo zostały opracowane do wyznaczania liczebności zwierząt kręgowych (głównie gryzoni (Rajevskij 1934, Leslie i Chitty 1952, 1953). Później znalazły one również zastosowanie do oceny bezwzględnej liczebności populacji owadów (Chew 1960, Heydemann 1962, Skuhrový 1956, Ayre 1962, Wood 1963, Dlusskij 1965, Grüm 1965, Andrzejewska 1966 i in.).

Liczebność całej populacji uzyskujemy, wyliczając stosunek osobników znakowanych, występujących w pobieranych próbach, do liczby osobników nieznakowanych. Uzyskane liczby wstawiamy do wzoru Lincolna:

$$X = \frac{Z \cdot N}{Z_1},$$

gdzie Z — liczba wszystkich owadów znakowanych, Z_1 — liczba ponownie złapanych owadów poprzednio znakowanych, N — liczba owadów w próbie, X — badana liczebność całej populacji owadów żyjącej w wycinku środowiska, którego granice wyznacza zasięg penetracji danej populacji.

Wskaźnik nie uwzględnia śmiertelności ani ewentualnego rozrodu w okresie między momentem, w którym znakowano owady, a momentem, w którym pobierano następne próby. Dlatego w wynikach badań wprowadza się wskaźniki śmiertelności i rozrodu badanej populacji.

Ta stosunkowo prosta metoda obliczeń nie może być stosowana do oceny bezwzględnej liczebności każdej populacji. Można ją stosować jedynie w tym wypadku, gdy oznakowane osobniki włączają się i rozmieszczają równomiernie w badanej populacji oraz zachowują się tak samo jak osobniki nieznakowane. Kiedy mamy do czynienia z populacjami zróżnicowanymi funkcjonalnie lub podzielonymi na grupy różniące się aktywnością, czy też rozmieszczeniem, zastosowanie wskaźnika daje ocenę wielkości nie całej populacji, lecz tylko jej fragmentu, znajdującego w tej części środowiska, z której pobieramy próby.

Chew (1959, 1960) stosując wskaźnik Lincolna do oceny liczebności wszystkich mrówek przebywających w mrowisku, uwzględnia ich funkcjonalne zróżnicowanie. Podczas pierwszej próby znakuje mrówki wychodzące z gniazda. Po 24 godzinach pobiera drugą próbę. Podstawia uzyskaną wartość do wzoru i uzyskuje liczebność mrówek, ale tylko tych, które penetrują teren, tj. robotnic. Ponieważ ta część kolonii jest proporcjonalna do liczebności wszystkich mrówek w mrowisku, a więc i do części nie wychodzącej poza gniazdo, drogą dodatkowych obliczeń dochodzi do ustalenia liczby wszystkich osobników zamieszkujących

gniazdo. Stosunek ilościowy mrówek furazujących do pozostających w mrowisku jest różny dla różnych gatunków, ale można go ustalić na podstawie dokładnego przeliczenia wszystkich osobników po wykopaniu serii całych mrowisk danego gatunku.

Inną, pośrednią metodą uzyskiwania liczebności całej populacji jest tzw. „kalendarz złowień” (Petrušewicz, Andrzejewski 1962). Na podstawie materiału uzyskanego z indywidualnego znakowania osobników populacji myszy leśnych opracowano zestawienie, które pozwala na odczytanie i określenie liczebności całej populacji w każdym momencie okresu, w którym pobierane są próby. Ocena liczebności populacji według kalendarza złowień, dzięki systemowi indywidualnego znakowania osobników, została również zastosowana do populacji biegaczowatych (Grüm 1965). W kalendarzu złowień w rubrykach pionowych umieszcza się numery poszczególnych osobników złowionych w kolejnych próbach; w rubrykach poziomych daty kolejnych odłowów. Wszystkie złowienia danego osobnika umieszcza się w rubryce poziomej i łączy je linią. Linia ta przedstawia historię danego osobnika w czasie jego pobytu na powierzchni badań. Ilość linii przechodzących przez kolumny pionowe w kalendarzu złowień daje liczbę osobników obecnych na powierzchni badań niezależnie od tego, czy złowiły się one w tym dniu, czy też o ich obecności wnioskujemy na podstawie ich złowień w poprzednich i następnych próbach.

Do oceny bezwzględnej liczebności zarówno stawonogów, jak i zwierząt kręgowych stosuje się też, metodę graficzną De Lurego (De Lury 1947, Hayne 1949, Tanaka 1951, Calhoun i Webb 1953, Elson 1962, Andrzejewska 1966 i in.) Podstawą obliczeń jest regresja osobników w kilkakrotnie odławianej populacji. Aby można było zastosować tę metodę, należy co najmniej trzy razy, pobierać próby (wylawiać zwierzęta) z tego samego wycinka środowiska o określonej powierzchni. Próby pobiera się w niewielkich odstępach czasu w ciągu tego samego dnia. Dla zwierząt, które są rozmieszczone w środowisku nierównomiernie (np. w trawie i ściółce), a wymiana osobników między fragmentami populacji trwa dłużej niż czas pobierania prób, należy wnieść takie same poprawki, jak omówione wyżej przy stosowaniu wskaźnika Lincolna. Oznacza to, że odstępy czasu między próbami muszą być dostosowane do okresu, w którym nastąpi całkowite przemieszanie osobników badanej populacji.

Metodę tę można zastosować także w przypadku, gdy zwierzęta po pobraniu próby zostawiamy w środowisku, musimy jednak wówczas zastosować indywidualne lub grupowe znakowanie osobników (to ostatnie polega na opatrywaniu wspólnym znakiem owadów złowionych w poszczególnych próbach). Odnotowujemy wówczas ilości zwierząt nieznakowanych oraz opatrzonych danym znakiem.

Inna metoda oceny bezwzględnej liczebności populacji, opiera się na zmianach w piętrowym rozmieszczeniu osobników badanej populacji w środowisku łąkowym (Andrzejewska 1966). Podstawą obliczeń jest regresja osobników w ciągu sezonu wegetacyjnego. Populacja skoczków, która była obiektem badań w ciągu sezonu wegetacyjnego, przebywa zarówno w warstwie trawy, jak i w ściółce. Pod koniec lata skupia się wyłącznie w warstwie trawy. W tym krótkim okresie przeliczanie osobników w części natrawnej daje liczebność całej populacji, co jest punktem wyjścia do wyliczenia bezwzględnej liczebności populacji dla

każdego momentu pobierania prób w ciągu całego okresu badań. Z różnic w ilościach owadów otrzymanych w kolejnych próbach z warstwy trawy obliczamy ich ubytek (w procentach) w ciągu sezonu badań. Znakowanie owadów dostarczyło danych, pozwalających stwierdzić, że natrawna część populacji ulega takiej samej redukcji, jak cała populacja. Znając redukcję populacji (w procentach) i liczebność całej populacji pod koniec okresu wegetacyjnego, możemy obliczyć liczebność populacji dla każdego momentu, w którym przeprowadzamy odłowy.

Przytoczone wyżej pośrednie metody uzyskiwania bezwzględnej liczebności populacji owadów, pozwalają stosunkowo precyzyjnie określić ich wielkość, jednak stosowanie tych metod wymaga dobrej znajomości badanej grupy zwierząt. Warto również podkreślić zalety tych metod. Są one stosunkowo mało pracochłonne; przy umiejętnym stosowaniu dają dobry szacunek liczebności zwierząt; pozwalają na obserwacje przyżyciowe tych samych osobników w ciągu dłuższego okresu, bez niszczenia części lub całej populacji, jak to ma miejsce w przypadku określania liczebności systemem odłowów zwierząt ze środowiska.

Bardzo często i od bardzo dawna stosuje się metody dające jedynie względną ocenę liczebności. Za ich pomocą nie otrzymuje się danych o bezwzględnym zagęszczeniu zwierząt, ale oceny porównawcze, w którym środowisku zwierząt jest więcej, a w którym mniej, które gatunki są bardziej, a które mniej liczne przez co śledzi się zachodzące zmiany. Często taka metoda okazuje się wystarczająca.

Do metod tego typu należy przede wszystkim czerpak entomologiczny. Zrobiono wiele prac, do których materiały zbierano za pomocą czerpaka i wiele prac omawiających metodę czerpaka (Zubareva 1930, De Long 1932, Beall 1935, Carpenter i Ford 1936, Kontkanen 1950, Balogh 1958, Łuczak 1958, Łuczak, Wierzbowska 1959 i inni). Zarówno przyrząd, jak jego zalety i wady są na tyle znane, że nie warto chyba zatrzymywać się nad nim dłużej. Cenna w tej metodzie jest prostota przyrządu i łatwość uzyskiwania materiału szacunkowego. Czerpak jest dobry, gdy chodzi np. o wstępną analizę powierzchni dla wybrania terenu lub gdy trzeba porównać liczebność w dużej liczbie środowisk.

Niektórzy autorzy starają się jednak otrzymać tą metodą liczebność bezwzględną. Takie zastosowanie znalazł np. czerpak w badaniach Smalleya (1960) nad produktywnością szarańczaków. Kilkakrotnie w ciągu sezonu pobierano próby równocześnie czerpakiem i biocenometrem. Stosunek liczby owadów w próbach otrzymanych każdym z tych przyrządów był liczbą wskaźnikową, przez którą mnożono każdorazowe dane otrzymane za pomocą samego czerpaka. W ten sposób starano się sprowadzić te dane do określonej jednostki powierzchni. Niektórzy autorzy starają się na podstawie wymiarów czerpaka, a więc oceny powierzchni, którą się nim zagarnia określić, jakiej powierzchni odpowiada próba. Wyniki te traktować można jedynie jako szacunek zagęszczeń (Turnbull 1960). Stosowano też metodę koszenia czerpakiem wyznaczonej powierzchni, aż do momentu otrzymywania prób pustych albo zbliżonych do pustych (Menhinick 1963, Odum 1965). Tym sposobem można otrzymać jedynie liczebność bezwzględną niektórych owadów, których nie płoszy ruch czerpaka i które pozostają w jego zasięgu po pierwszym czerpakowaniu, a występują wyłącznie w górnej warstwie roślin.

Działanie czerpaka jest bardzo selektywne, jego efektywność zależy w znacznym stopniu od rodzaju eksplorowanej powierzchni i od indywidualnych cech osoby pobierającej próby. Pominięte są formy, które płoszone ruchem czerpaka opadają w dół i formy, które są przytwierdzone do roślin.

B. Metody oceniające liczebność i ruchliwość

Są to różnego typu pułapki, które działają wybiórczo, gdyż wychwytyują tylko poruszające się owady. Na wyniki tej grupy metod składa się zarówno ruchliwość jak i liczebność owadów. Działanie metod nastawionych na rejestrowanie ruchliwości jest najczęściej ściśle uzależnione od różnych czynników pogodowych, zwłaszcza od szybkości wiatru, a poza tym od sposobu poruszania się i wielkości owadów.

Dość liczne są opracowania mające na celu ocenę obfitości fauny unoszącej się lub unoszonej w powietrzu. Stosuje się najczęściej trzy metody — metodę lepów, metodę siatek hodowlanych (tow net) i metodę pułapek ssących. Spośród tych metod stosunkowo najnowszymi są pułapki ssące. Pracują one na zasadzie podobnej, jak omówione już ssawki, są jednak często znacznie większe — średnica wlotu od 15 do 90 cm, wysokość przyrządu od 0,5 do ponad 2 m. Związana z wymiarami jest też różna moc ssania. Pułapki te wciągają do wnętrza owady, które znajdują się w słupie powietrza otaczającym przyrząd (fig. 6 a i b).

Duże pułapki ssące, dysponujące dużą siłą ssania, dają wg Johnsona i Taylora (1955) wyniki stosunkowo mało zależne od szybko-

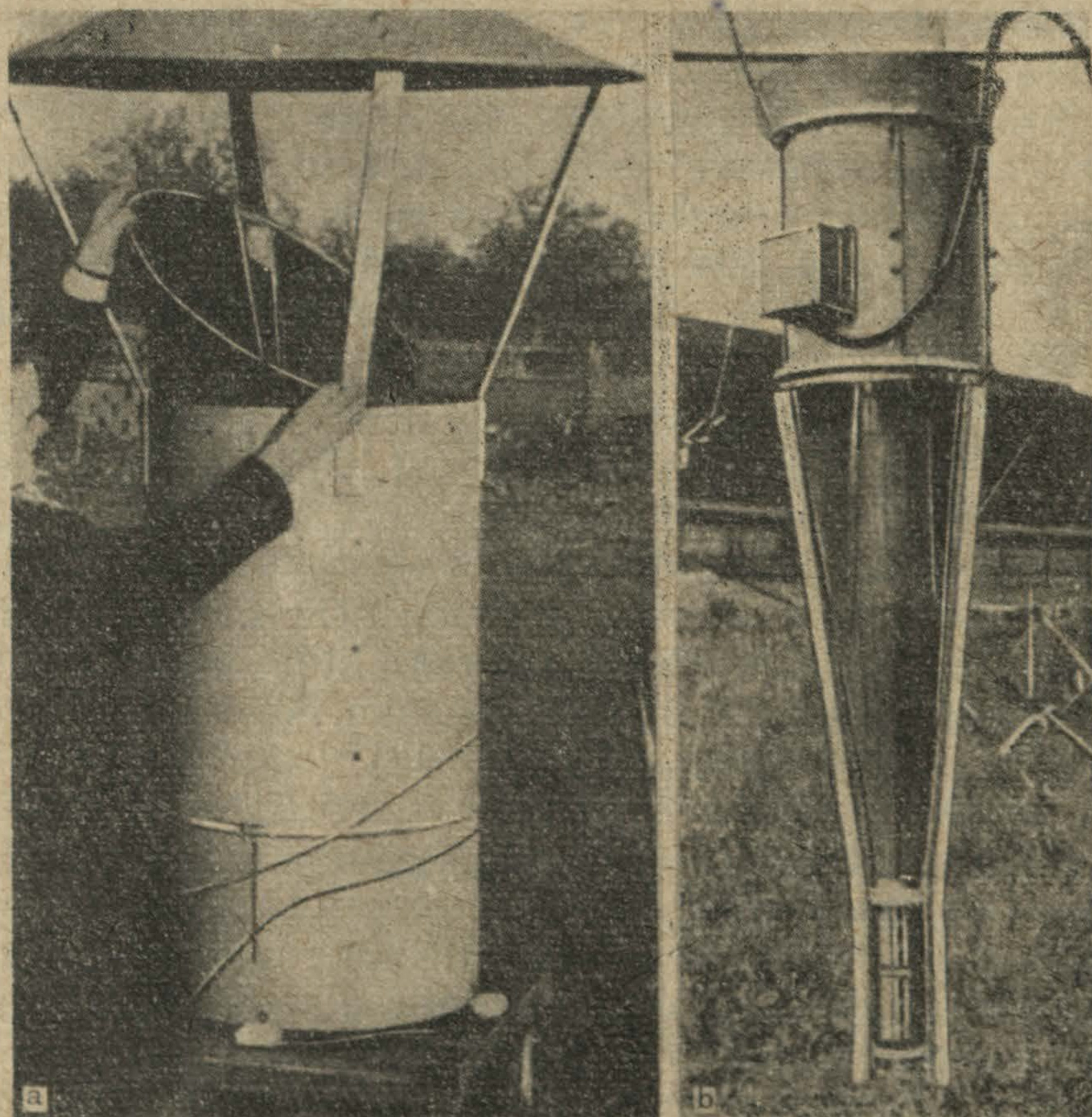


Fig. 6. Dwa typy pułapek ssących (wg Johnsona i Taylor 1955)

Two types of suction traps (after Johnson, Taylor 1955)

ści wiatru i od wielkości oraz sposobu poruszania się owadów. Jednak z powodu swych rozmiarów, mogą informować jedynie o tzw. planktonie powietrznym, a nie o ruchliwości fauny poruszającej się wśród roślinności, ich wlot znajduje się bowiem wysoko nad łąką (fig 6a). Czyli do analizy fauny znajdującej się w pobliżu roślin pozostają metody obarczone wspomnianymi błędami.

Johnson wprowadził bardzo cenne ulepszenie omawianego przyrządu — automatyczny segregator, dzięki któremu fauna co godzinę zbierana była do innego zbiorniczka. Daje to możliwość łatwego przesłędzenia dobowych różnic w aktywności owadów.

Chauvin (1965) przeprowadził krytykę tych przyrządów. Uważa on, że nie są one w pełni niezależne od szybkości wiatru i behavioru owadów.

Metoda lepów polega na rostawianiu w środowisku płytek lub siatek posmarowanych kleistą substancją, do której przywierają owady, zwłaszcza drobne, latające lub skaczące. Różni autorzy stosują różne wymiary lepów i zależnie od potrzeb ustawiają je na różnych poziomach co daje rozeznanie w rozkładzie lotów owadów w przestrzeni. Łowność lepów jest zależna od prędkości wiatru — łowi się bardzo mało owadów przy bardzo małych i przy bardzo dużych prędkościach wiatru (Johnson 1950).

Tabela II

Porównanie udziału procentowego różnych stawonogów
Comparison of percentages of different *Arthropoda*
(Roth 1963)

Grupa — Group	Czerpak Sweep net	Pułapki ssące Suction traps	Siatki metalowe Metal nets	Nitki lepkie Sticky threads
<i>Ichneumonoidea</i>	2,3	4,2	5,6	3,5
<i>Chalcidoidea</i>	24,4	13,6	11,8	10,8
<i>Hymenoptera</i>	31,8	32,4	25,9	23,0
<i>Cecidomyiidae</i>	6,1	8,5	0,8	2,3
<i>Chironomidae</i>	0,8	3,2	2,5	6,1
<i>Stratiomyiidae</i>	0,1	0,3	—	—
<i>Dolichopodidae</i>	1,4	0,6	1,8	0,7
<i>Phoridae</i>	0,1	4,2	9,9	7,3
<i>Ephydriidae</i>	9,6	6,6	3,8	4,6
<i>Diptera</i>	97,2	32,0	30,3	33,9
<i>Aphidoidea</i>	2,0	12,3	9,1	7,3
<i>Jassidae</i>	0,9	5,2	0,8	0,2
<i>Auchenorrhyncha</i> inne — others	0,8	0,3	0,4	—
<i>Miridae</i>	12,9	0,6	—	0,4
<i>Anthocoridae</i>	4,8	2,9	0,7	0,4
<i>Hemiptera</i>	24,0	21,0	11,0	8,3
<i>Coleoptera</i>	5,3	1,3	2,9	2,5
<i>Araneida</i>	1,0	0,3	0,1	0,2
<i>Thysanoptera</i>	9,2	7,8	28,1	30,4

Tabela III

Porównanie działania lepów o różnych wymiarach
 Comparison of action of sticky traps of different sizes
 (Staples, Allington 1959)

Przeciętna liczba roztoczy na cal ² Average number of mites per sq. inch	
płytki — plates 1×3	płytki — plates 3×4
3,13	0,69
3,20	0,74
0,31	0,04
0,22	0,03
0,24	0,09
0,65	0,31

Staples i Allington (1959) oraz Roth (1963) przeprowadzili porównanie skuteczności działania lepów różnej wielkości i różnej konstrukcji (tab. II i III). Według danych Staplesa i Allingtona w tych samych warunkach więcej roztoczy na jednostkę powierzchni łowiły lepy małe (2,5×5 cm) niż większe (5×6 cm). Różnice okazały się statystycznie istotne (tab. III). Roth (1953) porównał łowność posmarowanych lepem płytek oraz siatek — gęstej i rzadkiej. Łowność, przeliczona na jednostkę powierzchni chwytnej, okazała się większa na siatce o najrzadszych oczkach. Różnice biorą się stąd, że prądy powietrza, napotykając przeszkodę w postaci płytki, częściowo omijają ją i stąd część fauny niesionej nie trafia na płytkę. Zresztą łowność zależy też w znacznym stopniu od wielkości owadów, sposobu ich poruszania się, zwyczajów, itd. Jest to niewątpliwie metoda działająca w sposób selektywny — różnie w stosunku do różnych grup owadów. Widać stąd, jak wielki wpływ na otrzymane wyniki mogą wywierać różne czynniki uboczne, często trudne do przewidzenia.

Nad porównaniem małych pułapek ssących z lepami i siatkami holowanymi, pracowali głównie Johnson (1950), Taylor (1962) i Roth (1963). W świetle danych przytaczanych przez tych autorów trudno wyrazić w sposób bezsporny, która z tych metod jest najlepsza. Przy różnych prędkościach wiatru ta lub inna metoda okazywała się efektywniejsza. Różna była też efektywność poszczególnych metod w stosunku do różnych grup owadów. W stosunku do mszyc najlepsze wyniki dawały pułapki ssące, gdyż określały ich liczebność najbardziej wiernie. W stosunku do innych bardzo drobnych owadów nie było zasadniczych różnic między pułapkami ssącymi a lepami. Szereg grup większych owadów, w tym także muchówki i błonkówki, liczniej trafiały na lepy niż do pułapek.

Lepy mogą być traktowane jedynie jako metoda dająca względną, porównawczą ocenę ruchliwości owadów, nie mogą pretendować do roli metody określającej, ile ruchliwych owadów znajduje się w słupie powietrza określonych wymiarów.

Często do połowu określonych grup lub poszczególnych gatunków zwierząt stosuje się pułapki przynęcające. Elementem wabiącym jest światło, różne substancje zapachowe, kolor pułapek (np. żółte szalki), różne rodzaje pokarmu, albo imitacje pokarmu. Uzyskane dane mogą być traktowane tylko jako wskaźniki obfitości danych zwierząt w terenie. Dostarczają one na ogół obfitego materiału często znacznie obfitszego, niż pułapki bez przynęty, co może być istotne dla dalszych analiz.

Na zakończenie należy stwierdzić, że zasadniczo żadna pojedyncza metoda nie daje bezbłędnego obrazu liczebności czy ruchliwości fauny. Trzeba je łączyć i dobierać zależnie od celu badań i biologii badanych zwierząt.

C. Metody oceniające zależności między populacjami

Można tutaj wyróżnić dwie drogi uzyskiwania materiału liczbowego:

1. Pierwsza z nich polega na bezpośrednich obserwacjach w środowisku i rejestrowaniu wzajemnego oddziaływania określonych populacji drapieżców i ich ofiar lub też wpływu określonych populacji czy grup roślinożerców na rośliny stanowiące ich pokarm. (Kuntze 1937, Weaver 1950, Desroches 1958, Andrzejewska 1961, Wiegert 1964, Kajak 1965, Pętał w druku).

2. Metoda eksperymentu terenowego. Polega ona na zaostrzaniu naturalnych związków i zależności przez zagęszczanie lub rozrzedzanie populacji zwierzęcych. (Gause 1934, De Bach 1946, Huffaker i Kennet 1956, Huffaker 1958, Itô, Miyashita, Sekiguchi 1962, Breymeyer i in. 1962, Slobodkin 1962a, 1962b, Hodek i in. 1965). Badania tego typu nie obejmują zwykle całości związków zachodzących między populacjami czy zgrupowaniami danej biocenozy. Pozwalają jednak na porównanie szeregu środowisk od strony wpływu czy działalności danej populacji lub grupy zwierząt. Ponadto w połączeniu z ogólnymi badaniami i odłowami owadów przeprowadzanymi w środowiskach łąkowych, stanowią cenną metodę analizy stosunków pokarmowych. Pozwalają na określenie dostępności pokarmowej badanych zwierząt i na wyliczenie racji pokarmowych pobieranych przez jednego osobnika w różnych momentach życia. Te dane w połączeniu z oceną gęstości populacji (ilość osobników przypadająca na jednostkę powierzchni) ich biomasy i długości życia osobników, dają już rzeczywistą ocenę roli badanych populacji w środowisku.

ad. 1. Dla określenia zależności roślina—roślinożerca, wyliczamy ilość zjedzonej przez owady masy roślinnej. Najczęściej stosuje się mierzenie wyżerek z określonej powierzchni lub z określonej ilości roślin czy liści (Łomnicki, Kosior, Kaźmierczak 1965). W tym celu przerysowuje się na papierze wygryzione części liścia, planimetruje, poczem obliczoną powierzchnię wyżerek przelicza na wagę liścia o takiej samej powierzchni. Metoda ta ma jednak wady. Nie zawsze można określić, jakie zwierzę żerowało na mierzonem liściu. Ponadto nawet przy intensywnym żerowaniu, wiele gatunków owadów nie pozostawia na liściach widocznych śladów (owady ssące, żerujące wewnątrz rośliny), mimo iż ich działalność osłabia całą roślinę, wysusza, obniża procenta karotenu i zmniejsza znacznie jej biomase (Kuntze 1937, Weaver 1950, Desroches 1958, Andrzejewska 1961, 1966, Ricou i Duval

1964, Wiegert 1964). Również mierzenie powierzchni wyżerek i przeliczanie ich na biomasa liścia stwarza możliwość błędu (wzrost wyżerki wraz ze wzrostem liścia, różna grubość poszczególnych części blaszki nawet tego samego liścia).

Wpływ roślinożerców na rośliny określić można także na podstawie różnicy między ciężarem roślin uszkodzonych przez owady i roślin, na których owady nie żerowały. W tej metodzie ocenia się wpływ przebywania i żerowania owadów na rośliny, a nie ilość zjedzonej masy roślinnej, chyba że oceny dokonuje się w bardzo krótkich odstępach czasu, kiedy roślina nie zdążyła jeszcze podrosnąć lub zareagować na obecność owadów. Metodą obliczania powierzchni wyżerek udaje się wyliczyć oddziaływanie owadów roślinożernych o aparacie gębowym typu gryzącego. Metodą różnic wagi roślin uszkodzonych i całych możemy ocenić również wpływ owadów ssących, minujących itp.

Trudniejsza jest ocena wpływu drapieżcy likwidującego populację owadów roślinożernych, a także ilość złowionej przez drapieżcę zdobyczy.

Przy badaniach udziału ptaków, drobnych ssaków lub żab w likwidowaniu owadów w środowisku łąkowym stosuje się analizę zawartości żołądków tych zwierząt. Badanie pokarmu przynieszonego pisklętom przez matkę przeprowadza się przyżyciowo. Zakłada się wówczas pisklętom na szyję obrączki, nie pozwalające na przesunięcie się pokarmu do dalszych części przewodu pokarmowego.

Do najliczniejszych drobnych drapieżców łąkowych należą pająki. U niektórych gatunków pajaków sieciowych można ocenić ilość łowionych przez nie ofiar (Kajak 1965). W tym celu z oznaczonych sieci wybiera się wszystkie owady, które wpadły w oznaczonym czasie. W ten sposób możemy dalej ocenić ilość, jakość, wartość kaloryczną itd. pokarmu łowionego przez pająka, a w połączeniu z liczebnością pajaków w środowisku, ich rolę w biocenozie łąki.

Bardzo trudna do wyliczenia w wymiernych jednostkach jest rola mrówek, licznie zasiedlających środowisko łąkowe. Rodzaj pokarmu, sposób przenoszenia i organizacji transportu do mrowiska bardzo utrudnia całościowe wyliczenia pokarmu pobranego i przeniesionego przez mrówki.

Metodą dającą dobre rezultaty, ale bardzo pracochłonną, jest odbieranie zdobyczy mrówkom wracającym do gniazda. Ilość nektaru niesionego w wolu określa się przez ważenie mrówek wychodzących i powracających do gniazda (Pęta 1 w druku).

Często ustalenie składu gatunkowego i ilości pokarmu pobieranego przez wiele drapieżców jest bardzo trudne. Tym bardziej, że skład pokarmu i jego ilość może się zmieniać w zależności od liczebności, aktywności oraz rozmieszczenia przestrzennego zarówno ofiary jak i drapieżcy. Wybiórczość pokarmową, poza bezpośrednimi obserwacjami w terenie, ustala się również w hodowlach laboratoryjnych lub prowadzonych w badanym środowisku. W tym przypadku podaje się równocześnie różnorodny pokarm. Sposób wybierania pokarmu oraz tempo zjadania dostarcza informacji o stopniu atrakcyjności podawanych owadów.

ad. 2. Nie zawsze drogą obserwacji udaje się oszacować liczbowo naturalne zależności między wybranymi do badań populacjami. Nasilenie badanych oddziaływań nie zawsze jest tak wyraźne, aby dało się to wyrazić liczbowo, w przypadku, gdy dysponuje się tylko materiałem

obserwacyjnym. Dlatego w celu nasilenia i wyeksponowania zależności między populacjami czy piętrami troficznymi, które chcemy badać, musimy wyeliminować lub przynajmniej osłabić działanie pozostałych czynników, a zaostrić badany proces. Najślusniejszą drogą jest eksperymentowanie w naturalnym środowisku. Eksperyment terenowy ma tę zaletę, że zupełnie nie zmienia lub tylko minimalnie, fizyczne warunki naturalnego środowiska, w którym przebywają badane populacje.

Najczęściej do eksperymentu izolujemy niewielkie wycinki środowiska przez pokrycie ich klatkami obszytymi cienką gazą. Pod takimi izolatorami zagęszczamy wybrany gatunek lub zespół gatunków, albo przeciwnie, eliminujemy część populacji.

W pracowni łąkowej Zakładu Ekologii PAN prowadzi się kilka typów eksperymentów terenowych. W pierwszym typie eksperymentów podjęta została próba ilościowej oceny wpływu wszystkich roślinożerców (bezkregowych) na produkcję pierwotną łąki. Wpływ roślinożerców i ocenę roli poszczególnych populacji czy zgrupowań bada się poprzez eliminowanie (wytruwanie) poszczególnych grup żerujących: a) na naziemnych częściach roślin, b) na korzeniach, c) we wnętrzu roślin.

Drugi typ eksperymentów nastawiony jest na ocenę stopnia zniszczenia roślin przez najliczniejsze grupy roślinożerców. Polega on na wprowadzaniu pod izolatory wybranych populacji (*Orthoptera*, *Auchenorrhyncha*) w różnych zagęszczeniach i mierzenie ubytku masy roślinnej. W ten sposób możemy zbadać atrakcyjność pokarmu roślinnego dla poszczególnych populacji roślinożerców i obliczyć rację pokarmową przypadającą na jednego osobnika, a także wpływ danej grupy zwierząt na rośliny. Dalsze eksperymenty mają na celu badanie wielkości redukcji roślinożerców, spowodowanej przez działalność drapieżców i pośrednio wpływ drapieżców na produkcję pierwotną. Istotnym elementem w tych eksperymentach jest pewna odpowiedniość uzyskanych wyników w porównaniu z procesami, jakie zachodzą w warunkach naturalnych występujących w środowisku łąkowym, poza izolatorami. Dlatego pod izolatorami nie tylko warunki fizyczne powinny być takie same jak na łące, ale również stosowane zagęszczenia owadów powinny zastrzyc tylko naturalne zależności występujące w środowisku, a uzyskane dane nie mogą być wynikiem przegęszczenia.

Ten krótki przegląd nie wyczerpuje wszystkich metod jakie można stosować w badaniach bezkregowych zwierząt na łąkach. Wydaje się jednak, że wszystkie inne metody, nie uwzględnione w tym referacie, a stosowane w badaniach łąkowych, można zaliczyć do jednej z wymienionych grup.

Należy podkreślić potrzebę badań metodycznych. Wyniki stosowanych metod zależą często od wielu ubocznych czynników, często trudnych do uchwycenia. Nie można mówić o wyższości jednej metody nad drugą. Każda ma swoje zalety i wady. Ważne jest natomiast umiejętne stosowanie metod.

Każda sytuacja ekologiczna, w jakiej znajdują się badane zwierzęta, wymaga odpowiedniego przystosowania nawet zmechanizowanych metod połowu. Zastosowanie metody nieodpowiedniej do postawionego problemu prowadzi zawsze do błędnych wyników. Ponieważ nie dysponujemy metodami uniwersalnymi i to takimi, które nie byłyby obciążone wadami, prawdziwą i wiarygodną odpowiedź możemy uzyskać, stosując równocześnie kilka metod.

Piśmiennictwo

- Andrzejewska, L. 1961 — Wyniki eksperymentalnych zagęszczeń *Homoptera* na łąkach — *Ekol. Pol. A* 9: 439—451.
- Andrzejewska, L. 1966 — An attempt at determining the absolute population numbers of *Cicadella viridis* L. in the light of its layer distribution — *Ekol. Pol. A* 14: 73—98.
- Ayre, G. L. 1962 — Problems in using the Lincoln index for estimating the size of ant colonies (*Hymenoptera: Formicidae*) — *J. N. Y. ent. Soc.* 70: 159—166.
- Balogh, J. 1958 — *Lebensgemeinschaften der Landtiere* — Budapest, 560 pp.
- Beall, G. 1935 — Study of arthropod populations by the method of sweeping — *Ecology* 16: 216—225.
- Breymeyer, A. Gałęcka, B., Kajak, A. i Łuczak, J. 1964 — Różne aspekty oddziaływania drapieżcy na liczebność ofiar i warunki modyfikujące to działanie — *Pol. Pismo ent. B* 33—34: 79—87.
- Calhoun, J. B., Webb, W. L. 1953 — Induced emigrations among small mammals — *Science* 117: 358—361.
- Carpenter, J., Ford, J. 1936 — The use of sweep net samples in an ecological survey — *J. Soc. Biol. Ent.* 1: 155—161.
- Chauvin, R. 1965 — Progrés récents de l'écologie des insectes, spécialement dans ses rapports avec l'éthologie — *Ann. Biol. Paris* 4: 585—626.
- Chew, R. M. 1959 — Estimation of ant colony size by the Lincoln index method — *J. N. Y. ent. Soc.* 67: 157—161.
- Chew, R. M. 1960 — Note on colony size and activity in *Pogonomyrmex occidentalis* (Cresson) — *J. N. Y. ent. Soc.* 68: 81—82.
- De Bach, J. 1946 — An insecticidal check method for measuring the efficiency of entomophagous insect — *J. econ. Ent.* 39: 695—697.
- De Long, D. M. 1932 — Some problems encountered in the estimation of insect population by the sweeping method — *Ann. ent. Soc. America* 25: 13—17.
- De Lury, D. B. 1947 — On the estimation of biological populations — *Biometrika* 3: 147—167.
- Desroches, R. 1958 — Le Ray-grass anglais est-il encore le roi de la prairie française? — *Bull. d. Engrais, Juin, Suppl.* 12—15.
- Dietrick, E. J. 1961 — An improved backpack motor fan for suction sampling of insect populations — *J. econ. Ent.* 54: 394—395.
- Dietrick, E. J., Schlinger, E. I., Bosch, R. 1959 — A new method for sampling arthropods using a suction collecting machine and modified Berlese funnel separator — *J. econ. Ent.* 52: 1085—1091.
- Dietrick, E. J., Schlinger, E. I., Garber, M. J. — Vacuum cleaner principle applied in sampling insect populations in alfalfa fields by new machine method — *Calif. Agric.* 14: 9—11.
- × Dlusskij, T. M. 1965 — Metody količestvennogo učeta počvoobitajuščich muravev — *Zool. Ž.* 44: 716—727.
- Elson, P. F. 1962 — Predator-prey relationships between fish-eating birds and Atlantic salmon — *Bull. Fisch. Res. Bd Can.* 133.
- Elton, Ch., Miller, S. 1954 — The ecological survey of animal communities; with a practical system of classify habitats by a structural characters — *J. Ecol.* 42: 460—496.
- Gause, G. F. 1934 — *The struggle for existence* — Baltimore, 163 pp.
- Gromadzka, J., Trojan, P. (w druku) — Porównanie przydatności czerpaka ilościowego, fotoeklektora i biocenometru do badań entomocenoz — *Ekol. Pol. A*.
- Grüm, L. 1965 — The significance of the migration rate of individuals in the

- regulation of intensity of penetration of the habitat by populations of two species of *Carabidae*: *Carabus arcensis* Hrbst. and *Pterostichus niger* Schall — *Ekol. Pol. A* 13: 575—591.
- Hayne, W. 1949 — Two methods for estimating population from trapping records — *J. Mammal.* 30: 399—411.
- Heikinheimo, O., Raatikainen, M. 1962 — Comparison of suction and netting methods in population investigations concerning the fauna of grass leys and cereal fields, particularly in those concerning the leafhopper *Calligypona pellucida* (F.) — *Valt. maatal koetoim. julk.* 191: 1—31.
- Heydemann, B. 1962 — Der Einfluss des Deichbaues an der Nordsee auf Larven und Imagines von Carabiden und Staphyliniden — *Ber. IX Wandervers. Dtsch. Ent.* : 237—274.
- Hodek, J., Novak, K., Skuhřavý, V., Holman, J. 1965 — The predation of *Coccinella septempunctata* L. on *Aphis fabae* Scop. on sugar beet — *Acta ent. Bohemoslov.* 62: 241—253.
- Huffaker, C. B. 1958 — Experimental studies on predation: dispersion factors and predator-prey oscillations — *Hilgardia* 27: 343—383.
- Huffaker, C. B., Kennett, C. E. 1956 — Experimental studies on predation: predation and cyclamen mite populations on strawberries in California — *Hilgardia* 26: 191—222.
- Itô, Y., Miyashita, K., Sekiguchi, K. 1962 — Studies on the predators of rice crop insect pests, using the insecticidal check method — *Jap. J. Ecol.* 12: 1—11.
- Johnson, C. G. 1950 — The comparison of suction trap, sticky trap and tow net for the quantitative sampling of small airborne insects — *Ann. appl. Biol.* 37: 268—285.
- Johnson, C. G., Southwood, T. R. E., Entwistle, H. M. 1957 — A new method of extracting arthropods and molluscs from grassland and herbage with a suction apparatus — *Bull. ent. Res.* 48: 211—218.
- Johnson, C. G., Taylor, L. R. 1955 — The development of large suction traps for airborne insects — *Ann. appl. Biol.* 43: 51—61.
- Kajak, A. 1965 — An analysis of food relations between the spiders — *Araneus cornutus* Clerck and *Araneus quadratus* Clerck and their prey in meadows — *Ekol. Pol. A* 13: 717—764.
- Kontkanen, P. 1950 — Quantitative and seasonal studies on the leafhopper fauna of the field stratum on open areas in North Karelia — *Ann. bot. Soc. zool-bot. fenn. „Vanamo”* 13: 1—91.
- Kuntze, H. 1937 — Die Ziekaden Meklenburgs eine faunistisch-ökologische Untersuchung — *Arch. Naturg.* 6: 299—388.
- Leslie, P. H., Chitty, H. D. 1952 — The estimation of population parameters from data obtained by means of the capture-recapture method (The estimation of total number) — *Biometrika* 39: 363—388.
- Leslie, P. H., Chitty, H. D. 1953 — The estimation of the population parameters from data obtained by means of the capture-recapture method (An example of the practical applications of the method) — *Biometrika* 40: 137—169.
- Łomnicki, A., Kosior, A., Kaźmierczak, T. 1965 — Ocena suchej masy uszkodzeń dokonanych przez roślinożerców w runie lasu bukowego (*Fagetum carpaticum*) — *Ekol. Pol. B* 11: 61—67.
- Łuczak, J. 1958 — O metodyce badania pajaków runa lasu sosnowego — *Ekol. Pol. B* 4: 283—292.
- Łuczak, J., Wierzbowska, T. 1959 — Analysis of the likelihood of material in relation to the length of a series in the sweep method — *Bull. Acad. Pol. Sci. Cl. II*, 7: 313—318.

- Malaise, R. 1937 — A new insect trap — Entomol. Tidskr. 58: 148—160.
- Menhinick, E. F. 1963 — Estimation of insect population density in herbaceous vegetation with emphasis on removal sweeping — Ecology 44: 617—621.
- Odum, E. P. 1965 — Ecology — New York, 152 pp.
- Petrusewicz, K., Andrzejewski, R. 1962 — Natural history of a free-living population of house mice (*Mus musculus* L.) with particular reference to groupings within the population — Ekol. Pol. A 10: 85—122.
- Pętał, J. (w druku) — Badania nad redukcją powodowaną przez mrówki *M. lea-vinodis* Nyl. — Ekol. Pol. A.
- Rajevskij, V. V. 1934 — Količestvennyj učet mlekopitajuščich metodom kolcevaniya — Zool. Ž. 13: 90—96.
- Remane, R. 1958 — Die Besiedlung von Gründlandflächen verschiedener Herkunft durch Wanzen und Zikaden im Weser-Ems-Gebiet — Z. angew. Ent. 42: 353—400.
- Ricou, G., Duval, E. 1964 — Contribution a l'étude de l'action des Cicadelles sur quelques graminees de prairies (Procès-verbal de la Séance du 11 Mars 1964) — Alençon: 472—476.
- Roth, U. 1963 — Comparisons de methodes de captures an ecologie entomologique — Rev. Path. vég. 42: 177—197.
- Skuhřavý, V. 1956 — Fallenfang und Markierung zum Studium der Laufkäfer — Beitr. Ent. 6: 285—287.
- Slobodkin, L. B. 1962a — Predation and efficiency in laboratory populations (Symposium of British Ecological Society) — Oxford 2: 223—242.
- Slobodkin, L. B. 1962b — Growth and regulation of animal populations — New York, 184 pp.
- Smalley, A. E. 1960 — Energy flow of a salt marsh grasshopper population — Ecology 41: 672—678.
- Southwood, T. R. E., Jepson W. F. 1962 — Studies on the populations of *Oscinella frit* L. (Diptera, Chloropidae) in the oatcrop — J. Anim. Ecol. 31: 481—495.
- Southwood T. R. E., Pleasance H. J. 1962 — A hand operated suction apparatus for the extraction of arthropods from grassland and similar habitats with notes on other models — Bull. ent. Res. 55: 125—128.
- Staples, R., Allington, W. B. 1959 — The efficiency of sticky traps in sampling epidemic populations of *Eriophyid* mite *Aceria tolipae*, vector of wheat streak mosaic virus — Ann. ent. Soc. America 52: 159—164.
- Tanaka, R. 1951 — Estimation of vole and mouse populations on Mt. Ishizuchi and on the uplandsef southern Shikoku — J. Mammal. 32: 450—458.
- Taylor, L. R. 1962 — The absolute efficiency of insect suction traps — Ann. appl. Biol. 50: 405—421.
- Turnbull, A. L. 1960 — The spider population of oak (*Quercus robur* L.) in Wytham Wood, Berks. England — Can. Entomol. 92: 110—124.
- Varley, G. C., Gradwell, G. R. 1963 — The interpretation of insect population changes — Proc. Ceylon. Ass. Adv. Sci. 18: 142—156.
- Weaver, C. R. 1950 — Improvement in hay yields resulting from control of the meadow spittlebug — J. econ. Ent. 43: 7—11.
- Wood, G. W. 1963 — The capture-recapture as a means estimating populations of climbing cutworms — Canad. J. Zool. 41: 47—50.
- Wiegert, R. G. 1964 — Population energetics of meadow spittlebugs (*Philenus spumarius* L.) as effected by migration and habitat — Ecol. Monogr. 34: 217—241.
- Zubarewa, S. 1930 — On the accuracy of quantitative sweeping with an insect sweep-net — Trav. Inst. Rech. biol. Perm 3: 89—104.

Methods of quantitative entomological investigation in meadows

Summary

The article contains a review of methods most often applied in investigations of the entomofauna occurring in the field layer. A discussion is given of methods registering the numbers of animals (A), numbers and mobility (B) and of the special methods used to estimate relations between populations (C).

A. A critical review is given of many of the methods used to estimate the numbers of animals, particularly those which are aimed at estimating the absolute numbers of animals, i.e. the accurate estimate of the number of animals in a defined area. More attention is devoted to the biocenometric method in view of the relatively great universality of this method and of the fact that its results directly illustrate the density of the animals.

Instruments are discussed which are increasingly frequently used when sampling with a biocenometr, that is suction apparatus (fig. 1, 2, 3). A short review is given of the photoeclector and sweep net methods.

There is also a discussion of the way in which material obtained by different methods may be used to estimate the absolute numbers of animals. The method consisting in marking live animals and drawing conclusions as to population numbers on the basis of the assumption that the number of recaptured marked individuals has the same relation to the number of all animals marked as the number of individuals in the whole sample to all the individuals in the population, gives very accurate results.

Where marked individuals are available the calendar of captures method may also be applied to estimation of absolute population numbers.

Both these methods may be applied when the marked individuals behave the same way in the population as do the unmarked ones.

If samples are taken repeatedly (at least three times) from the same sector of the habitat it is possible to draw conclusions as to density of individuals on the basis of the curve of regression.

B. The results of methods catching moving fauna depend not only on the numbers but also on the degree of mobility of the animals examined. Reference is made to several studies, the authors of which compare results obtained by different methods (Tab. II, III,) and search for the most objective methods, i.e. less dependent on weather factors, which affect to a particularly great degree results obtained by instruments in this group of methods.

C. The group last discussed is formed by certain procedures applied to estimation of the role of a given group of insects in their relations with other groups of animals or plants, e. g. when estimating the role of a given predator in the reduction of its prey, or the significance of a given herbivorous species in reducing crop yield.

In this case either estimates made under field conditions (estimate of the extent of leaf surface eaten or estimate of the number of animals found in alimentary tracts), or experimentally.

Experiments consist most often in increasing, or conversely decreasing density of a given species or community and drawing conclusions as to its role from comparison of the relations prevailing in the experimental and in the control part, (left unchanged) of the habitat.

We have endeavoured in this article to emphasize that it is a matter of very great importance to fit the methods used to the purposes of the study, and also that many entomological methods require standardisation and unification.