

DWIE NOWE KONCEPCJE W ZAKRESIE METODYKI BADAŃ BIOINDYKACYJNYCH

Andrzej Leśniak

Leśniak A., 2016: Dwie nowe koncepcje w zakresie metodyki badań bioindykacyjnych (*The two new concepts in bio-indicative research*), *Monitoring Środowiska Przyrodniczego*, Vol. 18(2), s. 11-15.

Zarys treści. W W pracy przedstawiono koncepcje:

1. Wykorzystania zmienności wewnątrzpopulacyjnej roślin i zwierząt jako wskaźnika jakości ich środowisk.
2. Możliwości syntetyzowania wyników badań bioindykacyjnych o różnych rozmiarach prób.

Praca zawiera również oryginalny przykład takiej syntezy oraz apel o szersze stosowanie metod statystycznych i podjęcie badań nad pierwszą z wymienionych wyżej koncepcji.

Słowa kluczowe: metodyka badań bioindykacyjnych, monitoring biegaczowatych (*Carabidae* Coleoptera)

Key words: *methodology of bioindicative research, ecological monitoring of beetles Carabidae Coleoptera*

Andrzej Leśniak, ul. Bukowa 23; 05-807 Podkowa Leśna; email: a.k.lesniak@gmail.com

1. Wprowadzenie

W publikacji *Monitoring, bioindykacja – definicje i desygnaty* (Leśniak 1995) zaproponowano następujące rozróżnienie dwóch terminów:

– monitoring – „to kontrolno-decyzyjny system oceny stanu i dynamiki zmian biosfery, jej części bądź dowolnego jej elementu biotycznego lub abiotycznego, dokonywany jednocześnie w wielu miejscach metodami powszechnie dostępnymi i znanymi“;

– bioindykacja – „to określenie np. stanu środowiska, tempa przyrostu biomasy lub poziomu zanieczyszczenia na podstawie jakiegoś biotestu – bioindykatora. Bioindykatorem może być jakiś gatunek lub jego brak, stan tego gatunku, może też nim być struktura zgrupowania lub poziom akumulacji jakiejś substancji w jakimś organizmie“.

W zakończeniu cytowanego wyżej artykułu znalazło się stwierdzenie: „Badania np. stanu zgrupowań biegaczowatych (*Carabidae*, *Col.*) to monitoring biegaczowatych, natomiast określenie poziomu zanieczysz-

czeń lasu na podstawie zmian w strukturach zgrupowań biegaczowatych to bioindykacja – *Carabidae* stają się wtedy bioindykatorem stanu lasu, a nie bezpośrednim obiektem badań“.

Wychodząc z założenia, że jednak oba przywołane terminy są ze sobą związane, niniejsze opracowanie zatytułowano *Dwie nowe koncepcje w zakresie badań bioindykacyjnych*, gdyż propozycje te dotyczą zarówno bioindykacji, jak i monitoringu.

Na wstępie ogólna konstatacja – ekologia nazwana została kiedyś, i to dość dawno, ekonomią przyrody. W ekonomii istotnym pytaniem jest „ile“. Trzeba wierzyć, że w ekologii oprócz pytań: „co“ „jakie“ i „dlaczego“, to pytanie jest także istotne. Powoduje to, mimo znanych niechęci, konieczność zastosowań choćby podstawowych metod statystycznych. Brak bowiem np. umiejętności rozróżnienia odchylenia standardowego od współczynnika zmienności prowadzi do błędnych konkluzji (Broda 1971, Łomnicki 1999).

Dlatego też w proponowanych koncepcjach stosowane są podstawowe metody statystyczne, takie jak

współczynnik zmienności czy współczynnik korelacji r. Oczywisty jest jednak fakt, że stosowanie metod statystycznych nie wyklucza używania całej plejady wzorów zoocenologicznych czy fitosocjologicznych. Obie kategorie: metody statystyczne i metody ekologiczne, powinny się uzupełniać, a w żadnym wypadku nie wykluczać.

2. Cel i zakres pracy

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie dwóch nowych koncepcji w zakresie metodyki badań bioindykcyjnych.

Koncepcja pierwsza dotyczy pomysłu wykorzystania zjawiska zmienności wewnątrzpopulacyjnej roślin lub zwierząt jako wskaźnika jakości ich środowisk. Koncepcja Charakteryzuje się ona ściśle określoną specyficznością – dotyczy bowiem oddziaływania środowiska lub zmian w nim zachodzącym na konkretny gatunek zwierząt lub roślin.

Koncepcja druga ma na celu umożliwienie porównania i syntezy wyników badań, w których zastosowano różne wielkości prób. Na przykład w badaniach monitoringu zgrupowań biegaczowatych *Carabidae Coleoptera* różne wielkości odłowów.

Celem pracy jest również ewentualne wywołanie dyskusji na temat przydatności i poprawności przedstawionych propozycji.

Koncepcja 1

Najważniejszą i zupełnie nową koncepcją jest niewątpliwie pomysł wykorzystania zmienności wewnątrzpopulacyjnej roślin i zwierząt jako wskaźnika jakości ich środowisk. Propozycja ta została szerzej przedstawiona w „Roczniku Świętokrzyskim“ tom 34 (Leśniak i in. 2013). W niniejszej publikacji opisano w skrócie założenia i ważniejsze wyniki wspomnianej pracy.

Na podstawie licznych terenowych obserwacji gąsienic barczatki sosnowki (*Dendrolimus pini* L.) wysunięto tezę o istnieniu prawidłowości, polegającej na tym, że pogorszenie warunków egzystencji powoduje wzrost zmienności wewnątrzpopulacyjnej organizmów żywych.

W związku z powyższym wykonano pomiary długości chrząszczy *Geotrupes stercorosus* Sc. populacji ekologicznych i geograficznych oraz wysokości kilku-letnich drzewek sosny zwyczajnej w różnych siedliskowych typach lasu. Uzyskane wyniki potwierdzają przyjętą tezę. W przypadku badanych populacji *Geotrupes stercorosus* liczebność jest skorelowana dodatnio ze

średnią długością osobników – im większa liczebność, tym dłuższe osobniki. Natomiast korelację ujemną uzyskano, porównując liczebności i średnie długości ze współczynnikiem zmienności długości badanych chrząszczy. Im większa liczebność czy średnia długość – tym niższy współczynnik zmienności długości.

Badania zmienności wysokości drzewek sosny w zależności od warunków egzystencji przyniosły następujące rezultaty: najniższe przeciętne wysokości na siedliskach wilgotnych skorelowane były z najwyższymi współczynnikami zmienności wysokości. Jednakże uwzględniając wszystkie badane siedliskowe typy lasu w jednym obiekcie, uzyskano statystycznie istotne korelacje między średnimi wysokościami a współczynnikami zmienności wysokości drzewek sosny (im wyższa średnia wysokość, tym niższy współczynnik zmienności). W drugim obiekcie takiej korelacji nie było.

Analiza danych literaturowych potwierdziła przyjętą tezę w zakresie konsekwencji przegęszczenia różnych gatunków roślin. Przegęszczenie powoduje też pogorszenie warunków życia i według cytowanych źródeł i dodatkowych obliczeń wykonanych przez autora tego tekstu, przegęszczenie powodowało znaczący wzrost współczynnika zmienności badanych parametrów.

Tu należy podkreślić, że pomimo dość dokładnych poszukiwań danych na temat uwarunkowań zmienności wewnątrzpopulacyjnych roślin i zwierząt, w wielu podręcznikach, monografiach i czasopismach naukowych uzyskane rezultaty były nader skromne. Właściwie tylko podręczniki z zakresu ekologii roślin (Andrzejewski, Falińska 1986; Czarnowski 1989; Falińska 1997; Begon i in. 1999) zawierają informacje dotyczące zmienności wewnątrzpopulacyjnej roślin. W wymienionych powyżej pozycjach na ogół przedstawiano graficznie i opisowo różnorodność struktur wielkości osobników, tylko M. Czarnowski (1989) podał wyniki obliczeń współczynnika zmienności, który pozwolił wykazać, że wraz ze wzrostem zagęszczenia (czyli pogorszenia warunków egzystencji badanych organizmów) wzrasta współczynnik zmienności długości kłosów żyta i wielkości pierśnicy sosny.

Tu trzeba wyjaśnić, dlaczego obliczanie statystycznego współczynnika zmienności jest niezbędne. Otóż określenie typu zmienności (lewoskośny, zgodny z rozkładem normalnym czy prawoskośny) nie określa wielkości zmienności, tylko jego rodzaj. Wielkość współczynnika zmienności, np. w typie lewoskośnym czy prawoskośnym, zależy od kąta skośności, a w rozkładzie normalnym – od stopnia wypukłości (rozkłady normalne mogą być mniej lub bardziej „płaskie“).

Można mieć nadzieję, że przedstawiona uprzednio teza i metoda jej sprawdzania zainteresuje ekologów

zajmujących się badaniami bioindykacyjnymi, które obecnie są niewątpliwie potrzebne. Wydaje się bowiem, że odpowiedź na pytanie, czy zmienność wewnątrzpopulacyjna roślin i zwierząt zależy i w jakim stopniu od warunków egzystencji, nie jest dotychczas wystarczająco określona i wymaga znacznie szerszych badań.

Koncepcja 2.

Koncepcja druga dotyczy metod możliwych do zastosowania w badaniach bioindykacyjnych i przedstawionych w publikacji *Monitoring biegaczowatych (Carabidae Col.) ważniejszych siedliskowych typów lasu Polski* (Leśniak 2015). Stanowi ona syntezę części wyników (dotyczących biegaczowatych) 21 prac magisterskich i inżynierskich wykonywanych w latach 1994–2010 na obszarze lasów Polski. Promotorem tych prac był A. Leśniak.

We wszystkich cytowanych pracach dyplomowych zastosowana była ta sama metoda odłowu biegaczowatych, czyli standardowe pułapki Barbera modyfikacji J. Szyszko (Szyszko 1985). Jednakże w poszczególnych pracach były różne wielkości odłowów określone liczbami dobocylindrów (termin ten oznacza ile pułapek funkcjonowało przez ile dób). Dlatego dla prawidłowości porównań określono łowność osobników (iloraz liczby osobników i liczby dobocylindrów) oraz łowność gatunków (nowość metodyczna) – iloraz liczby gatunków i liczby dobocylindrów pomnożony przez 100.

W omawianej pracy obliczano też wskaźnik bioróżnorodności gatunkowej Simpsona [Szujecki 1980] i wskaźnik efektywności zgrupowania (Leśniak 2001). Wskaźnik efektywności zgrupowania ze względu na różne wielkości odłowów w poszczególnych pracach dyplomowych został też skorygowany: pierwiastek kwadratowy iloczynu liczby gatunków i liczby osobników został zastąpiony pierwiastkiem kwadratowym iloczynu łowności gatunków i łowności osobników (też nowość metodyczna).

Ponieważ dane dotyczące liczby złowionych osobników i gatunków, wielkości odłowów i obliczonych wskaźników (Simpsona i WEZ) dotyczyły pięćdziesięciu powierzchni, możliwe było określenie ewentualnych związków między tymi zmiennymi przez określenie współczynnika korelacji „r”. Analizowano następujące dane:

- liczba złowionych osobników – n osob.,
- liczba złowionych gatunków – n gat.,
- łowność gatunków – łow gat.,
- łowność osobników – łow osob.,
- liczba dobocylindrów, czyli wielkość odłowów – n dobcyl.,

- wielkość wskaźnika bioróżnorodności gatunkowej Simpsona – w Simps,
- wielkość wskaźnika efektywności zgrupowania – WEZ.

3. Wyniki

Uzyskane wyniki zawiera tabela 1. W tabeli tej wyróżniono dane uzyskane w borowych siedliskowych typach lasu, lasowych siedliskowych typach lasu i dane łączne dla obydwu kategorii typów lasu.

Kategoria borowe siedliskowe typy lasu obejmuje: Bór suchy, Bór świeży, Bór mieszany – świeży.

Lasowe siedliskowe typy lasu obejmują: Las mieszany świeży, Las świeży, Las wyżynny.

Tabela 1

Niezależnie od tego czy wyniki obliczeń korelacji podane w tabeli 1 wywołane są związkami przyczynowo-skutkowymi badanych zmiennych, czy np. ewentualnymi autokorelacjami, można te wyniki podsumować następująco:

– Bardzo niewielkie (nieistotne) są różnice wyników obliczeń danych dla kategorii siedliskowych typów lasu: bory i lasy. Potwierdza to wcześniejsze konkluzje zawarte w cytowanej pracy Leśniaka (Leśniak 2015). Większe różnice w tym zakresie były tylko w pozycji 1 tabeli 1, dotyczące zależności liczby gatunków od liczby osobników i pozycji 10 tabeli 1, określającej korelację między wartościami wskaźnika Simpsona i liczbami osobników.

– Łatwo zauważyć w pozycji 3, że liczba złowionych gatunków nie zależała od liczby zastosowanych pułapek i czasu trwania odłowów – dobocylindrów. Może to być związane z ujednoczeniem składu gatunkowego na badanych terenach. Potwierdza to pozycja 5, że łowność gatunków była odwrotnie proporcjonalna do liczby pułapek.

– Można zauważyć również, że aż 8 z 13 badanych korelacji dotyczy dwóch wzorów Simpsona i WEZ (wskaźnik efektywności zgrupowania). Fakt ten wymaga szerszego wyjaśnienia:

Wskaźnik różnorodności gatunkowej Simpsona jest od dawna uznany i szeroko stosowany również w pracach ekologicznych. Jest to wskaźnik poprawny dla określania bioróżnorodności, ale należałoby się zastanowić, czy wysoka różnorodność gatunkowa przy niskiej liczebności osobników jest jednakowo ważna jak wysoka bioróżnorodność przy wysokiej liczbie osobników. Tego ten wskaźnik nie różnicuje. Można to przedstawić na przykładzie konkretnych danych (tabele 10 i 11 w pracy [Leśniak 2015]) Otóż w najżyźniejszym,

charakteryzującym się wysoką różnorodnością i stabilnością siedliskowym typie lasu – las świeży średni wskaźnik Simpsona wynosił 4,50 (WEZ – 99, łowność osobników 0,36, łowność gatunków 0,70) natomiast w niestabilnych leśnych siedliskach o wysokiej wilgotności analogiczny średni wskaźnik Simpsona miał wartość jeszcze wyższą bo 4,56 (WEZ – 19, łowność osobników 0,03! i łowność gatunków 0,55) Te dane nie wymagają komentarza.

Destabilizacja warunków środowiskowych powodowana często narastającą antropopresją wywołuje nie tylko ekstynkcję gatunków, ale również ograniczenie liczebności osobników pozostających odporniejszych gatunków. Jest to na pewno prawda, mimo że odwraca znaną maksymę „diversity makes stability“ – sytuacji takich wskaźnik Simpsona nie pokazuje. Dlatego zaproponowano wskaźnik efektywności zgrupowania, który odpowiednio reaguje na takie sytuacje, gdyż jest oparty nie na ilorazie, a na iloczynie liczby gatunków i osobników.

Przedstawione w tabeli 1 w pozycjach 6–13 wyniki obliczeń współczynników korelacji r wyraźnie wskazują na większą przydatność w badaniach bioindykacyjnych wskaźnika efektywności zgrupowania niż wskaźnika Simpsona. Ten ostatni wyraźnie i bezględnie deprecjonuje niewątpliwie ważne ekologicznie znaczenie liczebności osobników.

4. Podsumowanie

Praca zawiera:

- propozycje wykorzystania zmienności wewnątrzpopulacyjnej roślin i zwierząt jako wskaźnika jakości środowisk,
- wyniki poszukiwań w piśmiennictwie danych na temat warunków zmienności wewnątrzpopulacyjnej roślin i zwierząt,
- propozycje określania łowności gatunków,
- analizę przydatności wzoru Simpsona (na określenie bioróżnorodności) i wzoru na określenie efektywności zgrupowań (WEZ),
- apel o szersze stosowanie w badaniach ekologicznych metod statystycznych.

5. Wyniki

1. Istnieje związek między zmiennością wewnątrzpopulacyjną roślin i zwierząt a jakością ich środowisk.
2. Wykazano większą przydatność wskaźnika efektywności zgrupowania niż wskaźnika bioróżnorodności Simpsona.

6. Literatura

- Andrzejewski R., Falińska K. (red.), 1986:** Populacje roślin i zwierząt. PWN Warszawa, 442 ss.
- Begon M., Mortimer H., Thompson D.J., 1999:** Ekologia populacji. PWN Warszawa, 362 ss.
- Broda B., 1971:** Metody histochemii roślinnej. PZWL Warszawa, 253 ss.
- Czarnowski M.S., 1989:** Zarys ekologii roślin lądowych. PWN Warszawa, 555 ss.
- Falińska K., 1997:** Ekologia roślin. PWN Warszawa, 453 ss.
- Leśniak A., 1995:** Monitoring, bioindykacja – definicje i desygnaty. Sylwan 5: 5–12.
- Leśniak A., 2001:** Ground beetles *Carabidae Col.* of Świnia Góra Reserve in the Świętokrzyskie mountains. *Fragm. Faun.* 44: 41–57.
- Leśniak A., 2015:** Monitoring biegaczowatych (*Carabidae, Col.*) ważniejszych siedliskowych typów lasu Polski. *Monitoring Środowiska Przyrodniczego Vol 16:* 35–51.
- Leśniak A., Czechowicz A., Margula D., Miśków M., Syta T., 2013:** Zmienność wewnątrzpopulacyjna roślin i zwierząt jako wskaźnik jakości ich środowisk. *Rocznik Świętokrzyski seria B – 34:* 109–126.
- Łomnicki A., 1999:** Wprowadzenie do statystyki dla przyrodników. PWN Warszawa, 265 ss.
- Szujecki A., 1980:** Ekologia owadów leśnych. PWN Warszawa, 603 ss.
- Szyszek J., 1985:** Pułapka STN do odłowu *Carabidae*. *Prace Komisji Naukowych PTG. Nr 91:* 34–41.

Tabela 1. Wartości współczynników korelacji r określające związki między badanymi zmiennymi.

Table 1. The values of correlation coefficients r defining the relationships between the studied variables.

THE TWO NEW CONCEPTS IN BIO-INDICATIVE RESEARCH

Summary

The aim of the study was to present the proposals for the use of new methods in researches about bioindication. The Study provides proposals of the use of the intrapopulation variability of plants and animals as an index of the quality of the environment as well as the results of the research in the literature on the conditions of intrapopulation variability of plants and animals. Furthermore the study includes proposals to determine index of capturability and the analysis of the suitability of Simpson's coefficient (for determining the biodiversity) and the coefficient of the effectivity of community – WEZ. The Author calls for a wider application of statistical methods in ecological researches. The study shows that there is a link between intrapopulation variability of plants and animals and the quality of their environments. The survey indicates a better usage of the coefficient of the effectivity of community – WEZ than the Simpson's coefficient.