

ELIZA DĄBROWSKA-PROT

Bioindykacyjne znaczenie *Diptera* do oceny stanu ekosystemów leśnych

Bioindicative Importance of *Diptera* in the Assessment
of the Condition of Forest Ecosystems

Wstęp

Wzrastające tempo antropogenicznego przekształcania środowiska przyrodniczego zmusza do poszukiwania i opracowywania systemów oceny jakości.

W ostatnich latach obserwuje się znaczny rozwój badań, których wyniki tworzą podstawy systemów monitoringu ekologicznego. Jego istotą jest ocena intensywności przekształcania się pod wpływem różnych typów antropopresji (np. uprzemysłowienia terenu, intensywnego rolnictwa, itp.), struktury oraz funkcjonowania układów ekologicznych – populacji, biocenoz, ekosystemów – wskazującego na rzeczywisty stan zagrożenia środowiska przyrodniczego.

Szczególnie intensywnie rozwijany jest i stosowany na skalę praktyczną monitoring oparty na reakcjach na środowisko wskaźnikowych gatunków roślin i zwierząt (4, 5). Wykorzystuje on gatunki o znanych wymaganiach ekologicznych, ograniczonej zmienności genetycznej, kosmopolityczne oraz łatwo dostępne i rozpoznawalne. Wymaga się ponadto, żeby gatunek wykorzystywany w monitoringu specyficznie reagował na testowany czynnik środowiskowy, a ta reakcja (np. kumulacja metali ciężkich, zmiany w dyspersji, intensywności procesów fizjologicznych itp.) była proporcjonalna do siły oddziaływania tego czynnika.

Poza gatunkami, w bioindykacji próbuje się wykorzystywać jednostki z wyższych poziomów organizacji przyrody: reakcje zespołów roślin i zwierząt (2, 6, 7, 8, 10) całych biocenoz (3, 5), a nawet ekosystemów (1, 6). Należy jednak wziąć pod uwagę, że w tych przypadkach nie możemy oczekiwać specyficzności i proporcjonalności reakcji układu w stosunku do jednego, określonego czynnika. Jest ona bowiem zwykle kompleksową odpowiedzią na oddziaływanie zespołu czynników środowiskowych i biotycznych, modyfikowana zmianami naturalnej wrażliwości tych układów w czasie i przestrzeni.

Czy jest wobec tego w ogóle możliwe, a jeśli tak to w jakim stopniu, wykorzystywanie do oceny stanu środowiska wyżej uorganizowanych, ponadgatunkowych układów ekologicznych? Spróbujmy rozważyć problem na przykładzie zespołów *Diptera*, szeroko rozprzeszczonej, wielofunkcyjnej i dominującej w entomofaunie różnych, w tym również leśnych środowisk, grupie organizmów (3, 4).

***Diptera* jako wskaźniki stanu środowiska**

W bioindykacji zwykle bierze się pod uwagę trzy główne kategorie wskaźników ekologicznych:

- obfitość fauny,
- jej strukturę jakościową,
- elementy funkcjonowania, np. migracje.

Podstawą analiz bioindykacyjnych jest założenie, że wraz ze wzrostem stresu środowiskowego spada liczebność i biomasa oraz różnorodność jakościowa fauny, a przebudowie ulega jej struktura troficzna, polegająca na wzroście udziału form szkodliwych np. roślinożerców i pasożytów. Spada również aktywność układów przyrodniczych, np. metabolizm i płodność osobnicza, tempo wzrostu populacji, intensywność procesów regulacyjnych w biocenozie, tempo rozkładu materii organicznej w ekosystemie itp. Jednak, jak powiedziano problem tkwi w przebiegu tych zmian, a mianowicie w stwierdzeniu do jakiego stopnia zmiany w biocenozie, czy w ekosystemie współgrają (są proporcjonalne) z wielkością stresu antropogenicznego. Badania bioindykacyjne, prowadzone z wykorzystaniem zespołów *Diptera* jako organizmów wskaźnikowych, ujawniają możliwości i zakres stosowania tego typu jednostek przyrodniczych do oceny stanu środowiska oraz przydatność poszczególnych, wyżej wymienionych kategorii wskaźników ekologicznych.

Reakcje ilościowe

Zmiany liczebności są najczęściej wykorzystywane w bioindykacji jako najprostszy wskaźnik reakcji organizmów na środowisko. Badania prowadzone w Rybnickim Okręgu Węglowym w kilku terenach z różną intensywnością przekształconych przez przemysł wykazują jednak, że nie jest to wskaźnik jednoznaczny. Wiele organizmów, w tym również *Diptera*, wykazuje wbrew oczekiwaniom wzrost liczebności przy zwiększaniu się presji przemysłowej (tab. 1). Mamy tu więc do czynienia ze stymulacją wzrostu populacji zwierząt. Istnieje jednak pewien próg wielkości przekształcenia środowiska przez przemysł, powyżej którego następuje spadek liczebności organizmów. Próg ten jest niższy dla form glebowych, a wyższy dla form nadziemnych, zasiedlających runo i podszyt pajaków czy muchówek (tab. 1). Próg ten dla muchówek jest dość wysoki, biorąc pod uwagę wielkość emisji przemysłowej (tab. 2).

Jednak wbrew pozorom, wzrost liczebności i biomasy muchówek nie świadczy o korzystnych warunkach środowiskowych dla tej grupy owadów, ponieważ tempo sezonowych zmian ich liczebności wskazuje wyraźnie na ich stresowy charakter. Było ono czterokrotnie większe w terenie o dużej niż o małej presji przemysłowej (3).

TABELA 1

Intensywność zasiedlenia terenów o różnym nasileniu presji przemysłowej przez różne grupy fauny glebowej i naziemnej — oceniana procentem ich liczebności w stosunku do maksymalnej (Rybnicki Okręg Węglowy)

Grupa systematyczna	Presja przemysłowa			Autor
	duża	średnia	mała	
	Gierałtowice	Szczygłowice	Książenice	
UKŁAD KRAJOBRAZOWY*				
<i>Aranea</i>	100	64	87	Łuczak 1984
<i>Diptera</i> imag.	100	80	46	Dąbrowska-Prot 1984
<i>Chloropidae</i>	100	63	40	Dąbrowska-Prot 1984
<i>Coccinelidae</i>	64	82	100	Gałęcka, mat. niepublikowane
LAS PINO QUERCETUM — GLEBA				
Larwy owadów	76	100	63	Paplińska 1984
Larwy <i>Diptera</i>	75	100	65	Paplińska 1984
<i>Protozoa</i>	74	100	35	Sztrantowicz 1984

* — na około 2 km² krajobraz złożony z ekosystemu leśnego, zadrzewienia śródpolnego, łąki, wieloletniej uprawy koniczyny oraz jednorocznych upraw ziemniaka i jęczmienia.

TABELA 2

Poziom liczebności i biomasy (w % maksymalnej wartości tych wskaźników) w zależności od wielkości presji przemysłowej na ekosystem leśny (bór mieszany), Rybnicki Okręg Węglowy

Wskaźniki	Presja					Uwagi
	b. duża Aniołki	duża Gie- rałtowice	średnia Szczygłow.	mała Książenice	b. mała Kamień	
Stopień degradacji roślinności	IV–V	III–IV	III	I–II	I–II	Celiński, Wika 1981
Opad pyłu t·km ⁻² ·rok ⁻¹	600	250	200	180	185	Stacja San.-Epid. Katowice norma 250 t
SO ₂ μg·m ⁻² ·doba ⁻¹	84	80	72	70	68	norma 64
Pb μg·m ⁻³ ·doba ⁻¹	3,0	1,6	1,4	1,3	1,2	norma 0,2
<i>Diptera</i> liczebność	85,0	100	53,25	46,0	35,0	
biomasa	82,0	100	47,5	43,75	33,75	
<i>Chloropidae</i> liczebność	25,0	100	75,0	66,5	46,0	

Zmiany struktury jakościowej

Struktura jakościowa *Diptera*, podobnie jak ich liczebność i biomasa, nie wykazywała wyraźnej tendencji do upraszczania wraz ze wzrostem presji przemysłowej. Największa różnorodność jakościowa (liczba rodzin) występowała przy dużym i średnim zanieczyszczeniu środowiska. Jednak należy zwrócić uwagę na fakt, że w sekwencji środowisk od bardzo małej do środowisk o bardzo dużej presji przemysłowej spadła wartość wskaźnika różnorodności Shannona, wskazująca na wyostrenie się w miarę wzrostu zanieczyszczenia środowiska struktury dominacyjnej *Diptera*. Podobnie, udział *Diptera* w entomofaunie wzrastał w tym samym kierunku (tab. 3). Oba te wskaźniki mówią o względnym, jakościowym ubożeniu zespołów *Diptera* w miarę wzrostu presji przemysłowej na środowisko.

Jednocześnie ze wzrostem presji przemysłowej spadała zilustrowana na przykładzie muchówek z rodziny *Chloropidae*, specyficzność fauny, a wzrastał udział szeroko rozprzestrzenionych form eurytopowych (tab. 3).

TABELA 3

Struktura jakościowa *Diptera* w ekosystemach leśnych (*Pino-Quercetum*) poddawanych presji przemysłowej

Wskaźniki	Presja przemysłowa				
	b. duża Aniołki	duża Gierałtowice	średnia Szczygłowice	mała Książenice	b. mała Kamień
% <i>Diptera</i> w entomofaunie	57,0	54,0	48,0	36,5	35,356
Liczba rodzin <i>Diptera</i>	30	36	37	33	32
Wskaźnik różnorodności H'/H^*	0,330	0,400	0,425	0,628	0,675
<i>Chloropidae</i> % gatunków eurytopowych	18,0	15,0	10,0	8,0	7,0
sporadycznych	5,0	13,0	22,0	23,0	25,0
wyłącznych	6,0	22,0	28,0	34,0	30,0

Struktura troficzna

Wbrew ogólnie przyjętemu pogładowi, że wraz ze wzrostem presji przemysłowej wzrasta w biocenozie udział roślinożerców, potencjalnych szkodników roślin, w zespołach *Diptera* ekosystemów leśnych na Śląsku nie stwierdzono takiej prawidłowości (tab. 4). Zwiększanie się udziału roślinożernych muchówek obserwowano tylko w środowiskach leśnych w zakresie od bardzo małego do średniego poziomu presji przemysłowej. Przy dużym i bardzo dużym jej poziomie fitofagi ustępowały miejsca fito-saprofagom, czyli muchówkom odżywiającym się zarówno martwymi jak i żywymi tkankami roślinnymi, ale nigdy nie osiagającymi pozycji szkodników roślin.

TABELA 4

Struktura troficzna *Diptera* w ekosystemach leśnych (*Pino-Quercetum*) poddawanych presji przemysłowej

Wskaźniki	Presja przemysłowa				
	b. duża Aniołki	duża Gierałtowice	średnia Szczygłowice	mała Książenice	b. mała Kamień
<i>Diptera</i> % udział					
fitofagów	12,5	25,5	31,5	32,5	36,5
futo-saprofagów	51,75	35,0	23,5	24,5	28,5
saprofagów	18,5	24,0	29,0	23,5	23,75
pasoz. + drapież.	17,25	15,5	16,0	19,5	11,5
<i>Chloropidae</i> % <i>Chloropidae</i> wśród <i>Diptera</i>	2,5	8,5	11,5	12,0	11,0
% udział					
fitofagów	65,5	81,0	82,5	86,0	92,5
saprofagów	35,5	19,0	17,0	13,5	6,5
drapieżców	0	0	0,5	0,5	1,0

TABELA 5

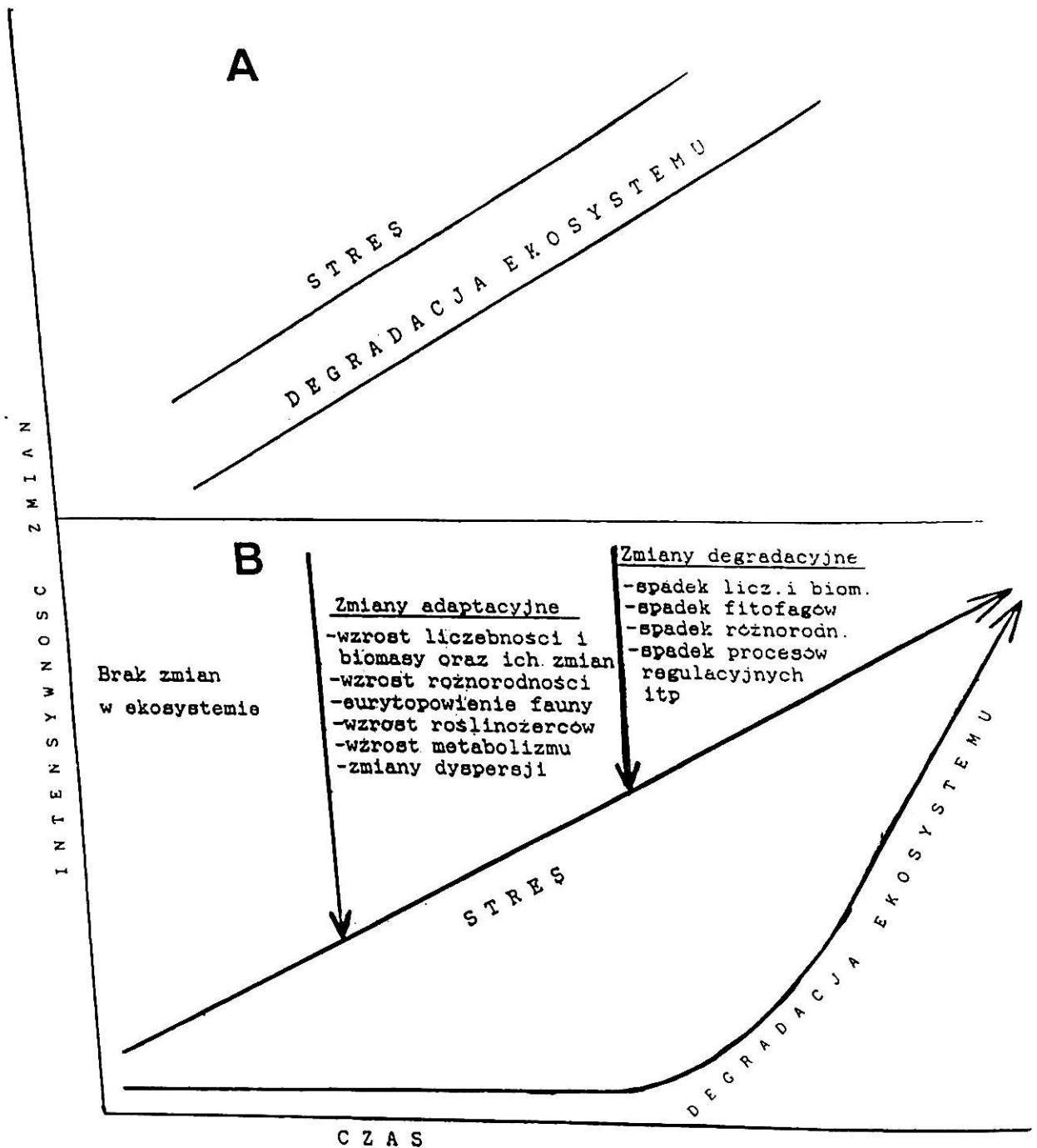
Wieloletnie zmiany w entomofaunie intensywnie przekształcanego przez przemysł ekosystemu boru mieszanego (Aniołki, ROW)

Wskaźnik	Kolejne lata badań						Tendencja
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	
LICZEBNOŚĆ % entomofauna <i>Diptera</i>	100 100	48,0 51,75	31,0 44,5	51,0 62,5	59,5 77,0	35,5 52,75	spadek spadek
STRUKTURA % <i>Diptera</i> w entom. liczba rodzin <i>Diptera</i>	46,5 38	50,5 35	66,0 35	57,0 31	60,5 31	69,0 29	wzrost spadek
TROFIA % rodz. dominujące <i>TENDIPEDIDAE</i> (saprofagi)	100	83,5	109,5	167,0	384,5	366,5	wzrost
<i>EMPIDIDAE</i> + <i>DOLICHOPODIDAE</i> (drapieżce)	100	51,25	44,0	47,0	63,0	17,5	spadek
<i>CHLOROPIDAE</i> (fitofagi)	100	60,0	69,0	37,75	51,0	35,5	spadek
FUNKCJA DIPTERA OFIARY*/DRAPIEŻ.	4,5	5,0	5,4	7,0	8,5	16,5	wzrost

* — maksimum redukcji przy 1-4 os. ofiar/1 drapież.

Wieloletnie zmiany degradacyjne zespołów *Diptera*

Nieprzerwanie prowadzone przez kilka lat badania nad zmianami w entomofaunie zasiedlającej najbardziej przekształcony przez przemysł ekosystem leśny (Aniołki) wykazały postępującą degradację środowiska i biocenozy (tab. 5). W ciągu sześciu lat następowało powolne zatapianie powierzchni leśnej w wyniku zapadania się gruntu, wypadanie drzew i intensywne przekształcanie runa leśnego (masowe występowanie *Calamagrostis villosae*). Wzrastało również zapylenie atmosfery w związku z obecnością na tym terenie kopalni, koksowni oraz fabryki kruszyw. Analizy wykazały, że większość parametrów



RYC. Model przebiegu zmian w faunie pod wpływem stresu środowiskowego

charakteryzujących w kolejnych latach poziom ilościowy, strukturę jakościową oraz funkcjonowanie zespołów muchówek wykazuje wyraźną tendencję spadkową (tab. 5). Dotyczy to zarówno spadku poziomu liczebności, różnorodności fauny, udziału fitofagów i drapieżców w zespole *Diptera*, jak też ograniczenia możliwości regulacji liczebności zwierząt w układzie drapieżca – ofiara. Przy przekroczeniu pewnego poziomu presji przemysłowej mamy więc postępującą degradację całego układu przyrodniczego.

Konkluzje

Na podstawie omówionych zjawisk musimy przyjąć, że w przyrodzie nie następuje realizacja prostego modelu zakładającego proporcjonalność siły stresu i reakcji wyższych, ponadgatunkowych układów ekologicznych (rycina) a takie założenie jest podstawą klasycznych systemów monitoringowych. Zmiany w ekosystemie mają wyraźny charakter etapowy (rycina). W pierwszym okresie działania stresu antropogenego ekosystem nie wykazuje zmian, ponieważ jest w stanie zneutralizować środowiskowe i biotyczne skutki działania stresu.

W miarę wzrostu antropopresji pojawiają się w ekosystemie reakcje o charakterze adaptacyjnym. Nie ulega zmianie liczebność zwierząt, natomiast zmienia się np. ich dyspersja w terenie i fenologia gatunków, co Southwood (9) określa jako strategię życiową organizmów, polegającą na ucieczce w przestrzeni i w czasie. Wzrasta w zespołach zwierząt udział form eurytopowych, któremu nie towarzyszy spadek ogólnej różnorodności fauny. Wręcz przeciwnie może następować znaczny jej wzrost, wynikający z naruszenia stabilności układów przyrodniczych i możliwości wnikania do środowiska form lepiej przystosowanych do zachodzących zmian. Zwiększeniu może również ulec aktywność życiowa organizmów (metabolizm, płodność itp.).

Dopiero po przekroczeniu pewnego progu przekształcenia środowiska zarysowują się typowe objawy degradacyjne. Spada obfitość i różnorodność fauny oraz jej aktywność biologiczna, wycofują się fitofagi. Mamy w tym etapie przekształceń do czynienia z postępującym ubożeniem strukturalnym i funkcjonalnym fauny. Jest to etap zaawansowanych zmian, którym nie możemy już przeciwdziałać.

Jeśli więc potraktujemy monitoring ekologiczny jako system wczesnego ostrzegania, to powinien on opierać się raczej na zjawiskach typu adaptacyjnego niż degeneracyjnego. Stwarza to bardziej realne możliwości przeciwdziałania zniszczeniu przyrody.

Z Instytutu Ekologii PAN
w Dziekanowie Leśnym

Literatura

1. **Bormann F.H.:** The effect of air pollution on the New England landscape. *Ambio* 1982 Vol.11.
2. **Celiński F., Wika S.:** Preliminary studies on degradation of forest habitats near Knurów (Silesia). *Pol. Ecol. Stud.* 1980 Vol. 6.

3. **Dąbrowska-Prot E.:** The effect of industry on biocoenoses. Pol. Ecol. Stud. 1984 Vol.10.
4. **Dąbrowska-Prot E.:** Monitoring ekologiczny ekosystemów lądowych – możliwości i zakres. Wiadom. Ekol. 1985 T. 31. z. 1..
5. **Grodziński W., Yorks T.P.:** Species and ecosystem – level bioindicators of airborne pollution: an analysis of two major studies. Water, Air, Soil Pollut. 1981 Vol. 16.
6. **Leśniak A.:** Możliwości bioindykacji antropogenicznych zniekształceń środowisk leśnych na podstawie zmian w zgrupowaniach bezkręgowców (w: I Sympozjum Ochrony Ekosystemów Leśnych, Rogów 19–20 XI 1979) 1979. SGGW Warszawa.
7. **Łuczak J.:** Spiders of industrial areas Pol. Ecol. Stud. 1984 Vol. 10.
8. **Paplińska E.:** Density, biomass and qualitative structure of soil *Diptera* larvae communities in industrial areas. Pol. Ecol. Stud. 1984 Vol.10.
9. **Southwood T.R.E.:** Escape in space and time – concluding remarks (In: Evolution of insect migration and diapause, Ed. H. Dingle). Springer Verl. New York, Berlin 1978.
10. **Sztrantowicz H.:** Soil Protozoa as indicators of environment degradation by industry. Pol. Ecol. Stud. 1984 Vol. 10.

Summary

Bioindicative importance of *Diptera* in the assessment of the condition of forest ecosystems

Diptera as the group of insects with very differentiated ecological and biological features and a broad environmental spectre, are a good object of bioindication studies. The analysis of *Diptera* communities in areas depleted by industry (Silesia) showed characteristic features of transformations of the natural system of such a type under the impact of growing anthropopression.

It was stated in the result of those analyses, that changes occurring in supra-species systems of the nature are of non-continuous and stagiary character under the influence of the environmental stress. Distinct responses of natural systems are not such systems are not observed in the initial stage of anthropopression action, because such systems are able to neutralize all negative impacts. A further increase of anthropopression causes an appearing of changes of adaptive character, without quantitative and qualitative degradation of the system: dispersion changes, an increase of the deal of eurytopic and phytophagous species in faunal associations, phenology changes, etc. The depletion stage, revealing in a drop of abundance and diversity of fauna and flora, their life activity, etc. occurs after crossing a certain level of anthropopression, and it leads commonly to a complete decline of the system. It would be logical, that indicators selected to ecological monitoring, treated as a warning system, were characteristic for the stage of adaptive changes in natural systems.