

## **Symposium „Sieci pokarmowe 2003” (Giessen, Niemcy, 13–16 XI 2003 r.)**

Trzecie, z odbywających się co 10 lat, sympozjów na temat sieci troficznych zostało zorganizowane przez Zakład Ekologii Zwierząt Uniwersytetu Justusa-Liebiga w Giessen (Niemcy) oraz Zakład Nauk o Środowisku Uniwersytetu w Utrechcie (Holandia). Spotkanie zostało sfinansowane przez Europejską Fundację Nauki (ESF). Jego uczestnicy byli zakwaterowani w zamku Rauischolzhausen, należącym do Uniwersytetu Justusa-Liebiga, tam też odbywały się obrady.

W symposium wzięło udział ponad 70 osób z 29 krajów. Ogółem wygłoszono 36 referatów oraz zaprezentowano 7 plakatów.

Celem symposium było przedstawienie i podsumowanie wiedzy na temat znaczenia sieci pokarmowych dla funkcjonowania populacji, zespołów organizmów i ekosystemów. Sieci pokarmowe są to układy zależności troficznych jakie powstają między konsumentami, a także między nimi a zasobami środowiska. Interakcje wewnątrz omawianych sieci wpływają na dynamikę i trwałość populacji poprzez tempo transferu energii i pierwiastków biogennych oraz wielkość wskaźnika śmiertelności regulowanego poprzez drapieżnictwo. Analizowanie powiązań między strukturą układów troficznych a procesami ekosystemalnymi: przepływem energii i składników pokarmowych służy m.in. do oceny stabilności ekosystemów i ich reakcji na zmiany środowiskowe i stresy antropogenne.

Program symposium obejmował następujące zagadnienia: 1. Sieci pokarmowe, bioróżnorodność a funkcjonowanie ekosystemu; 2. Struktura sieci pokarmowych a stabilność i funkcjonowanie ekosystemów lądowych; 3. Implikacje wpływu zmienności środowiskowej na strukturę sieci pokarmowej; 4. Sieci pokarmowe, ich stabilność i funkcjonowanie w środowiskach wodnych – śródlądowych i morskich; 5. Struktura sieci pokarmowych a ich złożoność i stabilność; 6. Struktura sieci pokarmowych a dynamika populacji i interakcje międzygatunkowe.

Dominowały referaty dotyczące zależności troficznych w środowiskach wodnych. Stanowiły one ponad 53% wszystkich wystąpień, a te dotyczące ekosystemów lądowych – jedynie 27%. Świadczy to zapewne, że łatwiej prowadzi się badania układów troficznych w środowiskach wodnych.

Pierwszego dnia obrad, na sesji dotyczącej znaczenia różnorodności gatunkowej w sieciach troficznych dla ich funkcjonowania oraz dla funkcjonowania ekosyste-



mów, zwracały uwagę referaty dotyczące wpływu liczby gatunków oraz różnorodności funkcjonalnej roślin na procesy ekosystemalne (O. Petchey – Anglia, M. Loreau – Francja). O. Petchey wykazał, że respiracja gleby jako wskaźnik procesów mineralizacji zwiększała się wraz ze wzrostem liczby gatunków i różnorodności funkcjonalnej roślin. Stwierdzono też, że różnorodność funkcjonalna sieci pokarmowych może być istotniejsza niż liczba gatunków. Z kolei M. Loreau zwrócił uwagę, że w badaniach eksperymentalnych analizuje się znaczenie różnorodności roślinności z reguły na jednym poziomie troficznym, nie uwzględniając interakcji pokarmowych między różnymi grupami organizmów. Podczas gdy w eksperymentach, gdzie zastosowano same rośliny, stwierdza się wzrost produktywności i biomasy roślin wraz ze wzrostem liczby gatunków w układach lądowych, to w warunkach eksperymentalnie zróżnicowanej zasobności środowiska i obecności roślinożerców, tworzących sprzężenia typu drapieżca–ofiara (góra–dół) lub typu zasoby pokarmu–konsument (dół–góra), biomasa, produkcja roślin oraz aktywność mikrobiologiczna gleb zmieniają się znacznie.

E. Beisner (Kanada) przedstawiła wyniki badań eksperymentalnych nad wpływem inwazji drapieżnych bezkręgowców na różnorodność i produktywność populacji zooplanktonu w górskich zbiornikach wodnych. Stwierdziła, że w miarę zwiększania różnorodności gatunkowej zespołu planktonu rosła jego odporność na inwazję.

A. Downing (USA) omówiła eksperyment, w którym analizowano interakcje między makrofitami a bezkręgowymi roślinożercami i drapieżcami w stawach. Stwierdzono, że skład gatunkowy sieci troficznej zmieniał interakcje między gatunkami. Gatunki z wyższych poziomów troficznych w warunkach mniejszej produktywności systemu miały większe znaczenie w regulacji procesów ekosystemalnych. W różnych wariantach eksperymentu wprowadzono 62% tych samych gatunków. Okazało się, że różny był wpływ tego samego gatunku w poszczególnych wariantach. Wyprowadzono wniosek, że zależności między organizmami są uwarunkowane przez czynniki biotyczne i abiotyczne. Wypadanie gatunków pochodzących z wyższych pięter troficznych ma większe konsekwencje dla funkcjonowania ekosystemu niż ubytek gatunków z niższych poziomów i różne są reakcje na ich znikanie.

W kolejnej sesji poświęconej relacji między strukturą sieci pokarmowych a stabilnością i funkcjonowaniem ekosystemów lądowych koncentrowano się na analizie eksperymentów oceniających zależności między organizmami glebowymi i procesami krążenia materii organicznej. H. Setälä (Finlandia) w przeglądowym referacie wyraził opinię, że w glebie panuje wielożerność, a nawet wszystkożerność organizmów, przy jednoczesnym bardzo dużym zróżnicowaniu gatunkowym. Zachodzi więc sytuacja nadmiaru różnorodności. Struktura, w której dominuje wszystkożerność sprzyja stabilności układu, jego niewrażliwości na zakłócenia w sieci pokarmowej. Podkreślił wpływ tzw. konsumentów wtórnych, to jest fauny żerującej na mikroorganizmach na produkcję roślin. Autor dowodził też, że eksperymenty laboratoryjne w mikrokosmosach wskazują na mały wpływ drapieżnej fauny glebowej na dyna-



mikę procesów krążenia materii organicznej. Trzeba tu podkreślić, że nie wzięto pod uwagę faktu, że mikrokosmosy zmieniają rzeczywistość i zwłaszcza w odniesieniu do większych zwierząt nie oddają zależności występujących w przyrodzie, śledzimy bowiem układ przez nas stworzony, a nie rzeczywisty. Z kolei M. Pavao-Zuckerman (USA) omówił, na podstawie dużej liczby danych, pośredni efekt oddziaływań – głównie troficznych – między organizmami (drapieżnictwo, konsumpcja, konkurencja) i niotroficznych na środowisko, w którym bytują (działanie „inżynierskie” w glebie). Wszystkie te powiązania istotnie regulują przebieg procesów mineralizacji i unieruchamiania pierwiastków. Referent zaproponował zastąpienie analizowanego obecnie modelu krążenia materii organicznej (OMM – *organic matter model*) modelem typu: organizmy i krążenie materii organicznej (OOMM – *organisms and organic matter model*).

Ciekawy był referat J. Sabo (USA), w którym przedstawiono wpływ usuwania lub dostarczania różnej jakości ściółki w lesie galeriowym na relacje między drapieżnymi (pająki, jaszczurki) i niedrapieżnymi organizmami. Większe były zagęszczenia pajaków na poletkach ze ściółką w porównaniu z poletkami, z których usunięto ściółkę. Ściółka była dla nich miejscem schronienia. Na poletkach bezściółkowych większe były liczebności jaszczurek, w porównaniu z poletkami z zachowaną ściółką. Prawdopodobnie lepsza widoczność ofiar na poletkach bez ściółki była przyczyną tego zjawiska. Ponadto zaobserwowano, że detrytusożerce chętniej zasiedlały ściółkę złożoną ze świeżo ściętych liści, niż ze starych liści, niezależnie od ilości wyłożonego materiału. Eksperymenty są dalej prowadzone i ocenia się w nich m.in. znaczenie stechiometrii ściółki (stosunek C:N:P) na stwierdzone zależności między badanymi organizmami.

M. Berg (Holandia) przedstawił dane mówiące o tym, że w obrębie profilu glebowego występuje zróżnicowanie gatunkowe organizmów. W konsekwencji jest różna struktura sieci troficznych, w różnych warstwach gleby, a w związku z tym trzeba tworzyć adekwatne dla każdej z nich modele powiązań między organizmami.

D. Schröter (Niemcy) omówiła kluczowe znaczenie oddziaływań pośrednich w obrębie sieci troficznych dla mineralizacji N i C w europejskich lasach iglastych w różnych strefach klimatycznych i przy zróżnicowanej wielkości dopływu N. Analizowano cztery stanowiska w obszarze od Szwecji do Francji. Okazało się, że mimo podobnego wszędzie zakresu wielkości biomasy organizmów w sieciach pokarmowych, poszczególne stanowiska różniły się między sobą strukturą troficzną organizmów i wielkościami przepływu C i N. Najniższą mineralizację stwierdzono w lesie borealnym o niskim dopływie azotu do gleby, gdzie w sieci troficznej dominowały procesy rozkładu regulowane przez grzyby. Wraz z przesuwaniem się stanowisk na południe następowało zwiększenie deponowania azotu i tempa mineralizacji materii organicznej. W tym przypadku decydującą rolę w transferze C i N odgrywały bakterie. Zatem wielkość dopływu materii roślinnej decyduje o kierunku procesów rozkładu. Jest to zagadnienie słabo poznane w kontekście interakcji między strefą roślinności a glebą i klimatem. Innym wnioskiem z tego wystąpienia było stwierdzenie, że



w warunkach zwiększonego dopływu N do środowiska, z jakim obecnie mamy do czynienia, należy spodziewać się zmniejszenia zawartości materii organicznej w glebach leśnych wskutek obniżenia ich możliwości w akumulacji materii organicznej.

Podczas sesji dotyczącej wpływu zmienności środowiskowej na strukturę sieci pokarmowej przedstawiono głównie wyniki badań środowisk wodnych.

E. Berlow (USA) omówił zasięg zmian w strukturze sieci troficznej bezrybnych jezior w górach Sierra Nevada po zarybieniu ich pstrągami, gatunkami obcymi dla tych środowisk. Widocznym skutkiem tej introdukcji było szybkie zanikanie populacji miejscowego gatunku żaby (*Rana muscosa*) i znaczące zmiany w składzie bezkręgowców zasiedlających te zbiorniki wodne. Oceniono skutki tych zmian na podstawie bardzo dużego materiału, porównując między sobą sieci troficzne 65 jezior bezrybnych i 90 jezior zarybionych. Stwierdzono, że zarybione jeziora miały o 33% gatunków mniej niż kontrolne, nastąpiło też zmniejszenie o 40% liczby gatunków mających wspólnych zarówno drapieżców, jak i ofiary. Podczas gdy w jeziorach bezrybnych bentosowe i pelagialne zgrupowania organizmów były wyraźnie odgraniczone od siebie, to w przypadku jezior z introdukowanymi rybami granice te ulegały zacieraniu. Na podstawie modelowania sieci troficznych stwierdzono, że mimo drastycznego ich uproszczenia w jeziorach zarybionych, oba zgrupowania organizmów nie różniły się istotnie między sobą funkcjonalnością.

Ciekawą innowacją metodyczną, tzw. mezokosmosy wodne w badaniach nad wpływem zanieczyszczeń środowiskowych i dopływem pierwiastków biogennych (ścieki miejskie, fabryczne, z hut metali kolorowych itp.) na skład organizmów i skomplikowanie sieci troficznych rzek, przedstawił J. Culp (Kanada). Do zbiorników z wodą wprowadzano warstwę denną pobraną z rzek i w ciągu 30 dni analizowano skład pojawiających się bezkręgowców (m.in. owadów). Na tej podstawie oceniono zróżnicowanie zespołów zwierząt, wielkość produkcji glonów oraz reakcje typu: zasoby pokarmu–glony–roślinożerce–drapieżce (dół–góra) oraz drapieżce–roślinożerce–glony (góra–dół) na zmianę zawartości składników pokarmowych i zanieczyszczeń. W warunkach niskiej koncentracji metali dominował efekt wpływu pokarmu (dół–góra) dla układów troficznych 2- i 3-poziomowych. W przypadku dużych stężeń metali regulacja produkcji glonów poprzez oddziaływania drapieżniki–roślinożerce (typu góra–dół) była znacznie zredukowana.

W ramach sesji dotyczącej sieci pokarmowych, ich stabilności i funkcjonowania w środowiskach wodnych – śródlądowych i morskich zwrócił uwagę referat C. Laymana (USA). Autor wskazał na konieczność stosowania jednocześnie kilku metod badawczych przy analizie sieci troficznych. Omówił wyniki badań nad zespołami ryb i zależnościami pokarmowymi w ich obrębie. Zastosował metodę analiz zawartości naturalnych izotopów  $^{15}\text{N}$  i  $^{13}\text{C}$  w ciałach ryb w rzece Cinaruco w Wenezueli. Oceniono zawartość izotopów w 90 gatunkach ryb spośród około 280 występujących w tym rejonie. Dodatkowo analizowano skład diety poszczególnych gatunków oraz przeprowadzano eksperymenty terenowe polegające na zakładaniu barier z sieci



o zróżnicowanej wielkości oczek. Manipulowano w ten sposób liczbą gatunków ryb, a zatem zmieniano skład sieci troficznej i oceniano jej funkcjonalne aspekty. Dzięki tym kompleksowym badaniom udało się opisać długość łańcucha pokarmowego, ilość pokarmu (źródła energii) i przepływu energii dla analizowanego zespołu ryb. Wykazano dużą zmienność w czasie i w przestrzeni zarówno w wielkości zasobów energii, jak i w sposobie ich wykorzystania przez poszczególne grupy funkcjonalne.

Poruszano także problem znaczenia wielkości poszczególnych osobników w populacji jednego gatunku dla funkcjonowania sieci troficznej na przykładzie okoni (*Perca fluviatilis*) (L. Persson – Szwecja). Modelowano konsekwencje gigantyzmu, wynikającego z różnej szybkości wzrostu osobników i występującego w związku z tym kanibalizmu, w funkcjonowaniu całego układu troficznego. Wskazano na istotne zmiany jakościowe w sieciach troficznych w wyniku zmian w liczebności i wielkości kohort okoni. Kolejnym wnioskiem było zwrócenie uwagi na konieczność tego typu badań nad rozwojem osobników w populacjach różnych gatunków przy ocenie ich znaczenia w sieciach troficznych.

W sesji dotyczącej struktur sieci pokarmowych, ich złożoności i stabilności zwracał uwagę referat M. Neutel (Holandia). Autorka omawiała przydatność oceny geometrycznej średniej wartości sił interakcji między ściśle powiązаныmi organizmami (tzw. *loop weight*) w analizach stabilności ekosystemów. Na przykładzie sukcesji pierwotnej zespołów organizmów glebowych (m.in. nicienie, bakterie, grzyby mikoryzowe) pokazano, że w naturalnie ukształtowanych zespołach geometryczna średnia sił interakcji między organizmami jest niska. W warunkach uproszczenia składu gatunkowego lub stresu środowiskowego jest ona większa. W pozostałych referatach z tej sesji przedstawiano propozycje modeli dla opisu słabych powiązań w obrębie sieci pokarmowych (pośrednie zależności międzygatunkowe i funkcjonalne) (C. Banasek-Richter – Niemcy, M. Kondoh – Japonia). Ogólnie dominowała opinia, że ze wzrostem liczby gatunków w danej sieci pokarmowej, wzrasta liczba słabych powiązań między nimi. Przy małej liczbie mocnych powiązań (typu 1 gatunek drapieżnika i 1 gatunek ofiary) i wzrastającej liczbie słabych powiązań (np. 1 gatunek drapieżnika i kilka gatunków ofiar), zwiększa się stabilność ekosystemów.

Ostatni referat z tej sesji wygłoszony przez J. Dunne (USA) był szczególnie interesujący. Przedstawiono w nim próbę oceny ewolucyjnego wykształcania się sieci troficznych na podstawie badań paleontologicznych trzech środowisk lądowych i wodnych z Europy oraz Ameryki Północnej i Środkowej. Stwierdzono, że kopalne sieci troficzne, mimo pewnych różnic w liczbie opisanych gatunków oraz stopnia powiązań między nimi, są zaskakująco podobne do obecnie występujących.

Na ostatniej sesji, tak jak w większości przypadków na poprzedniej, wygłaszano referaty dotyczące oceny adekwatności różnych modeli statystycznych przy analizie struktur sieci pokarmowych w powiązaniu z dynamiką populacji i interakcjami międzygatunkowymi. M. Koen-Alonso (Kanada) omówił, na podstawie konkretnych danych, pięć różnych modeli, tradycyjnych i unowocześnionych, opisujących interak-



cje między lwami morskimi, dwoma gatunkami ryb i zooplanktonem u wybrzeży Patagonii. Wskazał na potrzebę korzystania z różnych opisów sieci troficznych w celu uniknięcia istotnych błędów w interpretacji zebranych danych. Omawiano też ewolucyjne aspekty powstawania pośrednich i słabych powiązań troficznych (A. McKane – Anglia, B. Drossel – Niemcy).

Przebieg zmian w układach troficznych w czasie i przestrzeni był omówiony na podstawie modeli opracowanych przez A. Hastingsa (Anglia) i K. McCanna (Kanada). Obaj referenci zwrócili uwagę na fakt, że ekologowie przy analizie zależności troficznych często pomijają rolę czasu i przestrzeni.

Ze strony polskiej był przedstawiony plakat dotyczący wstępnych wyników badań nad wpływem różnorodności gatunkowej ściółek w środowisku łąkowym na procesy rozkładu i zespół zasiedlających je organizmów (M. Szanser). Wyniki tych badań dobrze przystawały do zagadnień prezentowanych na sympozjum.

Program sympozjum było bardzo napięty, nawet uroczystą kolację przerwano wykładem, po którym wróciliśmy do pięknej sali jadalnej, aby gawędzić w grupach nieformalnych.

**Maciej Szanser**