

RECENZJE

ROSSWALL, T., HEAL, O. W. (Eds.) 1975 – Structure and function of tundra ecosystems – Ecol. Bull. 20, Swedish Natural Science Research Council, Stockholm, 450 pp.

Jest to jeden z dwu tomów podsumowujących badania nad tundrą, zorganizowane przez Międzynarodowy Program Biologiczny. Zawiera on zbiór niezależnych prac różnych autorów, w których opisano ekosystemy tundrowe położone w różnych częściach świata. Przedstawiono stosunki zachodzące w obrębie każdego z systemów. Dopiero drugi, analogiczny tom przynosi porównanie różnych terenów między sobą i ogólne tendencje występujące w biomie tundrowym.

Badania prowadzone były w 24 miejscach — od Kanady i Alaski poprzez Islandię, Irlandię, Szkocję, Półwysep Skandynawski, Finlandię, po Kołymę w ZSRR.

Antarktyda reprezentowana jest przez 2 subpolarne punkty — wyspę Południowa Georgia położoną na wschód od południowego krańca Ameryki i wyspę Macguarie położoną na południowy wschód od Tasmanii oraz jeden punkt antarktyczny — Wyspę Signy.

We wstępie jest mowa o tym, że pojęcie tundry traktowane jest tu w sposób „liberalny”, to znaczy, że badania, które prowadzono pod hasłem biomu tundry, mogą dotyczyć różnorodnych siedlisk; są to zarówno obszary polarne i subpolarne, jak alpejskie i subalpejskie, po torfowiska strefy umiarkowanej.

Omawiane obszary tundry są w większości jeszcze w bardzo małym stopniu zmienione przez człowieka. Dlatego też szczególnie cenne wydaje się przedstawienie ich budowy i funkcjonowania. Ale na te obszary zaczyna ostatnio wkraczać przemysł i rozwijać się turystyka. Autorzy mają nadzieję, że prowadzone badania mogą stanowić podstawę dla opracowania takich sposobów gospodarki, żeby zminimalizować niekorzystne wpływy eksploatacji tych terenów.

Imponujące jest skoordynowanie tak wielu badań, prowadzonych na tak rozległych obszarach. Wprawdzie poszczególne opracowania bardzo różnią się stopniem kompletności zebranych danych, wszystkie jednak mają ten sam ogólny schemat. Każda z prac zawiera charakterystykę położenia geograficznego stanowisk badawczych, charakterystykę klimatu, gleby, dane o składzie roślinności i o wielkości produkcji roślinnej. W wielu opracowaniach omawiane są procesy produkcji, a więc intensywności fotosyntezy i respiracji roślin. Zwykle jest też dział dotyczący roślinożerców, choć pod tym względem poszczególne opracowania bardzo się różnią. Może to być wyliczenie dominujących gatunków lub szczegółowa analiza stopnia oddziaływania na produkcję roślinną wraz z opisem struktury całego poziomu troficznego. W większości opracowań zawarto też dane o procesach rozkładu. Podaje się zwykle tempo rozkładu ściółki, czasem dane o oddychaniu mikroorganizmów, a także o skła-

dzie i liczebności oraz biomasy mikroflory. Niektóre opracowania zawierają również informacje o krążeniu głównych składników pokarmowych (N, P), czasem zamieszcza się jedynie dane o składzie chemicznym roślinności. Większość opracowań zawiera omówienie wpływu człowieka na danych obszarach, często w ujęciu historycznym.

W poszczególnych opracowaniach brak na ogół podsumowania danych, zebrania głównych wyników oraz przedstawienia wniosków, co niezmiernie utrudnia przeprowadzenie porównań wyników czy wyłowienie głównych prawidłowości.

Każdy z 24 wybranych punktów badawczych obejmował po kilka ekosystemów. Były to w większości różne zbiorowiska trawiaste, najczęściej typu torfowisk niskich, torfowiska wysokie lub typowe obszary tundrowe pokryte mchem i porostami, nieliczne lasy brzozowe lub sosnowe, wrzosowiska lub plaże nadmorskie. Zwykle tylko część ekosystemów danego obszaru podlegała badaniom intensywnym.

Charakterystyczna dla wielu zbiorowisk tundrowych jest stosunkowo duża produkcja mszaków w porównaniu z produkcją roślin naczyniowych. Na przykład na wilgotnej łące w Norwegii produkcją roślin jednoliściennych wynosiła 180 g/m²/rok, a produkcja mszaków 173 g/m²/rok. Biomasa mszaków przekraczała biomasa roślin naczyniowych. W większości opracowań produkcja roślinna podana jest bardzo dokładnie — z podziałem na części podziemne i nadziemne; niejednokrotnie podano oddzielnie produkcję poszczególnych gatunków. Podano też biomasa martwych roślin oraz ściółki i części podziemnych. W zbiorze tym zawarto ogromną ilość materiału o produkcji roślinnej wielu zbiorowisk.

Poza okresami gradacji ogromna większość produkcji roślinnej obumiera i ulega rozkładowi. Charakterystyczną cechą ekosystemów tundrowych jest stała przewaga produkcji nad rozkładem, a więc zachodząca akumulacja materii organicznej. Martwa materia organiczna w glebie przewyższa 50—400 razy wielkość produkcji pierwotnej netto. Bardzo powolny jest zwłaszcza rozkład mszaków — wynoszący w ciągu pierwszego roku zaledwie 4—7%. Ubytek ciężaru liści roślin wyższych wynosi od kilkunastu do około 30% w ciągu roku.

Istotną rolę w przyspieszaniu tempa rozkładu odgrywają kręgowce roślinożerne, głównie lemingi i renifery, dzięki znacznie szybszemu rozkładowi ich odchodów, szybkiemu wypłukiwaniu z nich wielu pierwiastków. Nawóz pozostawiony przez renifery rozkłada się aż do 89% przez rok. Lemingi natomiast, mogą w ciągu zimy całkowicie zniszczyć martwą roślinność stojącą, przyspieszając tworzenie się ściółki i wobec tego szybkość rozkładu.

Lemingi są często głównymi roślinożercami w tundrze. Zjadają one od 1% nadziemnej produkcji roślinnej w latach małej liczebności do 40% w okresie narastania liczebności. Najsilniejsze oddziaływanie lemingów przypada na okres zimy, kiedy żywią się one pędami podziemnymi i węzłami krzewienia roślin. 70% zjedanego pokarmu powraca do ekosystemu w postaci odchodów.

Głównymi saprofagami tundry są *Enchytraeidae*, *Nematoda*, *Acarina*, *Collembola* i *Diptera*. Biomasa tych zwierząt jest tym większa, im większa produkcja roślinna w danym ekosystemie, a zmniejsza się wraz z rosnącą akumulacją materii. Zwierzęta te żywią się bądź martwą materią roślinną, bądź też mikroorganizmami. W wielu opracowaniach podano wiele danych o mikroorganizmach, o liczebności, biomasy, respiracji, a niekiedy nawet produkcji — bakterii i grzybów. Liczebność mikroorganizmów podobnie jak saprofagów jest też zależna od wielkości produkcji roślinnej, a w głębszych warstwach od zawartości korzeni.

Limitującym składnikiem odżywczym w tundrze jest głównie fosfor. Jakkolwiek gleba zawiera dużo składników mineralnych i substancji organicznej

nie są one dostępne dla roślin. Dużą rolę w tych ekosystemach odgrywa translokacja pierwiastków wewnątrz rośliny, np. wycofywanie fosforu ze starych liści i przemieszczanie go do nowych.

Obliczono też, że istotna ilość N, Na, K, Ca, Mg i S dopływa do ekosystemu wraz z opadami. Są one bezpośrednio wykorzystywane przez mszaki.

W większości opracowań wyróżniony też został poziom drapieżców. Głównie są to kręgowce żywiące się drobnymi gryzoniami lub bezkręgowce żerujące na saprofagach.

Uwieńczeniem książki jest model symulacyjny przepływu węgla w ekosystemach tundrowych. Podane zostały bardzo dokładnie założenia i zasady konstrukcji modelu. Rozróżniono aż 14 rodzajów biomasy, takich jak np. żywa i martwa roślinność nadziemna, pędy podziemne, korzenie, tzw. zielona ściółka — to jest roślinność zniszczona przez zwierzęta roślinożerne, ściółka właściwa, materia organiczna gleby — to jest szczątki roślinne dające się rozróżnić, próchnica glebowa, fekalia roślinożerców itd.

Symulowane procesy to fotosynteza i oddychanie roślin, intensywność oddychania roślinożerców i mikroorganizmów, proces wypłukiwania i starzenia się substratu. W tabeli podano długi wykaz wartości poszczególnych parametrów modelu i początkową zawartość każdego z bloków biomasy. Zwłaszcza część dotycząca produkcji roślinnej robi wrażenie bardzo precyzyjnej. Uwzględniono wpływ na produkcję takich czynników jak temperatura, wilgotność, zacinienie, intensywność promieniowania słonecznego, a także zachodzące w roślinie procesy translokacji produktów asymilacji.

Uwzględniono też spasanie roślin przez zwierzęta roślinożerne (głównie przez lemingi) i następującą potem regenerację roślinności.

Roślinożerce to jedyne zwierzęta, jakie model uwzględnia. Pominięta została całkowicie fauna glebowa.

Ciekawą cechą zaprezentowanego podejścia jest symulowanie przede wszystkim pewnych procesów powodowanych przez organizmy (np. respiracji) z potraktowaniem wielkości populacji tych organizmów jako sprawy drugorzędnej. Założono np., że intensywność oddychania mikroorganizmów zależy od temperatury, wilgotności, ilości O_2 i jakości substratu — wielkość populacji dopasowuje się do tych warunków. Ponieważ wyniki symulacji okazały się zgodne z rzeczywistością, autorzy wnioskują, że ten rodzaj podejścia jest słuszny. Porównano dane empiryczne i symulacyjne dotyczące oddychania gleby i zmian wskaźnika powierzchni liści. Największą zaletą modelu jest więc jego zgodność z rzeczywistymi danymi, nie widać jednak możliwości poszerzenia znajomości funkcjonowania ekosystemu dzięki modelowaniu. Przedstawiona przy końcu dynamika biomasy roślinnej, otrzymana w wyniku symulacji, nie wydaje się istotnym poszerzeniem wiedzy o ekosystemie.

A. Kajak