

Produkcja wtórna

jest to produkcja powstająca na wyższych poziomach troficznych niż poziom producentów pierwotnych, a więc materia org. nie powstaje *de novo*. Jest to przetwarzanie już zastanej w środowisku materii na własną biomasę zwierząt. Możemy ją wyrazić jako **różnicę pomiędzy asymilacją materii org.** (to co organizm przyswoił z pobranego pokarmu), **a stratami metabolicznymi**. Asymilację, straty metaboliczne, łatwo można mierzyć w warunkach laboratoryjnych, ale trudno jest to zmierzyć w warunkach terenowych. Trudno jest analizować produkcję analizując zmiany biomasy, bo w naturalnych warunkach część produkcji wtórnej pomiędzy kolejnymi pomiarami może być eliminowana np. przez drapieżniki. W rezultacie produkcja ekosystemu może być bardzo wysoka a nie obserwujemy zmian biomasy, bo produkcja jest równa eliminacji. Zatem produkcję wtórną raczej się ocenia i szacuje niż mierzy.

Jedną z metod szacowania produkcji wtórnej dla organizmów, których kohorty jednowiekowe możemy śledzić w czasie, jest to tzw. **metoda graficzna oparta na krzywej Allena**. Krzywa ta pokazuje zależność między masą organizmów a ich liczebnością. Na osi x mamy masę ciała na osi y – liczebność. W miarę jak wzrasta biomasa poszczególnych osobników, ich liczebność maleje na skutek śmiertelności – jest to więc taka krzywa, niezbyt równomiernie opadająca (bo wzrost z wiekiem zwykle powolniejszy). Zaznaczamy na osi czasu (x) daty kolejnych pomiarów, i dla danego okresu, pole powierzchni pod krzywą to biomasa (średnia produkcja populacji) dla danego okresu. Całe pole pod krzywą to całkowita produkcja danej populacji.

Trudniej jest gdy nie ma wyraźnych kohort, tylko rozmnażanie się zachodzi ciągle, asynchronicznie. np. jak u planktonu. Można wtedy stosować tzw. **metodę sumy przyrostów**.

Wykreśla się krzywą wzrostu osobników, pokazującą zależność między masą (y), a czasem (x) – czyli taką rosnącą krzywą, spłaszczającą się na końcu (wolniejszy wzrost z wiekiem). Należy ją wyznaczyć eksperymentalnie. Należy też wyznaczyć poszczególne klasy wielkości w populacji, odpowiadające zazwyczaj poszczególnym stadiom rozwojowym, albo jeżeli nie ma metamorfozy, to można arbitralnie wyznaczyć klasy wielkości populacji. Klasy wielkości (W1, W2...)

odpowiadają pewnym masom (przedziały wielkości). Można też wyznaczyć eksperymentalnie czas potrzebny na to, żeby osobnik przeszedł z jednej klasy do drugiej (T1, T2, T3...). Można wtedy oszacować produkcję za pomocą wzoru:

$$P = N_1 * [(W_2 - W_1) / T_1] + N_2 * [(W_3 - W_2) / T_2] \text{ itd.}$$

N to liczebność w danej klasie wielkości. Można pobrać w tym celu próbę np. planktonu i oszacować ile jest osobników w danej klasie wielkości.

Sumujemy dla liczebności w kolejnych klasach wielkości i wtedy mamy sumaryczną produkcję wtórną (wzór powyżej). Wymaga to tylko wiedzy o strukturze wielkości osobników w populacji (ile ich jest w poszczególnych klasach wiekowych).

Tego rodzaju metody stosuje się często do oceny produkcji wtórnej ryb, planktonu i zwierząt lądowych. Większość bakterii też jest heterotrofami. Ich produkcja też może być szacowana. W labie można to szacować łatwo na podstawie przyrostu biomasy. Można też określać produkcję przez analizę tempa asymilacji izotopów (zwykle tymidyna, włączana proporcjonalnie do tempa wzrostu). Straty wynikające z respiracji można mierzyć oceniając uwolniony CO₂. Można szacować tzw. wydajność asymilacji (nazywa się ją K, jest to P/A w %) u bakterii jest wysoka, sięga ona ok. 25% - reszta tracona w metabolizmie.

U zwierząt jednak nie cała pobrana materia organiczna jest asymilowana jak u bakterii, bo część jest wydalana. Bilans jest więc bardziej skomplikowany: $P = I - F - R - E$

P – produkcja wtórna

I – ingestion, ilość pobranego pokarmu

F – odchody

R – respiracja

E – wydalanie (mocz)

R i E to tzw. straty metaboliczne.

Można określić te parametry ważąc zwierzęta przed i po ekspozycji na jakieś warunki eksperymentalne, potem zmierzyć ilość pobieranego pokarmu (wazy się, ile ubyło). Zbiera się odchody i wazy, można też dokonywać pomiarów respiracji i analizować ile zostało wydalone mocznika. Można policzyć też różne wydajności np. stosunek produkcji do asymilacji, czyli też K (P/A), czyli u zwierząt P/(I-F).

Czasami interesuje nas inna wydajność – P/I czyli ile pokarmu trzeba dać, żeby uzyskać przyrost biomasy o żadaną wartość (w hodowli zwierząt). Jest to tzw. K2. Zwykle te wartości nie przekraczają 10%, ale zależą od jakości (strawialności) pokarmu.

Wydajność ekologiczna (K2), to P/I mówi jaki jest potencjalny stosunek produkcji pierwotnej na poziomie wyższym troficznym, do produkcji pierwotnej na niższym poziomie troficznym, innymi słowy ile produkcji pierwotnej pokarmu może się zasymilować na poziomie konsumentów tego pokarmu. Jest ona bardzo zmienna, ale zwykle, również w środowiskach wodnych obserwuje się właśnie około 10% (nie przekracza 15%) - czyli straty metaboliczne energii przy przechodzeniu z jednego poziomu na drugi są około 90%. Natomiast wydajność netto (P/A) jest znacznie większa – mówi ile z tego co już zasymilowane ulega wbudowaniu w masę konsumentów. Sięga ona nawet 40%.

Zbiór fekaliów do pomiaru nie zawsze jest możliwy, jak np. u Daphnia jest to zawiesina, albo nie można zebrać wszystkiego. Ale jeśli chociaż część się da, to ocenia się stosunek zawartości popiołów w fekaljach i w pokarmie. U Daphnia ocenia się metodami analogicznymi jak u mikrobów – podaje się pokarm znakowany C radioaktywnym, i ocenia się asymilację. Tylko trzeba uwzględnić respirację, węgiel usunięty z CO₂, albo stosuje się bardzo krótkie okresy ekspozycji, żeby pokarm zasymilowany nie zdążył zostać zużyty w respiracji.

Produkcja wtórna wzrasta zwykle liniowo ze wzrostem produkcji pierwotnej. Ponad 80% zmienności produkcji wtórnej jest tłumaczona przez zmienność produkcji pierwotnej.

Wzór opisujący to, że produkcja rybacka jest w prosty sposób zależna od ilości fosforu w wodzie (chyba nie ma co go podawać, ważne, że jest taka prosta zależność). Jest też podobna zależność od ilości chlorofilu.

Produkcja wtórna to to co może być przez nas wykorzystane jako pokarm (pierwotna oczywiście też). Jeśli chodzi o produkcję wtórną w wodach, których na powierzchni Ziemi jest przeważająca ilość, to zastanawiano się, czy może ona pomóc wyżywić ludność. Jednak większość oceanów jest bezproduktywna. Wszystkie wody produkują ledwie 1/3 tego co lądy. W wodach są zwykle znacznie dłuższe łańcuchy pokarmowe niż na lądach (na lądach zwykle 3 poziomy). Podstawą jest plankton, a roślinożercy też są bardzo mali – zooplankton. Na lądzie roślinożercy to duże zwierzęta, a same rośliny są największymi organizmami na Ziemi. A więc małe rybki to już 3 poziom troficzny, i są one zjadane przez większe ryby, które są zjadane przez większe ryby itd. Człowieka interesują zwykle drapieżniki wysokiego rzędu (w wodach), np. tuńczyki, i łowi się jak największe. Jest to bardzo niewielka część produkcji pierwotnej (promile). Eksploatując zasoby mórz eksploatujemy w praktyce pustynię, i w dodatku bardzo nieekonomicznie (produkty ubogie w energię) – nie da się więc z tego wyżywić ludzkości. Tereny rolnicze dają 25000 razy więcej żywności niż oceany. Skutkiem tej eksploatacji jest też tzw. **fishing-down-marine-foodwebs**, czyli to, że z powodu odławiania dużych ryb w oceanach zostają coraz mniejsze, i stojące niżej w łańcuchu, nie tylko z powodu samego wylawiania, ale też selekcji „naturalnej” – faworyzowane są mniejsze osobniki, one przeżywają, i wytwarzają małe potomstwo (rozmiary ciała uwarunkowane genetycznie). Im zwierzę jest większe tym jego populacja wolniej rośnie, tym trudniej dużym rybom odnawiać populację (pokazane np. na przykładzie rekinów i dorszy – obecnie łowione są znacznie mniejsze i młodsze osobniki niż kiedyś. Przechodzenie ze strategii K do r). Obecnie już zdecydowana większość populacji eksploatowanych ryb uległo załamaniu zwłaszcza w strefie umiarkowanej gdzie się najczęściej łowi. FAO ocenia, że około 75% zasobów rybackich świata jest już wyczerpanych.