

Procesy produkcji pierwotnej warunkują życie na Ziemi. Od niej zależy struktura troficzna, długość łańcuchów pokarmowych, liczebność populacji. Do producentów należą też chemoautotroficzne prokarioty, dzięki nim między innymi mogą istnieć ekosystemy na dnie oceanów, wokół źródeł hydrotermalnych. Obecnie źródłem energii dla ekosystemów są producenci pierwotni, chociaż prawdopodobnie na początku świat był heterotroficzny, żywiący się „pierwotnym bulionem” (związkami organicznymi powstającymi na drodze spontanicznej syntezy. Pierwszymi fotosyntetyzującymi organizmami były prawdopodobnie bakterie purpurowe (właściwie archeony), które czerpały dodatkową energię dzięki absorpcji światła przez bakteriorodopsynę, nie wiązały one węgla organicznego, tylko produkowały sobie ATP.

Uważa się, że chlorofil dzisiejszych roślin absorbuje te długości fali (maksymalna absorpcja w okolicach 450 i 650 nm), których nie absorbuje bakteriorodopsyna, może to wynikać właśnie z istniejącej wówczas konkurencji o światło z bakteriami fotosyntetyzującymi, które wykorzystują światło o długości fali 500-600 nm.

Dodatkowe barwniki mogą też absorbować inne długości fali, ale jednak przeważającą część chlorofilu. Promieniowanie świetlne docierające do Ziemi to praktycznie cała energia, jaką mogą wykorzystywać organizmy żywe. Wewnątrz Ziemi jest produkowane ciepło, stąd mamy też zjawiska tektoniczne, ale dla organizmów ma to mniejsze znaczenie (jest zresztą około 400 000 razy mniejsza od tej ze słońca).

Wielkość promieniowania docierająca do Ziemi to tzw. stała słoneczna, jest to nieco poniżej 1500 W na m<sup>2</sup>, jest to natężenie promieniowania padającego na powierzchnię Ziemi prostopadle, czyli na okrąg o średnicy przekroju Ziemi. Ponieważ powierzchnia Ziemi to około 4-krotność powierzchni jej przekroju, to tę stałą trzeba podzielić na 4. Czyli na m<sup>2</sup> pada tak naprawdę średnio około 300 W. 1/3 światła ulega odbiciu od atmosfery, 1/3 pochłaniana jest przez atmosferę (co powoduje, że jest ciepło), i tylko 1/3 dociera do Ziemi. Tylko część z tego mogą pochłaniać rośliny. Reszta ulega odbiciu, lub rozproszeniu. Maksymalna możliwa wydajność wynosi więc kilkanaście W na m<sup>2</sup>, bo więcej rośliny i tak nie pochłoną.

### **Metody pomiaru produktywności**

cała metodyka została stworzona głównie w latach 60-70 XX wieku, w ramach Międzynarodowego Programu Biologicznego. Miał on duże znaczenie dla rozwoju metodyki i ekologii w ogóle.

Powstał on z powodu rosnącego zapotrzebowania ludzkości na żywność. Dlatego ważne było szacowanie produkcji pierwotnej. Akurat w tym temacie wiele nie osiągnięto, ale za to opracowano dobre metody, bo standardowe a więc porównywalne.

Produkcję pierwotną podaje się zwykle w jednostkach energii lub biomasy, lub węgla organicznego, przeliczonej na czas, np. na rok. Można je nawzajem na siebie przeliczać. Bo np. wiadomo jaka jest zawartość węgla organicznego w suchej masie organicznej, co wynika ze stechiometrii, ze wzoru glukozy. Zwykle jeśli mamy podaną ilość węgla np. w glonach, to jeśli to pomnożymy razy 2,5 to otrzymamy ilość całej suchej masy. Z kolei zwykle 1 gram materii organicznej można przeliczyć na około 20 kJ energii.

Często używaną jednostką jest też chlorofil. Łatwo go mierzyć satelitarnie. Można określać biomasę roślin, glonów. 1 gram chlorofilu wiąże około 4g C organicznego na godzinę. Można więc szacować produkcję pierwotną na tej podstawie.

Pierwsza grupa metod to tzw. **metody żniwne**. Zbiera się rośliny z danego obszaru i waży. Działa głównie w rolnictwie, chociaż zwykle mierzy się tam tylko ziarno a nie całe zboże, a w ekologii liczy się całe rośliny również części podziemne. Mierząc biomasę mierzymy tylko stan na daną chwilę a nie proces produkcji. Aby oszacować produkcję trzeba znać czas generacji roślin, i dokonywać pomiaru w okresie szczytowej biomasy. W przypadku glonów planktonowych gdzie podział komórek może być co dobowo, pomiar biomasy w jednym punkcie roku niewiele mówi o całej

produkcji pierwotnej, bo od początku sezonu mogło się pojawić 30-40 generacji. Trzeba uwzględnić czas rotacji biomasy. To dopiero da pojęcie o produkcji pierwotnej. Ten czas rotacji to generalnie odwrotność długości życia rośliny. Rośliny uprawne mają zwykle roczną długość życia, więc można mierzyć raz do roku. Produkcja zmierzona w ten sposób, jest to produkcja pomniejszona o to, co rośliny same metabolizują. A więc produkcja pierwotna brutto, to cała materia organiczna jaka powstaje w fotosyntezie. Produkcja netto to ta część produkcji która się zakumulowała w postaci biomasy, nie została zużyta w respiracji. To jest to co możemy wykorzystać jako konsumenci. Metody żniwne stosuje się też w leśnictwie, chociaż niekoniecznie trzeba wycinać drzewa, można szacować na podstawie przeliczników, jak szerokość pnia, pierśnica etc. metody te trudno stosować gdy mamy bogate zespoły, gdzie jest wiele organizmów o różnej długości życia i różnej fizjologii.

Można stosować wtedy pewne **metody fizjologiczne**. Np. gdy mamy plankton – mieszaninę gatunków. Stosuje się wtedy metody fizjologiczne, opierające się na wykorzystaniu stechiometrycznego równania fotosyntezy. Wynika z niego, że produkcja pierwotna jest związana z uwalnianiem tlenu i pochłanianiem CO<sub>2</sub>. A więc analizując zużycie CO<sub>2</sub> i powstawanie tlenu można szacować produkcję, dość precyzyjnie. Nie trzeba wtedy wiedzieć co to za rośliny i jakie mają cykle życiowe. Powszechnie stosowana jest metoda ciemnych i jasnych butelek, może być oparta na pomiarze tlenu, albo na stosowaniu izotopów węgla który jest włączany. Są dwie butelki napełnione wodą z jeziora, jedna zaciemniona a druga przejrzysta. Umieszcza się je zwykle w jeziorze, na świetle i analizuje się zmiany np. zawartości tlenu. W jasnej butelce zachodzi respiracja i fotosynteza, a w ciemnej tylko fotosynteza. A więc ubytek tlenu w ciemnej butelce mówi intensywności respiracji w tym zespole planktonu, a to ile przybywa tlenu w jasnej butelce jest wypadkową respiracji i fotosyntezy. Można więc łatwo policzyć ile tlenu powstaje w sumie w fotosyntezie, a więc ile glukozy. Z tym, że zwykle nie jest to czysta kultura glonów jako samych roślin, mogą tam być bakterie, czy protisty heterotroficzne. Można jako źródło węgla podawać węgiel C-14, i potem sprawdzić radioaktywność glonów.

Są jeszcze **metody pośrednie**, które są bardzo różne. np. wykorzystuje się łączną powierzchnię, albo masę liści do szacowania produkcji pierwotnej. Można też szacować na podstawie cech abiotycznych środowiska, jak ilość biogenów, ilość światła. Obecnie najczęściej wykorzystuje się właściwości optyczne chlorofilu. Światło odbite od powierzchni roślin wykazuje pewien niedobór w barwie czerwonej i pewien nadmiar w barwie bliskiej podczerwieni. Można to mierzyć satelitarnie, robiąc „mapy produktywności” dla całej Ziemi. Stosuje się najczęściej wskaźnik NDVI (normalized difference vegetation index), opiera się na pomiarze długości fali w tych dwóch zakresach. Korelacja tego indeksu z produktywnością jest bardzo dobra. Obszary wokół zwrotników i na łąkach i w wodach mają najniższą produktywność. Oceany są generalnie bardzo słabo produktywne ze względu na deficyt pierwiastków biogenych, zwłaszcza fosforu, czy żelaza, które sedymentują. Mogą być wynoszone przez prądy głębinowe co dzieje się przy zachodnich wybrzeżach kontynentów Amerykańskich (upwelling). Tam są żyzne wody i wysoka produkcja pierwotna, co wiąże się też z dużą ilością ryb. W obszarach arktycznych jest też spora żyzność, bo nie ma stratyfikacji termicznej, bo jest zimno. Więc nie ma bariery, żeby związki biogenne wracały do wód powierzchniowych, jest cyrkulacja. Tam raczej brak światła nieco ogranicza. Na łąkach ogranicza przede wszystkim dostępność wody, ale też i żyzność.

Szacuje się, że populacja ludzka obecnie konsumuje 1/3 produkcji pierwotnej na Ziemi. Ale niekoniecznie na pokarm (na to tylko 1%). Wpływ człowieka na produktywność jest więc ogromny.