

## Sterowanie populacją i eksploatacja populacji

Wykład 9 / 15-12-2011

Jeżeli populacja danej ofiary jest nieliczna drapieżnik się nie interesuje i może ona trwać w środowisku – mechanizm low density refugium. Może być to „sposobem” obrony przed drapieżnikiem. Przyczynia się on do utrzymywania wysokiej różnorodności gatunków, przy wysokiej presji drapieżcy. Drapieżniki na poziomie zespołu ofiar są czynnikiem zwiększającym różnorodność. Eliminuje najliczniejsze populacje, zostawiając zasoby dla mniej licznych.

### Model Lotki-Volterra

Jest dużym uproszczeniem, ale ma cechy dobrze opisujące rzeczywistość. Opisuje układ dwóch gatunków: drapieżnika i ofiary, (albo więcej). Wzór opisuje zależność dynamiki liczebności ofiary (przyrost w czasie)

$$dn/dt = r n - \gamma N n$$

drugie równanie opisuje dynamikę liczebności drapieżcy

$$dN/dt = \alpha \gamma n N - m N$$

$\alpha$  – współczynnik mówiący z jaką skutecznością drapieżca przetwarza materię i energię z polowania na potomstwo.

$m$  – naturalna śmiertelność drapieżcy (zakładamy że nie ma on własnego drapieżnika który by go zjadał).

Jak jest w sytuacji stabilnej (gdy zagęszczenie ofiary i drapieżnika nie zmienia się w czasie)? Wtedy możemy z pierwszego równania wyznaczyć zagęszczenie drapieżnika przy którym zagęszczenie ofiary nie ulega zmianie ( $n$  i  $N$ ).

Jeżeli przedstawić to w układzie współrzędnych to można wyznaczyć takie  $n$  i  $N$  że powyżej jakiegoś  $n_0$ , zagęszczenie drapieżcy będzie wzrastać, a poniżej maleć. Podobnie jak dla drapieżnika, powyżej jakiegoś jego zagęszczenia zagęszczenie ofiary maleje, a poniżej – rośnie. Są też takie miejsca na wykresie, że zagęszczenie drapieżnika już spada, ale jest na tyle duże, że zagęszczenie ofiary nadal spada (i odpowiednio podobnie dla ofiar – różne wypadkowe, tworzące razem kołową trajektorię. Jeżeli się to rozciągnie w czasie można narysować dwie krzywe opisujące liczebność drapieżcy i ofiary – taki klasyczne dwa zygzaki podążające za sobą).

Wyniki oscylują w pewnym zakresie parametrów, jest pewien niestabilny punkt równowagi. Może się to załamać jeśli liczebność drapieżcy będzie bardzo duża a ofiary mała. Liczebność ofiary może się wtedy załamać, a potem i drapieżnika. Słabości modelu: układ opisuje tylko jednego drapieżnika i ofiarę, a zwykle jest to wiele różnych populacji różnych gatunków. Drapieżca powinien się specjalizować w polowaniu na najliczniejszą ofiarę – zgodnie z tym równaniem.

W dodatku  $\alpha$  i  $\gamma$  podlegają ewolucji, zmieniają się ich zdolności do manipulowania ofiarą i polowania, i skuteczność przetwarzania. Zdobycie genetycznych predyspozycji do tego. A więc model działa na pewien okres czasu tylko (bo zakłada że te wartości są stałe).

**Pasożytnictwo** – bardzo powszechny styl życia wśród organizmów. 23 spośród 33 typów zwierząt mają w sobie obligatoryjnych pasożytów. Ma bardzo duże znaczenie ekologiczne i ewolucyjne. Pasożyty są związane zwykle z jednym gatunkiem żywiciela (różnica od drapieżnictwa) to powoduje silne związki koewolucyjne. Jeśli wyścig zbrojeń zachodzi, to właśnie w tej interakcji.

Mikropasożyty i makropasożyty – mikro, to te które cały cykl życiowy odbywają w obrębie jednego żywiciela. Wzór:  $R_p = \beta S d$

$R_p$  – tempo reprodukcji, rozprzestrzeniania pasożyta

$\beta$  – tempo zakażenia (infekcji) wyrażone w 1/dzień, mówi ile nowych żywicieli taki pasożyt jest w stanie zainfekować w jednostce czasu

$S$  – liczba potencjalnych żywicieli

$d$  – wyrażony jednostką czasu, czas infekcji – czyli jak długo żywiciel nosi pasożyta i żyje.

Jeżeli  $R_p = 0$  to możemy policzyć jakie powinno być  $S$  żeby liczba zakażonych osobników się nie zwiększała. Musi być jakaś krytyczna liczebność populacji żeby rozprzestrzeniało się zakażenie. Pasożyt powinien ewoluować tak, by ta krytyczna liczebność była jak najmniejsza.

Jaka może być strategia reprodukcyjna pasożyta umożliwiająca mu kolonizowanie nowych środowisk? Powinien maksymalizować te trzy parametry. Ale tempo reprodukcji pasożyta jest zależne od tego ile zasysa od żywiciela, co się niekorzystnie odbija na żywicielu, a więc sprzeczność między tempem namnażania się pasożyta a czasem życia żywiciela. Musi być tu równowaga. Maksymalizowanie zjadliwości niekoniecznie opłacalne. Tylko wtedy gdy prawdopodobieństwo zakażenia następnego żywiciela bardzo duże. Dynamika takiej metapopulacji jest pod kontrolą doboru grupowego.

W populacjach zwykle jest dobór indywidualny, egoistyczny i powinien promować cechy działające na korzyść osobnika a nie grupy osobników. Ale czasami działa dobór grupowy promujący populacje altruistyczne, rezygnujące z pewnych korzyści dla dobra grupy. Wydaje się, że to działa właśnie w populacjach pasożytów, czego wynikiem bywa osłabienie zjadliwości pasożytów – co działa na niekorzyść pojedynczego pasożyta, bo nie może on bardzo szybko „zjeść” żywiciela i wydać potomstwo, to by likwidowało środowisko jego życia i zginęłaby reszta populacji. Lepiej więc działają populacje o niskiej zjadliwości, lepiej się rozprzestrzeniają. Mechanizm ten działa tym silniej im trudniejsze jest przeniesienie się z jednego gospodarza na drugiego. Np. E. coli jest tak rozprzestrzeniona bo jest bardzo mało zjadliwa.

Wirus HIV – łatwo transmitowany, i chociaż bardzo zabójczy to wirulencja jest odsunięta w czasie, zdążają się więc mocno rozprzestrzenić zanim zabiją żywiciela. Sposobem na walkę z takim wirusem jest tryb życia chroniący przed roznoszeniem pasożyta – może to nie tylko uchronić innych przed zarażeniem, ale też z czasem doprowadzić do spadku zjadliwości wirusa.

Rola pasożytów w ewolucji płci – rozrodu płciowego. Powszechność tego typu rozrodu jest dość dziwna, ponieważ rozród płciowy jest bardzo kosztowny. Potomstwo osobnika tylko w połowie zawiera jego genotyp, a więc jeśli rozumieć dostosowanie jako przekazanie swoich genów, to jest to już dwa razy mniejszy zysk niż przy rozmnażaniu bezpłciowym. Również w kategoriach demograficznych rozród bezpłciowy zapewnia dwa razy większe tempo populacji. Szybkie bezpłciowe rozmnażanie dobre w przypadku efemerycznych

krótkotrwałych zasobów – jak larwy much mnożące się w grzybach. Uważa się obecnie, że rozród płciowy jest tak powszechny bo zapewnia potomstwu genetyczną zmienność – odmienność od rodziców, takie gatunki szybciej ewoluują, chociaż wcale nie wiadomo czy są przez to mniej narażone na wymarcie. Istnieje jednak antagonistyczny czynnik działający przeciwko gatunkom rozmnażającym się bezpłciowo – właśnie pasożyty. W czasie życia jednego człowieka populacja *E.coli* może wydać 100000 generacji. Bezwzględne tempo ewolucji takiej bakterii jest wielokrotnie szybsze niż tempo ewolucji gospodarzy. Ich ewolucja prowadzi do wzrostu dostosowania – efektywności zasiedlania żywicieli, a broniению się przed układem obronnym żywiciela. Działanie układu odpornościowego na bakterie to silny czynnik selekcji. Jeśli jakaś bakteria to przeżyła, to jest odporna i wydaje tysiące generacji. Może tą odporność bardzo udoskonalić, a żywiciel nie zdąży w tym czasie nic rozwinąć w czasie swojego życia. Gdyby potomstwo żywiciela było jego kopią, to pasożyt by się przeniósł do potomstwa, i byłby bardzo dobrze dostosowany do życia w nim. Żywiciel natomiast nie ewoluował by tak szybko w kierunku obrony bo jego cykl życiowy jest znacznie dłuższy. Lokowanie więc pasożyta w coraz to nowym kontekście immunologicznym jest sposobem obrony przed pasożytem. Musi się on na nowo dostosowywać. Ewolucja ta jest przerywana co kilkadziesiąt lat, kiedy zmienia się im wraz z żywicielem środowisko życia.

Rozród płciowy zapewnia więc to, żeby potomstwo było inne, niekoniecznie dużo bardziej odporne, ale po prostu stanowiło inne środowisko dla pasożyta.

Tę teorię trudno sprawdzić eksperymentalnie, ale model Hamiltona, który ułożył tą koncepcję, wykazywał, że są części genomu pasożyta i żywiciela, działające antagonistycznie w stosunku do siebie. Dostosowanie żywiciela – ilość alleli antagonistycznych, a pasożyta – nieantagonistycznych. U żywicieli genotyp żywiciela się nie zmieniał przez wiele pokoleń pasożyta, a pasożyt zmieniał swój genom na przestrzeni pokoleń i można było policzyć z modelu jak szybko pasożyt swój genotyp dostosuje. Krótko żyjące organizmy mają więc mniejszy problem z pasożytami. Tempo ewolucji ich jest bliższe tempu ewolucji pasożyta.

Prawdziwe gatunki to te które rozmnażają się płciowo. W przypadku bakterii tak naprawdę nie można mówić o gatunku. Cała różnorodność biosfery powstała więc dzięki oddziaływaniom pasożytniczym.