

Dwa w jednym



ANITA KALISZEWICZ
 Centrum Badań Ekologicznych, Dziekanów Leśny
 Polska Akademia Nauk
 a.kaliszewicz@cbe-pan.pl

Dr Anita Kaliszewicz zajmuje się biologią ewolucyjną w CBE PAN. Interesują ją strategie rozrodcze, zwłaszcza ewolucyjne i ekologiczne konsekwencje rozmnażania bezpłciowego oraz mechanizmy odpowiedzialne za ewolucję hermafrodytyzmu

Dlaczego rozmnażanie płciowe jest tak rozpowszechnione w przyrodzie? Jakie są korzyści hermafrodytyzmu? Badanie stułbi zdolnych do dwóch typów rozrodu może ułatwić znalezienie czynników wpływających na ewolucję strategii rozrodczych

Rozmnażanie jest kluczowym zagadnieniem w biologii ewolucyjnej. Narosło wokół niego wiele teorii. Z punktu widzenia osobnika najkorzystniejsze wydaje się rozmnażanie bezpłciowe bez udziału gamet. Zgodnie z koncepcją „samolubnego genu” zaproponowaną przez Richarda Dawkinsa daje ono osobnikowi macierzystemu duży sukces reprodukcyjny i przewagę nad osobnikami rozmnażającymi się płciowo. W wyniku rozmnażania bezpłciowego powstaje wiele identycz-

nych kopii w krótkim czasie. Jeden osobnik daje początek klonowi, którego liczebność wzrasta wykładniczo. Sukces reprodukcyjny takiego osobnika jest więc imponujący. Wszystkie osobniki potomne mają identyczną informację genetyczną jak osobnik macierzysty. Z kolei potomstwo osobników rozmnażających się płciowo ma tylko połowę informacji genetycznej każdego z rodziców.

Płciowo czy bezpłciowo?

Dlaczego więc rozmnażanie płciowe jest tak rozpowszechnione w przyrodzie? To pytanie nurtowało i nurtuje do dziś biologów. Na drodze rozmnażania płciowego w wyniku rekombinacji powstają zawsze nowe genotypy. Po co rozmnażać się płciowo, skoro korzystniejsze wydaje się produkowanie identycznych kopii już istniejącego korzystnego genotypu? I dlaczego tak powszechna jest rozdzielność płciowości? Czy hermafrodytyzm (posiadanie narządów męskich i żeńskich) nie byłby korzystniejszy? Teorie dotyczące alokacji energii w rozród płciowy wskazują, że sukces reprodukcyjny osobnika hermafrodytycznego



Anita Kaliszewicz

U stułbi szarej *Hydra oligactis* samce mogą stanowić nawet 80% wszystkich osobników dojrzałych płciowo



Benjamin Earwicker, www.sxc.hu

jest sumą korzyści osiąganych poprzez funkcje męskie i żeńskie. Koszt płciowości jest o 25% niższy u hermafrodytów niż u osobników rozdzielнопłciowych. Dodatkowo rozród płciowy wymaga nakładów energii związanych ze znalezieniem partnera. W przypadku hermafrodytyzmu wentylem bezpieczeństwa w sytuacji braku partnera jest samozapłodnienie. W tym świetle rozdzielнопłciowość jest najmniej korzystną strategią rozrodczą. Skoro jednak rozród płciowy i istnienie dwóch płci jest tak powszechne, wydaje się, że musi przynosić korzyści, których nie tłumaczy zwykły bilans energetyczny osobnika i liczba produkowanego potomstwa.

Teoria Czerwonej Królowej

Wiele teorii starało się wyjaśnić ewolucję płciowości. Najbardziej znaną jest hipoteza Czerwonej Królowej zaproponowana przez Leigha Van Valena. Sugeruje ona, że warunki biotyczne zmieniają się tak szybko, że muszą żądać ciągle nowych kombinacji genów, które mogą powstać tylko w procesach płciowych. Szczególnie ważne jest to w przypadku koewolucji układu pasożyt-żywieli. Osobnik macierzysty, który rozmnaża się bezpłciowo, przekazuje potomstwu iden-

tyczny zestaw swoich genów. Zatem pasożyty, które dobrze funkcjonują w organizmie osobnika macierzystego, równie skutecznie pasożytują na jego potomstwie. Rozmnażanie płciowe pozwala na powstanie nowych kombinacji genotypów, które mogą być odporniejsze na ataki pasożytów. Hipoteza Czerwonej Królowej nie wyjaśnia jednak istnienia gatunków, które w ogóle nie rozmnażają się płciowo, np. wrotki z rzędu *Bdelloidea*, u których nie wykryto samców.

Istnieje spora grupa zwierząt, które czerpią zyski z rozmnażania płciowego i redukują jego koszty poprzez zachowanie zdolności do rozmnażania bezpłciowego bez udziału gamet. Mają więc dwa typy rozrodu: płciowe i bezpłciowe. Są to między innymi przedstawiciele *Cnidaria*, *Platyhelminthes*, *Nemertini*, *Annelida* (*Polychaeta*, *Oligochaeta* i *Aphanoneura*), *Echinodermata* (*Asteroidea*, *Ophiuroidea* i *Holothuroidea*). Przykład stułbi (*Hydridae*, *Cnidaria*) pokazuje, że podstawowym sposobem rozmnażania takich zwierząt jest rozród bezpłciowy, w tym przypadku przez pączkowanie. Rozmnażanie płciowe prowadzi natomiast do powstania zygot przetrwalnych zdolnych wytrzymać trudne warunki, np. niską temperaturę. Obserwowana u stułbi zdolność do

Wszystkie stułbie są gatunkami słodkowodnymi zamieszkującymi jeziora, stawy i wolno płynące cieki. Mimo bliskiego pokrewieństwa i podobnych siedlisk ich strategie rozrodcze są bardzo różne

Strategie rozrodcze stulbi

Rozmnażający się
bezpłciowo przez
pączkowanie osobnik
stulbi zielonej
Chlorohydra viridis



Anita Kaliszewicz

dwóch typów rozrodu stwarza ogromne możliwości badania czynników wpływających na ewolucję strategii rozrodczych.

Różne strategie

Wszystkie gatunki stulbi charakteryzują się podobnymi strategiami rozmnażania bezpłciowego. Odróżnia je sposób rozrodu płciowego. Rozdzielno płciowość obserwowana jest u stulbi szarej *Hydra oligactis*. Stulbia pospolita *Hydra vulgaris* opisywana jest jako gatunek hermafrodytyczny, chociaż można napotkać populacje składające się z osobników rozdzielno płciowych lub hermafrodytycznych. U stulbi zielonej *Chlorohydra viridissima* w obrębie tego samego klonu (składającego się z identycznych genetycznie osobników powstałych w wyniku pączkowania) może istnieć zróżnicowanie osobników pod względem sposobu rozmnażania płciowego. Mimo że stulbie badane są od bardzo dawna (ich zdolności regeneracyjne znane były już w XVIII wieku), mechanizmy odpowiadające za ewolucję ich odmiennych strategii rozrodu płciowego wciąż nie są dokładnie poznane. Poszczególne gatunki stulbi odróżniają również okres, w którym wytwarzają gonady i przystępują do rozmnażania płciowego. W klimacie umiarkowanym stulbia szara oraz stulbia pospolita rozmnażają się płciowo od październi-

ka do grudnia. U tych gatunków rozmnażanie płciowe indukowane jest spadkiem temperatury. Stulbia zielona rozmnaża się płciowo od maja do czerwca, kiedy następuje wzrost temperatury. Jaka jest przyczyna odmiennych strategii rozrodczych u tak blisko spokrewnionych gatunków zamieszkujących podobne siedliska? Wszystkie stulbie są gatunkami słodkowodnymi zamieszkującymi jeziora, stawy i wolno płynące ciekły. Dlaczego jedne gatunki czy populacje są rozdzielno płciowe, a inne hermafrodytyczne? Na te pytania wciąż nie ma jednoznacznej odpowiedzi. Niewykluczone, że gatunki, których osobniki mają niskie koszty utrzymania organizmu lub mają dodatkowe źródło energii w postaci symbiontów (np. stulbia zielona żyjąca w symbiozie z glonem z rodzaju *Chlorella*), będą w stanie wytworzyć dwa rodzaje gonad: męskie i żeńskie. Z drugiej strony w przypadku małych zasobów, nawet jeżeli hermafrodytyzm jest optymalną strategią rozrodczą, kompromis zmusza osobnika do wyprodukowania gonad tylko jednego rodzaju, co zwiększa liczbę gamet, wpływając na sukces reprodukcyjny osobnika i faworyzuje rozdzielno płciowość.

Konkurując o partnera

Alternatywą przedstawionej hipotezy ograniczonych zasobów jest hipoteza wpływu

konkurencji o partnera opierająca się na istniejących teoriach dotyczących ewolucji hermafrodytyzmu (*low density model*, *gene dispersal model*). Mała ruchliwość osobników i związana z nią ograniczona dostępność partnerów faworyzuje hermafrodytyzm. Można to zaobserwować np. wśród organizmów osiadłych. Hipoteza ta nie wyjaśnia, dlaczego wśród osiadłych lub na wpół osiadłych różnych gatunków *Cnidaria* (w tym stułbi) obecne są zarówno gatunki hermafrodytyczne, jak i rozdzielnopłciowe. Niewykluczone, że na strategię rozrodu płciowego może mieć wpływ kombinacja obu mechanizmów: zasobów energetycznych oraz dyspersji osobników i dostępności partnerów. Poszczególne gatunki stułbi mimo bliskiego pokrewieństwa i podobnego sposobu życia różnią się kilkoma cechami, między innymi rozmiarami ciała, obecnością symbiontów oraz warunkami siedliskowymi (optymalną do rozwoju temperaturą czy wielkością zbiornika wodnego). To pozwala przetestować znaczenie wielu czynników w strategiach rozrodczych. Ciekawa jest także nietypowa proporcja płci u rozdzielnopłciowej stułbi szarej. Odbiega ona od najczęściej obserwowanej proporcji płci 1:1. U stułbi szarej samce mogą stanowić nawet 80% osobników dojrzałych płciowo, ale zmienia się to w trakcie sezonu płciowego. Fisher w 1930 roku wyjaśnił przeważającą w przyrodzie proporcję płci 1:1 selekcją opartą na zmianach w częstości występowania osobników obu płci. Płeć, której jest mniej, zawsze uzyskuje przewagę w liczbie potomstwa. Selekcja promuje osobniki produkujące potomstwo rzadszej płci aż do wyrównania się proporcji płci w populacji. Od czasu opublikowania tej teorii opisano wiele odstępstw od równej proporcji płci.

Nierówność płci

U niektórych zwierząt rozdzielnopłciowych przewaga jednej płci w populacji może sięgać 90% (np. niektóre *Nematoda*, *Ostracoda*, *Hymenoptera*). Duże odstępstwa od równej proporcji płci obserwowane są również u zwierząt zdolnych do dwóch typów rozmnażania (bezpłciowego i płciowego), m.in. u węzowideł (*Ophiuroidea*). Odchylenia od proporcji płci równej 1:1 mogą wynikać z różnych kosztów produkcji potomstwa określonej płci. Wpływ może mieć również zależność od płci śmiertelność oraz przeżywalność jaj. W przypadku stułbi na proporcję płci może

mieć wpływ odmienne tempo rozmnażania bezpłciowego niedojrzałych samic i samców. Klony powstałe w wyniku rozmnażania bezpłciowego są tej samej płci co osobnik macierzysty. Jeżeli osobniki zdeterminowane jako samce mają wyższe tempo rozmnażania bezpłciowego niż samice, wówczas dominują one w populacji. Możliwe jest także, że przewaga samców spowodowana jest ich wcześniejszym przechodzeniem na rozród płciowy, a więc łatwiejszą indukcją rozmnażania płciowego i szybszym wytwarzaniem gonad niż u samic. Ponieważ przewaga samców jest największa na początku sezonu płciowego, a z jego upływem maleje, wydaje się, że hipoteza ta jest najbardziej prawdopodobna.

Grupa organizmów takich jak stułbie, która łączy w sobie różne strategie rozrodcze, stanowi doskonały obiekt badań pomocny w rozumieniu ewolucji płci i mechanizmów odpowiedzialnych za odmienne strategie rozrodu. Możliwe również, że badanie tej grupy zwierząt przyniesie odpowiedź na pytanie, jakie czynniki decydują o tym, czy gatunek jest hermafrodytyczny, czy rozdzielnopłciowy. ■

Chcesz wiedzieć więcej?

- Charlesworth B. (1980). The cost of sex in relation to mating system. *Journal of Theoretical Biology*, 84, 655–671.
- Charnov E.L. (1982). *The theory of sex allocation*. New Jersey: Princeton University Press.
- Maynard-Smith J. (1978). *The evolution of sex*. United Kingdom: Cambridge University Press.
- Stagni A. (1966). Some aspects of sexual polymorphism in *Chlorohydra viridissima*. *Journal of Experimental Zoology*, 163, 87–92.

Hermafrodytyczny osobnik stułbi pospolitej *Hydra vulgaris*. Gonady męskie umiejscowione są wyżej (pod wieńcem czułków) niż żeńskie

