

Partenogeneza jako sposób na przetrwanie gatunku

Marianna Ciwun

Kl. II B LO

II Liceum Ogólnokształcące z Dodatkową Nauką
Języka Białoruskiego w Hajnówce



Słowa klucze: partenogeneza, dzieworództwo, partenogeneza obligatoryjna, partenogeneza fakultatywna, partenogeneza haploidalna, partenogeneza diploidalna, heterogonia, pedogeneza, młodorództwo, pokolenie dzieworodne, pokolenie płciowe, cykl rozwojowy

Wstęp

Ewolucja życia na Ziemi przyniosła ze sobą wiele „wynalazków”, lecz za największe osiągnięcie możemy śmiało uznać rozmnażanie. Przekazywanie materiału genetycznego kolejnym pokoleniom zapewnia wszystkim gatunkom ciągłość i przetrwanie. Organizmy żywe mogą rozmnażać się na różne sposoby- wyłącznie bezpłciowo, płciowo lub wybierać pomiędzy tymi drogami rozrodu. Spośród wszystkich zjawisk towarzyszących rozmnażaniu na szczególną uwagę zasługuje partenogeneza. Po raz pierwszy definicja partenogenezy została opisana w 1856 roku przez von Siebolda: „Dzieworództwo występuje wtedy, gdy z niezapłodnionej komórki jajowej rozwija się nowy osobnik”. Współcześnie partenogenezę tłumaczy się jako zjawisko, które polega na autonomicznym rozwoju komórki jajowej zachodzącym bez udziału zapłodnienia. Nosi ona nazwę dzieworództwa, ponieważ dziewicze samice są w stanie wydać potomstwo bez udziału samców. Osobniki potomne mogą być haploidalne lub diploidalne. W przypadku potomstwa haploidalnego, osobniki dorosłe wytwarzają gamety poprzez podziały mitotyczne.

Rozmnażanie dzieworódcze jest powszechne w świecie zwierząt. Wiele grup bezkręgowców takich jak wrotki, nicienie, skorupiaki, roztocza i owady (błonkówki, muchówki, a nawet niektóre chrząszcze) oraz niektórych kręgowców- ryby, płazy i gady posiadają zdolność do rozrodu partenogenetycznego. W przyrodzie jedynie u ptaków i ssaków nie stwierdzono występującej naturalnie partenogenezy. Liczne badania na myszach potwierdziły, że dzieląca się komórka jajowa w procesie sztucznie indukowanego dzieworództwa obumierała już po kilku podziałach.

Uzasadnienie podjęcia tematu

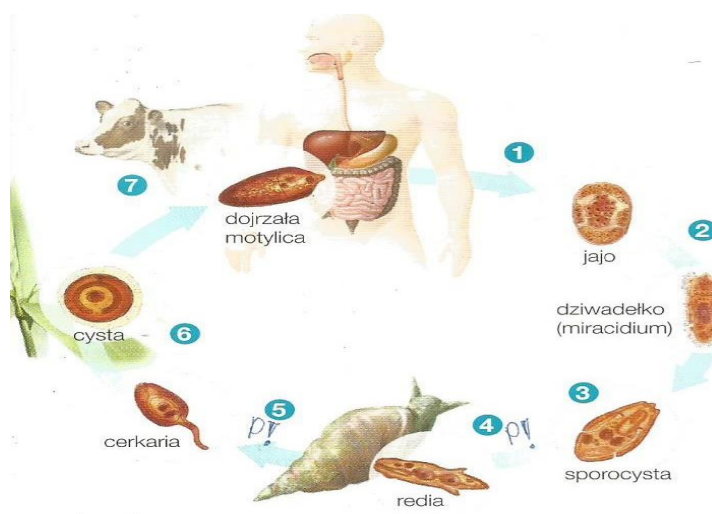
Inspiracją do podjęcia tematu dotyczącego dzieworództwa jest moje szerokie zainteresowanie zoologią, w szczególności fizjologią zwierząt. W trakcie przygotowań do Olimpiady Biologicznej natknęłam się na wiele ciekawych kontekstów ewolucyjnych i omówień adaptacji zwierząt do przetrwania w zmieniającym się środowisku. Czytając o partenogenezie stwierdziłam, że ten sposób rozmnażania nie tylko ułatwia wielu organizmom zapewnienie ciągłości gatunku, ale też przetrwanie. Istnieje wiele sytuacji, w których pokolenia rozmnażające się płciowo i partenogenetycznie występują naprzemiennie, co przynosi korzyści dla populacji, choć są również przypadki, gdzie dzieworództwo jest jedynym wyjściem dla zwierzęcia na zwiększenie sukcesu reprodukcyjnego i przeżywalności. Uważam, że jest to tematyka warta uwagi oraz niedoceniana pod kątem niezwykłych przystosowań organizmów do trudnego środowiska życia.

Jeszcze trochę o samej partenogenezie

Na podstawie stosunków liczbowych chromosomów są wyróżniane dwa rodzaje partenogenezy- haploidalna i diploidalna. Haploidalne dzieworództwo występuje wtedy, gdy z niezapłodnionych jaj powstają haploidalne samce, a z zapłodnionych- diploidalne samice. Taka partenogeneza występuje u niektórych owadów należących do rzędu błonkówek. Dzieworództwo diploidalne jest wtedy, gdy z zapłodnionych jaj rozwijają się diploidalne samice, z których na drodze partenogenezy powstają kolejne pokolenia dzieworodnych, diploidalnych samic [1]. Liczne badania nad partenogenezą wykazują, że zależy ona od wielu czynników, choć dwa z nich mają znaczenie wręcz fundamentalne. Pierwszy- komórka jajowa musi być zdolna do autonomicznych podziałów bez potrzeby kontaktu z plemnikiem. Drugi- gameta żeńska musi posiadać „genetyczny program” umożliwiający sukcesywne rozpoczęcie i zakończenie rozwoju zarodkowego, tak aby osobniki potomne były rozwinięte i zdolne do rozrodu w późniejszych etapach życia [7]. Niekiedy następuje partenogenetyczny rozwój jaj u osobników w stadiach larwalnych. Wtedy mówimy o pedogenezie [5].

Stawiamy na ilość, nie na jakość

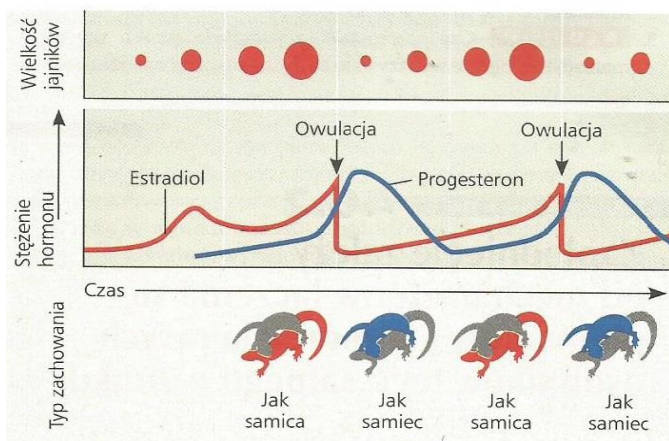
Życie pasożyta jest o wiele trudniejsze niż moglibyśmy sobie wyobrazić. Pomimo tego, iż większość z nich żyje we względnie stałych warunkach środowiska, bardzo trudno jest sukcesywnie zamknąć cykl rozwojowy i zapewnić dalszą ciągłość gatunku. Pasożyty w toku ewolucji wykształciły szereg przystosowań, aby przetrwać zarówno w organizmie żywiciela, jak i w świecie zewnętrznym. Na szczególną uwagę zasługuje motylca wątrobowa (*Fasciola hepatica*), która wykorzystuje rozmnażanie partenogenetyczne już w stadium larwalnym. Z momentem dostania się larwy do żywiciela pośredniego (błotniarki moczarowej) i osadzenia w trzustko-wątrobie, miracidium przekształca się w sporocystę wypełnioną komórkami rozrodczymi. Na drodze młodorództwa powstają ogromne liczby kolejnych stadiów larwalnych- redii, które kontynuują w bardzo krótkim czasie rozmnażanie partenogenetyczne i wydają na świat tysiące cercarii [1]. Pedogeneza umożliwia dla pasożyta szybkie zwiększenie liczebności larw w obrębie jednego żywiciela bez potrzeby kopulacji z osobnikiem płci przeciwnej. Pomimo tego, iż zmienność genetyczna wśród osobników potomnych jest mała, dzięki stałym warunkom w organizmie błotniarki oraz zdolności cercarii do przekształcenia się w formy przetrwalnikowe w środowisku zewnętrznym (metacerkarie), motylca wątrobowa jest w stanie doprowadzić do zamknięcia cyklu rozwojowego.



Rys. 1 Cykl życiowy motylcy wątrobowej; Symbolem „P!” oznaczono miejsca zachodzenia partenogenezy. Źródło: „Biologia na czasie 1” M. Guzik 2015

Houston, mamy problem! Gdzie podziały się wszystkie samce?

Wyjątkowym przypadkiem w świecie zwierząt jest kilka rodzajów ryb, płazów i gadów, które rozmnażają się wyłącznie przez skomplikowany rodzaj partenogenezy, gdzie następuje podwojenie liczby chromosomów po mejozie i wydanie diploidalnego potomstwa. Przykładowo, aż 15 gatunków jaszczurek z rodzaju *Aspidoscelis* składa się wyłącznie z dzieworódczych samic, ponieważ w ich populacjach nie występują osobniki męskie, jednak przedstawicielki *Aspidoscelis* poradziły sobie z tym problemem- rozmnażają się na drodze partenogenezy obligatoryjnej (stałej) [2], [6]. W czasie godów samice pseudokopulują- jedna z nich naśladuje samca, co ma związek ze zmianami hormonalnymi (wykres poniżej). Samice każdej pary zamieniają się rolami dwu- a nawet trzykrotnie w czasie sezonu rozrodczego. Samica wykazuje typowe zachowania żeńskie w okresie przedowulacyjnym, natomiast po owulacji, przy wysokim stężeniu progesteronu, ta sama samica przyjmuje zachowania typowe dla samca [2]. Pseudokopulacja pobudza i znacznie zwiększa wydajność rozmnażania partenogenetycznego. Izolowane jaszczurki składają niewiele jaj w porównaniu z osobnikami, które tworzyły pary [9]. Dzieworódcze jaszczurki prawdopodobnie wyewoluowały z gatunków, u których występowała płęć męska i żeńska, dlatego do osiągnięcia maksymalnego sukcesu rozrodczego nadal potrzebują bodźców seksualnych [2]. Partenogeneza pobudzana pseudokopulacją jest jedynym wyjściem dla *Aspidoscelis* na zapewnienie ciągłości gatunków.



Rys. 2 Zachowania seksualne u partenogenetycznych jaszczurek. Źródło: „Biologia” N. A. Campbell, J. B. Reece



Rys. 3 Partenogenetyczne jaszczurki *Aspidoscelis uniparens* w trakcie pseudokopulacji. Źródło: Google grafika

Dzieworódczość może być ostatnią deską ratunku dla samic, które wyczerpały już wszystkie inne możliwości znalezienia partnera. Takie zjawisko zdarza się najczęściej w izolowanych hodowlach zamkniętych. Sensacyjnym przypadkiem była dzieworódcza ciąża Tibdit- samicy żarłacza czarnopłetwego (*Carcharhinus limbatus*) pozostawionej w izolacji od samców przez 8 lat. Tibdit zdechła jeszcze przed porodem, lecz pomimo wielu hipotez, że samica zaszła w ciążę na drodze rozmnażania płciowego, ostateczny wynik potwierdziły badania- potomstwo było genetycznie identyczne do matki, nie znaleziono śladów DNA innego osobnika. Był to pierwszy udokumentowany przypadek dzieworódczości wśród gatunku, który w warunkach środowiska naturalnego rozmnaża się wyłącznie płciowo. W późniejszych latach odnotowano kolejne przypadki dzieworódczego potomstwa rekinów żyjących w hodowlach zamkniętych [9].

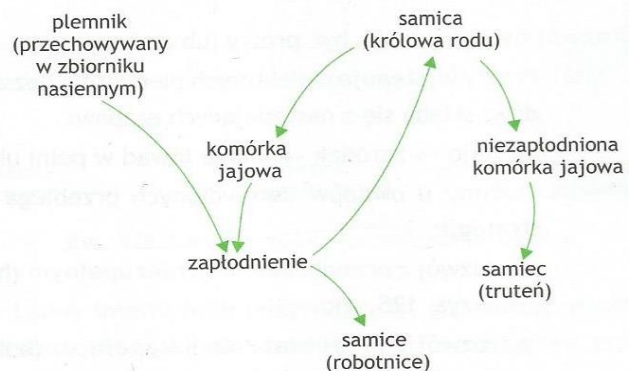
W podobnych sytuacjach zdolność do składania partenogenetycznych jaj zyskują także samice waranów z wysp Komodo (*Varanus komodoensis*) [11]. Grupa brytyjskich naukowców odkryła to zjawisko na podstawie obserwacji i badań materiału genetycznego potomstwa dwóch samic, które przebywały w angielskich ogrodach zoologicznych w całkowitej izolacji od samców przez 2 lata. Jedna z nich zniósła 11 dzieworódczych jaj, z których wykuło się zdrowe potomstwo, zaś druga zniósła 4. Po przeprowadzeniu badań DNA naukowcy stwierdzili, że osobniki potomne są w 100% identyczne genetycznie względem matek [8], [11].

Kiedy silne i „niezależne kobiety” jednak potrzebują samca

Pszczoły (*Apis*) są najbardziej docenianym gatunkiem owadów przez człowieka. Szczególny respekt budzą robotnice- to właśnie one są odpowiedzialne za zdobywanie pożywienia, budowę i ochronę ulu, opiekę nad potomstwem i królową. Mogłoby się wydawać, że ogromna żeńska populacja mogłaby sobie poradzić jedynie w damskim gronie, jednak dzielne samice nie byłyby w stanie przetrwać i zachować różnorodność genetyczną bez samca. Tylko skąd mają go wziąć? Odpowiedzią jest zdolność królowej roju do wykształcania komórek jajowych mogących się rozwijać zarówno po zapłodnieniu plemnikiem, jak i na drodze samodzielnej partenogenezy. Z zapłodnionych jaj wykuwają się diploidalne samice, natomiast z jaj dzieworódczych- haploidalne samce [7]. W takim przypadku, gdzie osobniki mogą się rozwijać zarówno z gamet zapłodnionych jak i niezapłodnionych, mówimy o partenogenezie fakultatywnej. W wyjątkowych przypadkach, gdy zabraknie królowej, mogą pojawić się również trutówki- pszczoły robotnice, które w odpowiednich warunkach uzyskują zdolność do rozmnażania. Składają one jaja, nie mają jednak zdolności do kopulacji i zapłodnienia. Z tak złożonych jaj mogą jednak wykuć się tylko trutnie [3].



Rys. 4 Haploidalny samiec pszczoły miodnej- truteń. Źródło: Google grafika

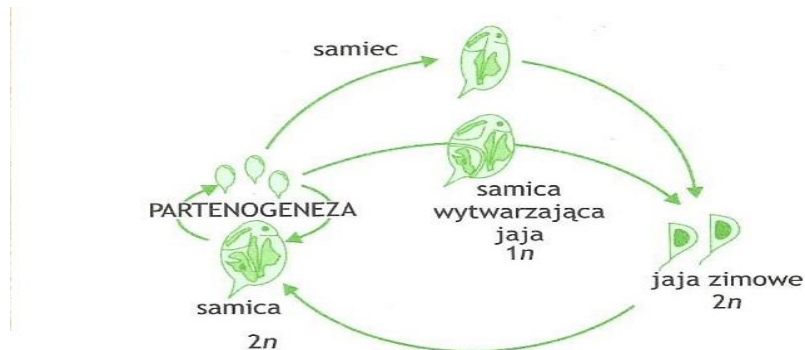


Rys. 5 Cykl życiowy pszczoły miodnej. Źródło: „Biologia. Bezkręgowce” B. Bukata 2012

Jaki piękny dzień na partenogenezę!

Niektóre zwierzęta zdołały przystosować swoją reprodukcję do warunków pogodowych. Dobrym przykładem są rozwielitki (*Daphnia*)- malutkie skorupiaki wodne, które mają zdolność zarówno do rozrodu płciowego jak i partenogenetycznego. Jesienią i zimą, gdy warunki nie są sprzyjające, dafnie stawiają na jak największą różnorodność genetyczną wśród populacji, aby zapewnić jej ciągłość. Rozmnażają się wtedy płciowo, a jaja składane przez samice są dodatkowo osłonięte i przybierają charakter przetrwalnikowy. Kiedy temperatura wzrasta, w okresie wiosenno-letnim rozwielitki przechodzą na intensywne rozmnażanie partenogenetyczne. Z niezapłodnionych jaj rozwijają się kolejne pokolenia samic, co pozwala na szybkie zwiększenie populacji i efektywniejsze przejście do rozmnażania płciowego jesienią, za czym idzie większa produkcja zapłodnionych jaj.

Kiedy rozmnażanie płciowe i partenogeneza występują cyklicznie, mówimy o heterogonii [5]. Jest to dobry sposób na wykorzystanie zarówno sprzyjających, jak i niesprzyjających pór roku na rozmnażanie, bez potrzeby hamowania cyklu rozwojowego na czas chłodnych dni.



Rys. 6 Cykl życiowy rozwielitki. Źródło: „Biologia. Bezkręgowce” B. Bukala 2012

Innym przykładem wykorzystania zmiennych warunków środowiska do doboru sposobu rozmnażania są wrotki (*Rotifera*). Niektóre gatunki produkują dwa typy partenogenetycznych jaj. Gdy środowisko jest sprzyjające, z jednego typu jaj powstają wyłącznie samice. Gdy warunki ulegną pogorszeniu, z drugiego typu jaj rozwijają się samce o uproszczonej budowie, które nawet się nie odżywiają. Żyją tylko tyle, aby móc zapłodnić komórki jajowe, z których rozwiną się przetrwalnikowe zygoty, mogące przeżyć wysuszenie zbiornika wodnego lub silne mrozy. Gdy warunki poprawią się, zygota przerywa stan uśpienia i rozwija się w nowe pokolenie partenogenetycznych samic, które rozmnażają się dzieworódczo do czasu, aż warunki ulegną pogorszeniu [2], [6]. Dostosowanie sposobu rozrodu do warunków środowiska pozwoliło rozwielitkom i wrotkom na uzyskanie maksymalnej wydajności rozrodczej bez zagrożenia wyginięcia populacji w czasie niekorzystnych warunków klimatycznych.

Partenogeneza w połączeniu z dobrym menu

Ciekawym przypadkiem, w którym zwierzę wybiera rodzaj rozmnażania jest sytuacja znienawidzonej przez ogrodników mszycy burakowej (*Aphis fabae*). W zależności od rodzaju diety, którą stosuje owad może się on rozmnażać płciowo lub partenogenetycznie. Pokolenie płciowe żeruje na trzmielinie, która jest średnio zasobna w składniki odżywcze dla mszyc. Wtedy owady rozmnażają się płciowo, w celu wytworzenia jak najlepszych genotypów, które będą poszukiwać lepszych źródeł pożywienia. W momencie, gdy osiadą na buraki, bób i fasolę, mszyce przechodzą na rozmnażanie partenogenetyczne [7]. Dzięki temu owady gwałtownie zwiększają liczbę osobników swojej populacji, co daje szansę na przetrwanie kolejnym pokoleniom, które będą żerować na trzmielinie. Przez to, że mszyca burakowa jest polifagiem (odżywia się różnymi rodzajami pokarmu) i rozmnaża się partenogenetycznie, stanowi bardzo ciężkiego wroga do pokonania dla ogrodników i działkowców [3].

Podsumowanie

Z ewolucyjnego punktu widzenia rozród dzieworodny, choć nie daje wysoko zróżnicowanego genetycznie potomstwa, stanowi bardzo ważny czynnik zapewnienia istnienia poszczególnych gatunków, szczególnie jeśli towarzyszy rozmnażaniu płciowemu. Populacje składające się z dzieworodnych samic są zazwyczaj o wiele bardziej wydajne rozrodczo niż populacje o równomiernie rozłożonej liczbie płci osobników, ponieważ to właśnie płęć żeńska, zdolna do wydania potomstwa, decyduje o rozrodności gatunku [4]. Oprócz tego, partenogeneza nie wymaga partnera seksualnego, co znacznie ułatwia rozmnażanie w trudnych warunkach środowiska, kiedy najwyższą ceną jest wytworzenie jak największej liczby osobników potomnych. W przypadku pasożytów, partenogeneza znacznie zwiększa szansę na sukcesywne zamknięcie cykli rozwojowych, co często stanowi duży problem wśród tych organizmów. Rozród dzieworódzcy jest zdecydowanie ważną adaptacją zwierząt zapewniającą im przetrwanie.

Literatura

1. Buwała Barbara 2012 Biologia. Bezkręgowce. Kraków: Wydawnictwo Szkolne OMEGA 89- 93, 143, 148-149,
2. Campbell Neil A. , Reece Jane B. i inni 2015 Biologia. Poznań: Rebis 676-677, 998-999
3. Ewy Zygmunt 1967 Zarys Fizjologii Zwierząt. Warszawa: Państwowe Wydawnictwa Naukowe 455-493
4. Kimball John W. 1979 Biologia. Warszawa: Państwowe Wydawnictwa Naukowe 363
5. Lewiński Waldemar 1996 Biologia. Fizjologia zwierząt. Reda: Operon 151-153
6. Solomon Eldra P. 2011 Biologia. Warszawa: Multico 937
7. Joachimiak Andrzej, Grabowska- Joachimiak Aleksandra 1996 Dzieworództwo. Wiedza i Życie IV (4)
8. <http://www.biolog.pl/article3963.html>
9. <http://www.ekologia.pl/srodowisko/przyroda/sztuczki-natury-rozmnazanie-bez-samcow,5167.html>
10. <http://www.terrarium.com.pl/1090-partenogeneza-u-plazow-i-gadow/>
11. <http://www.terrarium.com.pl/15538-partenogeneza-u-waranow-z-komodo/>