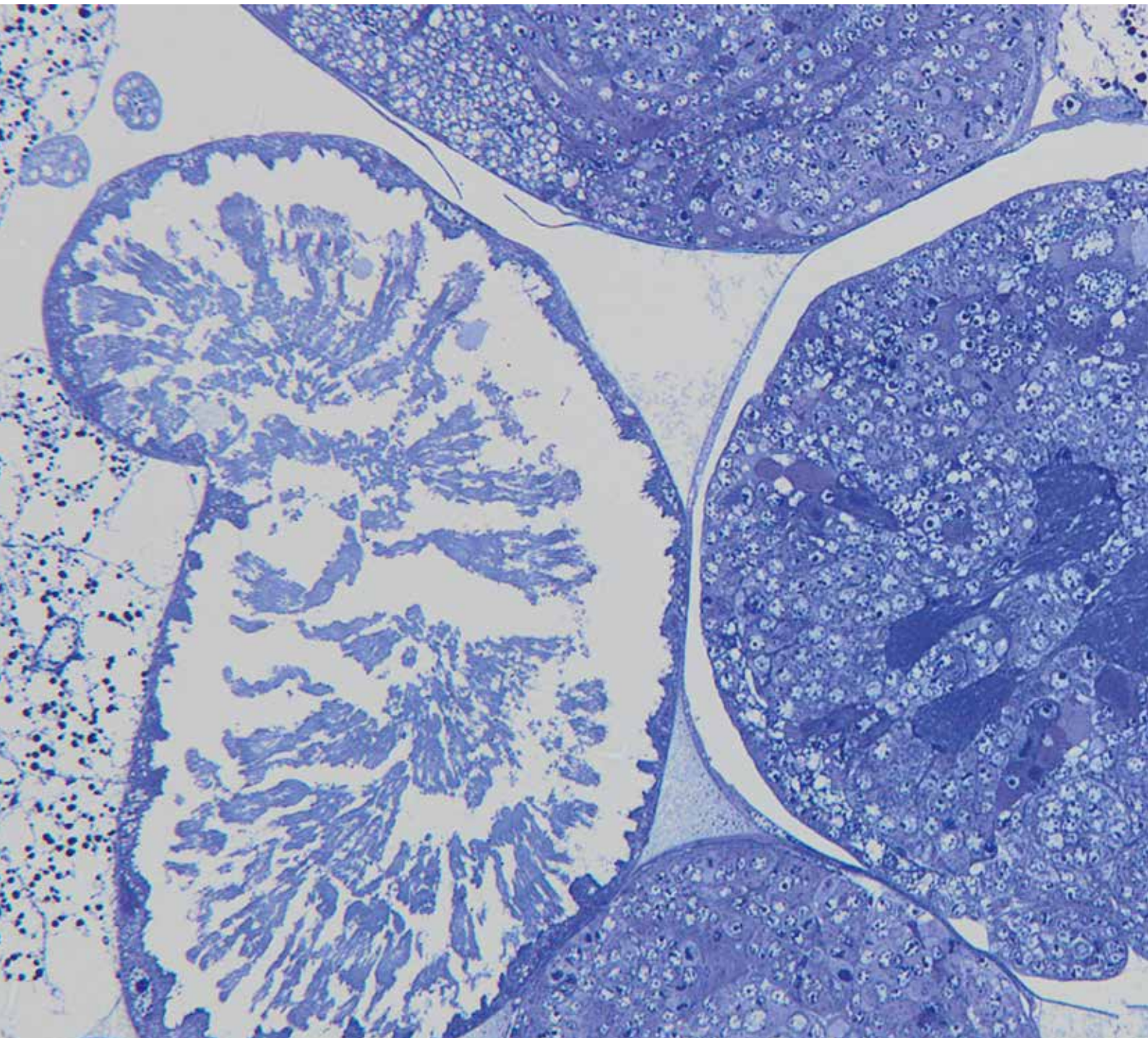




dr Małgorzata Kłoskowicz

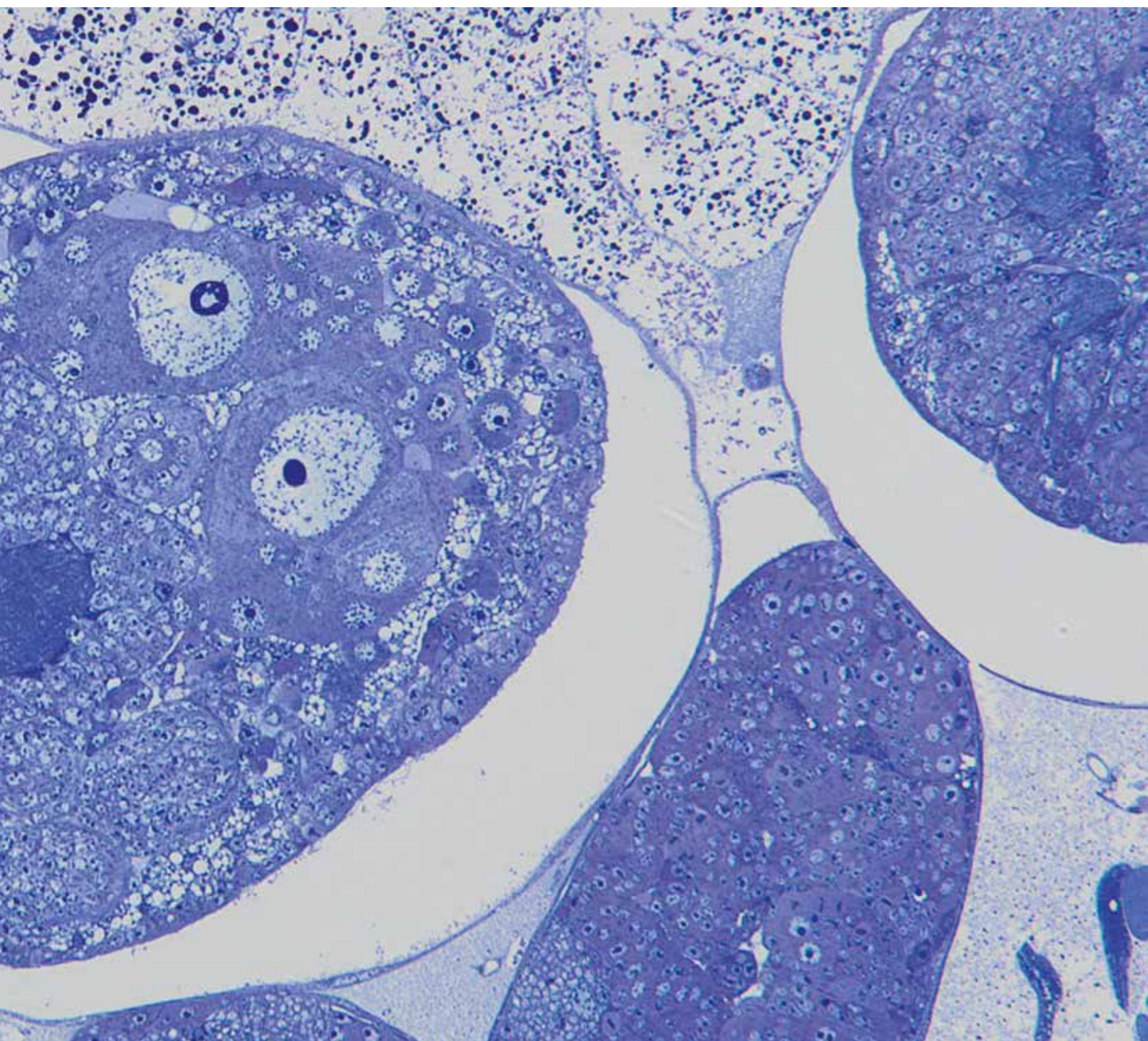
Jak to możliwe, że królowa-dziewica, która nie była w stanie wylecieć z ula na swój pierwszy i jedyny lot godowy, złożyła niezapłodnione jaja? Co więcej: z jaj wylęgły się zdolne do życia samce, czyli trutnie. To pytanie musiał zadać sobie ks. Jan Dzierżon, żyjący na przełomie XIX i XX wieku pszczelarz, pasjonat i wynalazca prototypu współczesnego ula, gdy po raz pierwszy zaobserwował zjawisko dzieworództwa u pszczół. Dziś wiemy, że naturalna partenogeneza (dzieworództwo) jest obserwowana nie tylko u owadów i wielu innych bezkręgowców, lecz również u ryb, płazów, gadów czy ptaków. Nie występuje u ssaków, choć, jak pokazały eksperymenty, można ją sztucznie wywołać u myszy. U ludzi jak na razie nie.

Wnętrze ciała larwy dzieworodnej mszycy *Cinara cupressi*, w której widoczne są liczne zarodki kolejnego pokolenia dzieworodnych samic. Dzieworodne mszycy nie składają jaj, tylko rodzą córki, w których są już rozwijające się wnuczki | fot. Piotr Świątek, Karina Wieczorek



# CÓRKI RODZĄ CÓRKI, A DZIEWICE – SAMCE

DZIEWORÓDZTWO MSZYC, PSZCZÓŁ  
I... CZŁOWIEKA?



## SKANDALICZNY EKSPERYMENT NATURY

Wszystko, co dzieje się w naturze, służy przetrwaniu. Jeśli od czasu do czasu natura eksperymentuje, to tylko po to, by mogli przetrwać ci, którzy się szybciej i lepiej rozmnażają. Partenogeneza, jeśli spojrzymy na nią przez pryzmat procesów płciowych, jest takim właśnie rodzajem eksperymentu natury, dzięki któremu w określonych warunkach można zoptymalizować koszty związane z rozmnażaniem płciowym. Ekonomia przede wszystkim!

Pierwszym z poniesionych sporych wydatków jest koszt istnienia samców. Z perspektywy przetrwania gatunku ich jedyną rolą jest dostarczanie połowy potrzebnych genów. Gamety męskie są nie tylko tanie, lecz również produkowane w nadmiarze. Wystarczyłby więc jeden samiec zdolny do zapłodnienia wielu samic. Tymczasem w naturze mamy po równo przedstawicieli obu płci, co w praktyce oznacza, że rozmnaża się zaledwie 50% populacji. Z perspektywy głównego celu, jakim jest przetrwanie, mamy do czynienia z marnotrawstwem w czystej postaci.

Drugi wydatek poniesiony w związku z rozmnażaniem płciowym to koszty mejozy, polegające na tym, że musimy podzielić się swoimi genami z partnerem płciowym, by mieć potomstwo. Nie skłonujemy np. Marii Skłodowskiej-Curie. Jej dzieci dostały połowę genów matki i połowę genów ojca, dlatego będą inne niż każdy z rodziców. W rozmnażaniu płciowym musi zatem dojść do mieszania genów w naszym potomstwie. I tu wracamy do początku. Naukowcy szukali odpowiedzi na pytanie, dlaczego dobre układy genów są rozbijane. Doszli do wniosku, że ich mieszanie daje nam pewną przewagę polegającą na większych szansach na przetrwanie. Każdy potomek w rozmnażaniu płciowym jest inny. Ten lepiej dopa-

sowany do danych warunków przetrwa i rozmnoży się, a dopasowany gorzej nie rozmnoży się i wyginie.

Czy jest to satysfakcjonujące wyjaśnienie istnienia kosztów związanych z rozmnażaniem płciowym? Trudno powiedzieć. W naturze zwykle wszystko jest o wiele bardziej skomplikowane.

Przyjrzyjmy się więc sytuacjom, w których natura odchodzi od rozmnażania płciowego. Innym wyjściem może być partenogeneza lub hermafrodytyzm (obojnactwo, powszechne wśród roślin).

Partenogeneza, mówiąc najogólniej, jest rozmnażaniem bez udziału samców i, co za tym idzie, bez zapłodnienia. Gdy jednak przyjrzymy się jej z bliska, zobaczymy całe bogactwo rozwiązań. Już teraz znamy kilkanaście przepisów, które odkryła natura, na pozyskanie kolejnych pokoleń córek i synów pozbawionych „ojców”. W przypadku bezkręgowców i niektórych kręgowców zapewne jest to efekt przetrwania i ekonomizacji kosztów związanych z rozmnażaniem płciowym w określonych warunkach środowiska. Ewentualnie czy wręcz skandalem ewolucyjnym są wrotki bdelloidalne. Tak przynajmniej stwierdził jeden z najsłynniejszych ekspertów w dziedzinie biologii ewolucyjnej prof. John Maynard Smith. Z obliczeń opartych na modelach wynika, że po około 10 000 pokoleń tak rozmnażający się gatunek powinien wyginać. Tymczasem samice wrotków od setek milionów lat nie widziały na oczy samców, a mimo to są wszędzie na świecie i świetnie sobie radzą.

Pierwsze udokumentowane obserwacje partenogenezy pojawiły się już w połowie XVIII wieku. Charles Bonnet, szwajcarski filozof i przyrodnik, który interesował się mszycami, zauważył, że niektóre samice rodzą kolejne pokolenia samic bez

kopulacji. Córki rodzą córki, które rodzą córki. Jest to doskonały przykład połączenia błyskawicznej kolonizacji z przetrwaniem. Kto raz spotkał je na swoich roślinach, ten wie, jak szybko potrafią skolonizować każdą zieloną przestrzeń.

Mszyce rozmnażają się zarówno płciowo, jak i bez udziału samców. Zapłodnione jaja mszyc są składane na zimę, w ten sposób gatunek jest w stanie przetrwać najtrudniejszy okres. Na wiosnę z jaj wylęgają się samice nazywane *fundatrix*, czyli założycielki rodu. Pojedyncza samica szuka rośliny żywicielskiej. Gdy na taką trafi, błyskawicznie zaczyna ją kolonizować, rodząc córki, swoje klony. W rodzącej się larwie już jest następny zarodek, co sprawia, że samice przypominają matrioszki. Przybywa ich w postępie geometrycznym. Gdy kończy się jesień, wszystko się zmienia. Samice zaczynają składać jaja dwóch rodzajów. Z jednych rozwijają się samice, z drugich samce. To jest już pokolenie seksualne, które rozmnażać się będzie płciowo, a powstające w ten sposób jaja przygotowane są do zimowania i cały proces się powtarza.

Pszczoły mają nieco inny pomysł na przetrwanie. Raz w życiu młode królowe wylatują z ula na lot godowy. Mają kontakt z co najmniej jednym trutniem i w wyniku tego spotkania gromadzą plemniki w specjalnych pęcherzykach na całe swoje życie. Wracają do ula, po czym składają zapłodnione w ten sposób jaja, z nich zaś rodzą się tylko samice – nawet kilkadziesiąt tysięcy siostr tworzących jeden rój. Gdy kończy się zapas plemników w pęcherzykach, wtedy dochodzi do rozmnażania bez udziału samców. Partenogeneza w przypadku pszczół polega na składaniu haploidalnych niezapłodnionych jaj, z których zawsze wylęgają się trutnie.



Mszyce mleczne *Aphis nerii* | fot. Wirestock – Freepik.com

## SKANDALICZNY EKSPERYMENT CZŁOWIEKA

W przypadku partenogenezy wielką zagadką był przede wszystkim sposób pobudzenia komórki jajowej. W rozmnażaniu płciowym ten proces inicjuje plemnik. Nie bez powodu używa się metafory całowania śpiącej królowej, którą w tym przypadku jest nieaktywny oocyt. Plemnik przekazuje impuls elektryczny i enzymatyczny, pobudzając tym samym komórkę jajową. Naukowcy doszli do wniosku, że musi pojawiać się inny bodziec, uruchamiający w przypadku niektórych zwierząt rozmnażanie partenogenetyczne. Pod koniec XIX wieku biolodzy wykonali szereg eksperymentów, aby zrozumieć to zjawisko. Nakłuwali komórkę jajową, pocierali różnymi narzędziami, np. szklaną pipetą, używali roztworu soli, aby sprawdzić, w jaki sposób dochodzi do pobudzenia. Co ciekawe, w wyniku tych działań zarodki rzeczywiście się rozwijały, choć bardzo rzadko. Naukowcy zastanawiali się także, dlaczego naturalna partenogeneza nie występuje u ssaków. Biolodzy doszli do

wniosku, że przyczyną może być tzw. rodzicielskie piętno genomowe (imprinting genomowy). Odkryli, że istnieje pewien mechanizm molekularny zabezpieczający organizm ssaków przed rozmnażaniem bez udziału samca. Otóż DNA dostarczane potomstwu przez matkę i ojca jest inaczej naznaczone (przez dodanie grup metylowych) wedle wzorca charakterystycznego dla danej płci. U myszy wykazano, że zarodek rozwija się tylko wtedy, gdy jeden określony gen ma piętno matki, drugi – ojca. Dopiero współdziałanie obu genomów zapewni życie potomstwu. Natura zabezpieczyła więc ssaki przed ucieczką od wysokich kosztów rozmnażania płciowego.

Mimo to w XX wieku rozpoczęły się intensywne badania wykorzystujące wiedzę z biologii molekularnej, które miały doprowadzić do sztucznej partenogenezy u ssaków. W 2004 roku opublikowane zostały wyniki eksperymentów, które zakończyły się sukcesem. Naukowcy z Japonii znaleźli rozwiąza-

nie pozwalające „obejść” mechanizm zabezpieczający – jeden z genomów samiczych przeprogramowano na męski. Ze stu zarodków myszy domowej, które powstały z połączenia materiału genetycznego dwóch samic, przeżyły dwa, reszta miała wiele poważnych wad rozwojowych. Tylko jeden zarodek dożył wieku dorosłego i był płodny. Myszy nadano imię Kaguya.

Tego typu badania budzą różne emocje i wiele pytań. Czy w przyszłości sztuczna partenogeneza mogłaby dotyczyć także ludzi? Jakie byłyby jej konsekwencje oraz etyczne uzasadnienie tego typu eksperymentów? Nie uniknęlibyśmy skojarzeń z wizjami modyfikowanych genetycznie organizmów produkowanych na skalę masową w fabrykach ludzi. Jeśli będziemy w stanie legalnie edytować geny, możemy projektować swoje własne, udoskonalone kłony. Będziemy mogli pozbyć się płci, rasy, a może i ciała. Córki będą mogły rodzić córki, a dziewczęta – samce. Tylko czy mężczyźni będą jeszcze potrzebni?

✉ prof. dr hab. Piotr Świątek  
Instytut Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska  
Wydział Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Śląski  
piotr.swiatek@us.edu.pl