

4. Branon, TC; Bosch, JA; Sanchez, AD; Udeshi, ND; Svinkina, T; Carr, SA; Feldman, JL; Perrimon, N; Ting, AY. (2018). Efficient proximity labeling in living cells and organisms with TurboID. *Nature Biotechnology* 36: 880 - 887.
5. Chen, K; Arnold, FH. (1993). Tuning the activity of an enzyme for unusual environments: sequential random mutagenesis of subtilisin E for catalysis in dimethylformamide. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 90: 5618 - 5622.
6. Eigen, M; Gardiner, W. (1984). Evolutionary molecular engineering based on RNA replication. *Pure and Applied Chemistry* 56: 967 - 978.
7. Hult, K; Berglund, P. (2003). Engineered enzymes for improved organic synthesis. *Current Opinion in Biotechnology* 14: 395 - 400.
8. Kłys, A. Słownik łańcisko - polski, polsko - łańciski. Wydanie 1. (2012). Wydawnictwo Level Trading, Czerica.
9. Kuchner, O; Arnold, FH. (1997). Directed evolution of enzyme catalysts. *Trends in Biotechnology* 15: 523 - 530.
10. Sandgren, M; Gualfetti, PJ; Shaw, A; Gross, LS; Saldajeno, M; Day, AG; Jones, TA; Mitchinson, C. (2003). Comparison of family 12 glycoside hydrolases and recruited substitutions important for thermal stability. *Protein Science* 12: 848 - 860.
11. Scientific Background on the Nobel Prize in Chemistry 2018, Stockholm, doi: <https://www.nobelprize.org/uploads/2018/10/advanced-chemistryprize-2018.pdf>.
12. [www.atum.bio/company](http://www.atum.bio/company)
13. [www.creative-enzymes.com/](http://www.creative-enzymes.com/)
14. [www.thermofisher.com/pl/en/home/life-science/cloning/gene-synthesis/directed-evolution.html](http://www.thermofisher.com/pl/en/home/life-science/cloning/gene-synthesis/directed-evolution.html)

Agnieszka Gibała, Joanna Szaleniec, Maciej Szaleniec. Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera, Polskiej Akademii Nauk. Wydział Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. E-mail: [ncszalen@cyfronet.pl](mailto:ncszalen@cyfronet.pl)

## NIEZWYKŁE ENDOPASOŻYTY – ROZŁOGOWCE

*Agnieszka Szalaj, Władysława Jankowska, Monika Żelazowska (Kraków)*

### Streszczenie

Rozłogowce (Rhizocephala) są endopasożytniczymi skorupiakami morskimi z grupy wąsonogów (Cirripedia). Wyróżniają się licznymi przystosowaniami do pasożytnictwa i niezwykłym cyklem życiowym. Samica żyje w jamie ciała innych skorupiaków z rzędu dziesięcionogów (Decapoda), jak np. krabów czy krewetek. Jej dojrzała postać w żaden sposób nie przypomina znanych powszechnie skorupiaków. Składa się ona z sieci rurek wnikaających w narządy wewnętrzne żywiciela i części rozrodczej znajdującej się na zewnątrz jego ciała. Powoduje ona zahamowanie linienia swego żywiciela i może przyczyniać się do nieodwracalnej degeneracji gonad jego samców. W cyklu życiowym pasożyta występują larwy cyprysowe, które spełniają rolę samców (są to tzw. karłowate samce).

### Abstract

Rhizocephalans are endoparasitic marine crustaceans in Cirripedia systematic group. They represent numerous adaptations to parasitism and their life cycle is exceptional. Female lives in the body cavity of crustaceans belonging to order Decapoda, such as the crabs and shrimps. The body of the matured female differs from that in other crustaceans. It consists of tubes that invade internal organs of the host and of the external part which is involved in the reproduction. Female affects (stops) molting of the host and may cause irreversible degeneration of gonads in it males. In the life cycle the cyprises that play a role of males, the so-called dwarf males are present.

## Endopasożyty

Zgodnie z powszechnie zaakceptowaną wiedzą ścisły związek biologiczny pomiędzy dwoma organizmami (gatunkami), który jest korzystny lub niezbędny przynajmniej dla jednego z nich to *symbioza*. Jednym z rodzajów symbiozy jest *komensalizm*, polegający na tym, że obaj partnerzy czerpią korzyści ze wspólnego życia i żaden z nich nie wyrządza drugiemu krzywdy. *Pasożytnictwo* natomiast jest to rodzaj współżycia dwóch organizmów (gatunków), w którym jeden organizm (pasożyt) czerpie korzyści, drugi (żywiciel) ponosi szkody. Jest to więc ściśle wyspecjalizowany związek o charakterze antagonistycznym, w którym tylko pasożyt jest uzależniony od żywiciela i bez niego ginie. Pasożyt może żyć na żywicielu (*ektopasożyt*) lub w żywicielu (*endopasożyt*). W trakcie ewolucji endopasożyty wykształciły cały szereg przystosowań (budowa ciała, metabolizm i cykl rozwojowy) pozwalających na przetrwanie i efektywne rozmnażanie się. Układ odpornościowy żywiciela nie walczy z nimi skutecznie. Są one też przyczyną zmian hormonalnych w organizmie i przez to mają wpływ na ekspresję genów i fenotyp żywiciela.

Rozłogowce klasyfikowane są jako nadrząd w obrębie infragromady wąsonogów (Cirripedia), należącej do gromady Maxillopoda w podtypie skorupiaków (Crustacea) i typu stawonogów (Arthropoda). Nadrząd Rhizocephala obejmuje dwa rzędy: Kentrogonida (z trzema rodzinami) i Akentrogonida (z sześcioma rodzinami) [1]. W języku polskim nazywane są także korzeniogłowymi lub rozgłowcami [2, 8, 9]. Nazwa łacińska tego taksonu, Rhizocephala, pochodzi od greckich słów *ρίζα* (rhiza, „korzeń”) i *κεφαλή* (cephale, „głowa”). Rhizocephala są grupą monofiletyczną, która wyewoluowała z epibiotycznych wąsonogów (tzn. żyjących na powierzchni ciała innych skorupiaków) [7]. Są one morskimi, kosmopolitycznymi skorupiakami, których samice pasożytują w innych skorupiakach, głównie z rzędu dziesięcionogów (Decapoda), jak: krewetki, raki, kraby, homary, langusty itp. Niektórzy badacze uznają je za przykład połączenia pasożytnictwa zewnętrznego z pasożytnictwem wewnętrznym [4]. Ciało samicy uległo znacznemu przekształceniu i w żaden sposób nie przypomina znanych powszechnie skorupiaków. Samice utraciły trzy podstawowe części (tagmy), z których zbudowane są ciała innych skorupiaków, czyli głowę, tułów i odwłok. Nie ma charakterystycznej dla stawonogów segmentacji ciała, żadnych przydatków (np.: odnóża, czułki itp.) oraz wszystkich charakterystycznych dla tej największej grupy zwierząt narządów wewnętrznych, za wyjątkiem gonad, kilku mięśni i zredukowanego układu nerwowego.

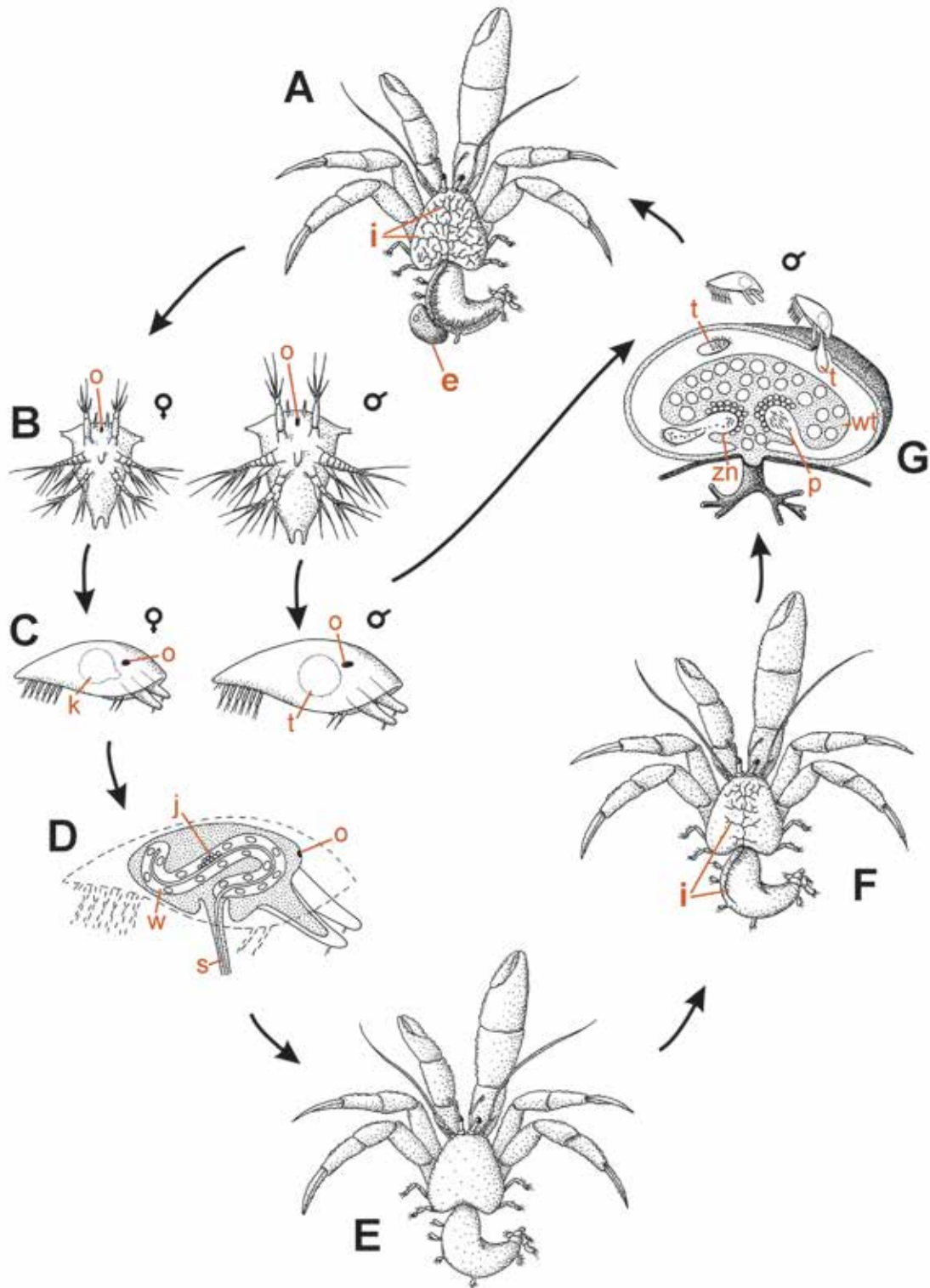
Część ciała samicy, która żyje w jamie ciała żywiciela to tzw. **interna** (Ryc. 1 A). Stanowi ona rozbudowany system rozgałęzionych i ślepo zakończonych rurek, za pomocą których samica pobiera substancje odżywcze zawarte w hemolimfie [10, 11, 15, 16]. Część ciała samicy, która po osiągnięciu dojrzałości płciowej wyrasta z interny na zewnątrz pokrycia ciała żywiciela, to **eksterna** (Ryc. 1 A, Ryc. 2). Eksterna jest połączona z interną za pomocą stylika i uczestniczy w rozmnażaniu [4, 5, 16]. Wielkość ciała samicy pasożyta jest skorelowana dodatkowo z wielkością ciała żywiciela [15].

Spośród innych wąsonogów, jak kaczenice (rodzaj *Lepas*) czy pąkle (rodzaj *Balanus*), rozłogowce wyróżniają się niezwykłym cyklem życiowym, w którym także samce uległy redukcji. Samice rozłogowców oddziałują na układ dokrewny żywicieli, wpływając na linienie i rozmnażanie [10, 11]. Jednym z najlepiej przebadanych gatunków jest worecznica rakowata, *Sacculina carcini* (rzęd: Kentrogonida, rodzina: Sacculinidae), pasożyt kraba *Carcinus maenas* [4, 12, 13, 14]. Pasożyt ten zaraża ok. 50% populacji tego kraba. Innym gatunkiem jest *Loxothylacus panopaei*, który należy do tej samej rodziny i jego żeńskie młodociane postacie zostały opisane w tym artykule. Gatunek ten jest pasożytem kraba *Rhithropanopeus harrisi* [6]. Do rzędu Kentrogonida należy też gatunek *Peltogaster paguri* (rodzina: Peltogastridae), który jest pasożytem pustelników (rodzina: Paguridae) (ryc. 3) [5, 7, 8]. W kolejnych podrozdziałach opisano cykl rozwojowy, budowę interny i eksterny samicy oraz samce tych endopasożytów.

Larwami występującymi w cyklu rozwojowym Kentrogonida są pływik (*nauplius*) i larwa cyprysowa (*cypris*), która nie posiada przewodu pokarmowego. W tym rzędzie występują też postacie, które powstają z larw cyprysowych. Są to kentrogon (płci żeńskiej) i trichogon (płci męskiej). Wśród Akentrogonida obecne jest tylko jedno wolnożyjące stadium larwalne – *cypris* [10, 11, 17]. Płeć rozłogowców zostaje zdefiniowana na początku rozwoju zarodkowego. Uważa się, że jest determinowana genetycznie (Kentrogonida) lub też może zależeć od czynników środowiskowych (determinacja epigenetyczna - Akentrogonida) [10, 11, 17].

## W jaki sposób samica dostaje się do ciała żywiciela?

W eksternie, w jajnikach dojrzałych płciowo samic niektórych gatunków z rzędu Kentrogonida produkowane są komórki jajowe, które różnią się wielkością [8, 9, 11, 17]. Z zapłodnionych małych jaj wylęgają się żeńskie larwy – **pływiki**. Z jaj dużych wylęgają się większe pływiki męskie (ryc. 1 B) [17]. Pływiki



Ryc. 1. Cykl rozwojowy rozłogowców z rzędu Kentrogonida.

Pustelnik bernardyn (*Eupagurus bernhardus*) jest żywicielem rozłogowca *Peltogaster paguri* z rodziny Peltogastridae [5, 7, 8]. *Loxothylacus panopaei* (rodzina Sacculinidae) jest pasożytem krabów *Rhithropanopeus harrisi* [6].

A. Dojrzała samica rozłogowca, interna (i), eksterna (e) w ciele kraba pustelnika. B. Pływaki, oko naupliusowe (o). C. Larwy cyprysowe, oko (o), kentrogon (k), trichogon (t). D. Larwa cyprysowa rozłogowca *L. panopaei* przeobraża się w kentrogon (wykropkowano), który zawiera wermigon (w), oko (o), sztylet (s), „jądro” wermigona (j). E. Kentrogon zawarty w wylince larwy cyprysowej przebija sztyletem pokrycie ciała zdrowego kraba. F. W jamie ciała zarażonego kraba rozwija się zawiązek interny (i). G. W dojrzałej eksternie (na zewnątrz ciała kraba) dochodzi do zapłodnienia komórek jajowych. Wór trzewiowy (wt), zbiornik nasienia (zn), trichogon (t), plemniki (p) [wg. 11].

Rysunki: W. Jankowska.

opuszczają eksterne, aktywnie pływają i mogą bardzo oddalić się od miejsca, w którym się wylęgły [11]. Po czterokrotnym linieniu z pływików powstają **larwy cyprysowe**. Larwy cyprysowe żeńskie są mniejsze od męskich i są przyczyną zarażenia skorupiaków (Ryc. 1 C). Osiadają one na znajdujących się w ich otoczeniu zdrowych osobnikach i ich larwach (Ryc. 1 D – E). Przyczepiają się do skrzeli, do tułowia i jego odnóży lub do odwłoka za pomocą czułka, który zawiera ujście gruczołu cementowego. Za pomocą jego wydzieliny larwa przykleja się bardzo mocno do podłoża [6, 17]. W kolejnym etapie tułów oraz prawie cały układ nerwowy larwy ulegają degeneracji i zmienia się ona w postać, która nosi nazwę **kentrogon** (Ryc. 1 C–D). Ta postać okryta jest kutikulą (oskórek), ma oko naupliusowe, gruczoły cementowe oraz posiada sztylet, który wyrasta w miejscu czułka larwy cyprysowej (Ryc. 1 D). Przez sztylet do jamy ciała kraba dostaje się kolejna żeńska postać pasożyta, która powstaje z kentrogona. Jest to tzw. **wermigon** [6, 17]. Wermigon okryty jest kutikulą, która produkowana jest przez jego nabłonek. Wnętrze wypełnia jama, która jest otoczona przez komórki rdzenia oraz zawiera tzw. „jądro” (Ryc. 1 D). „Jądro” złożone jest z dwóch rodzajów komórek, są to komórki A, należące do linii płciowej, i komórki B – somatyczne. Komórki A pochodzą z grupy małych komórek, które obecne są przy tylnym końcu larwy cyprysowej oraz kentrogona i stanowią zawiązek jajnika dojrzałej samicy. Z komórek B w ciele dojrzałej samicy powstaje nabłonek okrywający eksterne. W ciele żywiciela wermigon porusza się ruchem robakowatym, trafia do serca, następnie naczyniem grzbietowym do hemolimfy w jamie ciała oraz w okolice żołądka. W tym miejscu z wermigona rozwija się zawiązek interny. Zawiązek pokryty jest od zewnątrz nabłonkiem, a w jego wnętrzu rośnie zawiązek jajnika [6].

### Budowa samicy

Interna początkowo rozwija się w bliskim sąsiedztwie jelita żywiciela, a następnie obrasta różne jego narządy (Ryc. 1 F). Następnie wnika do jelita oraz do trzustko-wątroby, obrasta także brzuszny łańcuszek nerwowy i wydziela substancje o działaniu podobnym jak neurosekret żywiciela [5, 10]. Podczas rozrastania się interny w ciele skorupiaków ściana i nabłonek zawiązka zmieniają się w rozbudowany system rurek oraz tworzą ścianę eksterny. Nabłonek rurek pokrywa się kutikulą, która tworzy liczne i cienkie wyrostki skierowane na zewnątrz. Kutikula nie linieje i wraz z nabłonkiem spełnia rolę narządu, poprzez który pasożyt wydziela enzymy trawienne na zewnątrz ciała,

a następnie absorbuje proste substancje odżywcze. Część z tych substancji jest następnie przekształcana w krople tłuszczu. Ściana rurek zawiera mięśniówkę, która pozwala na ich wyginanie się [5]. Rurki są otoczone przez cienką warstewkę kolagenu produkowanego przez żywiciela. U większości rozłogowców interna jest bezbarwna lub biała. Zielona lub żółta barwa pochodzi od biliwerdyny, która jest produktem rozkładu hemoglobiny [5].

Budowa eksterny została pokazana na ryc. 1 G. Ściana eksterny jest rozrośnięta, nosi nazwę płaszcz i zawiera pojedynczy otwór służący do „kopulacji”. Ściana okryta jest kutikulą, która ulega linieniu [10, 11]. We wnętrzu eksterny znajduje się worek trzewiowy, a w nim jajnik i zbiorniki służące do magazynowania plemników (zbiorniki nasienia) (Ryc. 1 G). Jajnik składa się z dwóch części – prawej i lewej. Każda z części jajnika połączona jest z krótkim, workowatym i gruczołowym jajowodem. Otwór jajowodu zatkany jest kutikularnym czopem. Wolna przestrzeń znajdująca się w eksternie to jama płaszczowa. W niej odbywa się rozwój zarodków i wylęgają się pływiki [11, 17].

### Karłowate samce

Rolę dojrzałych postaci samców u wszystkich gatunków rozłogowców spełniają męskie larwy cyprysowe, noszące nazwę **karłowatych samców**. Zawierają one prekursorzy męskich komórek płciowych, które wprowadzają do eksterny samicy w czasie tzw. „kopulacji” [10, 11, 17]. W rzędzie Kentrogonida „kopulacja” polega na tym, że karłowaty samiec przyczepia się za pomocą czułka do otworu płciowego w płaszczu należącym do dziewiczej eksterny (Ryc. 1 G). W to miejsce zostaje zwabiony przez wydzielinę eksterny, zawierającą hormon linienia oraz inne substancje, które są uwalniane ze zbiorników nasienia. Z czułka samca w czasie linienia eksterny wyrasta **trichogon** (Ryc. 1 C–G). Jest on okryty kutikulą i zbudowany z kilkudziesięciu komórek [6, 11]. Trichogon w rzeczywistości jest właściwym samcem, który oprócz komórek somatycznych (głównie komórek nabłonkowych) zawiera prekursorzy spermatogoniów. Trichogon biernie przemieszcza się w jamie płaszczowej dzięki ruchom płaszczu. Po pewnym czasie linieje, wnika do wnętrza zbiornika nasienia i pozostaje w nim do końca życia eksterny (Ryc. 1 G). Jego nabłonek przywiera do komórek ściany zbiornika nasienia. Za pomocą tego nabłonka trichogon pobiera substancje odżywcze produkowane i wydzielane przez zbiornik nasienia. W ten sposób zaimplantowany rozpoczyna spermatogenezę, tzn.

produkuje plemniki oraz wpływa na jajnik powodując dojrzewanie (owulację) zawartych w nim oocytów. Eksterna rozłogowców z rzędu Kentrogonida zawiera dwa zbiorniki nasienia i w każdym z nich przebywa tylko jeden trichogon (ryc. 1 G). Plemniki jednego trichogona wystarczają, aby zapłodnić komórki jajowe produkowane w prawej i lewej części jajnika. Obecność dwóch trichogonów prawdopodobnie zabezpiecza samicę na wypadek śmierci jednego z nich. Możliwe jest też, że dwa męskie osobniki są niezbędne do zapewnienia potomstwa obu płci [10, 11, 17].

wędrują aktywnie, wnikają do zbiornika nasienia i powstają plemniki. Czasami karłowatemu samcowi udaje się tak przymocować czulek do ściany eksternej, że męskie komórki płciowe dostają się bezpośrednio do jajnika. W tym przypadku, w jajniku oprócz powstających i rosnących żeńskich komórek rozrodczych (oocytów), znajdują się spermatogonia oraz powstają i dojrzewają plemniki [11, 17]. Taki jajnik przypomina gonadę obojnaczą. W innych przypadkach (rodziny: Duplorbidae i Chthamalophilidae) komórki płciowe i spermatogonia zostają otoczone na-



Ryc. 2. Eksterna rozłogowca z rodzaju *Briarosaccus* sp. (Kentrogonida, rodzina: Peltogastridae), którego żywicielem jest krab *Lithodes aequispinus*. Endicott Arm, południowo-wschodnia Alaska. Autorem fotografii jest Aaron Baldwin.

Większość gatunków z rzędu Akentrogonida nie posiada w eksternie otworów służących do kopulacji i dlatego męskie osobniki nie ulegają implantacji w zbiornikach nasienia. Męskie larwy cyprysowe wprowadzają więc komórki płciowe bezpośrednio do eksternej. Odbywa się to na różne sposoby [11, 17]. U rozłogowców z rodzaju *Clistosaccus* (rodzina: Clistosaccidae) w pobliżu jajnika znajduje się pojedynczy i lity zbiornik nasienia. Karłowate samce wprowadzają swoje komórki płciowe do tkanki łącznej płaszczu. Powstające z tych komórek spermatogonia

blonkiem w tkance płaszczu i powstają tzw. wysepki spermatogenne. Wysepki następnie trafiają do jamy płaszczowej i zachodzi spermatogeneza. W rodzinie Thompsoniidae, która obejmuje gatunki kolonijne tworzące bardzo liczne eksterny, sytuacja przedstawia się jeszcze inaczej. W eksternach, do których zdołały się przyczepić karłowate samce, oocyty przestają się rozwijać, a męskie komórki linii płciowej i powstające z nich spermatogonia przekształcają się w plemniki. Są to tzw. „męskie eksterny”. Plemniki aktywnie migrują z tych ekstern do rurek intery,

a z nich do „ekstern żeńskich”, tzn. do tych ekstern, które nie miały kontaktu z karłowatymi samcami i zawierają rozwijające się oocyty [11].



Ryc. 3. Eksterna (pomarańczowa) rozłogowca *Peltogaster* sp. (Kentrogonida, rodzina: Peltogastridae) wyrastająca z ciała pustelnika wylowionego z zatoki Saginaw Bay, Kuiu Island, Alaska. Autorem fotografii jest Aaron Baldwin.

### Samica oddziałuje na organizm żywiciela

Wykazano, że śmiertelność zarażonych krabów jest większa niż w przypadku zdrowych osobników [12, 13, 14]. Zarażone przez gatunki z rzędu Kentrogonida (rodzina: Sacculinidae) osobniki pobierają mniej pokarmu niż zdrowe i więcej czasu spędzają w ukryciu [3, 13]. Po pojawieniu się eksterny ruchy żywicieli mogą być ograniczone, stanowi ona bowiem dodatkowy ciężar do dźwigania [3]. Pasożyt powoduje zahamowanie linienia żywiciela (zagadnienie to zostało wyjaśnione w ostatnim podrozdziale) i krab nie jest w stanie pozbyć się organizmów, które żyją przytwierdzone do jego kutikuli, np. wieloszczetów [14]. Zarażone samce krabów dodatkowo mogą ulegać sterylizacji, a w skrajnych przypadkach także feminizacji (tzn. rozwijają się u nich II-rzędowe cechy płciowe charakterystyczne dla samic) [10, 12]. Sterylizacja jest spowodowana przez degenerację jąder i zahamowanie produkcji plemników oraz czasem przez zanik otworów płciowych [10]. Nieodwracalnym skutkiem sterylizacji jest to, że żywiciel, który po wylęgnięciu się z jaja i do czasu zarażenia był samcem, po wnikięciu pasożyta na zawsze już staje

się fenotypowo samicą, która w dodatku jest bezpłodna. Feminizacja samca-żywiciela zapewnia pasożytowi korzyści, podobne do tych, które miałby żyjąc w ciele prawdziwej samicy. Uzyskuje on więc ochronę i mechaniczną podporę dla eksterny. Krab opiekuje się eksterną, ponieważ pojawia się ona w miejscu, w którym normalnie wylęgają się larwy [10, 12]. Kraby chętnie stają też „na palcach” i rozprostowują odwłoki, ułatwiając w ten sposób dostęp męskich larw cyprysowych do eksterny. Zmieniają się też kierunki ich migracji i inne zachowania związane z rozrodem [11]. Gonady zarażonych samic krabów nie degenerują, ale stają się przejściowo bezpłodne. W jajnikach zahamowana zostaje witelogeneza, czyli gromadzenie żółtka w komórkach jajowych. Po przypadkowym lub związanym ze śmiercią pasożyta odpadnięciu eksterny jajniki zarażonych samic zazwyczaj podejmują normalne funkcje [10]. Zarażone przez gatunki z rzędu Akentrogonida skorupiaki nie przestają się rozmnażać, ale produkują mniejszą liczbę potomstwa niż zdrowe osobniki [10].

Na początku artykułu wspomniano, że rozłogowce są przyczyną zmian hormonalnych w organizmie żywicieli. W jaki sposób się to odbywa?

Nadrzędnym elementem w układzie dokrewnym skorupiaków są komórki neurosekrecyjne. Ich wydzielina (hormon tropowy) reguluje pracę narządów obwodowych, które syntetyzują i wydzielają do hemolimfy hormony uczestniczące w procesach takich jak linienie i wzrost, zmiana ubarwienia ciała, dymorfizm płciowy i metabolizm. W śluzkach ocznych skorupiaków znajdują się narządy X, które syntetyzują **neurosekret** – hormon, który utrzymuje organizm w stadium międzylinki, tzn. hamuje linienie. Hormon ten magazynowany jest w gruczołach zatokowych, które też są zlokalizowane w okolicach oczu. Z gruczołów zatokowych hormon ten uwalniany jest następnie bezpośrednio do hemolimfy. Synteza hormonu hamującego linienie w narządach X i jego uwalnianie podlegają wpływowi narządu wzroku, który reagując na długość dnia wysyła sygnał do komórek neurosekrecyjnych. Kolejnym elementem układu dokrewnego są narządy Y, które zlokalizowane są u podstawy czułków lub drugiej pary szczęk. Produkują one **ekdyzon**, czyli hormon linienia, którego wysoki poziom w hemolimfie pozwala na zrzućnięcie kutikuli i wpływa na proces wzrostu. W nasieniowodach znajdują się gruczoły androgenne, które wydzielają męski hormon odpowiedzialny za powstawanie męskich cech płciowych. Jajnik spełnia rolę gruczołu w okresie deponowania żółtka i wydziela w tym czasie hormony żeńskie, powodujące rozrost szczecinek na odnóżach odwłokowych, na których noszone są jaja. Powsta-

wanie żółtka w jajniku odbywa się pod kontrolą narządów X [8, 9]. Interna pasożyta oddziałuje bezpośrednio na system nerwowy żywiciela. Negatywny wpływ na rozmnażanie zarażonych skorupiaków ma związek przede wszystkim ze zniszczeniem gruczołów androgennych samców. Ponadto pasożyt uwalnia do hemolimfy żywiciela czynniki, które wpływają na pracę komórek neurosekrecyjnych i gonad [10]. Zakłócając prawidłową pracę narządów X wpływa także pośrednio i ujemnie na pracę narządów Y (ulegając degeneracji) i tym samym hamuje linienie żywiciela. Dzięki temu eksterna pasożyta nie jest narażona na odpadnięcie.

Rozłogowce są niewątpliwie bardzo interesującą i wciąż intensywnie badaną grupą skorupiaków. Świadczą o tym pojawiające się nowe publikacje naukowe. Przyszłość z pewnością więc przyniesie dodatkowe informacje na ich temat.

### Podziękowanie

Autorki pragną podziękować Anonimowemu Recenzentowi za uwagi pomocne w przygotowaniu ostatecznej wersji tekstu. Pan Aaron Baldwin (Juneau, Alaska, USA) udostępnił fotografie rozłogowców.

---

### Bibliografia

1. Ahyong S. T., Lowry J. K., Alonso M., Bamber R. N., Boxshall G. A., Castro P., Gerken S., Karaman G. S., Goy J. W., Jones D. S., Meland K., Rogers D. Ch., Svavarsson J. (2011) Subphylum Crustacea Brünich, 1772. [W:] Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. Zhang Z.-Q. (red). Zootaxa 3148. Magnolia Press, s. 165-191.
  2. Biliński S. (1999) Rozłogowce. [W:] Encyklopedia Biologiczna. Wszystkie dziedziny nauk przyrodniczych. T. IX. Jura Cz., Krzanowska H. (red.). Opres, Kraków, s. 197.
  3. Belgrad B. A., Griffen B. D. (2011) Rhizocephalan infection modifies host food consumption by reducing host activity levels. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 466: 70-75.
  4. Błaszak Cz., Boczek J. (2008) Endopasożytnictwo u wybranych stawonogów (Arthropoda): szczękoczułkopodobne (Cheliceromorpha) i skorupiaki (Crustacea). [W:] Stawonogi. Oddziaływanie na żywiciela. Buczek A., Błaszak Cz. (red.), Akapit, Lublin, s.13-20.
  5. Bresciani J., Høeg J. T. (2001) Comparative ultrastructure of the root system in rhizocephalan barnacles (Crustacea: Cirripedia: Rhizocephala). *Journal of Morphology*, 249: 9-42.
  6. Glenner H. (2001) Cypris metamorphosis, injection and earliest internal development of the rhizocephalan *Loxothylacus panopaei* (Gissler). *Crustacea: Cirripedia: Rhizocephala: Sacculinidae*. *Journal of Morphology*, 249: 43-75.
  7. Glenner H., Bay Hebsgaard M. (2006) Phylogeny and evolution of life history strategies of the Parasitic Barnacles (Crustacea, Cirripedia, Rhizocephala). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 41: 528-538.
  8. Grabda E. (red.). (1985) Zoologia Bezkręgowce. Tom II, Część pierwsza. Podtyp: Crustaceomorpha – skorupiakokształtne, PWN, Warszawa, s. 153-278.
  9. Grabowski M. (2011) Gromada: wąsonogi – Cirripedia. [W:] Zoologia Stawonogi. Szczękoczułkopodobne, skorupiaki. Błaszak Cz. (red.). Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, s. 285-294.
  10. Høeg J. T. (1995) The biology and life cycle of the Rhizocephala (Cirripedia)., *Journal of marine biology Ass. in United Kingdom*, 75: 517-550.
  11. Høeg J. T., Lützen J. (1995) Life cycle and reproduction in the Cirripedia Rhizocephala. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 33: 427-485.
  12. Kristensen T., Nielsen A. I., Jørgensen A. I., Mouritsen K., Glenner H., Christensen J. T., Lützen J., Høeg J. T. (2012) The selective advantage of host feminization: a case study of the green crab *Carcinus maenas* and the parasitic barnacle *Sacculina carcini*. *Marine Biology*, 159: 2015-2023.
  13. Larsen M. H., Høeg, J. T., Mouritsen K. M. (2013) Influence of infection by *Sacculina carcini* (Cirripedia, Rhizocephala) on consumption rate and prey size selection in the shore crab *Carcinus maenas*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 446: 209-215.
  14. Mouritsen K. N., Jensen T. (2006) The effect of *Sacculina carcini* infections on the fouling, burying behavior and condition of the shore crab, *Carcinus maenas*. *Marine Biology Research*, 2: 270-275.
-

15. Nagler C., Hörnig M. K., Haug J., Noever C., Høeg J. T., Glenner H. (2017) The bigger, the better? Volume measurements of parasites and hosts: Parasitic barnacles (Cirripedia, Rhizocephala) and their decapod hosts. PLOS ONE 12(7), e0179958.
16. Noever C., Keiler J., Glenner H. (2016) First 3D reconstruction of the rhizocephalan root system using MicroCT. Journal of Sea Research, 113: 58-64.
17. Walker G. (2001) Introduction to the Rhizocephala (Crustacea: Cirripedia). Journal of Morphology, 249: 1-8.

Lic. Agnieszka Szalaj jest byłą studentką w Zakładzie Biologii Rozwoju i Morfologii Bezkręgowców w Instytucie Zoologii i Badań Biomedycznych Uniwersytetu Jagiellońskiego, mgr Władysława Jankowska jest pracownikiem naukowo-technicznym, a dr Monika Żelazowska jest adiunktem w tym samym Zakładzie. E-mail: monika.zelazowska@uj.edu.pl

## INWAZYJNY ARLEKIN – BIEDRONKA AZJATYCKA

Marcin Wiorek (Kraków)

### Streszczenie

Arlekin lub biedronka azjatycka, *Harmonia axyridis*, pochodzi z Dalekiego Wschodu. W celu zwalczania szkodników chrząszcz ten został introdukowany w różne zakątki świata, gdzie ostatnio się bardzo szybko rozprzestrzenił i sprawia ludziom pewne problemy, także w Polsce. W niniejszym artykule przedstawiono najważniejsze fakty o nim, wskazując na trudności w poprawnym oznaczaniu gatunku, inwazyjność, zagrożenia dla różnorodności biologicznej, naturalnych wrogów, dokuczliwość dla ludzi, ale także pewne cechy dobroczynne.

Arlekin najwięcej uwagi ludzi przyciąga jesienią, kiedy masowo gromadzi się w zabudowaniach, czasem kłusząc i wywołując alergię. Uszkadza on też owoce, a najbardziej uciążliwy jest w winnicach. Jego negatywny wpływ na różnorodność biologiczną uwidacznia się wyraźnym spadkiem liczebności populacji niektórych gatunków biedronek krajowych.

Niezwykła zmienność aposematycznego ubarwienia, szeroka baza pokarmowa, wysoka rozrodczość, względnie mało naturalnych wrogów oraz odporność na pasożyty ułatwiają temu gatunkowi ekspansywną inwazję i zasiedlanie nowych obszarów.

Oprócz pożerania szkodników biedronka azjatycka może służyć ludziom również wieloma białkami przeciwdrobnoustrojowymi oraz alkaloidem harmoniną, które są w jej hemolimfie. Niektóre z tych substancji zostały już przetestowane laboratoryjnie i możliwym jest, że wkrótce mogą zostać wykorzystane szerzej w medycynie, zwłaszcza, że obecnie co raz więcej drobnoustrojów jest opornych na konwencjonalne antybiotyki.

### Abstract

Harlequin or Asian lady beetle, *Harmonia axyridis*, originates from the Far East. As a biological pest control agent had been introduced in various parts of the world, where recently has spread rapidly and causes problems for the people, also in Poland. In this article the most important facts about this species are presented, focusing difficulties in correct determination of species, invasiveness, impact on biodiversity, natural enemies, oppressiveness for human, but also some benefits.

Harlequin attracts human attention the most intensively in the autumn, when in mass aggregates in buildings, sometimes biting and causing an allergy. It also injures fruits and the most burdensome is in the vineyards. Its negative impact on biodiversity manifests in evident decrease of populations of some lady beetles.

Remarkable variability of aposematic coloration, wide food base, high fecundity, scarcity of natural enemies and parasite resistance facilitate invasion and colonisation of new areas by that species.

Aside from devouring pests, the Asian lady beetle can be also helpful to the people with many antimicrobial peptides and alkaloid harmonine present in its hemolymph. Some of these substances have been tested in laboratory conditions and it is possible, that soon will be widely applied in the medicine. Especially now, because more and more microbes became resistant to conventional antibiotics.