

TOWARZYSTWO NAUKOWE WARSZAWSKIE  
PRACE INSTYTUTU IM. NENCKIEGO  
ZAKŁAD BIOLOGJI OGÓLNEJ.

TRAVAUX DE L'INSTITUT NENCKI  
LABORATOIRE DE BIOLOGIE GÉNÉRALE.

Tom III, zes. 3.

---

---

WIKTORJA STANISŁAWA DEMBOWSKA.

W sprawie symbiozy kraba *Dromia vulgaris* M. E.  
z gąbką<sup>1)</sup>.

(Zur Symbiose der *Dromia vulgaris* M. E. mit *Suberites domuncula*).

*Dromia vulgaris*, krab zamieszkujący niewielkie stosunkowo głębokości i często napotykaný tuż przy brzegu, zwykle dźwiga na grzbiecie domek z gąbki lub innego materiału. W stosunkowo rzadkich przypadkach gąbka należy do rodzaju *Suberites*, chociaż właśnie współzycie *Dromia* i *Suberites* jest uważane za przypadek klasyczny. Gąbki mogą należeć do najrozmaitszych gatunków i grup: wapienne narówni z krzemionkowemi. Bardzo często *Dromia* przykrywa się kolonjami osłonic, glonami, kawałkami papieru i szmatek najrozmaitszych kolorów. Jak to już po części podkreślił Polimanti, niema specyficzności symbiozy i sądzę wogóle, że o jakiegokolwiek symbiozie we właściwym tego słowa znaczeniu nie może tu być mowy, ponieważ gąbka jest materiałem tak samo przypadkowym, jak glon lub kawałek papieru.

Domek z gąbki bywa zwykle uderzająco dostosowany do kształtu grzbietu kraba, zwłaszcza u osobników młodych. Wewnętrzna powierzchnia gąbki stanowi jakby dokładny odcisk grzbietu.

<sup>1)</sup> Praca została wykonana na stacji zoologicznej w Villefranche-sur mer.

Jeszcze Renier wypowiedział przypuszczenie, że larwa *Suberites* osiada na grzbiecie kraba i rośnie razem z nim, naśladując wszystkie nierówności swego podłoża. Ze względu na brak specyficzności symbiozy hipoteza Reniera wydaje się mało prawdopodobna. Domki z papieru lub glonów mogą czasem być tak samo dobrze dopasowane do kształtu kraba, a w tym przypadku potrzebna jest hipoteza dodatkowa, która być może wytłumaczy i fakt dopasowania w przypadku gąbki. Poza tym gąbka nigdy nie jest osadzona nieruchomo na grzbiecie *Dromia*, tylko jest podtrzymywana przez kraba za pomocą specjalnych haczyków dwóch ostatnich par odnóży chodnych.

Zdaniem Vosmaer'a zgodność kształtów obu organizmów tłumaczy się tem, że krab oddziera *Suberites* osiadłe na muszlach mięczaków i wkłada je na grzbiet. Według moich obserwacji to ostatnie przypuszczenie może być tylko względnie słuszne, bowiem krab może postępować w ten sposób z najrozmaitszymi gąbkami, osiadłymi nie tylko na muszlach, ale i na wszelkich przedmiotach nieruchomych. Oddarta gąbka może być płaska i znowuż fakt zgodności kształtów pozostaje niezrozumiały.

Na kwestję tę rzucają pewne światło obserwacje, które udało mi się przeprowadzić na kilkunastu osobnikach *Dromia*. Obserwacje te dotyczą sprawy sporządzania przez kraba domku z różnego materiału, oraz różnych sposobów wkładania go na grzbiet, zależnie od warunków.

### Mechanizm sporządzania domku.

Jeśli krabowi, któremu zdjęto uprzednio jego domek z gąbki, podać spory kawałek papieru, to po pewnym czasie zwierzę przy pomocy kleszczy sporządza sobie odpowiednio ukształtowany wycinek, który wkłada na grzbiet. Mechanizm tego procesu jest dosyć skomplikowany i proces może przebiegać w sposób bardzo rozmaity. Zwykle już dosyć prędko po zdjęciu i usunięciu z akwarjum gąbki, oraz podaniu papieru, który 4—6 razy przewyższał największą średnicę kraba<sup>1)</sup>, *Dromia* wchodzi pod papier, chwytając kleszczami brzeg i, trzymając go wciąż, odwraca się grzbietem nadół. Zaczynając od brzegu papieru, krab rytmicz-

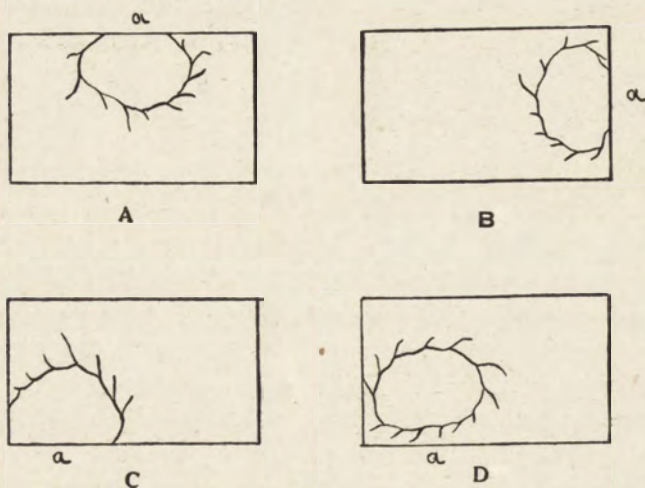
<sup>1)</sup> Papier powinien być wygotowany poprzednio, inaczej pływa po powierzchni wody.

nemi ruchami kleszczy obu kończyn przednich wycina kawałek, kształtem swoim i wielkością odpowiadający mniej więcej utraconej gąbce. Mówiąc ściślej, papier nie zostaje wycinany, tylko rozrywany i brzeg nowego domku zawsze jest bardzo nierówny. Kleszcze obu stron chwytają brzeg papieru tak, że ich wierzchołki prawie stykają się ze sobą, płaszczyzna zaś obu jest prostopadła do brzegu przyszłego domku. Następnie oba wierzchołki kleszczy zostają skierowane naprzód (przy położeniu kraba na grzbiecie — w górę) i papier między nimi rozrywa się. Natychmiast *Dromia* w ten sam sposób chwytą papier nieco dalej i znowu go rozrywa. Pracując systematycznie krab postępuje w swej robocie, nadając linii przecięcia papieru określony kierunek. W wyniku otrzymuje się domek o obwodzie dosyć regularnie eliptycznym. Trzeba wzmiankować, że wzajemne położenie kleszczy przy każdym poszczególnym chwycie jest nieco odmienne, skąd wynika eliptyczny kontur domku. Gdyby kleszcze automatycznie wykonywały swoją robotę i za każdym razem jednakowo chwytaly papier, domek mógłby być tylko kolisty.

Często się zdarza w ciągu roboty, że zwierzę zbyt mocno pociągnie papier, rozrywając go za daleko. Godny uwagi jest fakt, że szczelina, powstała w niepożądanym kierunku, nigdy nie jest skierowana ku środkowi przyszłego domku, tylko na zewnątrz, co dobrze widać z rys. 1, który jest dokładną zmniejszoną kopją eksperymentalnych papierków, odebranych krabowi.

Fakt ten nabiera większego znaczenia w związku z inną obserwacją: krab nigdy nie postępuje w swojej robocie wzdłuż przypadkowo powstałej szczeliny, tylko chwytą papier w nowym miejscu i koryguje kierunek przecięcia. Dlatego też brzegi otrzymanego domku są bardzo nierówne. Zatem krab zachowuje się tak, jak gdyby się powodował ogólnym kształtem przyszłego domku, nie zaś ukształtowaniem powierzchni papieru, której dotyczą kończyny w czasie roboty. Nadmienię jeszcze, że domek może być wycinany zarówno w kierunku strzałki zegarowej, jak i w kierunku odwrotnym. Kończyny drugiej do piątej pary biorą pośredni udział w robocie, przytrzymując papier i podając go kleszczom. O ile krab nie robi większych pauz w czasie roboty, proces przygotowania domku z papieru trwa przeciętnie 15—30 minut.

Opisany sposób roboty jest sposobem najczęściej używanym, jednak bynajmniej nie jedynym. W niektórych rzadkich stosunkowo przypadkach robota nie została jeszcze doprowadzona do końca, gdy krab wbija haczyki IV i V par odnóży w domek i wkłada go na grzbiet. Domek pozostaje związany z główną masą papieru, którą krab ciągnie za sobą. Jednak po pewnym



Rys. 1.

Domki wycięte przez kraba w rozmaitych miejscach papieru.  
a — przód domku.

czasie domek zawsze zostaje wykończony. Albo krab, przytrzymując go na grzbiecie, chwytając kleszczami mostek, łączący domek z resztą papieru i przerywa go, co nieraz wymaga dużo czasu i trudu. Albo też zwierzę, po długotrwałych próbach ciągnięcia za sobą całego podanego papieru, puszcza domek, raz jeszcze odwraca się na grzbiet i dokończa robotę zwykłym sposobem.

Dosyć często się zdarza, że krab od razu wkłada na grzbiet cały papier, przytem przeważnie brzeg papieru leży wówczas na poziomie przodu ciała kraba, tak że głowa nie jest nim przykryta, zaś główna masa kawałka wlecze się z tyłu. Czasem jednak krab umieszcza się pod środkową częścią papieru, który wówczas ogromnie utrudnia mu ruchy. W obu przypadkach po pewnym czasie krab rozpoczyna pracę wycinania domku. I teraz

robota może postępować dwoma sposobami. Częściej *Dromia* puszcza papier, odwraca się na grzbiet i rozpoczyna wycinanie domku opisanym już sposobem. Przytem jeśli pierwsze przedarcie papieru zachodzi w środkowych jego częściach, nie z brzegu, to papier zostaje przedtem złożony podwójnie i naderwany na otrzymanym w ten sposób nowym brzegu. Jeśli naderwać papier w środku, to krab korzysta z naderwania, używając go za punkt wyjścia swojej roboty. W innych przypadkach *Dromia* zachowuje swoją pozycję normalną, mocno przytrzymując papier na grzbiecie i w tem położeniu rozpoczyna pracę nad wycinaniem domku. Tym razem kleszcze raz po raz wyrwywają kawałki papieru, zwierzę zaś obraca się w miejscu chwytając papier IV i V parami odnóży coraz to w innym punkcie. Jednak przez cały czas roboty papier pozostaje przytrzymany chociażby jedną z czterech kończyn chwytnych. Nawet, gdy krab czasem w ciągu roboty odwraca się na grzbiet, papier pozostaje przytrzymany haczykami.

Jak już wspomniałam, robota najczęściej rozpoczyna się od brzegu. Prawie zawsze domek zostaje wycięty ze środka którejkolwiek z czterech boków prostokąta, rzadziej odcięty zostaje jeden z kątów. Natomiast bardzo rzadko zdarza się, aby domek leżał zupełnie asymetrycznie względem całego kawałka. Prawdopodobnie pewną rolę odgrywają tu stosunki równowagi.

W ciągu dwóch miesięcy każdy z moich krabów był wielokrotnie obserwowany przy robocie. Jak się zdaje, każdy osobnik trzyma się swojego własnego systemu pracy. Odróżniam cztery sposoby zabierania się kraba do wycinania domku. Domek zostaje wycięty:

- A. — w środku dłuższego boku prostokąta
- B. — w środku krótszego boku prostokąta
- C. — w rogu prostokąta
- D. — gdziekolwiekindziej symetrycznie lub nie.

Stosunki te widać na rys. 1. W przytoczonej zaś tabliczce № 1 podaję ile razy z 20 każdy osobnik wycinał domek każdym z czterech sposobów. Tylko niektóre osobniki jak VII i IX nie wykazały wyraźnej prawidłowości. Jeśli uwzględni się, że sposoby A i B możnaby właściwie sprowadzić do jednego, każdy z pozostałych 8-mu osobników wykazuje wyraźną przewagę którejkolwiek ze sposobów.

TABLICZKA I.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Σ
A.	0	10	11	0	9	1	3	0	8	1	43
B.	3	4	8	2	9	1	6	20	7	16	76
C.	16	3	0	18	0	14	5	0	3	2	61
D.	1	3	1	0	2	4	6	0	2	1	20

Duże litery oznaczają cztery sposoby robienia domku, podane na rys. 1.

Liczby rzymskie oznaczają №№ krabów.

Liczby arabskie pokazują ile razy każdy krab używał któregoś z 4 sposobów.

Σ — sumy każdej kategorii z 20 doświadczeń dla 10 krabów.

W żadnym przypadku największa liczba zaobserwowanych sposobów nie przypadała na kategorię D, t. j. tylko bardzo rzadko krab rozpoczyna robotę zupełnie asymetrycznie względem papieru. Niektóre osobniki jak np. IV, VI, VIII i X wykazały rażąco przewagę jednego ze sposobów, co daje możliwość wnioskować, że do pewnego przynajmniej stopnia, określony sposób wykonywania roboty wycinania domku jest przywiązany do osobnika.

Analogiczne modyfikacje sposobów sporządzania domku można zaobserwować, jeśli krabowi zamiast papieru podać gąbkę zdjętą z innego, znacznie większego osobnika. Również i w tym przypadku krab wycina kawałek odpowiedni do wielkości własnego ciała. Ze względu na większą podatność i grubość gąbki w stosunku do papieru, krab nie tyle ją rozrywa, ile wydziera z niej małe kawałeczki. Kawałeczki te prawie zawsze zostają podane trzeciej parze szczękonożek, która przytrzymuje je przez chwilę, potem zaś puszcza, przyczem kawałki zostają odrzucone prądem wody, służącym do oddychania zwierzęcia. Jak w przypadku papieru, krab może wykonywać robotę leżąc na grzbiecie lub też w położeniu normalnym, przytrzymując gąbkę IV i V parami kończyn. Niekiedy krab dźwiga przez dłuższy czas na

grzbiecie znacznie większą od siebie gąbkę i dopiero później zabiera się do jej wycinania. W każdym jednak przypadku prędzej czy później gąbka zostaje dopasowana do wielkości ciała.

Jeśli krabowi pozbawionemu domku podać duży kamień, obrośnięty gąbką, to już bardzo szybko *Dromia* wchodzi na kamień, chwyta gąbkę kleszczami w dwóch punktach i próbuje ją oderwać. Po kilku nieudanych próbach, zwierzę zabiera się do systematycznej roboty, wydzierając kawałeczki gąbki wzdłuż dosyć prawidłowej linii eliptycznej, obracając się przytem dookoła. W wyniku otrzymuje się prawidłowy eliptyczny rowek, przebijający całą grubość gąbki aż do kamienia i stanowiący granicę przyszłego domku. Teraz krab ponownie chwyta kleszczami możliwie większą powierzchnię gąbki w obrębie zakreślonego rowku i pociąga gąbkę ku sobie, próbując ją oderwać od kamienia. Ruch kleszczy jest wyraźnie różny od ruchów, służących do wydzierania kawałeczków. Próba ta zwykle się nie udaje, gdyż gąbka jest zbyt mocno przyrośnięta do kamienia. Następnie *Dromia* zaczyna wydłubywać kawałeczki z pomiędzy gąbki i kamienia, postępując wzdłuż rowku, albo też krab pozostaje w pozycji niezmiennej, oddzierając gąbkę w jednym tylko kierunku. W tym ostatnim przypadku krab rozpoczyna robotę od dołu, siedząc na przyszłym domku i mając głowę skierowaną na dół. W ciągu całej roboty oddzierania gąbki, płaszczyzna kleszczy pozostaje równoległa do powierzchni kamienia i kleszcze starają się możliwie głęboko wcisnąć się pod gąbkę, oddzierając ją od podłoża. Od czasu do czasu krab wyrывa małe kawałeczki gąbki, częściej jednak wprost oddziera gąbkę od kamienia. Po pewnym czasie znowu następuje próba oderwania domku przez pociągnięcie go ku sobie. W większości przypadków próba ta zostaje wykonana we właściwym czasie i krab, mocno przytrzymując gąbkę kleszczami, stacza się wraz z nią na dno akwarjum. Jeśli jednak próba była przedwczesna, krab od razu powraca do przerwanej roboty, ażeby po pewnym czasie powtórzyć próbę raz jeszcze. W każdym razie zawsze w końcu otrzymuje się domek bardzo dokładnie dopasowany do wymiarów danego kraba.

Jak się zdaje, krab powoduje się w wyborze punktu gąbki, z którego rozpoczyna robotę, raczej odpowiednią konsystencją gąbki, niż krzywizną kamienia, która miałaby odpowiadać krzywiznie własnego grzbietu. Dlatego też otrzymana gąbka nie

zawsze dokładnie odpowiada swoim wgłębieniem kształtowi grzbietu zwierzęcia. Przytrzymując gąbkę czwartą i piątą parami odnóży, krab mocno przyciska ją do grzbietu, odpowiednio ją wyginając. Dzięki plastyczności tkanek gąbki, już po krótkim stosunkowo czasie otrzymana w ten sposób odpowiedniość kształtu gąbki i grzbietu kraba zostaje zachowana nawet wówczas, gdy domek zdjąć. Przytem kilkakrotnie zauważyłam, że nierówna początkowo wewnętrzna powierzchnia nowego domku po kilku dniach staje się jakby wygładzona i przypomina wewnętrzną powierzchnię domków naturalnych, znajdujących na krabach w przyrodzie. Prawdopodobnie zależy to od wspomnianej plastyczności gąbki wciąż przyciskanej przez kraba do grzbietu.

W tych przypadkach gdy na powierzchni podanego krabowi kamienia znajdowało się kilka gąbek różnej wielkości o obwodzie zaokrąglonym, krab nie wycinał domku, tylko odrazu wybierał gąbkę najbardziej odpowiadającą wielkości jego własnego ciała. Gąbka ta zostawała oddarta z kamienia i włożona na grzbiet.

Niezupełnie zrozumiałe jest, dlaczego kraby duże zwykle dźwigają na sobie domki, które przykrywają tylko tylną część zwierzęcia nie dochodząc do głowy. Domki tych dużych osobników posiadają często bardzo nierówne brzegi i wogóle są znacznie gorzej dopasowane do ciała kraba. Przypuszczam że niedostateczna wielkość domku stoi w związku ze stosunkową rzadkością dużych całkowitych gąbek, któreby się dały w całości odedrzeć. Większy stopień odpowiedniości kształtu u osobników młodych może tłumaczyć się tem, że kraby młodsze mogą korzystać z gąbek mniejszej wielkości, a więc młodszych i bardziej plastycznych.

### Wkładanie i odnajdywanie gąbki.

Skoro domek został wycięty, krab wkłada go na grzbiet. Proces wkładania domku może być bardzo rozmaity, zależnie w znacznym stopniu od przypadkowego położenia gąbki względem kraba.

1. Jeśli zdjąć z grzbietu kraba gąbkę i położyć ją na dnie akwarjum, wklęsłością ku górze, to zwierzę zwykle już bardzo prędko do niej powraca. Zbliżając się do gąbki krab obejmuje ją z obu boków przednimi odnóżami (rys. 2 A), poczem pada wtył na grzbiet pociągając gąbkę za sobą. Gąbka więc oparta



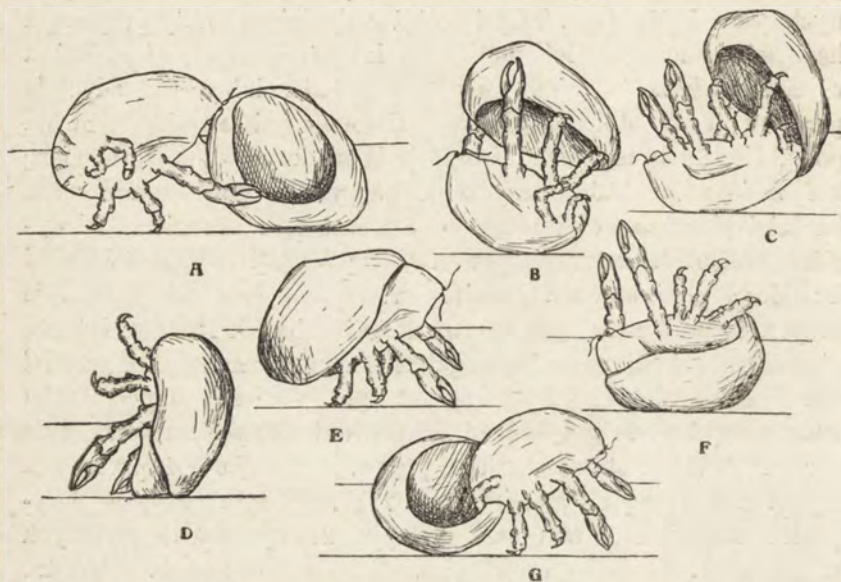
na odnóżach kraba leży teraz wklęsłością nadół (rys. 2 B). W tem położeniu *Dromia* zaczyna obracać i przesuwając gąbkę w płaszczyźnie poziomej, starając się ustawić ją tak aby jej przedni brzeg, którym gąbka przedtem była zwrócona ku głowie, był teraz zwrócony ku odwłokowi. Normalnie domek kraba ma obwód eliptyczny z większą osią wpoprzek ciała zwierzęcia, przytem brzeg tylny odznacza się nieco większą krzywizną, gdy brzeg przedni jest trochę przyplaszczony. W następnem stadium procesu wkładania gąbki, *Dromia* chwytając ją haczykami obu tylnych par odnóży (rys. 2 C) i wciąż zmieniając punkty przyczepu haczyków, unosi odwłok nad dnem ku górze dotąd, aż podłużna oś ciała zwierzęcia zajmie położenie prawie, lub nawet zupełnie pionowe (krab stoi na głowie). Jednocześnie i gąbka zmienia położenie, jej brzeg przedni przechyla się ku odwłokowi, w miarę zaś zmiany punktów przyczepu haczyków, gąbka staje coraz bardziej pionowo wciąż dotykając dna przednim brzegiem. W wyniku odwłok zwierzęcia przesuwa się wzdłuż wklęsłości gąbki ku górze, ponieważ zaś grzbiet kraba przez cały czas ściśle przylega do wewnętrznej powierzchni gąbki, krab w położeniu pionowym zajmuje względem gąbki pozycję normalną t. j. przedni brzeg gąbki dotyka głowy (rys. 2 D). Pionowa pozycja kraba wraz z gąbką jest położeniem równowagi niestabilnej, zwierzę albo od razu pada na stronę brzuszną (rys. 2 E) albo też przewraca się wraz z gąbką na grzbiet (rys. 2 F). W tym ostatnim przypadku następuje odwrócenie jednym ze sposobów, podanych w pracy J. Dembowskiego. Stopień uniesienia odwłoku nad dnem może być bardzo różny i podłużna oś zwierzęcia może czasami tworzyć z płaszczyzną dna mały zaledwie kąt.

2. Czasami krab, zbliżając się ku gąbce, leżącej wklęsłością do góry, odwraca się do niej tyłem. Gdy odwłok dotknął brzegu gąbki, haczyki IV i V par kończyn chwytają wewnętrzną powierzchnię gąbki blisko brzegu (rys. 2 G), poczem skurczem tych kończyn gąbka wprost zostaje zarzucona na grzbiet. Najczęściej krab od razu zbliża się do właściwego punktu brzegu gąbki, w innych przypadkach gąbka zostaje odpowiednio obrócona przy pomocy czwartych i piątych odnóży, albo jeszcze przed jej zarzuceniem na grzbiet, albo też w jej położeniu ostatecznym.

3. Sposób ten może ulegać pewnej modyfikacji. Krab zbliża się do gąbki przodem, wstępuje na nią i posuwając się

dalej naprzód wysuwa przednią część ciała nazewnątrz. Dopiero teraz, gdy tylko odwłok kraba pozostał w gąbce, odnóża tylnych par chwytają jej powierzchnię wewnętrzną i jak przedtem narzucają gąbkę na grzbiet.

4. W innych jeszcze przypadkach *Dromia* wchodzi do gąbki, znowuż leżącej wklęsłością do góry i nie poruszając jej z miejsca odwraca się w niej na grzbiet (co wygląda jak F na rys. 2), przytem krab wielokrotnie zmienia położenie, nim nie



Rys. 2.

Sposoby wkładania gąbki. Objasnienie w tekście.

zajmie względem gąbki pozycji normalnej, dotykając głową jej przedniego brzegu. Haczyki czwartej i piątej par kończyn chwytają wewnętrzną powierzchnię gąbki i krab odwraca się pociągając gąbkę za sobą jak poprzednio.

We wszystkich przypadkach, jeśli podać krabowi jego własną gąbkę, zostaje ona włożona w pozycji poprzedniej, jeśli zaś gąbka należała do innego osobnika, *Dromia* nieraz wkłada ją w sposób niewłaściwy, czasem nawet wklęsłością ku górze. Mimo to zawsze po pewnym czasie błąd zostaje naprawiony i gąbka odpowiednio odwrócona.

5. Trochę inaczej zachowuje się krab, gdy gąbka leży na dnie akwarjum wklęsłością nadół. Najczęściej krab postępuje sposobem analogicznym do jednego z poprzednich: chwytą gąbkę kleszczami i wraz z nią pada na grzbiet wtył. Pozostając wciąż na grzbiecie, krab obraca gąbkę nie tylko w płaszczyźnie poziomej, lecz i wypukłą stroną ku górze, posługując się trzema przednimi parami kończyn, poczem postępuje jak poprzednio.

6. Krab wprost wciska tylny koniec swego ciała pomiędzy dno a gąbkę, poczem wchodzi pod gąbkę zupełnie i chwytą jej wewnętrzną powierzchnię tylnymi odnóżami. Gąbka odrazu zajmuje swe położenie normalne lub też zostaje odpowiednio odwrócona w płaszczyźnie poziomej.

7. Przed włożeniem gąbki w ten czy inny sposób krab odwraca gąbkę wklęsłością ku górze nie unosząc jej całkiem nad dnem i dopiero teraz zaczyna ją wkładać jednym z poprzednio opisanych sposobów. Aby odwrócić gąbkę, *Dromia* najczęściej popycha ją wzdłuż dna, naciskając jej bok czołem, lub też wciskając kleszcze pod gąbkę. Jeśli podłoże nie jest gładkie, np. pokryte większemi kamykami, to zadanie kraba zostaje nieco ułatwione, *Dromia* bowiem albo sama chwytą jakiś punkt nieruchomy, zyskując przez to potrzebne dla odwrócenia gąbki oparcie, albo też nierówności gruntu przeszkadzają gąbce się ślizgać wzdłuż dna, co upraszcza robotę.

Krab posiada w wysokim stopniu zdolność pokonywania różnych trudności, napotykaných w czasie wkładania domku. Jeśli do gąbki, leżącej wklęsłością ku górze, włożyć kilka kamyków, to *Dromia* zawsze uwalnia gąbkę od nich. Najczęściej zwierzę próbuje początkowo włożyć gąbkę na grzbiet jednym z poprzednich sposobów. Gdy próby zawodzą *Dromia* wciska pod gąbkę przednią lub tylną część ciała, dzięki czemu gąbka staje prawie sztorcem i kamienie się wysypują. Ciekawe, że jeśli gąbka leży w tem samym położeniu, ale nie zawiera kamieni, to krab nigdy jej nie odwraca, ani nie próbuje postawić sztorcem, tylko odrazu zaczyna wkładać, używając jednego z podanych poprzednio sposobów. Zatem reakcja jest specjalnem przystosowaniem do gąbki obciążonej. W innych razach po rozmaitych próbach krab wyrzuca kamyki, popychając je kleszczami ku brzgowi gąbki. Robota zwykle nie zostaje doprowadzona do końca i para drobnych kamyków często pozostaje

w gąbce gdy krab już wkłada ją na grzbiet. Takie kamyki przeskadzają szczelnemu przyciśnięciu domku do grzbietu, jednak unosząc wielokrotnie gąbkę nad grzbietem i przyciskając ją zpowrotem, krab powoduje ostateczne wysypanie się kamyków.

Krab może uwolnić gąbkę od kamieni nawet wówczas, gdy jest ona niemi całkowicie pokryta i niewidoczna. Wymaga to jednak poprzedniej tresury. Jeśli raz po raz zakopywać gąbkę coraz głębiej, umieszczając ją zawsze w tym samym punkcie naczynia, to krab przyzwyczaja się do miejsca i bezpośrednio skierowuje się do właściwego punktu, gdzie zaczyna rozsuwać kamienie. Gdy po wielu takich próbach zakopać gąbkę w innym miejscu naczynia, krab mimo to udaje się do poprzedniego punktu i wyraźnie zaczyna gąbki szukać. Doświadczenia kontrolne wykazały, że krab nie tresowany w opisany sposób nigdy tak nie postępuje.

W innej serji doświadczeń przymocowywałam gąbkę do haczyka z drutu. Gąbka była zdjęta z kraba i w międzyczasie krab sporządził sobie domek papierowy. Aby możliwie uwidocznić gąbkę (barwy czerwonej) umieściłam ją w białym naczyniu porcelanowym, zawieszając przy pomocy drucika tak wysoko na ściance, że krab zaledwie mógł jej dosięgnąć. Gdy wpuszczono kraba do naczynia, zwierzę natychmiast i bez żadnych wahań skierowało się ku gąbce, zrzuciło po drodze domek papierowy i chwyciło zawieszoną gąbkę kleszczami. Krab wszedł na gąbkę bardzo prędko, napotkał kleszczami na przytrzymujący ją drucik i zaczął wrywać małe kawałeczki gąbki dookoła haczyka. Wkrótce haczyk został rozluźniony i krab wraz z gąbką stoczył się na dno naczynia, gdzie natychmiast włożył domek na grzbiet. Od chwili wypuszczenia kraba do naczynia i do uwolnienia gąbki upłynęło 7 minut. Zaraz potem odebrałam mu gąbkę, ponownie zastępując ją domkiem papierowym. Gąbkę jeszcze raz zawiesiłam na tym samym druciku, znacznie mocniej niż za pierwszym razem wbijając haczyk w ściankę gąbki. Po raz drugi wpuszczony do naczynia krab odrazu skierował się ku gąbce, wszedł na nią i dopiero teraz odrzucił domek papierowy. Następnie krab umieścił się wewnątrz gąbki, mocno przytrzymując się jej powierzchni wewnętrznej tylnymi odnóżami. W tem położeniu zwierzę przez bardzo długi czas próbowało iść i pociągnąć gąbkę za sobą. Potem krab wielokrotnie zmieniał swoją pozycję

wewnątrz gąbki, ale dopiero po przeszło godzinie nieprzerwanych usiłowań natrafił kleszczami na haczyk druciany i wtedy od razu zaczął wrywać w odpowiednim miejscu kawałki gąbki. Przytem krab nie puszczał gąbki ani na jedną chwilę, odwrócił się stroną brzuszną ku wklęsłości domku, co znacznie ułatwiło robotę. Teraz uwolnienie gąbki było sprawą zaledwie kilku minut. Wielokrotne powtórzenie próby na tym samym osobniku i w tych samych warunkach, wykazało, że w ogromnej większości przypadków krab od razu skierowuje się do punktu zaczepienia gąbki i tylko wyjątkowo przez krótki czas początkowo próbuje pociągnąć ją za sobą. We wszystkich razach gąbka została ostatecznie uwolniona tym samym sposobem. Czas uwolnienia wahał się w granicach 6—20 minut, przeciętnie 8 minut. Doświadczenie to powtórzyłam 60 razy z rzędu na tym samym osobniku w ciągu 20 dni, kilkakrotnie podając krabowi świeżą gąbkę. Liczne inne kraby wykazały analogiczne stosunki. Po pewnym czasie prawie każdy z nich odnalazł haczyk i uwolnił gąbkę po niewielu minutach.

Zaznaczę jeszcze że *Dromia* posiada wyraźną zdolność wyboru materiału swego domku, co stoi w związku z jej bezpośrednią przeszłością:

1. Jeśli świeżo złowionej *Dromii* posiadającej normalny domek z gąbki, odebrać go i dać do wyboru kilka materiałów: gąbkę, sztuczny domek z plasteliny, kawałek szmatki, papier i t. d., to *Dromia* zawsze wybiera gąbkę. Przytem przeważnie odróżnia swój własny domek od domków zdjętych z innych osobników.

2. Jeśli krab przez dłuższy czas nosił na sobie sztuczny domek z plasteliny, to nieraz się zdarza że przy wyborze wkłada on go z powrotem, chociaż obok leży odpowiedniej wielkości gąbka.

3. Osobniki złowione bez domku, co się często zdarza, lub które przez dłuższy czas przebywały w akwarjum bez domku, zawsze wybierają gąbkę.

4. O ile krabowi pozostawić jego domek na grzbiecie i dać jednocześnie do wyboru domki z różnych materiałów, to *Dromia* przykryte papierem zawsze odrzucały swój domek i brały gąbkę. Natomiast plastelina nie zawsze zostawała zamieniona na gąbkę, zaś normalny domek z gąbki tylko bardzo rzadko zostawał zastąpiony przez papier lub plastelinę.

### Dyskusja.

Opisane fakty wyjaśniają do pewnego stopnia poruszone we wstępie zagadnienie. Podkreślę raz jeszcze, że nie mamy żadnego powodu mówić o symbiozie *Dromia* i gąbki, bowiem brak tu zupełnie przystosowania wzajemnego. Jeśli *Dromia* posiada specjalne urządzenie do noszenia domku, to gąbka bezwarunkowo jest materiałem najzupełniej biernym. Brak specyficzności współżycia wyraźnie za tem przemawia. Jakie znaczenie może posiadać gąbka dla kraba jest rzeczą dosyć niejasną. Polimanti umieszczał przykryte i nieprzykryte *Dromia* w akwarjum z ośmiornicami i znalazł, że kraby bez domku zostały pożarte jak każde inne kraby innego gatunku. Osobniki zaś przykryte domkiem pozostały nietknięte. Czy ośmiornica nie dostrzegą kraba przykrytego, czy też została ona w jakikolwiek sposób odstraszona przez gąbkę, sprawy tej Polimanti nie rozstrzyga. W każdym razie, o ile chodzi o stronę optyczną, można rozmaicie tę sprawę interpretować. W większości przypadków niema odpowiedniości między barwą gąbki a podłoża. Gąbki przykrywające kraba mogą być barwy rozmaitej, czasem bardzo jaskrawej: czerwone, kanarkowo żółte, purpurowe i t. d. Właśnie obecność gąbki ogromnie ułatwia połów krabów, które często przebywają na pionowych ścianach tuż pod powierzchnią wody. *Dromia* nieprzykryta, dzięki swej jednostajnej brunatnoszarej barwie jest znacznie trudniej widzialna. Jednak nie mniej często gąbka może posiadać do pewnego stopnia barwę ochronną, brunatnoszarą lub zielonkawą, co się nie godzi z teorią barwy odstraszałającej lub uprzedzałającej. Najbardziej naturalnym wydaje mi się wniosek, że barwa gąbki jest rzeczą przypadku i nie służy ku żadnemu wyraźnemu celowi.

Zgodność kształtu wewnętrznej powierzchni gąbki a grzbietu kraba, zwłaszcza u osobników młodych, można wytłumaczyć nie uciekając się do teoryj sztucznych, jak teorie Reniera lub Vosmaera. Krab potrafi wyciąć sobie gąbkę odpowiedniej wielkości, zedrzeć ją z podłoża nierównego i włożyć na grzbiet. Gąbka, wciąż przyciskana chwytными kończynami, wkrótce dzięki swej plastyczności zaczyna szczelnie przylegać do grzbietu. W czasie linienia gąbka musi być zrzucana. Ponieważ wogóle kraby po zrzuceniu pancerza pozostają nieruchome aż do stwardnienia nowej powłoki chitynowej, przebywając w tem samym

miejscu gdzie zaszło linienie i ponieważ — jak widzieliśmy — krab potrafi odszukać, a nawet wygrzebać gąbkę całkowicie przykrytą kamieniami, jasne jest, że po zlinieniu krab może wkładać własną gąbkę z powrotem. Pozostaje jednak niezbadane dokładniej, czy szybkość wzrostu gąbki odpowiada szybkości wzrostu *Dromia*. W każdym razie bardzo często krab w przyrodzie zmuszony jest szukać sobie nowego domku.

Opisane fakty podkreślają raz jeszcze skomplikowany charakter reakcyj kraba. Zachowanie się zwierzęcia w stosunku do domku jest zbyt zawiłym szeregiem reakcyj, ażeby można go było sprowadzić do prostych podrażnień zewnętrznych. Można byłoby sądzić, że ucisk domku na włoski czuciowe grzbietu, względnie obciążenie czwartej i piątej par odnóży jest bodźcem hamującym czynności wyszukiwania i sporządzania nowego domku. Odwrotnie zaś, brak takiego ucisku byłby jedną z przyczyn wyzwalających te czynności. Sprzeciwia się jednak temu ciekawy fakt: W jednym przypadku *Dromia*, posiadająca na grzbiecie normalny domek z gąbki, zaczęła wycinać domek z podanej jej kartki papieru. Podobnie osobniki dzwigające na sobie domek papierowy lub plastelinowy bardzo często wyszukują i chwytają gąbkę i dopiero przytrzymując ją kleszczami zrzucają z grzbietu papier. Zatem *Dromia*, pomimo niecelowości swego postępowania, powoduje się podniętą złożoną, w skład której wchodzi również i wrażenia wzrokowe. Pozbawiony domku, nieruchomo siedzący krab często odrazu rzuca się na gąbkę, którą włożono do naczynia w stosunkowo znacznej od niego odległości, zwłaszcza jeśli gąbka barwą swoją wyraźnie różni się od podłoża. Ucisk domku na włoski grzbietowe może nie być czynnikiem miarodajnym.

Jak we wszystkich innych przypadkach stosunek kraba do domku jest w najwyższym stopniu indywidualnie zmienny, co w znacznej mierze może zależeć od różnic aktywności. Znaczne różnice w zachowaniu się *Dromia* występują w zależności od wieku. Kraby starsze odznaczają się daleko mniejszą ruchliwością, co bardzo odbija się na całym charakterze ich zachowania się. Osobniki młode znacznie prędzej sporządzają sobie nowy domek, prędzej zabierają się do roboty, robią mniej pauz i domki ch odznaczają się wyraźnie większą starannością wykończenia. Kraby większe bardzo rzadko napadają na inne osobniki i za-

bierają im domki, co często robią kraby małe. Obserwacje te odpowiadają wynikom doświadczeń Watson'a nad szczurami. Autor ten wykazał, że młode szczury w wieku 23 dni, kiedy system nerwowy nie jest jeszcze ukształtowany ostatecznie, już posiadają zdolność rozwiązywania wszystkich problemów jakie szczur wogóle jest w stanie rozwiązać. Dzięki swej większej ruchliwości często prędzej dochodzą one do rozwiązywania trudnych nawet zadań, niż szczury dorosłe.

Pewne fakty stoją w zgodzie z pracami Yerkes'a, Holmes'a, Spaulding'a, V-d. Heyde, Mikhailoff'a i in., którzy przyjmują istnienie u krabów pamięci i zdolności kojarzenia. Jeśli krab nosił na sobie przez czas dłuższy domek z gąbki lub plasteliny, to po odebraniu go i podaniu kilku domków z różnego materiału, zwierzę w większości przypadków wybierało swój własny domek. Jak widzieliśmy, krab może zapamiętać miejsce, w którym chowano pod kamieniami jego domek i zaczyna go tam szukać nawet wówczas gdy domek umieszczono gdzieindziej. Doświadczenia z zawieszaniem domku na haczyku drucianym również przemawiają za tem iż krab posiada pamięć i zdolność kojarzenia.

### Wnioski.

1. Symbioza *Dromia vulgaris* z gąbką *Suberites domuncula* nie jest specyficzna. Krab często przykrywa się innymi gatunkami gąbek, lub też glonami, kawałkami papieru i t. d.
2. Odpowiedniość kształtu i wielkości gąbki do grzbietu kraba tłumaczy się aktywnością *Dromia*, która wycina kleszczami domek proporcjonalnej wielkości i wygina go odpowiednio, przyciskając do grzbietu.
3. Sposoby sporządzania domku ulegają wielu modyfikacjom.
4. Domek papierowy zwykle zostaje wycięty poczynając od brzegu podanego kawałka, symetrycznie wobec niego. Prawdopodobnie stosunki równowagi mają duże znaczenie.
5. *Dromia* potrafi wyciąć i oderwać gąbkę, przyrosłą do kamienia.
6. Sposoby wkładania domku na grzbiet są różnorodne, zależnie od położenia gąbki wobec kraba i dna naczynia.



7. *Dromia* potrafi przewyciężyć szereg przeszkód, oddzierając gąbkę od haczyka drucianego, uwalniając ją od włożonych do niej kamieni, nawet jeśli gąbka była całkowicie przysypana i t. d.

8. Krab uczy się powracać do miejsca, w którym schowano domek pod kamieniami.

9. Z jednocześnie podanych kilku różnych domków, krab wybiera zwykle domek z takiego materiału, jaki przedtem nosił.

10. Podnieta do sporządzania domku jest złożona i w znacznym stopniu wzrokowa.

11. Znaczne różnice w zachowaniu się kraba występują w zależności od wieku. Kraby młodsze są bardziej aktywne i często łatwiej rozwiązują skomplikowane zadania, niż osobniki starsze.

12. *Dromia* posiada pamięć i zdolność kojarzenia.

---

## WYKAZ PRAC WZMIANKOWANYCH.

1. Celesia P. - 1893. Della Suberites domuncula e della sua simbiosi con paguri. — Atti Soc. ligustica. Sc. nat. geogr. v. 4.
  2. Dembowski J. 1925. Studja nad zachowaniem się kraba *Dromia vulgaris* M. E. cz. III. Reakcja odwracania się. Prace Inst. im. M. Nenckiego. Warszawa. № 45.
  3. Heyde v. d. H. 1920. Über die Lernfähigkeit der Strandkrabbe (*Carcinus moenas*). Biolog. Zentralbl. Bd. 40.
  4. Mikhailoff S. 1922. Expériences réflexologiques. Bull. de l'Inst. Océanograph. de Monaco. № 375 et № 418.
  5. Polimanti O. 1911. Studi di fisiologia etiologica. I. Zoolog. Jahrb. allgem. Zool. Bd. 30.
  6. Renier M. 1807. Tavole per servire alla classificazione degli animali (cytuję według Polimanti).
  7. Spaulding E. 1906. An Establishment of Association in Hermit Crabs. Journ. of Comp. Neurol. and Psychol. Vol. XIV.
  8. Topsent E. 1900. Étude monographique des spongiaires de France. Arch. de Zool. Expériment. et gén. S. III. t. 8.
  9. Vosmaer C. C. J. 1887. Spongien. Bronn's Klassen u. Ordn. d. Tierreichs.
  10. Watson J. B. 1903. An Experimental Study on the Psychological Development of the White Rat correlated with the Growth of its Nervous System. Chicago.
  11. Yerkes R. 1902. Habit Formation in the Green Crab *Carcinus Granulatus*. Biolog. Bull. V. 3.
  12. Yerkes and Huggins G. E. 1909. Habit Formation in the Crawfish *Cambarus Affinis*. Harvard Psych. Studies Vol. I.
-

## ERGEBNISSE.

1. Die Symbiose von *Dromia vulgaris* mit *Suberites domuncula* ist keine spezifische. Die Krabbe bedeckt sich oft mit anderen Schwämmen, sowie mit Algen, Papier, Fetzen u. dgl.

2. Die Übereinstimmung in Grösse und Gestalt zwischen dem Gehäuse und dem Rücken des Krebses erklärt sich durch die Aktivität der *Dromia*, welche sich ein proportionales Gehäuse mit ihren Scheren zuschneidet und dasselbe entsprechend auswölbt, indem das Gehäuse am Rücken festgehalten wird.

3. Die Art der Verfertigung des Gehäuses ist eine ziemlich variable, was z. T. mit der verschiedenen Individualität der Tiere zusammenhängt.

4. Ein Gehäuse aus Papier wird gewöhnlich im Zusammenhang mit dem Rande des dargebotenen Stückes ausgeschnitten. Die Lage des Gehäuses dem ganzen Stücke gegenüber ist meist eine symmetrische und wahrscheinlich spielen hier die Gleichgewichtsverhältnisse eine Rolle.

5. Einen an einem Stein festgewachsenen Schwamm vermag *Dromia* zuzuschneiden und von der Unterlage abzutrennen.

6. In einer recht verschiedenen Weise wird das fertige Gehäuse auf den Rücken gesetzt, was mit der Lage des Schwammes dem Körper des Krebses sowie dem Boden gegenüber zusammenhängt.

7. *Dromia* vermag verschiedene Hindernisse zu überwinden, so den Schwamm von einem Drahhacken loszureissen, denselben von den hineingelegten Steinchen zu befreien, selbst wenn der Schwamm mit den Steinen vollständig bedeckt und unsichtbar war.

8. Aus mehreren gleichzeitig dargereichten Gehäusen wählt *Dromia* gewöhnlich ein solches, dessen Material demjenigen entspricht, welches das Tier zuletzt getragen hatte.

9. Die Krabbe lernt den genauen Ort aufzusuchen, wo das Gehäuse unter den Steinen verborgen worden war.

10. Der Reiz, welcher das Tier zur Anfertigung des Gehäuses bewegt ist ein komplexer, zum grossen Teil ein visueller.

11. Das Verhalten ist von dem Alter der Tiere stark abhängig. Jüngere Krebse sind merklich aktiver, sie lösen auch leichter viele komplizierte Aufgaben.

12. Dromia besitzt Gedächtniss sowie Asotiationsvermögen.

---

TOWARZYSTWO NAUKOWE WARSZAWSKIE  
PRACE INSTYTUTU IM. NENCKIEGO  
ZAKŁAD BIOLOGJI OGÓLNEJ

TRAVAUX DE L'INSTITUT NENCKI  
LABORATOIRE DE BIOLOGIE GÉNÉRALE.

Tom III, zesz. 3.

---

---

JAN DEMBOWSKI.

---

### On the „Speech“ of the Fiddler Crab, *Uca Pugilator*.

(O „języku“ kraba, *Uca pugilator*).

Garner wrote a book on the speech of monkeys, Erich Wasmann studied the speech of ants, Frisch discovered recently that the bees may „speak“ to one another. The mentioned authors managed even to understand a few words of those speeches. I was not so fortunate. I know only that there exists a kind of speech in the crabs, I presume that it contains several words and I can pronounce some of them but as yet I am unable to translate them into the human language.

At the Marine Biological Laboratory in Woods Hole I studied the burrowing habits of the well known sand-Fiddler, *Uca pugilator*. Watching the crabs in the field with a looking glass I observed a peculiar reaction in the males. Some homeless individuals which have probably lost the way to their burrows and are roaming about the field will frequently try to enter into the burrow of another specimens. If the owner of the burrow is sitting outside of it it will run towards the entrance stopping there and rising its big claw which becomes widely open. With this weapon it will then push the intruder back or fight with him. The result of such a fight may be different. Sometimes the intruder soon gives up its attempts and goes away to try its luck elsewhere. In other cases the owner gives way and the

intruder enters the burrow. But then the owner follows him entering the burrow with its small claw directed towards the entrance. As soon as its legs touch the legs of the intruder the big claw of the owner, bent as usual in the articulation mero-carpopodit, makes a peculiar shivering movement lasting for 1—3 seconds. The amplitude of shiverings is very small, the frequency measured roughly is of 10—12 strokes in one second. As the large chela is comparatively heavy the whole body will shiver also. The effect of the shivering is immediate. The owner gives way again and the intruder comes entirely out both crabs beginning to fight.

There is another case. The intruder may enter a burrow already occupied by the owner. Then the intruder will perform the same shivering movement and the owner will immediately go out of the burrow and fight. In all cases the effect of shivering is an irresistible one and sooner or later the individual occupying the burrow will emerge from it holding its large claw ready for fight.

Not only homeless crabs show the reaction or cause it. I saw a large male emerging from its hole and walking straightly to the much smaller hole of another individual situated at about 50 cm from its own. The large crab put its legs into the hole and shivered. At once the smaller Fiddler went out but it did not attempt to fight standing quietly aside while the larger one tried to enter the burrow. As the opening was too small the intruder gave up its attempts and walked slowly home. Then the smaller crab entered its burrow also. In another case a male behaved in a similar manner towards the smaller one. The owner of the small burrow came out but having its large claw directed inward, which occurs sometimes, it must turn in order to be able to fight. At the very moment when the smaller individual turned its back to the bigger one the intruder strongly pushed it away with the claw and quickly entered the burrow, keeping its fighting claw straight and slightly protruding from the hole. After a short time the owner approached, touched the protruding claw and shivered. Then the bigger individual emerged a little from the hole and both began to fight during which the small Fiddler was compelled several times to jump high in the air as his adversary was much stronger. In the next moment the intruder hurriedly went out from the burrow and remained

quiet while the small animal reentered its home. After this the intruder walked towards its own burrow.

In still other cases a homeless intruder may drive a crab from its burrow, enter into it and start digging while the owner walks away and soon begins to provide itself with another home. Also a female may be called out of the burrow by the shivering and again several cases may occur. A homeless roaming male is a brute behaving very roughly even towards the female. If the female after emerging tries to attack the intruder, which often occurs, the result is usually poor as she will be simply pushed away. She has then nothing else to do but to go away and dig in some other place. But the behavior of an ordinary crab, possessing a burrow of its own, is quite different. When the male has called a female out and entered the burrow he will surely emerge very soon. During the time of the occupation the female remains quiet aside feeding and making no attempts to drive the intruder out. After the male had emerged it usually gives way and the female reenters the hole.

We have to consider at least four different possibilities.

1. When a crab which has a burrow of its own enters the burrow of its neighbor it never remains there but sooner or later it returns home. When a large individual has occupied the hole of a smaller one it will be utterly impossible for the latter to drive the intruder out especially as the Fiddler never attempts to grasp its enemy sitting deep in the burrow with the claw. While shivering the animal directs the side of the small chela towards the entrance of the burrow. There is some evidence that such cases have nothing to do with real fighting and I am inclined to think that we have here a kind of play, as already supposed by Schwartz and Safir. The well known „shaking hands” is very often perfectly inoffensive and I observed many times that two crabs meeting on the surface and locking the large claws in the usual way still continue to eat. When a crab drives another one from the burrow, enters it, is driven out in turn and repeats the whole again and again both returning then to their respective burrows, it is certainly a play. A real fight looks quite different.

2. There is another case when a homeless individual drives another one out and occupies the burrow definitely begin.

ning to dig and to adjust the burrow to its own size. The owner behaves also in quite a different manner. If it is much smaller in size it will not try to call the intruder out but it walks definitely away. If both crabs are approximately equal a fight results. But now is the shaking hands not so inoffensive as each fighter tries to push his adversary away or to lift him off the ground and both chelae may be clasped with such a force that one may hear distinctly grating sounds. The mutual actions are obviously hostile.

3. The third case is when the sexes are different. There is no evidence that the male may recognise the sex of the owner of a burrow in advance though it seems highly probable. The male while sitting in the hole practically always directs its big chela outward. Performing its shivering the intruder touches the legs of the owner and thus can easily notice the difference. In any case the mutual behavior of male and female as described above resembles somewhat the mating habits of *Uca* which were observed by many authors. Surely the sexuality plays some rôle therein.

4. The fourth case is somewhat different. It occurs sometimes that a male while digging a burrow meets an obstacle like a stone or a piece of glass. If the animal is at the beginning of the work it will often put the outer legs on the obstacle and make a typical shivering movement. I did not see it in more advanced stages of the digging but I cannot insist upon its absence. The significance of the reaction is somewhat obscure. In the field the Fiddlers live often very closely together and it must occur that their burrows cross one another. Feeling the presence of another crab at the bottom the Fiddler will shiver and perhaps this accounts for the behavior in the case of an obstacle.

It is important to remember that the behavior of owners may be a different one. Sometimes they keep quiet near the burrow, sometimes they will shiver and fight and sometimes they simply walk away without making any attempts. Such differences are probably determined by the peculiarities of the behavior of the intruder. I am very strongly inclined to suppose that at least in every one of the above four cases the peculiar mode of shivering is not exactly the same. The language of the Fiddlers may have several words.



The most of the described phenomena may be easily observed in the laboratory. I kept the crabs in wooden boxes 12 × 25 inches large and 10 inches high filled to  $\frac{2}{3}$  with sand. Each box contained 20—25 individuals. Four glass stripes along the edges prevented the animals from escaping. Once a day I watered the animals drenching the sand thoroughly which destroyed the burrows thus compelling the Fiddlers to mend them every time. The crabs fed on mussels and on sand which I scratched from the surface of the shore during the lowest tide. Under such conditions *Uca* lived very well and they could be conveniently observed provided that the observer remained behind a screen peeping through a small hole in order not to frighten the extremely shy creatures.

To a certain extent we can imitate the speech of the crabs. An iron wire of about 12 inches long had two short pieces of the same wire tied at the end in the longitudinal direction, all the three points being slightly bent and thus imitating the legs of the crab. On a straight piece of wood shallow incisions were made at a distance of about 7 mm. between them which proved to be the most convenient. Putting the wire gently into the hole until it touches the crab and scratching it with the wooden comb we can imitate the shivering movement. After a little practice fairly good results may be obtained. In this way I could detect a new phenomenon. When we put the wire into the hole and „shiver“ the crab in the burrow will answer in the same way shaking its big chela. In the glass jar where the burrow run along the wall and was fully exposed to light the phenomenon could be observed with all desirable distinction. In the wooden box we feel the answer with the hand or we hear it when the animal shivers very deep in the burrow touching the wood with the legs. Such a „dialogue“ can last for a considerable time. If we take care not to excite the animal by a strong pushing it will often come out of the burrow assuming a typical fighting attitude. But seeing the observer over him he will dash at once into the burrow. Thus after calling the crab we must quickly hide ourselves behind the screen. Coming out and seeing no adversary the Fiddler will sit motionless at the entrance for a long time then it crawls slowly down.

We may approach a little the natural conditions putting

a dead male near the hole and calling the crab out. After having emerged it usually directs its fighting claw towards the adversary and pushes the dead animal away. But the crab does it somewhat gently as hesitating a little and soon it loses all interest in the enemy beginning to feed or returning home.

A further step in approaching the natural conditions is possible. I tied two threads to the dead crab thus making a marionette of it which I could move at leisure. The effect was markedly different as the emerging Fiddler will fight now, will lock the chela and push the enemy strongly back. When it loosens the grasp it still holds the chela like a shield protecting the entrance. Nevertheless the interest is soon lost again, the movements of the marionette being obviously to unnatural. But in spite of it the owner of the burrow will not hide itself still making a very slight protective movement of the chela when the other approaches to near. And yet it suffices to show the top of the head from behind the screen to cause the animal to disappear in a second.

Making a marionette of a dead female had exactly the same effect. The crab behaves as towards an enemy pushing it strongly away and showing none of the reactions which are so characteristic when a living female is present. Evidently our means are rough and we imitate the speech very incorrectly. A female also may be called out of the burrow and often it will remain motionless near the entrance but still oftener it simply runs away even without returning home.

It is sure that the Fiddler does not come out of the hole on account of being „frightened“ by the shivering wire. If the shivering is a little stronger the animal will hide itself in the deepest corner of the burrow never coming out or answering the call.

I regret very much that my time did not permit me to study a little closer this extremely interesting reaction. By modifying the rhythm and the amplitude of shiverings it would probably be possible to obtain some constant differences in reactions and thus to understand some words of the peculiar speech.

## LITERATURE CITED.

1. Frisch K. v. Über die „Sprache“ der Bienen. Zool. Jahrb. Allg. Zool. 40. 1923.
2. Garner R. L. The Speech of Monkeys. New York 1892.
3. Schwartz B. and S. R. Safir. The Natural History and Behavior of the Fiddler Crab. Cold Spring Harbor Monogr. VIII. 1914.
4. Wasmann E. Die psychischen Fähigkeiten der Ameisen. 2 Aufl. Stuttgart 1909

## STRESZCZENIE.

Samce amerykańskiego kraba piaskowego, *Uca-pugilator*, oddziałują na siebie wzajem przy pomocy szczególnego drżenia dużych kleszczy. Ruch ten niezawodnie wywabia nazewnątrz kraby obojga płci, siedzące w głębi norki. Odróżniono conajmniej cztery typy reakcji, z których niektóre udało się obserwować w warunkach laboratoryjnych i naśladować sztucznie. Prawdopodobnie język krabów zawiera kilka wyrazów.



TOWARZYSTWO NAUKOWE WARSZAWSKIE  
PRACE INSTYTUTU IM. NENCKIEGO  
ZAKŁAD BIOLOGJI OGÓLNEJ.

TRAVAUX DE L'INSTITUT NENCKI  
LABORATOIRE DE BIOLOGIE GÉNÉRALE.

Tom III, zes. 3.

---

---

WIKTORJA STANISŁAWA DEMBOWSKA.

---

## Studja nad regeneracją pierwotniaków.

### II. Stosunki rzęskowe w czasie regeneracji kilku morskich *Hypotricha*.

(Étude sur la régénération des Protistes. L'appareil ciliaire chez quelques *Hypotriches* marins en régénération).

Badania moje nad słodkowodną *Stylonychia mytilus* stwierdziły, że regeneracja wiąże się z daleko posuniętą reorganizacją całego ustroju. Obecnie na stacji morskiej w Woods Hole miałam sposobność zbadać, o ile spostrzeżone na *Stylonychia* stosunki są również prawem dla innych *Hypotricha*. W ciągu tych badań wyłonił się szereg nowych problematów biologicznych, związanych z głębszemi procesami, zachodzącymi w ciele pierwotniaka w czasie regeneracji. Krótkotrwały pobyt w Woods Hole pozwolił mi jednak opracować tylko część tych problematów. W pracy niniejszej poprzestaję tedy na śledzeniu zmian, zachodzących w aparacie rzęskowym. Przy sposobności staram się wypełnić luki mojej poprzedniej pracy, dotyczące niedostatecznego uwzględnienia literatury, którą wówczas nie rozporządzałam. Mam przedewszystkiem na widoku prace Calkinsa i Younga nad regeneracją *Uronychia*. Pomimo odmiennego sposobu ujęcia istnieje uderzająca zgodność pomiędzy faktycznymi wynikami obu badaczy, a mojami obserwacjami nad *Stylo-*

*nychia*. Wiele faktów, podanych przez Calkinsa i Younga, można wytłumaczyć wychodząc ze stwierdzonego przeze mnie procesu reorganizacji rzęsek.

### Materiał i metodyka.

Doświadczenia wykonałam nad: *Uronychia transfuga*, *U. setigera*, *Diophrys appendiculatus*, *Euplotes vannus*, *E. charon* i *Amphisia* sp.

Największa liczba operacyj dotyczyła *Uronychia transfuga* i *U. setigera*. Odróżnić *Uronychia setigera* od *U. binucleata* można dopiero po zabarwieniu. U wszystkich form rzęski pola są wyraźnie widoczne już wówczas, gdy dopiero rozpoczynają one swoją wędrówkę ku definitywnym punktom ciała. Dzięki przezroczystości ciała, prostszemu układowi rzęsek i prostszej budowie peristomu, *Euplotes* najbardziej się nadaje do tego rodzaju operacyj. Wykonałam nad nim stosunkowo mniej doświadczeń, chcąc możliwie wykorzystać *Uronychia*, z którą prawdopodobnie nie będę miała sposobności spotkać się w bliższym czasie. Operacje na *Diophrys* są trudne do wykonania dzięki ustawicznej ruchliwości wymoczka, z wielu względów stanowi on jednak dobry obiekt. Wszystkie wspomniane formy dały się dość dobrze hodować, należało im tylko dostarczyć pokarmu w postaci jakichkolwiek drobnych wymoczków, które szybko się mnożą w zwykłych warunkach laboratoryjnych.

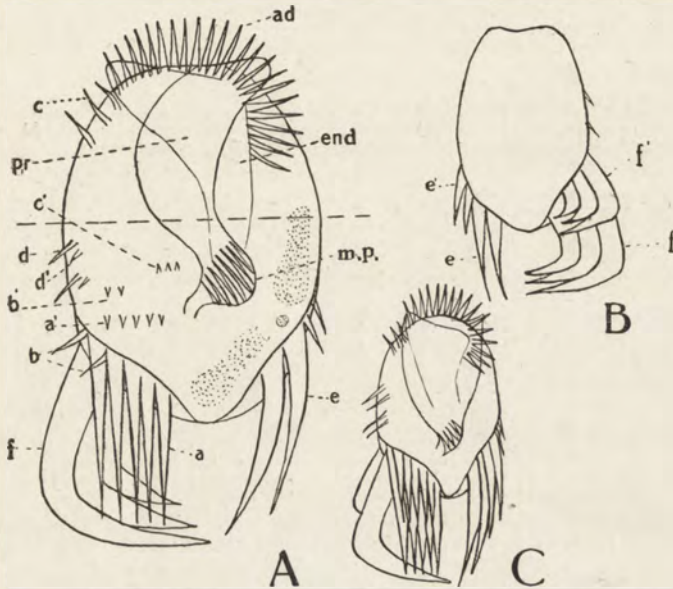
Wszystkie operacje uskuteczniłam za pomocą igły szkłanej.

### Część eksperymentalna.

#### 1. *Uronychia*.

Dla dwóch wymienionych gatunków stwierdziłam, że proces regeneracyjny przebiega zasadniczo w ten sam sposób, co u *Stylonychia*. Odcinek zawierający micronucleus oraz część macronucleus regeneruje niezawodnie. Regeneracja odbywa się zawsze w związku z powstaniem specjalnego pola rzęskowego, które się tworzy w tem samym miejscu, gdzie się pojawia normalne pole podziałowe. O ile miejsce to zostało usunięte przez operację, pole oczywiście powstaje w innem miejscu ciała regenerującego osobnika.

Jak wykazał Wallengren, cirri *Uronychia* tworzą dwie kategorie, ontogenetycznie różnego pochodzenia. Jedna z nich złożona z 10-ciu rzęsek bardzo różnej wielkości, wytwarza się w polu podziałowym. Można tu wyróżnić 5 dużych prostych cirri osadzonych na tylnym końcu ciała (grupa *a* rys. 1), 2 małe cirri osadzone pomiędzy poprzednimi (grupa *b* rys. 1), oraz 3 cirri w czołowej części wymoczka (grupa *c* rys. 1). Wszystkie trzy grupy leżą na stronie brzusznej,

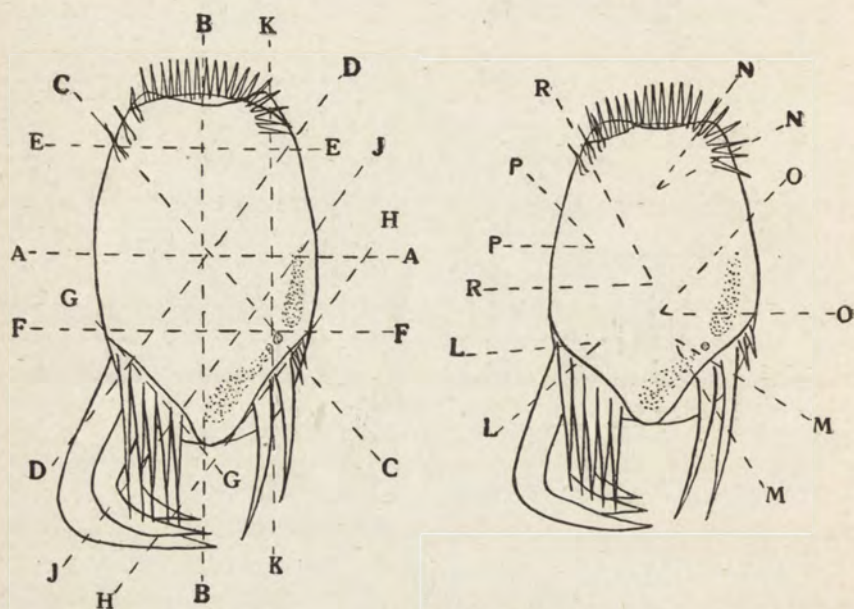


Rys. 1. *Uronychia*. A. Normalny układ cirri i położenie pola regeneracyjnego w tylnej części po przecięciu poprzecznym. B. Regeneracja tego odcinka ze strony grzbietowej. C. To samo ze strony brzusznej.

Prawa i lewa strony na wszystkich rysunkach są odwrócone.

Druga kategoria składa się z 9 rzęsek. Są to przede wszystkim 3 duże rzęski zagięte pod prostym kątem i nadające *Uronychia* tak charakterystyczny wygląd (grupa *f* rys. 1). Są one osadzone na stronie grzbietowej w specjalnym wgłębieniu tuż obok nasady cirri grupy *a*. Od strony brzusznej cirri te są przykryte częściowo przez cirri grupy *a*. Druga grupa składa się z 4 rzęsek osadzonych z brzusznej lewej strony wymoczka

w tylnej części ciała (grupa *e*). Z nich dwie rzęski są znacznie dłuższe i grubsze od innych dwóch. Wreszcie, trzecia grupa złożona z dwóch małych rzęsek leży z prawej brzusznej strony ciała nieco bliżej ku przodowi niż nasada grupy *f* (grupa *d*). Ontogenetycznie wszystkie rzęski drugiej kategorii (grupy *d*, *e*, *f*) wytwarzają się z zawiązków powstałych w pobliżu odpowiednich rzęsek organizmu macierzystego. Peristom *Uronychia* składa się: z membrany endoralnej (end.), preoralnej (pr.), szeregu membranel adoralnych (ad), oraz z kilku membranel osadzonych w głębi przełyku (m. p).



Rys. 2. Różne typy operacyj.

Przy poprzecznym przecięciu (rys. 1), już wkrótce po operacji, jednak w bardzo różnym czasie (od kilku minut do paru godzin) zachodzi regulacja kształtu zewnętrznego. Regulacja ta zależy najwidoczniej od kilku czynników, dlatego też czas jej wystąpienia waha się w szerokich granicach. Zależy on w każdym razie od kierunku przecięcia, od ruchów operowanego wymoczka, oraz od stosunków osmotycznych w danej kropli wody. Nieraz natychmiast po operacji wymoczek ulega rozpadowi bez żadnych widocznych przyczyn ku temu, gdy inny osobnik ope-



rowany jednocześnie w tej samej kropli odbywa normalny proces regeneracyjny. Niekiedy rozpada się tylko część plazmy blisko brzegu rany, wówczas brzegi zostają wyrównane po dłuższym czasie. Nigdy nie zdarzyło mi się obserwować rozpoczęcia procesu regeneracji przed procesem regulacji kształtu. Skoro wymoczek niekiedy w ciągu paru dni nie zredukował swego kształtu zewnętrznego, napewno można było przewidzieć, że wogóle nie będzie on regenerował, choć mógł pozostać przy życiu jeszcze kilka dni. Jak wykazało utrwalenie i zabarwienie, zwykle odcinek taki nie posiadał micronucleus.

W cztery do pięciu godzin po operacji rozpoczyna się proces regeneracji aparatu rzęskowego. Tuż nad prawą grupą rzęsek ogonowych (*a* rys. 1) powstaje okrągławe pole, trochę jaśniejsze od otaczającej plazmy, i w niem pojawia się 10 zawiązków rzęsek w określonej kolejności. Przedewszystkiem powstaje pięć zawiązków grupy *a'*, leżących tuż nad nasadami cirri grupy *a* (*a'*, rys. 1). Powstające z tych zawiązków cirri rosną tuż nad odpowiednimi cirri *a*, stopniowo je przykrywając. W pewnym stadium regeneracji istotnie trudno jest rozpoznać, czy cirri *a* są pojedyncze czy podwójne (C. rys. 1). Następnie, w polu pojawia się dwa zawiązki *b'* wytwarzające cirri, które zastąpią cirri *b*. Wreszcie, nad zawiązkami *a'* i nieco wlewo (na rysunku w prawo) bliżej peristomu powstaje trzy dalsze zawiązki *c'*. Zawiązki skierują się ku przodowi ciała wytwarzając cirri grupy *c*. Te ostatnie są to właściwie jedyne cirri, których brak w danym odcinku. Nowopowstające rzęski są zwykle w ustawicznym ruchu rytmicznym, co je odróżnia od starych, poruszających się rzadziej i mniej prawidłowo. Aż do końca procesu reorganizacji sam wymoczek najczęściej pozostaje nieruchomy, najwyżej od czasu do czasu zmieniając swoje położenie lub odwracając się z grzbietowej strony na brzuszną i odwrotnie.

W porównaniu ze *Stynolychia* stosunki tu są znacznie prostsze, gdyż rzęsek jest mniej i w czasie rozsuwania się zawiązki nowych cirri nie wędrują pomiędzy starymi, nie utrudniają w ten sposób obserwacji.

Co się tyczy grup *d*, *e*, *f* (rys. 1), odnośne zawiązki powstają zawsze blisko starych rzęsek. Ponieważ rozwój nowych rzęsek jest bardzo powolny i stare zanikają znacznie później, więc przez długi czas orzęsienie *Uronychia* jest podwójne (C. rys. 1).

W grupie  $e'$  dwie nowopowstałe duże rzęski są osadzone nieco wyżej i nalewo od homologicznych starych. Wystając poza brzeg ciała, mają one bardzo charakterystyczny wygląd. Podobną wystającą wyraźną grupę tworzą nowopowstałe rzęski  $f'$ . Szczególne położenie obu tych nowych grup pozwala nawet pod lupą łatwo rozpoznać zachodzący proces regeneracyjny. Podczas podziału można również wyraźnie widzieć dwie pary takich sterzących grup. Już we wczesnych stadjach regeneracji rzęski  $f'$  i  $e'$  są w charakterystyczny sposób zagięte i nieruchome. Stare rzęski wszystkich grup zaczynają zanikać dość późno, gdy nowe zastępujące je organelle osiągnęły już prawie swoją ostateczną wielkość. W pewnym momencie kontury starych rzęsek zaczynają być trochę niewyraźne. Granica pomiędzy powierzchnią rzęski a otaczającą wodą przestaje być dobrze widoczna ponieważ zmienia się współczynnik załamania światła. Jednocześnie rzęska maleje i zostaje wessana przez protoplazmę ciała w kierunku od nasady ku wierzchołkowi. Proces rezorpcji zachodzi bardzo szybko i w ciągu niewielu minut stare rzęski znikają ostatecznie.

Pozostałe w odcinku struktury peristomu również ulegają uwsteczniению i zostają zastąpione przez nowe. Zawiązki wszystkich części peristomu powstają w pobliżu przełyku, w okolicy jego starych membranel, które zwykle są dobrze widoczne dzięki ustawicznemu rytmicznemu ruchowi. Zawiązki nowych membranel, początkowo leżące zbitą grupą, stopniowo posuwają się ku przodowi, oddzielając się od przełykowych, rosną, rozsuwają się i ustawiając się wzdłuż przedniego brzegu regeneratu, tworzą nową zonę adoralną. Zawiązki obu membranel, preoralnej i endoralnej, mają postać dwóch małych fałd, powstających w specjalnym wgłębieniu również na dnie przełyku. Rozrastając się ku przodowi, zastępują one pozostałe w regeneracie membrany.

Jeśli regeneracja zachodzi w odcinku, w którym peristom wcale nie został uszkodzony, to jednak w podobny zupełnie sposób wytwarza się zawiązek nowego peristomu, wszystkie zaś bez wyjątku części poprzedniego peristomu ulegają zanikowi. W tych przypadkach, zwłaszcza w okolicy zony adoralnej, można obserwować proces zastępowania starych części przez nowe bardzo wyraźnie. Nowe zawiązki suną szeregiem wzdłuż zony adoralnej, zaś membranelle stopniowo zanikają, zaczynając od le-

wego brzegu, który pierwszy się styka z nowopowstającymi częściami.

Opisany przebieg regeneracji dotyczył tylnego odcinka, powstałego w wyniku poprzecznego przecięcia *Uronychia* przez środek ciała. W odcinku przednim nigdy nie widziałam procesu regeneracji, jedynie dla *Uronychia binucleata*, która posiada micronucleus również i w przedniej połowie ciała, można byłoby przypuścić istnienie takiej regeneracji, jak to zresztą podaje Young. Biorąc pod uwagę, że również i *Stylonychia* (i *Diophrys*), przy podobnym przecięciu zwykle regenerowały obydwa odcinki, posiadające każdy macro- i micronucleus, nasuwa się przypuszczenie, że ważną rolę odgrywają tu stosunki jądrowe. U *Uronychia transfuga* i *setigera* macronucleus zwykle składa się z dwóch lub kilku kawałków, micronucleus zaś, leżący w tylnej części ciała, jest zawsze pojedynczy. W moich doświadczeniach odcinek, nie zawierający micronucleus, w żadnym przypadku nie regenerował, więc nie udało mi się potwierdzić ciekawych obserwacji Younga, dotyczących regeneracji odcinków bezjądrowych *Uronychia*.

Każde z doświadczeń było powtórzone wielokrotnie, dając naogół bardzo zgodne wyniki. W przeszło 200 obserwacjach regenerowały tylko odcinki posiadające micronucleus. We wszystkich typach operacyj (rys. 2) proces reorganizacji rząsek przebiegał dokładnie według tego samego szematu co poprzednio, o ile regeneracja wogóle zachodziła. Zupełnie podobnie jak u *Stylonychia*, w żadnym przypadku ustrój nie zużytkowywał pozostałych po operacji organel ruchowych, tylko zastępował je przez nowe, powstałe w sposób opisany poprzednio. Odcięcie jednej jakiegokolwiek rząski wystarcza, by wywołać zupełną reorganizację całego aparatu ruchowego.

Gdy usunięta została część ciała, w której normalnie powstaje pole regeneracyjne (operacje typu *D*, *I*, rys. 2), pole to powstawało w nowym miejscu, ale jak już zaznaczyłam poprzednio, zajmowało ono odpowiedni punkt odnośnie zregulowanego kształtu wewnętrznego wymoczka. Przytem pole regeneracyjne leży zawsze z prawej strony micronucleus, który przy wielu typach operacyj ulega odpowiedniemu przesunięciu. Podkreślam specjalnie, że we wszystkich bez wyjątku przypadkach po dokonanej regeneracji powstaje organizm o zupełnie normalnych

proporcjach ciała, włączając w to nawet najdrobniejsze szczegóły budowy. W szczególności, przy takich operacjach jak *F* lub *I* (rys. 2), po zregulowaniu formy zewnętrznej wymoczek posiada niektóre rzęski wielokrotnie za duże w stosunku do pozostałej masy protoplazmy. Nowopowstające rzęski zastępcze rosną tylko do pewnej wielkości, ściśle odpowiadającej nowym proporcjom ciała. W takim regenerującym wymoczku można wyraźnie widzieć nową definitywną rzęsę, umieszczoną obok starej, podlegającej zanikowi, ale kilkakrotnie od niej mniejszą.

W pracy mojej nad regeneracją *Stylonychia* zaznaczyłam, iż czas trwania procesu reorganizacyjnego nie zależy od stopnia uszkodzenia. Natomiast czas, po upływie którego regeneracja się rozpoczyna, jest w znacznej mierze funkcją stopnia uszkodzenia. We wszystkich typach operacji proces właściwej reorganizacji u *Stylonychia* trwał około 5—7 godzin.

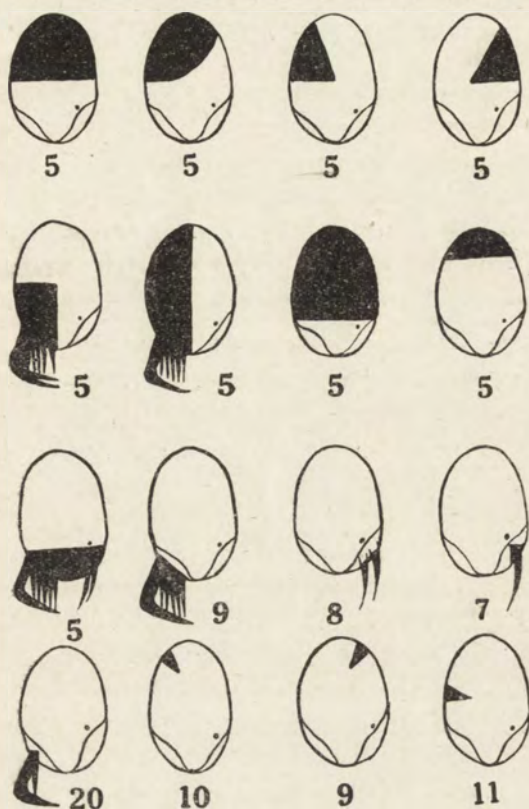
Podobne stosunki znalazłam również u *Uronychia*. Załączony szemat podaje zależność pomiędzy stopniem uszkodzenia, a okresem czasu po upływie którego rozpoczyna się regeneracja. Na rysunkach odcinek usunięty jest zacerniony. Pod każdym typem operacji podana jest przeciętna liczba godzin, po upływie której rozpoczyna się proces regeneracji.

Widzimy, że okres czasu po upływie którego rozpoczyna się regeneracja, dla bardzo różnych typów operacji wynosi te same 5 godz.

Przy uszkodzeniach znacznie mniejszych jak *H*, *L*, *M*, *N* (rys. 2), okres ten jest bardzo wyraźnie przedłużony. Zatem większe uszkodzenie przyspiesza wystąpienie procesu reorganizacyjnego. Jednak reguła ta jest słuszna oczywiście tylko do pewnych granic. W niektórych przypadkach (warjanty przypadku *I* na rysunku 2) regenerujący odcinek posiadał tak mało plazmy, że nowe rzęski nie mogłyby się na nim zmieścić i nie było materiału dla ich odbudowy. Przypominam, że rzęski stare zanikają dopiero wówczas, gdy zastępujące je rzęski już się wytworzyły. W danym przypadku nieproporcjonalnie duże cirri macierzyste zawierały w sobie materiał, który nie mógł być zużyty przy regeneracji a związany z niemi bardzo mały odcinek protoplazmy, aczkolwiek posiadający micronucleus, nie mógł dostarczyć odpowiedniej ilości materiału.

W bardzo ciekawy sposób proces regeneracji wiąże się niekiedy z procesem podziału. Wymoczki operowane w różnych

odstępach czasu po podziale w niektórych nielicznych przypadkach nie regenerowały bardzo długo. Doświadczenia Calkinsa, Younga i moje własne nad wymoczkami w różnych stadiach podziału wykazały, że zona podziałowa, czyli pas graniczny



Rys. 3. Zależność pomiędzy stopniem uszkodzenia, a czasem, po upływie którego rozpoczyna się regeneracja. Objaśnienie rysunku w tekście.

oddzielający obydwą przyszłe osobniki i posiadający nieco odmienne własności fizjologiczne w porównaniu z otaczającą plazmą, występuje już bardzo wcześnie, conajmniej o 5–6 godzin przed ostatecznym podziałem. Jeśli w tym czasie wykonać operację, to odcinek zawierający pas graniczny zawsze przebywa proces podziału, chociażby w ten sposób został oddzielony bardzo mały bezjądrowy kawałek. O ile więc w ciągu 6 godzin po operacji

podziału nie było, można było napewno twierdzić, że wymoczek został operowany przed powstaniem pasa granicznego. Mimo to posiadam obserwacje, że wymoczki rozpoczynały podział w 7, 8 i 9 godzin po operacji, zakańczając go w ciągu dalszych trzech godzin. Zauważyłam, że zachodzi to wyłącznie przy bardzo nieznacznych uszkodzeniach jak operacjach typu *L, M, N, P* (rys. 2) w których zwykle regeneracja jest silnie opóźniona. Ponieważ były to stosunkowo rzadkie i zupełnie niespodziewane przypadki, nie dla wszystkich z nich posiadam kontrolę w postaci siostrzanego nieoperowanego wymoczka. (Wymoczkami siostrzanymi nazywam osobniki powstałe z jednego wymoczka). Jednak w tych przypadkach, gdy kontrolę taką mogłam przeprowadzić, podział osobnika operowanego może przypaść na chwilę podziału osobnika siostrzanego, ale może być również spóźniony lub przyspieszony. Podaję opis czterech przypadków:

1. Osobnik operowany 3 godziny po podziale (operacja *N* rys. 2) rozpoczął podział 3 godziny po operacji. Po dalszych 3 godzinach, zatem po 9 godzinach od poprzedniego podziału, podział został zakończony.

2. Wymoczek operowany 4 godziny po podziale (operacja typu *E* rys. 2) rozpoczął podział 5 godzin po operacji. Jak zwykle, po dalszych trzech godzinach podział został zakończony.

3. Osobnik operowany 2 godziny po podziale podzielił się po dalszych 9 godzinach, gdy osobnik kontrolny odbył podział dopiero o 18 godzin później.

4. Oba osobniki, powstałe z jednego podziału, operowane 4 godziny po podziale. Wymoczek operowany typem *H* (rys. 2) rozpoczął podział 5 godzin po operacji, gdy drugi osobnik operowany typem *R* (rys. 2) po upływie tych samych 5 godzin, rozpoczął typowy proces regeneracyjny. Obydwa procesy przebiegały i zakończyły się najzupełniej synchronicznie.

Wynikałoby stąd, że obydwa sposoby reorganizacji są blisko ze sobą spokrewnione i nieznaczne przesunięcie płaszczyzny przecięcia może niekiedy zdecydować o tem, który sposób zostanie zastosowany.

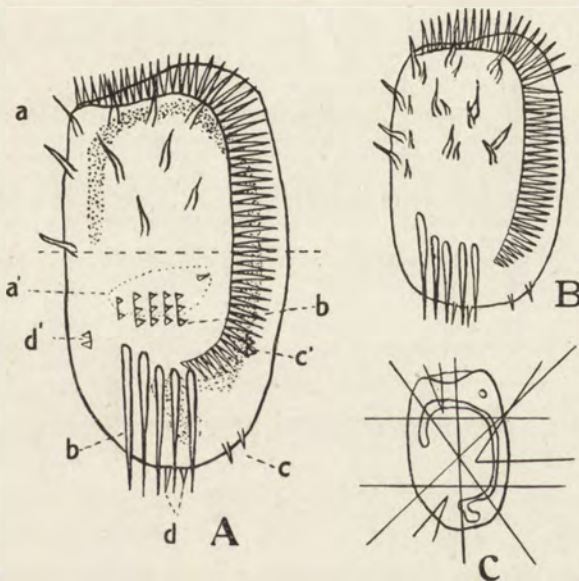
## II. *Euplotes*.

Zupełnie podobne zależności są słuszne dla obydwóch gatunków *Euplotes*, z którymi miałam do czynienia. *Euplotes cha-*

*ron* jest formą bardzo drobną i niezbyt nadającą się dla tego rodzaju operacyj. Jednak w 9 doświadczeniach udało mi się stwierdzić istnienie podobnych stosunków również i u tego gatunku. Stosunki jądrowe obu gatunków są bardzo podobne. Długi macronucleus w postaci podkowy otwartej, leży z prawej strony. Pojedynczy micronucleus leży w lewym górnym kącie tuż przy macronucleus. Orzęsienie jest również bardzo podobne, zatem wystarczy podać opis i rysunki dla jednego tylko gatunku.

Po odcięciu tylnej części lub tylnej połowy ciała, przedni odcinek, zawierający micronucleus, rozpoczyna regenerację po 6—8 godzinach. Nowe rzęski powstają zwykle w tylnej części odcinka, mniej więcej tam, gdzie się mieści normalne pole podziałowe.

Brzuszne orzęsienie *Euplotes* składa się z 15 dużych cirri. Z nich 10 leży w przedniej części, tworząc dość nieprawidłową grupę, zajmującą około  $\frac{1}{3}$  części ciała wymoczka (grupa *a*). Pozostałe 5 leżą równolegle w tylnej części wymoczka (grupa *b*). Wszystkie 15 powstają podczas podziału w polu podziałowym, wędrując następnie ku swoim definitywnym miejscom.



Rys. 4. *Euplotes*. A. Normalny układ cirri i położenie pola regeneracyjnego w przednim odcinku po poprzecznym przecięciu. B. Regeneracja tego odcinka ze strony brzusznej. C. Typy operacyj.

Prócz wymienionych 15 cirri *Euplotes* posiada dwie grupy (*c* i *d* rys. 4) rzęsek bocznych, zawierające po dwie tylko rzęski każda. Zawiązki tych rzęsek powstają blisko odpowiednich rzęsek macierzystego organizmu.

Na początku procesu regeneracyjnego przedewszystkiem pojawiają się zawiązki pięciu cirri ogonowych (grupa *b'*), trochę później i niezupełnie jednocześnie występują również zawiązki dziesięciu cirri grupy *a'*. Jak zwykle, zawiązki te rozsuwają się w ciele wymoczka, stając każdy obok odpowiedniego cirrus macierzystego, który ma zostać zastąpiony. Gdy nowoutworzone cirri osiągną już swoją ostateczną wielkość, rozpoczyna się zanik cirri starych, tak że przez pewien czas orzęsienie wymoczka jest podwójne, co jest zwłaszcza widoczne na przodzie ciała. Podobnie rzęski boczne obu grup *c* i *d* powstają dokładnie w ten sam sposób, jaki ma miejsce przy normalnym podziale. Nowy peristom powstaje w ten sam sposób, jaki podał Wallengren dla normalnego podziału.

Naogół, *Euplotes* regeneruje znacznie trudniej, niż inne rodzaje *Hypotricha*. Przy tym samym typie operacji tylny odcinek ciała regenerował całkowicie tylko w jednym przypadku. Zabarwienie wykazało, że posiadał on micronucleus. Jak wykazał Minkiewicz, *Euplotes* może niekiedy posiadać więcej niż jeden micronucleus, co może tłumaczyć ten wynik.

W jeszcze innym przypadku tylny odcinek ciała po 12 godzinach posiadał całkowite orzęsienie, jednak brak mu było peristomu. Odcinek ten zawierał dwa kawalki macronucleus, ale nie było w nim micronucleus. Oba te przypadki wskazują na bardzo skomplikowane i zmienne stosunki jądrowe przy regeneracji, wyświetlenie których wymaga całego szeregu specjalnych doświadczeń.

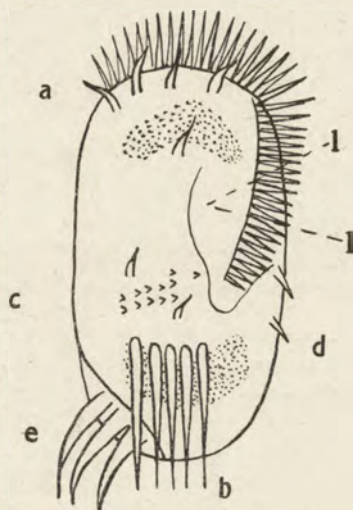
8 różnych typów operacji dały zasadniczo te same wyniki i nie ulega wątpliwości, że prawa regeneracji u *Euplotes* są te same co u *Uronychia* i *Stylonychia*.

Opisane powyżej dla *Uronychia* sporadyczne zastępowanie procesu regeneracyjnego przez reorganizację podziałową obserwowałam także u *Euplotes*. Tu występuje ono nawet częściej.



III. *Diophrys*.

*Diophrys* posiada 12 cirri ułożonych w trzech grupach (*a*, *b*, i *c*) rys. 5). Przy podziale cirri te wytwarzają się wewnątrz pola podziałowego.



Rys. 5. *Diophrys*. Układ normalny cirri i położenie zawiązków na początku regeneracji.

Zaznaczyć należy, że prawdopodobnie dzięki silnemu rozwojowi peristomu oba pola podziałowe *Diophrys* są odrzucone ku tyłowi i leżą blisko siebie. Pod tym względem *Diophrys* zajmuje stanowisko poniekąd pośrednie pomiędzy *Stylonychia* a *Uronychia*. Gdy u *Uronychia* obydwie grupy zawiązków cirri są bardzo zbliżone, leżąc wewnątrz jednego tylko pola, *Stylonychia* posiada dwa bardzo wyraźne odległe od siebie pola podziałowe.

Przy przecięciu poprzecznym *Diophrys* przez środek ciała, przedni odcinek musi wytworzyć pole regeneracyjne w zupełnie nowym miejscu. Rzęski boczne leżą w dwóch grupach (*d* i *e* rys. 5). Jak i przedtem, zawiązki ich powstają niezależnie od pola podziałowego lub regeneracyjnego. Macronucleus składa się z dwóch dużych jąder, leżących blisko obu końców ciała. Micronucleus jest także podwójny, zajmując miejsce w pobliżu każdego z macronucleus. Przecięcie poprzeczne przez środek ciała daje dwa odcinki regenerujące bardzo prędko. Okres czasu pomiędzy ope-

racją a rozpoczęciem procesu reorganizacji wynosi przeciętnie 2 — 3 godziny. Jeśli po operacji w odcinku pozostają oba jądra (operacja typu *l* rys. 5), to powstaje pojedyncze pole regeneracyjne. Pole to zawsze bywa tylne, co doskonale można poznać po tem, że grupa bocznych rzęsek *e* nie wystaje ponad boczny prawy brzeg ciała, co charakteryzuje rzęski (*e'*) powstające w pobliżu przedniego pola podziałowego.

W polu regeneracyjnym przedewszystkiem zjawia się 5 zawiązków *cirri* grupy *b*, dopiero wyraźnie później powstaje 7 pozostałych zawiązków. Dalszy los tych zawiązków jest dokładnie ten sam, co opisany w poprzednich przypadkach. Podwójne orzęsienie jest widoczne bardzo wyraźnie.

Peristom ulega zupełnej reorganizacji nawet w tych przypadkach, gdy nie był on wcale uszkodzony. *Diophrys* posiada bardzo wysoką zdolność regeneracyjną, może wyższą niż inne obserwowane pod tym względem *Hypotricha*. Regenerują tu nawet bardzo małe odcinki ciała i regeneracja rozpoczyna się prędzej niż u innych. Jednak *Diophrys* jest ogromnie wrażliwy na wszelkie zmiany stosunków osmotycznych. Jedynie na tym gatunku obserwowałam, że w stadium daleko posuniętej reorganizacji, gdy dobrze już jest widoczne całkowite orzęsienie, *Diophrys* nagle nieruchomieje i ulega ziarnistemu rozpadowi. Na skutek operacji, *Diophrys* rozpada się rzadko, w zupełnym przeciwieństwie do *Euplotes*. Natomiast *Euplotes*, jak i inne obserwowane przezemnie *Hypotricha*, nie rozpada się nigdy, skoro rana została zablizniona.

#### IV. *Amphisia* i *Actinotricha*.

Doświadczenia nad temi dwoma gatunkami (*Actinotricha* obserwowałam w Villefranche sur mer) nie były przeprowadzone systematycznie. Mogę jednak twierdzić, że i dla tych form operacja powoduje uwstecznienie całego aparatu ruchowego i powstanie wszystkich rzęsek na nowo.

#### Uwagi ogólne.

W wymienionych powyżej pracach *Calkins* i *Young* nie obserwowali zmian, zachodzących w aparacie rzęskowym. O ile mogę sądzić po uważnem przejrzaniu tych prac, poddane ope-

racji osobniki nie były obserwowane bez przerwy. Za każdym razem stwierdzany był tylko fakt dokonanej regeneracji. Przytem częstokroć probierzem zakończonego procesu regeneracyjnego służyła regulacja formy zewnętrznej i ogólnego wyglądu pierwotniaka. Podaje też *Young* cztery różne stopnie regeneracji, jak „none“, „slight“, „partial“ i „complete“.

Gdy chodzi np. o regenerację odcinka, otrzymanego przy podłużnem przecięciu ciała (typ *K* rys. 2), to po zaokrągleniu brzegów rany forma wymoczka może się nie wiele różnić od normalnej. Pozostałe w odcinku cirri i rzęski rozsuwają się trochę i ich układ ogólny, pomimo niezupełnej liczby, może również sprawić wrażenie normalnego. Wreszcie, pozostałe w odcinku membranele peristomalne rozsuwają się i tworzą na przodzie wymoczka podobiznę całkowitej zony adoralnej. Wszystkie te procesy są jedynie mechanicznym skutkiem zaokrąglania się odcinka i z prawdziwą regeneracją nie mają nic wspólnego, regeneracja bowiem charakteryzuje się przedewszystkiem powstaniem pola rzęskowego, oraz tem, że każda z pozostałych rzęsek zostaje zastąpiona przez inną nowoutworzoną. Dlatego też, jeśli stosunki rzęskowe nie były dokładnie obserwowane, w wielu przypadkach nie mamy pewności, czy regeneracja wogóle miała miejsce. Według moich obserwacyj nie może być mowy o jakichkolwiek stopniach regeneracji, gdyż regeneracji albo niema wcale, albo też jest ona zawsze całkowita. Naprzykład *Young* (str. 369) podaje dla *Urorychia setigera*, że odcięcie samych końców rzęsek z jednoczesnem odcięciem przedniego końca ciała powoduje wprowadzić regenerację peristomu, jednak uszkodzone rzęski tylne pozostają przytem bez zmiany. Wynik ten tłumaczę sobie tylko tem, że stosunki rzęskowe nie były badane dokładnie, bowiem jeśli zaszła reorganizacja peristomu, to z wszelką pewnością musiała jednocześnie zajść i reorganizacja całego orzęsienia. Że zaś w przypadku, podanym przez *Younga*, uszkodzone tylne rzęski pozostały bez zmiany, wskazuje wyraźnie na to, że nie chodziło tu o regenerację, tylko o wspomniane powyżej rozsuwanie się membranel peristomalnych.

Mogę natomiast potwierdzić obserwacje *Younga*, że uszkodzenie samych tylko peryferycznych części ogonowych grup *a*, *e*, lub *f* (rys. 1) nie pociąga za sobą procesu reorganizacji. Jak podkreślałam w pracy niniejszej, oraz w mojej pracy nad

*Stylonychia*, usunięcie jednej jakiegokolwiek rzęski tylko w tym przypadku wywołuje reorganizację, jeśli usunięta została jej nasada. Ponieważ prócz tego, jak to stwierdziłam na *Stylonychia*, usunięcie kawałka samej tylko plazmy bez rzęsek również nie wywołuje reorganizacji, jest bardzo prawdopodobne, że istnieją jakieś drogi fizjologiczne, które łączą pośrednio lub bezpośrednio nasady rzęsek między sobą. Praca Taylora o aparacie neuro-motorycznym *Euplotes* daje ku temu anatomiczną możliwość. Wydaje mi się rzeczą bardzo prawdopodobną, że reorganizacja może być wywołana zarówno przez uszkodzenie nasady rzęski jak też i przez przerwanie tych dróg w jakikolwiek inny sposób.

Co się tyczy regulacji formy zewnętrznej to, jak podałam w części eksperymentalnej, odcinki, pozbawione micronucleus, albo zachowują przypadkowy kształt, który im nadała operacja albo też przybierają formę kuli. Zawsze zachodzi wprawdzie pewne złagodzenie nierównych brzegów rany, jednak można rozpoznać już na pierwszy rzut oka, że kształt ogólny jest anormalny. Operacja uszkadza pelikulę i powoduje bezpośrednie zetknięcie się protoplazmy z otaczającą ją wodą. Czysto fizyczne stosunki napięcia powierzchniowego dostatecznie tłumaczą zaokrąglenie brzegów rany i jakiegokolwiek impulsy wewnętrzne nie są tu wcale potrzebne. Kształt kulisty przybiera odcinek wówczas, gdy wykonywa on szybki ustawiczny ruch obrotowy. Siła odśrodkowa łącznie z napięciem powierzchniowym wystarczają i w tym przypadku aby powstanie kształtu kulistego wytłumaczyć. Jednak zupełnie co innego jest prawdziwa regulacja kształtu, która nadaje wymoczkowi normalne proporcje we wszystkich wymiarach. Jest to niewątpliwie taka sama regeneracja, jak i regeneracja aparatu rzęskowego i zależy ona od tych samych właściwości konstrukcyjnych komórki, które rządzą wielkością, formą, strukturą i wzajemnym położeniem części ciała. Podczas regeneracji te właściwości wytwarzają całość organizmu, powtarzając przebieg całej ontogenezy. Tak samo nie mogą powstać nowe rzęski bez regulacji formy zewnętrznej, jak regulacja tej formy nie może zajść gdy brak jest reorganizacji strukturalnej.

Calkins i Young podają, że w niektórych przypadkach regeneracja może zajść w odcinkach nie posiadających micronucleus. Przytem odcinki te regenerują tylko wówczas, gdy conajmniej jedna godzina upłynęła od ostatniego podziału. Autorowie

ci wiążą stopień zdolności regeneracyjnej z wiekiem komórki, uważając, że zdolność ta jest najmniejsza wkrótce po podziale, potem zaś stopniowo wzrasta. Stopień zdolności regeneracyjnej mierzył Young oznaczając stopień regeneracji odcinków bez micronucleus. Tych obserwacji Younga nie udało mi się powtórzyć, gdyż w moich doświadczeniach odcinki *Uronychia*, pozbawione micronucleus, nigdy nie regenerowały. Nie uważam tego za decydujący zarzut, ponieważ w tych przypadkach Younga, gdy chodziło o regenerację przedniego odcinka ciała, zjawienia się niezmiernie charakterystycznych cirri ogonowych nie można było nie zauważyć i dlatego nie wątpię, że Young istotnie widział prawdziwą regenerację. Zwłaszcza, że jak już podałam przedtem, widziałam jeden analogiczny przypadek u *Euplotes*.

Wykonałam jednak próbę wymierzenia stopnia zdolności regeneracyjnej, zależnie od wieku, w inny sposób. Stopień zdolności regeneracyjnej może się wyrażać w długości okresu czasu po operacji, po upływie którego zachodzi regeneracja. Nie rozporządzając obszernym materiałem, otrzymałam wyniki dość sprzeczne, tem bardziej, że czas nastąpienia regeneracji zależy od wielu czynników, w pierwszym zaś rzędzie od stopnia uszkodzenia. Materiał mój jednak wskazuje, że jakaś zależność od wieku istnieje, choć zdaje się ona nie iść w tym kierunku, jak to przypuszczał Young. Obserwacje odnośne podam w pracy późniejszej.

Doświadczenia moje pozwoliły mi potwierdzić i rozszerzyć poprzedni wniosek o niezależności czasu trwania procesu reorganizacyjnego od stopnia uszkodzenia. Bardzo jest ciekawe, że u wszystkich zbadanych przeze mnie *Hypotricha* czas trwania właściwej regeneracji, od chwili zjawienia się pola regeneracyjnego do zaniku starych rzęsek, jest zawsze ten sam, pomimo ogromnych różnic w ogólnej budowie, stosunkach jądrowych i wielkości wymoczków. Dla *Stylonychia*, *Uronychia*, *Diophrys* i *Euplotes* czas ten wynosi około czterech godzin. Natomiast różny jest okres czasu pomiędzy operacją a początkiem regeneracji, wynosząc przeciętnie 6—7 godzin dla *Euplotes*, 5 godzin dla *Uronychia*, 3 dla *Stylonychia* i 2 dla *Diophrys*. Liczby te dotyczą operacji ze średnim stopniem uszkodzenia wymoczek i, jak już zaznaczono, mogą być stałe, niezależnie od bardzo różnych kierunków przekroju.

Ze wszystkich podanych faktów wynika, że prawa ogólne jakim ulega proces regeneracyjny u zbadanych dotąd *Hypotricha* są te same. Dalsza i głębsza analiza tych praw stanie się możliwa dopiero po dokładnem zbadaniu stosunków jądrowych w czasie regeneracji. Niewątpliwie w ciągu regeneracji cały aparat jądrowy ulega głębokim zmianom, których wyświetlenie może stanowić klucz do zrozumienia całego procesu.

(Woods Hole.  
Sierpień 1925 r.).

### W y n i k i.

1. Proces regeneracji aparatu rzęskowego u obserwowanych *Hypotricha* jest związany z powstawaniem pojedynczego pola regeneracyjnego, w którym powstają zawiązki głównych grup cirri zastępujących stopniowo stare.

2. Cirri boczne powstają ze specjalnych zawiązków blisko nasady starych.

3. We wszystkich przypadkach przy regeneracji powstaje doskonały, proporcjonalny do zmniejszonego ciała wymoczek, nowy aparat rzęskowy. Nawet usunięcie jednego cirrus powoduje całkowitą reorganizację wymoczka, o ile usunięta była nasada tego cirrus.

4. W moich doświadczeniach regenerowały tylko odcinki zawierające micronucleus.

5. Regeneracja może być niekiedy zastąpiona przez podział.

6. Regeneracja aparatu rzęskowego zachodzi w związku z regulacją formy swoistej gatunku.

7. Czas procesu regeneracji nie zależy od stopnia uszkodzenia i trwa około czterech godzin u wszystkich badanych przede mnie *Hypotricha*.

8. Przeciętny czas, po którym rozpoczyna się proces regeneracji, jest różny dla różnych gatunków *Hypotricha*, najkrótszy u *Diophris*, najdłuższy u *Euplotes*.

9. Czas rozpoczęcia regeneracji zależy od stopnia uszkodzenia i stoi w odwrotnej do niego proporcji.

## CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

1. La régénération de l'appareil ciliaire chez les *Hypotriches* que j'ai observés, (*Uronychia transfuga*, *Uronychia setigera*, *Diophrys appendiculatus*, *Euplotes vannus*, *Euplotes charon* et *Amphisia* sp.) s'accomplit toujours au moyen d'un seul champ régénérateur, où apparaissent les germes des cirri futurs. Ces germes remplacent les anciens cirri.

2. Les cils latéraux se développent à partir des germes spéciaux, à proximité de la base des cirri anciens.

3. Dans tous les cas de régénération, il se forme un nouvel appareil ciliaire parfait et proportionné aux dimensions du corps diminué du protiste. Même l'excision d'un seul cirrus entraîne la réorganisation complète de l'organisme, pour peu que la base du cirrus amputé soit atteinte.

4. Dans mes expériences, seuls des fragments comprenant le micronucleus ont régénéré.

5. Quelquefois la régénération peut être remplacée par la division.

6. La régénération de l'appareil ciliaire s'accomplit toujours en même temps que la régulation de la forme.

7. Le temps nécessaire à la régénération est toujours le même, indépendamment du degré de mutilation; il comprend environ 4 heures chez tous les *Hypotriches* marins que j'ai eu l'occasion d'observer.

8. L'intervalle entre l'opération et le commencement de la régénération diffère pour les différentes espèces d'*Hypotriches*. Cet intervalle est le plus court chez le *Diophrys*, le plus long chez l'*Euplotes*.

9. Le temps du commencement de la régénération est en raison inverse du degré de mutilation.

## SPIS LITERATURY.

1. Calkins G. N. 1911. Regeneration and cell division in *Uronychia*. Journ. of exp. Zool. v. 10.
2. Calkins G. N. 1901. Marine protozoa of Woods Nole. U. S. Fish Commiss. Bull.
3. Dembowska W. S. 1924. Studja nad regeneracją *Stylonychia, mytilus*. I. Aparat rzęskowy. Prace Instytutu im. M. Nenckiego. T. I. Nr. 33.
4. Minkiewicz R. 1901. Изследования над простейшими Чернаго моря. Труды Общ. Ест. Казанск. Унив. Т. 35, вып. I. (avec un résumé français).
5. Stein Fr. 1859. Der Organismus der Infusionsthier etc. Leipzig.
6. Taylor S. V. 1920. Demonstration of the function of the neuromotor apparatus of *Euplotes patella*. Univ. of Cal. Publ. in Zool. v. 19.
7. Wallengren H. 1902. Zur Kenntnis des Neubildungs und Resorptionsprocesses bei den hypotrichen Infusorien. Zool. Jahrb. Abt. f. Anat. der Thiere. Bd. 15.
8. Yocom H. B. 1918. The neuromotor apparatus of *Euplotes patella*. Univ. of Cal. Publ. in Zool. v. 18.
9. Young D. B. 1922. A contribution to the morphology and physiology of the Genus *Uronychia*. Journ. of Exp. Zool. vol. 36.