TOWARZYSTWO NAUKOWE WARSZAWSKIE.
SOCIÉTÉ DES SCIENCES ET DES LETTRES DE VARSOVIE.

Prace Instytutu im. Nenckiego.

Travaux de l'Institut Nencki.

TOM III.

(1925—1926).

Z zasiłku Wydziału Nauki
Ministerstwa Wyznań Religijnych i Oświecenia Publicznego.

WARSZAWA
DRUK. I LIT. p. f. „JAN COTTY" W WARSZAWIE, KAPUCYŃSKA 7.
1926.

TREŚĆ TOMU TRZECIEGO:

№ 40. 1925

TOWARZYSTWO NAUKOWE WARSZAWSKIE

PRACE INSTYTUTU IM. NENCKIEGO

ZAKŁAD BIOLOGJI OGÓLNEJ.

TRAVAUX DE L'INSTITUT NENCKI

LABORATOIRE DE BIOLOGIE GÉNÉRALE.

Tom III, zesz. 1.

JAN DEMBOWSKI.

Badania doświadczalne nad zachowaniem się kraba *Dromia vulgaris* M. Edw. [1])

I. Reakcje uwalniania się z pętli.

(Experimentelle Untersuchungen über das Verhalten von *Dromia vulgaris* M. Edw.

I Teil. Das Abstreifen der Schlinge).

Jeśli krabowi przewiązać przednią kończynę chodną, uniemożliwiając jej wyprostowanie w stawie pomiędzy *carpo*—i *meropoditem*, to krab uwalnia się od niej, ściągając nałożoną pętlę przy pomocy przeciwległej wolnej kończyny przedniej. Fakt ten udało mi się zaobserwować poniekąd przypadkowo, gdy podczas studjów nad reakcją odwracania się *Dromia*, powziąłem zamiar wiązania kończyn, aby się przekonać, które z nich są dla odwrócenia ciała niezbędne. Proces ściągania pętli jest godzien głębszej uwagi ze względu na swój nader skomplikowany charakter adaptacyjny.

Pracę niniejszą wykonałem w ciągu listopada 1924 r. na stacji rosyjskiej w Villefranche sur mer. Dyrektorowi tejże, p. M. Dawydowowi i asystentowi p. G. Tregubowowi za miłe przyjęcie i wszelką pomoc w pracy niech mi będzie wolno złożyć serdeczną podziękę.

[1]) Praca wykonana z zapomogi Instytutu Rockefellera U. S. A.

I. Materjał i metoda.

Miałem do dyspozycji 16 osobników *Dromia vulgaris* M. E. o długości *carapax* od 13 do 60 mm., zatem bardzo różnego wieku. *Dromia* z wielu względów stanowi nader dogodny materjał obserwacyjny, gdyż ruchy jej są powolne i łatwe do zaobserwowania, a ponadto gatunek ten nie posiada wybitnej zdolności do autotomizowania, co dla wielu badań nad ruchami kończyn stanowi warunek nieodzowny. Jedynie podczas narkotyzowania (eter) krab zwykle odrzuca piątą, a czasem i czwartą parę pereiopod.

Jak wiadomo *Dromia vulgaris* żyje w symbiozie z gąbką *Suberites domuncula*, którą dźwiga na grzbiecie przy pomocy specjalnie zmodyfikowanych 4 i 5-ej pary odnóży chodnych. Wśród mego materjału jednak mniejszość osobników miała na sobie *Suberites*. Kilka osobników było przykrytych innemi gatunkami gąbek, dwa miały domki z glonów, a cztery były złowione zupełnie nieprzykryte. Niewielka specyficzność gatunkowa tej symbiozy jest zresztą faktem, znanym dla *Dromia* (p. Polimanti). Ponieważ gąbki w akwarjach żyją przez kilka godzin zaledwie, poczem szybko gniją, zatruwając wodę, musiałem się uciec do konstruowania domków sztucznych. Bardzo odpowiednim materjałem do tego okazała się plastelina, która jest dostatecznie mocna, aby zachować nadany jej kształt przy ruchach kraba, a jednocześnie jest dość podatna, aby umożliwić krabowi wbicie pazurów 4 i 5-ej pary odnóży chodnych i przytrzymanie sztucznego domku na grzbiecie. Aby możliwie się zbliżyć do stosunków naturalnych, robiłem odlewy gipsowe z wewnętrznej powierzchni gąbki i na nich formowałem domki z plasteliny. Grubość domków wynosiła 1—3 mm., zależnie od wielkości kraba. Domki takie są bardzo chętnie przyjmowane przez kraby, których nie razi ich jasna, blado różowa barwa, czasem jaskrawo odbijająca od podłoża.

Kraby trzymałem pojedyńczo w dużych krystalizatorach, na których dnie umieszczałem drobny żwir. Woda była zmieniana codziennie. Za pokarm służyły kawałeczki mięsa, ryby, niekiedy skrzela dużych *Mytilus*.

Próby rozpoczynałem conajmniej w dwa dni po złowieniu kraba, aby pozwolić zwierzętom oswoić się z nowemi warunkami. Wszystkie próby wykonałem na osobnikach, którym bezpośrednio przed doświadczeniem zdejmowałem domek, co znacznie ułatwia manipulacje. Kraba wyjmowałem z wody, kładłem na grzbiet i korzystając z chwili, gdy przednie odnóża, najczęściej szczelnie wówczas przyciśnięte do ciała (rys. 1), wyprostują się, pomagając zwierzęciu w odwróceniu, przewiązywałem jedno z nich, najczęściej prawe, cienkim sznurkiem niestrzępiącym się w wodzie. Położenie pętli mogło być różne. Najczęściej, przy kończynie skurczonej, sznurek przebiegał jak na rys. 2, przecinając proksymalną część *meropoditu* i środek *propoditu*. Niekiedy pętla trafiała na skierowanej ku tyłowi ciała powierzchni kończyny w rowek stawu pomiędzy *mero-* i *ischiopoditem*. W innych próbach pętle nakładałem bliżej „łokcia" (t. j. stawu pomiędzy *carpo-* i *meropoditem*), jak na rys. 3, gdzie łączy ona środek *carpo-*

poditu z *meropoditem*. Pętlę zaciskałem bardzo mocno, zawiązując ją podwójnym węzłem. Kończyna związana zajmuje wówczas położenie normalne, pozostając zgiętą i przyciśniętą do ciała, jak zwykle u kraba podrażnionego (rys. 1 i 2). Dwa wolne końce sznurka wynosiły 2 do 3 cm. długości. Aby ułatwić krabowi zadanie, na obu wolnych końcach zawiązywałem węzeł, który nie pozwalał szczypcom ześlizgiwać się wzdłuż sznurka.

Po związaniu krab powracał do krystalizatora, położony na grzbiet. Bardzo często *Dromia* przedewszystkiem odwraca się i później dopiero zabiera się do ściągania pętli. W tych warunkach dokładna obserwacja ruchów zwierzęcia jest prawie niemożliwa. Dlatego też najczęściej, po każdem odwróceniu się, krab znowuż był kładziony na grzbiet. W niektórych przypadkach krab wykonywał do 50 kolejnych prób odwrócenia się, zanim rozpoczął pracę nad ściąganiem sznurka. Każda taka ingerencja eksperymentalna drażni zwierzę i powoduje zaprzestanie wszelkich ruchów w ciągu kilku sekund, do kilku minut czasami. Ponieważ jednak ruchy krabów w tych warunkach były analogiczne do ruchów tych osobników, które wcale nie próbowały odwrócić się, uważałem za możliwe zastosowanie tego sposobu, który ogromnie ułatwia obserwację. Gdy krabowi udawało się ściągnąć pętlę, natychmiast przecinałem ją i zdejmowałem, jeśli sznurek pozostał przewieszony przez nasadę kończyny, jak zawsze przy pierwszym sposobie wiązania. Jeśli pętla jest blisko łokcia, to krab sam zrzuca ją zupełnie.

2. Typy reakcyj.

Już podczas związywania kończyn dają się zauważyć znaczne różnice indywidualne w zachowaniu się zwierząt. Niektóre kraby pozostają przytem przez długi czas w stanie zupełnego skurczenia kończyn, jak na rys. 1, inne odrazu próbują się odwrócić. Niektóre osobniki przy najlżejszem dotknięciu natychmiast powracają do poprzedniej nieruchomości, jeśli już zaczęły się odwracać, niektóre znowuż siłą opierają się wszelkim zabiegom, chwytając szczypcami pincet, sznurek lub palec eksperymentatora, odpychając pętlę albo wyprostowując kończynę w łokciu, co nie pozwala na zaciągnięcie węzła. Czasem pincet pochwycony jest trzymany przez kraba w ciągu całych minut z taką siłą, że niepodobna go wydrzeć, nie uszkadzając zwierzęcia, innym razem służy za punkt nieruchomy, pomagający krabowi w odwróceniu ciała. Skoro pętla została już nałożona, ale jeszcze nie zaciągnięta, krab często silnie wyprostowuje kończynę w łokciu, rozciągając pętlę i nieraz zrzucając ją zupełnie (por. rys. 4). Wogóle krab ma dążność przeciwdziałania wszel-

kim zabiegom. Jeśli przycisnąć kończynę do piersi, to krab wykonywa ruch odwrotny, odpychając przedmiot gniotący, jeśli zaś próbować kończynę wyprostować, to krab zgina ją ze znaczną siłą. Dotyczy to zresztą osobników aktywnych, gdy inne na wszelki zabieg reagują skurczeniem kończyn i nieruchomością. Różnice aktywności są tak znaczne, że czasem po 20 — 30 sekundach pętla już była zaciągnięta, czasem zaś musiałem na to zużyć przeszło 10 minut, w ciągu których krab ustawicznie się opierał. Określone stopnie aktywności są przywiązane do określonych osobników. Np. krab № 2 odznaczał się wielką ruchliwością, która się wyrażała w wielu szczegółach: osobnik ten najdłużej się opierał przy związywaniu, najprędzej ściągał pętlę, najłapczywiej chwytał podawany mu pokarm i t. d. Natomiast krab № 5 miał usposobienie spokojniejsze, dając się łatwo związać. Pewne różnice w zachowaniu się występują w zależności od wieku. Najmniejsze moje osobniki №№ 1, 6, 11 i 12 (długość *carapax* od 13 do 25 mm.) stale się uciekały do „udawania martwych", nawet przy lekkiem dotknięciu. Na obserwację tę nie kładę na razie żadnego nacisku, może ona jednak stanowić bardzo ważną biologiczną wskazówkę, że zachowanie się osobników młodych jest odmienne. Sprawie tej zamierzam poświęcić specjalne studjum.

Dość powszechnie, krab związany, po przeniesieniu go do akwarjum i położeniu na grzbiet, przez czas pewien pozostaje nieruchomy. Czas ten waha się w szerokich granicach, najczęściej wynosząc kilkanaście lub kilkadziesiąt sekund. Mam jednak zanotowane przypadki, gdy krab w ciągu 3 godzin pozostawał bez ruchu, zachowując położenie jak na rys. 2.

Po przeminięciu okresu podrażnienia, krab rozpoczyna swoje wysiłki, skierowane ku dwom głównym celom: ściągnięciu pętli i odwróceniu się. Reakcja odwracania ciała sama w sobie jest ogromnie skomplikowana i ciekawa, lecz pomijam tu jej opis, gdyż powrócę do niej w pracy następnej. W danym przypadku stanowi ona poniekąd szczegół metodyczny. Gdy krabowi kilkakrotnie przeszkodzono odwrócić się, zaprzestaje on dalszych prób w tym kierunku i zabiera się do ściągania pętli.

Prócz prób odwrócenia *Dromia* wykonywa szereg ruchów postronnych, nie związanych ze ściąganiem sznurka. Od czasu do czasu robi parę krótkich ruchów wszystkiemi kończynami,

jakby przeciągając się. Dość często wydziera szczypcami wolnej kończyny przedniej włosy na końcu odwłoka lub na sąsiadującej z nim nasadzie trzeciej pary *pedes maxillares*. Włosy są potem pochwycone przez czułki szczękonóżek i skierowane do otworu ustnego. Często szczypce wolnej kończyny przedniej, błądząc w poszukiwaniu sznurka, natrafiają na koniec drugiej kończyny strony przeciwległej; wówczas kończyna ta zostaje pochwycona i przytrzymana przez kilka sekund. Pomijam tu ruchy oczu, anten oraz ruchy oddechowe. Jednak poza odwracaniem się olbrzymia większość ruchów, wykonanych przez kraba, pośrednio lub bezpośrednio wiąże się ze zrzucaniem i ściąganiem pętli.

W procesie ściągania pętli biorą udział trzy kończyny zwierzęcia: kończyna związana, druga z kolei kończyna tej samej strony i przeciwległa wolna kończyna przednia. Do nich należy dołączyć udział *mandibulae* łącznie z innemi częściami paszczowemi. Z wielu obserwacyj wśród skomplikowanych i różnorodnych ruchów kraba udało mi się wyróżnić 12 ruchów zasadniczych, których kombinacje stanowią wszystkie ważniejsze reakcje kraba.

Ruch 1. O ile pętla nie została zaciągnięta zbyt mocno, krab próbuje wysunąć z niej kończynę związaną, wyginając ją nieco w tył. Kończyna pozostaje przytem w swojej poprzedniej płaszczyznie i tak samo skurczona, tylko łokieć cofa się nieznacznie ku tyłowi. Porównanie rys. 2 z 3 wyjaśni położenie kończyny związanej. Ruch jest mało skuteczny, gdyż amplituda wahnięcia kończyny w tym kierunku jest niewielka. Występuje on też w kombinacji z innemi ruchami i jest wówczas daleko skuteczniejszy. Daje się również widzieć w końcowych stadjach rozwiązywania, gdy pętla została już znacznie rozluźniona i sznurek ściągnięty aż na *dactylopodit* kończyny skrępowanej.

Ruch 2. Wyprostowując kończynę w stawie *mero-carpopodit*, krab rozciąga i rozluźnia pętlę (rys. 4). Ruch ten jest wykonywany ze znaczną siłą i sznurek zbyt słaby ulega przytem rozerwaniu. Jeśli pętla została zaciągnięta mocno, wysiłki kraba pozostają niewidoczne. Przy pętli luźnej natomiast krab często ją napina. Ruchy te doskonale można obserwować, używając do związywania nici gumowej. Sposób 2 w większości przypadków stanowi reakcję pomocniczą i sam w sobie nie prowadzi do zsunięcia pętli. Jeśli jednak pętla została zaciśnięta

blisko łokcia, jak na rys. 3, to samo wyprostowanie kończyny może ją zrzucić, co obserwowałem wiele razy. Wspominałem już, iż ten właśnie ruch jest często wykonywany podczas związywania.

Ruch 3. Kończyna związana obraca się dookoła nasady, pozostając w tej samej płaszczyznie i, przy maksymalnem wygięciu, skierowując łokieć wprost naprzód, zaś szczypce odpowiednio wtył, jak na rys. 5. Ruch ten jest antagonistyczny w stosunku do ruchu pierwszego. Podobnie jak poprzednia, reakcja 3 jest ruchem pomocniczym, skoordynowanym z dalszemi sposobami. Niekiedy jednak występuje samodzielnie, czasem bardzo uporczywie. Może się ona wówczas wiązać z rozciąganiem pętli sposobem 2.

Ruch 4. Wolna kończyna przednia chwyta szczypcami pętlę, węzeł, lub najczęściej wolny koniec sznurka i pociąga je ku sobie, w kierunku ku wierzchołkowi szczypiec kończyny związanej (rys. 6). Reakcja może ulegać modyfikacjom, w zależności od położenia kończyny skrępowanej. Jeśli ta ostatnia wykonywa jednocześnie ruch 3, to jej szczypce są skierowane ku tyłowi i w tym też kierunku pętla zostaje pociągnięta. Przy zwykłym sposobie wiązania, ruch 4 wprost zmierza do celu. Jeśli jednak pętla leży blisko łokcia, to ten sam ruch staje się mało celowy, prowadząc najwyżej do nieznacznego rozciągnięcia pętli.

Ruch 5. Wolna przednia kończyna pociąga sznurek w kierunku prostopadłym do podłużnej osi *propoditu* kończyny związanej (rys. 7). Kierunek ten jednak może być różny. Przy położeniu kraba na grzbiecie, pętla zostaje pociągana ku górze, przodowi lub tyłowi, ale zawsze prostopadle do płaskiej powierzchni *propoditu*. Ruch 5, wykonywany często z dużym wysiłkiem, jak świadczy o tem stopień rozciągania nici gumowej, służy do skutecznego rozluźniania pętli.

Ruch 6. Wolna przednia kończyna pociąga pętlę ku łokciowi kończyny związanej, zatem w kierunku przeciwnym, niż przy ruchu 4 (rys. 8). Ruch 6 może częściowo się przyczynić do rozciągania pętli, choć jest znacznie mniej skuteczny od ruchu 5 ze względu na mniej dogodne położenie kończyny rozciągającej. Jest mało celowy przy zwykłym sposobie wiązania, natomiast może być bardzo skuteczny, jeśli sznurek leży blisko łokcia.

Ruch 7. Wolna kończyna przednia chwyta pętlę, lub węzeł (ale nie wolne końce sznurka) i wykonywa rodzaj ruchu pronacyjnego, skierowując zewnętrzną płaszczyznę *propoditu*, przy położeniu kraba na grzbiecie zwróconą ku górze, nieco ku przodowi. Stanowi to skuteczną dźwignię, podważającą sznurek i służącą do jego rozerwania. Przy ruchu 7 kończyna związana zachowuje swe położenie normalne, jak na rys. 1 i 2.

Ruch 8. Jest reakcją złożoną, w której biorą udział obie przednie kończyny (rys. 9). Kończyna związana wykonywa ruch 3, czyli zwraca łokieć ku przodowi. Przeciwległa kończyna wolna chwyta pętlę lub węzeł, czasem wolny koniec sznurka, ale blisko węzła, i wykonywa silny ruch pronacyjny. Zewnętrzna powierzchnia *propoditu* kończyny wolnej przy maksymalnym ruchu 8 jest zwrócona ku kończynie związanej. Rys. 8 wyobraża początek tego ruchu; później łokieć kończyny wolnej zostanie wygięty w kierunku strzałki. Ruch 8 jest znacznie skuteczniejszy od poprzedniego, od którego się różni udziałem w nim kończyny związanej. Że ta ostatnia zachowuje położenie normalne przy reakcji 7, wskazuje na jej aktywność w reakcji 8. Kończyna związana nie zostaje tylko pociągnięta przez przeciwległą, ale bierze w reakcji czynny udział. Cała reakcja stanowi najsilniejszy środek do rozerwania sznurka, względnie, rozluźnienia pętli, jakim krab rozporządza. Należy też do najpospolitszych reakcyj i nieraz się powtarza wiele razy z rzędu.

Ruch 9. Przy ruchu 4 pętla, nawet rozluźniona, często nie może być ściągnięta wprost, gdyż się zaczepia o występy członów, lub też trafia w rowki stawowe (zwłaszcza staw pomiędzy *carpo-* i *propoditem*). Wolna kończyna przeciwległa chwyta wówczas pętlę w różnych punktach kolejno, za każdym razem pociągając ją ku sobie krótkim ruchem 4. Sposób ten występuje dosyć rzadko, jest jednak bardzo racjonalny i może szybko doprowadzić do celu, zwłaszcza jeśli tuż po nim nastąpi ruch 4.

Ruch 10. Ruch ten podobnież jak następny, jest wykonywany przez drugą z kolei kończynę strony związanej. Kończyna ta często wykonywa ruchy wahadłowe, wodząc *dactylopoditem* po powierzchni *propoditu* kończyny skrępowanej. Jeśli jej *dactylopodit* trafi w pętlę, co się zdarza dość często, to kończyna wykonywa wysiłek zepchnięcia pętli ku wierzchołkowi

szczypiec. Reakcja jest niewątpliwie celowa, ale mało skuteczna, gdyż mięśnie kończyny drugiej są dosyć słabe, zwłaszcza *mm. extensores*, o które w danym przypadku chodzi. Pewna modyfikacja tego ruchu występuje w korelacji z ruchem 5, o czem niżej.

Ruch 11. Gdy zachodzi maksymalny ruch 3, zwłaszcza jeśli kończyna związana pozostaje w tem położeniu przez czas dłuższy, druga kończyna tej samej strony pomaga w jej wygięciu, naciskając na łokieć związanej kończyny w kierunku ku przodowi. Reakcja czysto pomocnicza.

Ruch 12. Wolny koniec sznurka zostaje pochwycony przez trzecią parę *pedes maxillares* i skierowany do otworu ustnego, gdzie przytrzymują go *mandibulae*. Wówczas kończyna związana próbuje się wysunąć ruchem 1. W tej formie obserwowałem ruch 12 raz jeden tylko, na krabie № 2, ale zato z całą wyrazistością. Natomiast dosyć często koniec sznurka zostaje pochwycony przez części paszczowe i wkrótce wyrzucony, bez prób przytrzymania go i uwolnienia kończyny. Celowość reakcji podobnej jest dość wątpliwa, bowiem skoro krabowi się uda oderwać strzęp sznurka, strzęp ten regularnie wędruje do ust, skąd jest wyrzucony po kilku sekundach. Możliwe, że i chwytanie w ten sposób końców sznurka jest tylko odruchem.

Podane tu 12 ruchów zasadniczych, w formie tak schematycznej stanowią raczej produkt analizy, „elementy“ zachowania się kraba, niż ruchy rzeczywiste. W obrębie każdego ruchu możliwa jest nieskończenie rozległa skala intensywności, dzięki której ruchy mogą stopniowo przechodzić jedne w drugie. Np. ruch 5 może bezpośrednio przejść w 4 lub 6 i nie zawsze jest możliwe podać dokładnie, który ruch właściwie zaszedł. Naogół jednak ruchy, w ich skrajnej formie, mogą być łatwo rozpoznane. Ułatwia notowanie zachowania się kraba ta okoliczność, że jego wysiłki ku zdjęciu pętli są dość wyraźnie oddzielone od siebie w czasie. Po wykonaniu jakiegoś ruchu, krab zwykle puszcza sznurek, kończyna związana powraca do położenia normalnego i teraz dopiero rozpoczyna się próba następna. I ta reguła zna liczne wyjątki, ale mimo to bardzo często można dokładnie powiedzieć, kiedy się skończyła jedna reakcja, a zaczęła druga.

3. Ruchy złożone.

W przeważającej większości przypadków podane powyżej ruchy nie występują samodzielnie, tylko kojarzą się ze sobą w najrozmaitszych kombinacjach. Zachowanie się kraba bynajmniej niema cech ślepego szarpania sznurka sposobem, jaki narzuca w danej chwili przypadkowe położenie kończyn. Raczej widzimy szereg mniej lub więcej skomplikowanych prób, z których ogromna większość w warunkach niezbyt mocnej i mocno zaciągniętej pętli mogłaby doprowadzić do celu. Zaznaczę jeszcze, iż krab zachowuje się jak ślepy, często przez długi czas wodząc szczypcami wolnej kończyny po powierzchni *propoditu* związanej i wciąż próbując pochwycić pętlę. Ze względu przedewszystkiem na położenie oczu jest rzeczą wątpliwą, aby zwierzę widziało krępujący go sznurek.

Niektóre ruchy stanowią reakcję pomocniczą i wykonane samodzielnie, prawdopodobnie nigdy nie mogą doprowadzić do zdjęcia pętli. Do nich należą ruchy 3, 11, 12, które też nader rzadko lub nigdy nie występują samodzielnie. Wyjątek stanowi ruch 3, niekiedy powtarzany raz po raz bez innych prób uwolnienia się.

Skierowanie łokcia kończyny związanej ku przodowi (ruch 3) nie może zrzucić pętli, ale zbliża pętlę do kończyny wolnej, ułatwiając jej pochwycenie. Jeśli pętla leży blisko łokcia, to ruchy 4, 5 i 6 byłyby trudne do wykonania, bez odpowiedniego wygięcia kończyny skrępowanej. Wprawdzie krab może dosięgnąć łokcia przy wszelkiem położeniu kończyny przeciwległej (rys. 8), ale w niewygodnem położeniu niemożliwy jest dla niego większy wysiłek. Dlatego też kombinacje ruchu 3 z innemi występują szczególnie często. Na 100 przypadkowo wziętych reakcyj, w skład których wchodził ruch 3 (dla 9 krabów), wystąpiły następujące kombinacje:

Ruch 3 samodzielnie		— 17	razy
Kombinacja	3 + 4	— 10	„
„	3 + 5	— *43*	„
„	3 + 6	— 6	„
„	3 + 7	— 2	„
„	3 + 10	— 3	„
„	3 + 11	— 4	„

Kombinacja 3 + 5 + 10 — 13 razy
„ 3 + 4 + 10 — 1 „
„ 3 + 5 + 11 — 1 „

Zaznaczę, iż samodzielnemu ruchowi 3 (głównie u kraba № 8) w wielu przypadkach towarzyszyły (bezowocne wprawdzie) próby pochwycenia pętli kończyną wolną, podobnież w kombinacji 3 + 11. Ruchów tych nie można więc wprost nazwać niecelowemi. Prócz tego krab № 8 był to największy osobnik z całego mego materjału (długość *carapax* 60 mm.). Otóż nie jest rzeczą wykluczoną, iż osobnik silny częściej się będzie uciekał do prób rozerwania sznurka, niż do prób zdjęcia go. Może jego zachowanie się w warunkach eksperymentu jest częściową reminiscencją tych sposobów, które stosował w przyrodzie, gdy mu się zdarzyło zaplątać w gęstwinie roślin wodnych i kiedy ruch 3 mógł być bardziej skuteczny.

Do tej samej grupy należy również złożony ruch 8, w którego skład wchodzi całkowicie ruch 3 kończyny związanej. Reakcja ta należy do najczęstszych.

Ruch 1 rzadko tylko występuje samodzielnie. Z położenia zasadniczego (rys. 1 i 2) wygięcie łokcia ku tyłowi jest możliwe tylko o bardzo niewielki kąt i ruch 1 staje się skuteczny jedynie w kombinacji z innemi. Typowe jest skojarzenie 1 + 4 (rys. 6). Obie kończyny działają wówczas w przeciwnym kierunku: kończyna wolna ściąga pętlę, związana zaś stara się szczypce z pętli wysunąć, co bardzo wzmaga efektywność sposobu 4. Znacznie skuteczniejszy staje się ruch 1, jeśli następuje zaraz po 3 + 4, bowiem w tym przypadku amplituda wahnięcia kończyny skrępowanej jest daleko większa.

Ruch 2 przy zwykłem związaniu służy do rozciągnięcia pętli. W większości przykładów, przytoczonych poniżej, reakcja ta nie była notowana, jako źle widoczna przy mocno zaciągniętej pętli. Do tego samego celu — rozluźnienia sznurka — służy ruch 5, dlatego też oba ruchy często występują razem. Może nawet w większości przypadków reakcja 5 jest wzmożona przez ruch 2. Jeszcze dalsze wzmocnienie skuteczności obu sposobów stanowi udział drugiej z kolei kończyny strony skrępowanej. Wówczas zachodzi reakcja 5 + 2, a jednocześnie kończyna druga naciska na napięty sznurek z boku, lub nawet naciska *dactylopoditem* albo *propoditem* kończynę, trzymającą, sznurek od dołu

(krab na grzbiecie), dołączając w ten sposób swój wysiłek do pracy ogólnej. Natomiast w kombinacji z 4 ruch 2 byłby niecelowy, gdyż napinałby pętlę i przeszkadzałby jej ściągnięciu. Dlatego też w czasie reakcji 4 szczypce kończyny związanej są szczelnie przyciśnięte do ciała, czyli kombinacja 4 + 2 prawie nigdy nie występuje. Ruch 2 kojarzy się niekiedy z ruchem 8. Prawdopodobnie jest on w tym przypadku oznaką wysiłku kraba w kierunku wykonania ruchu pronacyjnego kończyną związaną. Wreszcie, ruch 2 często występuje łącznie z próbami odwrócenia się. Tu ma on jednak inne znaczenie. W czasie tych prób wolna kończyna przednia najczęściej ulega wyprostowaniu w stawie łokciowym, pomagając krabowi przeważyć ciało na stronę odwłoka. Ruch 2 kończyny związanej oznacza, iż krab usiłuje ją wyprostować w analogiczny sposób, stanowi on ruch symetryczny tylko, nie wiążący się wcale z pracą nad ściąganiem pętli.

Koordynacja różnych sposobów rozluźniania i zrzucania pętli może być nie tylko jednoczesna, ale i następcza. Jeśli pętla leży blisko łokcia, to bezpośrednio do jej ściągnięcia mogą służyć tylko reakcje 2 i 6. Otóż ruch 2 jest często stosowany w szczególny sposób. Krab unosi łokieć ku przodowi, pomagając sobie kończyną drugą, a jednocześnie rozciąga pętlę przy pomocy przedniej kończyny wolnej, t. j. wykonywa reakcję 3 + 11 + 5. Szczypce kończyny związanej pozostają przyciśnięte do ciała. Zaraz potem zwierzę puszcza sznurek, kończyny powracają do położenia pierwotnego (rys. 2) i wówczas kończyna związana silnie rozgina staw łokciowy (ruch 2). Gdy ruch 2 okazał się bezskuteczny, znowu następuje reakcja 3 + 11 + 5, po której idzie ruch 2 i t. d. Ta kolejność ruchów powtarza się 3 — 4 razy z rzędu. Ruch 2, zwykle rozluźniający pętlę, w danym przypadku służy do jej zrzucenia. Krab zachowuje się, jak gdyby próbował od czasu do czasu, czy sznurek jest już dostatecznie luźny i czy można go zsunąć.

W paru przypadkach widziałem współpracę ruchu 5 z 1 i 3. Kończyna związana skierowuje łokieć naprzód (ruch 3), kończyna wolna zaś zwykłym sposobem chwyta sznurek i próbuje rozciągnąć pętlę. Ale teraz następuje silny ruch 1, t. j. kończyna znowu wygina łokieć w tył, napinając sznurek, trzymany przez przeciwległą, aby zaraz potem jeszcze raz wykonać

ruch 3 i t. d. Tu kończyna, trzymająca sznurek, pozostaje nieruchoma, kończyna zaś skrępowana wykonywa kilkakrotny ruch wahadłowy, to napinając sznurek, to zwalniając go. W ten sposób chwyt 5 przechodzi chwilami w 4 i znowuż powraca do 5.

Analogiczna obserwacja dotyczy reakcji 4. Przy pętli, przechodzącej przez środek *propoditu*, jest ona jedynym ruchem, który bezpośrednio prowadzi do ściągnięcia sznurka, gdy inne reakcje pełnią rolę pomocniczą. Jednak krab bynajmniej nie szafuje tym sposobem. W ogólnej sumie różnorodnych ruchów ściągania, reakcja 4 stanowi tylko 23%. Co jest charakterystyczne, ruch 4 rzadko występuje dwa lub więcej razy z rzędu. Najwyżej obserwowałem trzy kolejne powtórzenia, co jest właściwe tylko temu ruchowi. Istotnie, ze wszystkich moich przypadków ruch 4 zaledwie dwa razy powtórzył się trzykrotnie raz po raz i tylko 20 razy powtórzył się dwukrotnie (uwzględniono 168 reakcyj z udziałem tego ruchu). Natomiast reakcja 2 powtarza się do 6 razy z rzędu i wogóle często ma charakter toniczny, ruch 3 — do 12 razy, ruch 6 należy do rzadkich i stanowi pendant do ruchu 4 (jak powiem poniżej), ruch 7, choć mało stosowany, do 4 razy, ruch 8 do 9 razy, ruch 9 do 4 razy, ruch 10 wogóle ma charakter wahadłowy i powtarza się wielokrotnie. Pozostaje ruch 5, którego częstotliwość (27%) jest prawie ta sama, co ruchu 4. Zliczyłem 32 przypadki, w których ruch 5 wystąpił ogółem 214 razy. Z tego reakcja 5 powtórzyła się dwukrotnie z rzędu — 25 razy, 3-krotnie — 10 razy, 4-krotnie — 2 razy, 5, 7 i 8-krotnie po jednym razie. Niewątpliwie więc reakcja 4 jest stosowana nieco inaczej, niż pozostałe (prócz 6). Występuje ona ponadto w dość regularnych odstępach i to właśnie stanowi jej celowość. Kilkakrotne pociąganie pętli, która się zaczepiła, nie doprowadziłoby do żadnego skutku. Daleko racjonalniej jest stosować różne sposoby jej rozluźnienia i od czasu do czasu próbować, czy sznurek da się już zsunąć. Tak właśnie postępuje krab.

Co się tyczy ruchu 6, to jak już wspominałem, stanowi on łącznie z reakcją 2 jedyny sposób bezpośredniego zsunięcia pętli przy jej położeniu w pobliżu łokcia. Przy zwykłym sposobie wiązania występuje on bardzo rzadko, jest krótkotrwały i słaby, co można widzieć ze stopnia napięcia sznurka. Istotnie, tu byłby niecelowy. Skoro jednak kończyna została przewiązana

w pobliżu stawu łokciowego, reakcja 6 jest stosowana częściej i z podobnemi zupełnie odstępami, jak ruch 4.

4. Zastosowanie reakcyj.

Kolejność występowania różnych reakcyj jest nieskończenie różnorodna, zarówno u różnych osobników, jak też w różnych próbach na jednym i tym samym krabie. Przytoczę kilka przykładów.

1. *Krab № 1.* Samiec, długość *carapax* 13 mm. Związana przednia prawa kończyna, pętla przechodzi przez środek *propoditu*. Po przeniesieniu do akwarjum krab odrazu się odwraca. W kilka sekund potem rozpoczyna próby: 4+1, 3, 8, 10, 8+10, 5+2, 2, 4+1, 5, 5+3, 8, 8, 8, 8, 8. Podczas pauzy krab łazi po dnie akwarjum, natrafia na domek, który wciąga na grzbiet. Potem pozostaje nieruchomy, nie robiąc dalszych prób. Po 30 minutach obserwację przerwano.

2. Ten sam krab, innego dnia. Związany w ten sam sposób. Odrazu dwukrotnie próbuje się odwrócić, w czem mu przeszkodzono. Potem: 5, 3+6, 4+1, 4+1, 5+3, 5+3, 5+3, 4+1, 3, 3, 5+3, 5, 8, 5+3, 4+1, 3+5+10, 9. Próba odwrócenia. Po krótkiej pauzie ruch 4+1 ściąga pętlę. Cel osiągnięty po 16 minutaeh.

3. *Krab № 2.* Samiec, długość *carapax* 45 mm. Związana pierwsza prawa kończyna, jak poprzednio. Po przeniesieniu do akwarjum, przez kilkadziesiąt sekund leży nieruchomo w pozycji rys. 2. Potem lewa przednia wyrywa włosy z końca odwłoka, jeszcze później zaczyna szukać sznurka. Pierwsze próby po 3 minutach: 4, 8, 3+5, 4+1, 4+1, 3+5, 3+5, 8, 3+5, 8, 8, 8, 4+1, 7, 7, 7, pauza kilkanaście sekund, 3, 3+5+10, 4+1, 8, 3+5+10, 7, 3+4 i zaraz potem 4+1, 8, 7, 3+5, 4+1, ściąga pętlę po 14 minutach. Podczas pauzy krab leży nieruchomy. Ani jednej próby odwrócenia się.

4. Ten sam osobnik, innego dnia. Związany jak poprzednio. W ciągu 2 minut leży nieruchomo, kończyny skurczone jak na rys. 1. Potem: 3+5, 8, 4+1, 4+1. Krab szczypie włosy na końcu odwłoka, jednocześnie słabo poruszając wszystkiemi kończynami 3+5, 4+1, 4+3, zaraz potem ruch łokcia ku tyłowi z jednoczesnem przytrzymaniem pętli 4+1, 5, 3+5, 4+1, 8, 5, 4+1, 3+5, 10, 8, 8, 8, 4+1, 3+5, 8, 8+10, 4+1, próba odwrócenia, której przeszkodzono, powtarza się 3 razy. Później 4+1, 4+3, 3+5, 8, 8, 4, 8, 4+1, 8, 3+5, 3+5, ruch 4+1 ściąga pętlę po 17 minutach.

5. Ten sam osobnik, po $1^1/_2$ godzinie. Związany jak poprzednio. W ciągu 6 minut leży nieruchomo w pozycji rys 2. Potem w przeciągu 9 minut krab wykonał 6 kolejnych, mało zdecydowanych prób odwrócenia się, poczem obserwację przerwano. Przez 15 minut krab nie wykonał ani jednej próby zdjęcia pętli. Zaznaczę, iż następnego dnia ten sam osobnik był związany 4 razy kolejno, w odstępach $^1/_2$-godzinnych i za każdym razem odrazu zabierał się do pracy, ściągając pętlę po 5 minutach 15

sek., 10 min. 15 sek., 15 min. i 3 min. 37 sek. Żadnych oznak „zmęczenia“ lub „zniechęcenia“ nie zauważyłem.

6. Ten sam osobnik, innego dnia. Pętla blisko łokcia. Odrazu po przeniesieniu do akwarjum został wykonany silny ruch 3, poczem krab się odwrócił, w czem mu nie przeszkadzano. Po kilkunastu sekundach: 3, 3, 3, 3+5, 4+3 i zaraz potem 4+1, 3+5, 8, 3+6, 5, 3+5, 3, 3+6, 8, 7, 4+1, 6, 3+6, 8, 3+6 ściąga pętlę w stronę łokcia po 6 min. 54 sek.

7. *Krab № 3.* Samiec, długość *carapax* 34 mm. Związanie zwykłe Odrazu 4 próby odwrócenia, którym przeszkodzono. Potem 3+5, 10, 8. 4+1, 4+1+10, próba odwrócenia, 4, 8, 5, 3+6, 3+5+10, 3, próba odwrócenia, 4, 8, 4+1, 3+5, 5, 4+1, 8+10, 4+3, 8, 4+3+10, 4, 4+3, 8, 8, 8, 4,, 3+5, próba odwrócenia, potem pauza, znowu próba odwrócenia 4, 4+3, 3+5, 8, 4, 3+5, 8+10, 3+5, 4, 3+5, 3+5, 8, ruch 4+1 ściąga pętlę po 14 min. 56 sek.

8. Ten sam osobnik. Związany koło łokcia, nicią gumową. W ciągu 15 sek. leży nieruchomo. Później 2, 2, 3, 2, 3, 2, próba odwrócenia, 2, dwie próby odwrócenia, 2, 3, 3+5, 3+5, 3+5, 3+5, 3+5, 3+5, 3+4, dwie próby odwrócenia, 5, 5, 5, próba odwrócenia, 8, 5, ruch 4+1 ściąga pętlę w stronę szczypiec po 6 min. 10 sek. Przy ruchu 3+5 pętla rozciąga się bardzo szeroko.

9. *Krab № 4.* Samiec, długość *carapax* 50 mm. Związany koło łokcia nicią gumową. W ciągu 2 min. pozostaje nieruchomy w pozycji rys. 2, potem 3, 3, próba odwrócenia, 3, 3+6, 3+5, 6, 5, 2, 3+5, 4+3, 3+6, 4, 5, 3+6, 3+5, 3+5, 8+1, 3+5, 5, 3, 2, 3, 5, 6, 3+5, 5, 3, 5, 6 — ściąga gumę przez łokieć po 20 min.

10. *Krab № 5.* Samica, długość *carapax* 43 mm. Związana koło łokcia nicią gumową. W ciągu 2 min. pozostaje nieruchoma. Potem 3, 4+3, 4+3, 4+3, 4+3, 2, 2, 3+6, 3+4+2, 3+4, 3+5, 2, 4+2, 3+5+11, 4+3, 3+5, 2, 3+5, 2+4, 2+4, 2+5, 2, 2, pauza, silny ruch 2 zsuwa pętlę przez łokieć po 12 minutach.

11. *Krab № 6.* Samiec, długość *carapax* 29 mm. Prawa kończyna związana sznurkiem, zwykłym sposobem, ale pętla luźna. Zwrócona specjalna uwaga na reakcję 2. Po przeniesieniu do akwarjum, natychmiast 5+10, 3+5+2, 3+5, potem kończyna związana wykonywa ruchy wahadłowe (3—1—3—1), gdy lewa przytrzymuje sznurek, 5+2, 7+2, 7+3+2, 8+2+10, 8+2, 8+2, 3+10, 5+2+10, 5+2+10, 8, 2, pauza, w ciągu której prawa kończyna pozostaje w położeniu 2, próba odwrócenia (przytem lewa przednia wyciągnięta, prawa w położeniu 2), 5+3+2, 8, 5+2+10, 5+2+3+10, 8, 4+1, 3+2+5+10, ruchem 4+1 pętla ściągnięta po 14 minutach.

12. *Krab № 8.* Samica, długość *carapax* 60 mm. Związanie zwykłe, pętla zaciągnięta mocno. Odrazu 8 kolejnych prób odwrócenia, potem 3, 3, 3, 3, 3, trzy próby odwrócenia, 3, 3, 3, 3, 3, 3, pauza, 3, 3, 3+5, 3+5, 3, 3, 3, 3+11, 3, 3, 3, 3+11, 4, 3, 3, 3. Po 15 minutach obserwację przerwano. Większości ruchów 3 towarzyszyły próby wolnej przedniej kończyny pochwycenia sznurka.

13. Ten sam osobnik, innego dnia. Związanie zwykłe. Odrazu 3, 3+11, próba odwrócenia, 3, próba odwrócenia, długa pauza, 3+5, 4, 8, 4+1, 8, ruch 4+1 ściąga sznurek po 15 min. 27 sek.

14. Ten sam osobnik, innego dnia. Związanie zwykłe, pętla luźna. 2, 3, 2, 3, 2, 3, próba odwrócenia, ruch 4+1 odrazu ściąga pętlę po 3 min. 46 sek.

15. *Krab № 14.* Samiec, długość *carapax* 50 mm. Związanie zwyczajne. W ciągu 2 minut leży nieruchomo w pozycji rys. 2. Potem 5, 3, 3, 3, próba odwrócenia, 3, dwukrotna próba odwrócenia, 3, 3, 3+5, 10, 3, 3, 3+5+10, 3+5, lewa kończyna pozostaje w położeniu 5, związana zaś wykonywa czterokrotny ruch wahadłowy (3—1—3—1—3—1—3—1), 3+5, 8, 4+1, 3+5+10, 3, 5, 4+1, 8+10, 12+1, 7, dwie próby odwrócenia, pauza, 5, 4+1, 4+10+1, 3+5, 10, 8+10, 8, 8+10, 4+1, 8, 4, 8+10, 5+10, 8, 7, 7, 7, 4, 5, 4+1, 5+10, 8, 3, 3+5, 5, 7, 7, 3, próba odwrócenia 17 razy z rzędu, 3, 5, 4+1, 3+5, 8+10, 8+10, 4+1, 12, 8, ruch 4+1 zdejmuje pętlę po 56 minutach.

Nie mam możności przytaczać tu wszystkie moje notatki, sądzę jednak, iż przykłady powyższe dostatecznie ilustrują zachowanie się kraba. Parę szczegółów jeszcze poruszę.

W większości przytoczonych zapisów ruch 2 nie był notowany, jako trudno dostrzegalny przy pętli zaciągniętej. Przypadki 8, 9, 10, 11 i 14 wskazują, iż jest on stosowany bardzo często, zwłaszcza przez kraby większe.

Ruchy kraba związanego nicią gumową, noszą trochę odmienny charakter. W przypadku 10 (krab № 5) ruch 4 + 3 wystąpił cztery razy z rzędu, co się nigdy nie zdarza u osobników, skrępowanych sznurkiem. Prócz tego tylko tu występuje kombinacja 4 + 2, gdzieindziej nie notowałem jej prawie nigdy. Kombinacja nie jest celowa, gdyż rozciągnięcie i napięcie pętli przeszkadza jej ściąganiu. Jednak nić gumowa przynosi ze sobą nowe warunki. Gdy kończyna jest skrępowana sznurkiem, to ruch 4 w pewnym momencie napotyka opór, którego krab nie może przezwyciężyć. Pętla luźna podąża za kończyną ciągnącą, ale w określonej chwili zaczepia się o występy *propoditu* kończyny związanej, przyczem opór jej odrazu kolosalnie wzrasta. W przypadku nici gumowej nawet mocno zaciągnięta pętla ustępuje stopniowo, rozciąga się przy ruchu 4, stwarzając poniekąd złudzenie, iż jest luźna. Tem się może tłumaczy częstsze występowanie reakcji 4. Problemat, zdaje mi się, leży w tem, iż krab stosował sposób 4 tylko cztery razy z rzędu, potem zaś zwrócił się do innych metod. Prócz tego sama elastyczność

nici tłumaczy, dlaczego przy pętli bliskiej łokcia, krab dość rzadko stosuje ruch 6, ściągając raczej pętlę ku szczypcom ruchem 4. Co byłoby niecelowe przy pętli ze sznurka, staje się zrozumiałe w przypadku nici gumowej. Ruch 4 jest wogóle znacznie łatwiejszy dla kraba, możliwy jest przy nim większy wysiłek. Skoro zaś ruch ten, jak w przypadku 8 (i wielu innych nieprzytoczonych), prowadzi do celu, trudno jest odmówić krabowi pewnej dozy słuszności.

Jak widać z przykładów, czynność odwracania się często bardzo przeszkadza pracy nad ściągnięciem pętli. Okoliczność ta, stanowiąca niewątpliwie wadę metodyki, przynosi jednak ze sobą ciekawy fakt. Krab związany i położony na grzbiet ma przed sobą dwa różne zadania: zdjąć pętlę i odwrócić się. Każda z tych czynności wymaga osobnych ruchów: krab próbuje kolejno osiągnąć to jeden cel, to drugi. Nigdy jednak obie te czynności nie mogą być wykonywane razem. Skoro krab zaczął się odwracać, ustają natychmiast wszelkie próby uwolnienia się z pętli i odwrotnie. A jednak ze strony anatomicznej nic nie stoi na przeszkodzie współczesności obu działań. W procesie odwracania się główną rolę pełnią 4 i 5 pary kończyn chodnych, kończyny zaś przednie pełnią tylko funkcję pomocniczą i wcale nie są dla odwrócenia niezbędne. Widziałem wiele razy, iż krab, któremu związałem obie przednie kończyny, odwraca się po kilkunastu sekundach. Natomiast w procesie ściągania pętli biorą udział dwie przednie kończyny, oraz druga kończyna strony związanej Są to jednak ruchy, poświęcone różnym celom i dlatego nie mogą być współczesne. Próby odwrócenia mogą występować pojedyńczo, ale regułą jest, iż próby takie powtarzają się raz po raz, niekiedy do 50 razy kolejno. Podobnież jest rzadkiem zjawiskiem, aby krab wykonywał pojedyńcze próby zdjęcia pętli. Prawie zawsze próby takie występują całemi serjami. Sprawia to wrażenie, iż w pewnej chwili krab jest „nastawiony“ na określoną kategorję działań. Dotyczy to zresztą nie tylko ruchów poszczególnych kończyn, ale całego zachowania się kraba. Jeśli krabowi o związanej przedniej kończynie pozwolić się odwrócić, to wkrótce zabiera się on do ściągania pętli. Jeśli jednak zacznie przytem chodzić po dnie akwarjum, ruchem bocznym czy przed siebie (w przeciwieństwie do *Carcinus*, ten ostatni rodzaj ruchu jest u *Dromia* zjawiskiem częstem; por. Bethe, 2 str. 502), to odrazu

ustają wszystkie ruchy, służące do uwolnienia kończyny. Jednak przy ruchu bocznym kończyny przednie często pozostają skurczone i krab mógłby jednocześnie prowadzić dalej pracę uwolnienia. Gdy koło kraba, zajętego ściąganiem sznurka, leży na dnie jego domek, często się zdarza, iż zwierzę zaczyna go wkładać na grzbiet. I znowuż jak na komendę znikają wszystkie inne ruchy, służące do zdjęcia pętli. Tymczasem do wciągnięcia domku krab potrzebuje tylko 4 i 5-ej pary odnóży, do których niekiedy dołącza się trzecia para, więc czynność ta nie powinnaby mu przeszkodzić. Widziałem raz, jak krab wykonał bardzo wyraźną reakcję 12, przytrzymując wolny koniec sznurka przy pomocy *mandibulae* i próbując wyciągnąć szczypce z pętli ruchem 1. Przedtem stosował on kilka różnych sposobów, ale z chwilą gdy zaszła reakcja 12 + 1, momentalnie ustały wszystkie inne ruchy. Wysiłek kraba trwał conajmniej przez 6 sekund i w ciągu całego tego czasu żaden inny ruch wykonany nie był.

Niejednokrotnie miałem obawę, czy nie zbyt przesadzam celowość zachowania się kraba i czy nie dlatego skłaniam się ku niej, że właśnie na ruchy celowe specjalną zwracałem uwagę. Próbowałem też skrupulatnie notować wszystkie poruszenia się kraba związanego. Główne kategorje ruchów postronnych podałem już przedtem (str. 5) i mogę twierdzić, iż stanowią one znikomy procent w sumie reakcyj zwierzęcia, w jasny i niewątpliwy sposób związanych albo z odwróceniem ciała, albo też ze zdjęciem sznurka. Ruchy kraba są niezgrabne i powolne, ale wyraźnie są skierowane ku określonemu celowi.

5. Uwagi ogólne.

W badaniach zoopsychologicznych jest rzeczą bardzo trudną uniknąć wszelkiego antropomorfizmu, być może niemożliwą nawet. W naszym przypadku popełnilibyśmy błąd, niedoceniając trudności zadania jakie krab ma przed sobą. Rozluźnienie i ściągnięcie pętli jest rzeczą łatwą dla nas, dla *Dromia* jednak może stanowić ciężki problemat. Nie sądzę, aby zaplątywanie się kraba w roślinach wodnych, wobec słabej bardzo ruchliwości zwierzęcia, było zjawiskiem częstem. W dodatku moje kraby wszystkie były złowione na kamieniach blisko brzegu, gdzie roślinność była bardzo skąpa. W każdym razie byłaby to możliwość ad hoc,

którą wolno nam zastosować do uporczywego wyginania łokcia ku przodowi, jak w przypadku kraba № 8, ale która niewiele tłumaczy w innych razach. Bowiem reakcja automatyczna, stanowiąca przystosowanie do warunków naturalnych, byłaby czemś tak samo jednakowem dla wszystkich osobników, jak jednakowe są ich ruchy oddechowe, ruchy anten lub kompensacyjne ruchy oczu. Właśnie najważniejszym punktem całego zachowania się kraba jest jego niezwykła różnorodność. Liczba reakcyj zasadniczych jest ograniczona ze względu na możliwości anatomiczne, ale sposób ich zastosowania nie da się ująć w jakiekolwiek ściślejsze reguły. Automatyzm tych ruchów istnieje tylko przy zachowaniu pewnej skali porównania. Ostatecznie każdy krab prędzej czy później zwraca się do pętli, jako przyczyny skrępowania ruchów lub ucisku, każdy rozwiązuje się i każdy posługuje się przytem temi samemi kończynami oraz wykonywa analogiczne ruchy. Podobnież, mniej więcej wszyscy ludzie piszący w jednakowy sposób trzymają pióro i analogicznie wodzą niem po papierze. Nie wynika ztąd, aby czynność pisania była automatyczna, bowiem bliższe detale tych ruchów mogą być nieskończenie różnorodne. To też i bliższa analiza reakcyj kraba wykazuje tem więcej różnic im jest dokładniej przeprowadzona.

Zdaję sobie sprawę z wad mojej metodyki. Niejednakowe zachowanie się krabów podczas krępowania kończyny powoduje bardzo różny stopień podrażnienia zwierzęcia przed właściwą obserwacją i z pewnością wpływa to wybitnie na przebieg reakcyj. Położenie pętli i stopień jej podatności bardzo modyfikują zachowanie się kraba, a są to czynniki, które absolutnie nie dadzą się regulować z pożądaną dokładnością. Ciągłe odwracanie kraba na grzbiet także stanowi podrażnienie dodatkowe, metodycznie szkodliwe. Sposób reagowania *Dromia* może zależeć od temperatury, światła, wielkości naczynia, własności dotykowych dna, stopnia nasycenia zwierzęcia, płci, wieku, liczby dokonanych poprzednio prób i t. d., czyli od tysiącznych czynników, których niepodobna przewidzieć. Dlatego ruchy kraba są różnorodne, że właściwie każda obserwacja została dokonana w odmiennych warunkach.

Ztąd może wynikać, iż przy ścisłem zachowaniu równości warunków ruchy kraba będą zawsze jednakowe. Ale czy wynika ztąd, iż ruchy kraba są automatyczne? Gdyby dwa osobniki

ludzkie znalazły się w absolutnie jednakowych warunkach, to oczywiście musiałyby się stać identyczne i wszystkie ich reakcje byłyby jednakowe. Przecie pojęty w ten sposób automatyzm jest nic nie znaczącym ogólnikiem. Skoro się zgodzimy, iż zachowanie się kraba w każdym poszczególnym przypadku jest funkcją przypadkowego zbiegu warunków, to pojęcie „refleksu", tak często nadużywane w stosunku do zwierząt, staje się czczym wyrazem, nic nie tłumaczącym. Pod refleksem zwykliśmy rozumieć pewne zjawisko proste, pewien element zachowania się i do treści tego pojęcia bezwarunkowo należy stałość występowania, nawet wobec dość szerokiej skali zmienności warunków. Czy krab jest głodny, czy najedzony, na świetle, czy w ciemności, jego ruchy oddechowe pozostają mniej więcej te same. Jeśli jednak, pomimo wszelkich wysiłków eksperymentatora, reakcje rozwiązywania się za każdym razem występują w innych kombinacjach, nie widzę celu nazywania ich refleksami.

Opisaną przed chwilą interferencję różnych ruchów *Dromia* również moglibyśmy odnieść do kategorji wzajemnego „hamowania refleksów". Jeśli jednak będziemy mówili o uwadze kraba, która nie może być skierowana na dwie czynności jednocześnie, czy postąpimy w sposób nienaukowy? Nikt nie wątpi, iż niemożliwość rozdwojenia uwagi u człowieka polega na określonym mechanizmie nerwowym i pojęcie hamowania doskonale się da tu zastosować. Jeśli jednak spróbujemy przetłumaczyć proste pojęcia psychologiczne, które pozwalają nam fakty opisywać, klasyfikować i przewidywać, na język fizjologicznych procesów komórkowych, otrzymamy wzór tak skomplikowany, że aż bezużyteczny. Ruchy kraba mogą podlegać jeszcze dalszej analizie, którą właśnie zamierzam wykonać, przez sprowadzenie ich do skurczów odpowiednich mięśni i podrażnienia odnośnych ośrodków nerwowych. Obawiam się wszakże, iż otrzymany w ten sposób materjał okaże się tylko balastem, z którym niepodobna manipulować.

Zjawiska psychiczne powinny być badane przy pomocy jednostek psychologicznych. W stosunku do „odruchów" będzie to skrócona metoda postępowania, prowadząca do uproszczenia kwestji i ułatwiająca zastosowanie eksperymentu. W pracy następnej, poświęconej reakcji odwracania się *Dromia*, postaram się metodę tę zastosować.

Streszczenie.

Krabowi *Dromia vulgaris* M. Edw. przewiązywałem przednią kończynę, uniemożliwiając jej wyprostowanie. W tych warunkach zwierzę ściąga pętlę przeciwległą kończyną przednią, pomagając sobie kończyną związaną, oraz drugą z kolei kończyną tej samej strony. Wyróżniłem 12 ruchów elementarnych, które kojarzą się ze sobą w bardzo różny sposób, przyczem da się zauważyć celowa współpraca. Z reakcją ściągania pętli interferuje reakcja odwracania się (kraba kładłem na grzbiet): obie czynności nie mogą być wykonywane jednocześnie. Zastosowanie różnych sposobów rozwiązywania się jest bardzo rozmaite i tak skomplikowane, że zachowanie się kraba nie może być wytłumaczone na drodze prostych odruchów.

PIŚMIENNICTWO.

Bethe A. Studien über das Centralnervensystem von *Carcinus Maenas* nebst Angaben über ein neues Verfahren der Methylenblaufixation. Arch. f. mikr. Anat. Bd. **44**. 1895.

Bethe A Das Nervensystem von Carcinus Maenas. I Teil, 1 u. 2 Mitteilung. Arch. f. mikr. Anat. Bd. **50**. 1897.

Bethe A. Das Centralnervensystem von Carcinus Maenas. II Teil. 3 Mitteilung. Ibidem. Bd. **51**. 1898.

Gerstaecker A. — Ortmann A. E. Crustacea Malacostraca. Bronn's Klassen u. Ordn. d. Tierreichs. Bd. 5. Abt. 1. Leipzig 1901.

Polimanti O. Studi di fisiologia etologica 1. Sulla simbiose della *Suberites domuncula* (Olivi) con la *Dromia vulgaris* (M. Edw.) Zoolog. Jahrbüch. Abt. Physiol. Bd. **30**. 1911.

OBJAŚNIENIE TABLICY.

Rys. 1. *Dromia* podrażniona, od strony brzusznej.

Rys. 2. Położenie kończyn przed rozpoczęciem prób rozwiązywania. Linją kropkowaną, jak na innych rysunkach, oznaczone miejsce pętli.

Rys. 3. Ruch 1 kończyny prawej. Porównać z pozycją kończyny na rys. 2.

Rys. 4. Ruch 2, rozciągający pętlę gumową.

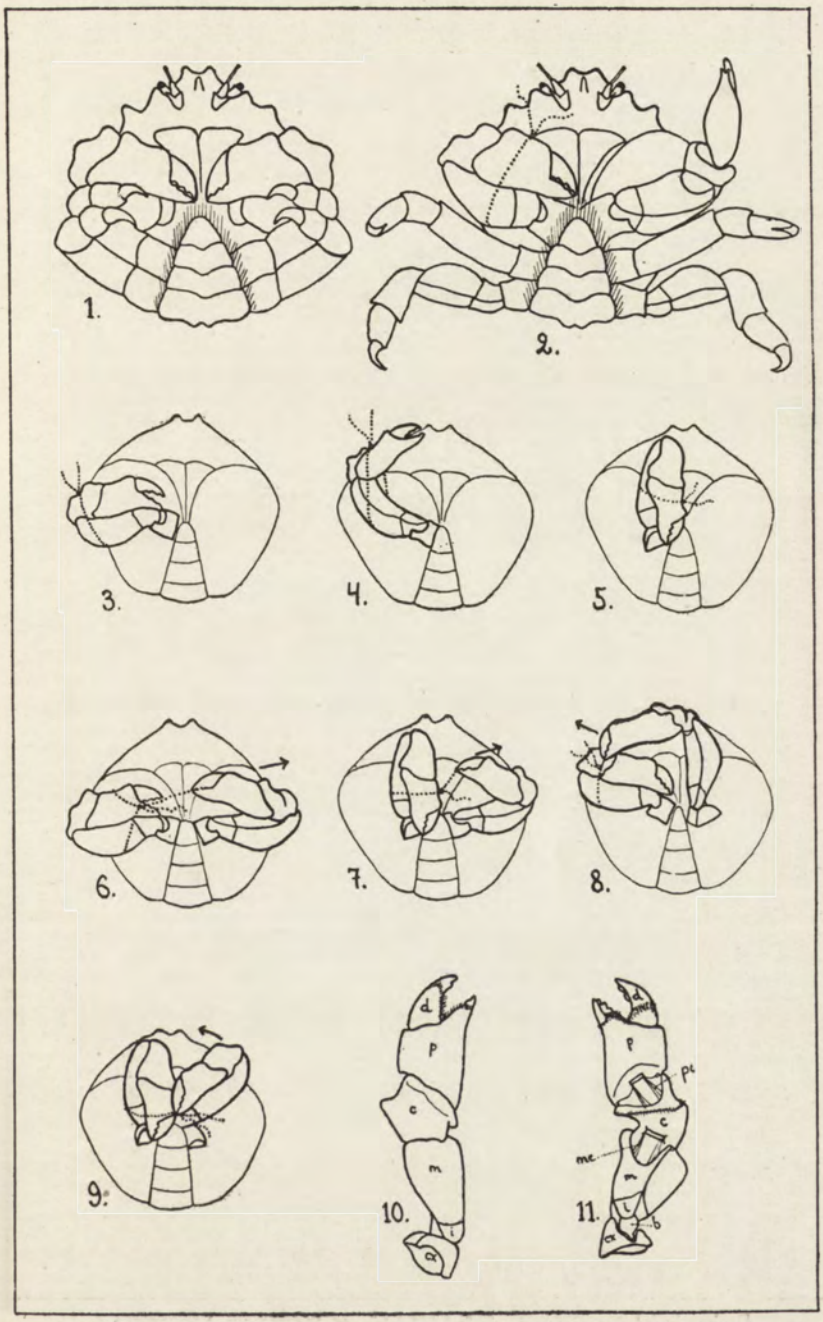
Rys. 5. Ruch 3.

Rys. 6. Ruch 4 z jednoczesnym ruchem 1 kończyny związanej. Strzałka pokazuje kierunek, w którym pętla zostaje pociągnięta.
Rys. 7. Ruch 5, skojarzony z ruchem 3 kończyny związanej.
Rys. 8. Ruch 6. Pętla zostaje pociągnięta ku łokciowi.
Rys. 9. Ruch 8 obu kończyn. Łokieć kończyny wolnej wykona ruch w kierunku strzałki.
Rys. 10. Kończyna przednia od zewnątrz. Maksymalnie wyprostowana w stawach *pro-carpopodit* i *carpo-meropodit; cx-coxopodit, i-ischiopodit, m-meropodit, c-carpopodit, p-propodit, d-dactylopodit.*
Rys. 11. Ta sama kończyna od wewnątrz, nieco zgięta. Prócz poprzednich oznaczeń: *b-basipodit,* (zrośnięty nieruchomo z *ischiopoditem*), *pc* - ścięgna *musculus flexor procarpalis, mc* - ścięgna, *m-flexor merocarpalis.*
Rys. 1, 2, 10 i 11 — $^3/_4$ wielkości naturalnej.

ZUSAMMENFASSUNG.

Wird die vordere Pereiopode einer *Dromia vulgaris* mit einer Schlinge gefesselt (Fig. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 und 9 der Tafel), so dass die Streckung derselben im Gelenke zwischen Pro- und Carpopodit verhindert wird, so streift das Tier die Schlinge ab. An dieser Arbeit sind die beiden vorderen Pereiopoden, sowie das zweite Bein der gefesselten Seite beteiligt. Die recht verschiedenen Bewegungen des Krebses lassen 12 einfachere Reaktionen unterscheiden, die als „Elemente" des Verhaltens betrachtet werden können. 7 von denselben sind auf Fig. 3 bis 9 abgebildet worden. Diese Elementarbewegungen treten aber nur selten einzeln auf, meist werden sie auf verschiedene Weise miteinander kombiniert, wobei eine mannigfaltige zweckmässige Koordination einzelner Reaktionen beobachtet werden konnte. Die Anwendung und die Reihenfolge der Reaktionen sind so variabel, dass sie keine Verallgemeinerungen zulassen. Befindet sich die gefesselte *Dromia* in der Rückenlage, so macht sie wiederholte Anstrengungen sich umzudrehen, wobei die Umdrehbewegungen mit den Versuchen des Tieres sich loszubinden auf eine auffallende Weise interferieren.

Im allgemeinen Teil wird die Kompliziertheit und die Mannigfaltigkeit der Bewegungen hervorgehoben. Dieselben lassen sich nicht als automatische Reaktionen oder Reflexe deuten.



Rys. J. Dembowski.

Drukarnia i Litografja p. f. „JAN COTTY" w Warszawie, Kapucyńska 7.

№ 41. 1925.
TOWARZYSTWO NAUKOWE WARSZAWSKIE
PRACE INSTYTUTU IM. NENCKIEGO
ZAKŁAD FIZJOLOGJI.
TRAVAUX DE L'INSTITUT NENCKI
LABORATOIRE DE PHYSIOLOGIE.
Tom III, zesz. 1.

JANINA GROBICKA I JADWIGA WASILEWSKA.

Próba analizy chemicznej ilościowej wymoczka *Paramaecium caudatum* [1]) [2]).

(Essai d'analyse chimique quantitative de l'infusoire *Paramaecium caudatum St.*).

W literaturze dotychczasowej daje się odczuwać brak dokładnych danych, dotyczących składu organicznego ciała pierwotniaków.

Szereg prób jakościowych wykonał na *Paramaecium caudatum* Sosnowski ('99), stwierdzając *in vitro* obecność ciał proteinowych, tłuszczów, lecytyn, zasad nukleinowych, oraz bliżej nieokreślonych przez autora substancyj, stanowiących rusztowanie komórki.

Jedyną bardziej kompletną analizę ilościową zawdzięczamy Reinkemu i Rodewaldowi ('81), którzy oznaczyli u śluzowca *Aethalium septicum (Fuligo varians)* zawartość wody, substancji suchej, węglowodanów, tłuszczów oraz związków azotowych.

---

[1]) Praca przedstawiona na posiedzeniu III Wydziału Tow. Nauk. Warsz. w czerwcu 1924 roku.

[2]) Podział pracy był następujący: jedna z nas (J. Wasilewska) wykonała próby jakościowe i oznaczenia kwasów tłuszczowych, druga (J. Grobicka) — pozostałą część pracy.

Pozatem próby analiz ilościowych pierwotniaków są bardzo nieliczne i dotyczą zwykle tylko jednego dowolnego składnika. Vernon ('95) oznaczał zawartość suchej masy w substancji świeżej u *Collozoum inerme*. Emmerling ('09) określił zawartość i stosunek poszczególnych aminokwasów u *Noctiluca miliaris*. Kutscher ('97) znalazł u wiciowca *Euglena sanguinea* około 50% substancji suchej „paramylum". Substancja ta redukowała tlenek miedzi i fermentowała pod wpływem drożdży.

Dane powyższe są niewystarczające dla ujęcia porównawczego chemicznego składu ciała różnorodnej i licznej grupy pierwotniaków [1]).

Celem pracy niniejszej było przeprowadzenie analizy ilościowej ciała wymoczków. Chodziło głównie o ustalenie procentowej zawartości białka, glikogenu oraz kwasów tłuszczowych.

1. Metody postępowania.

Jako materjał do pracy użyto *Paramaecium caudatum St.* Czyste hodowle wymoczków były prowadzone na pożywce z wolnognijącej kapusty brukselskiej i przegotowanej wody wodociągowej. Kapusta była uprzednio gotowana w ciągu 15 minut w małych płóciennych woreczkach. Ten rodzaj pożywki okazał się bardzo dobry. Kultury były nadzwyczajnie gęste i szybko się rozwijały. Prowadzono również kultury na sałacie, gotowanej w ciągu 5 minut. Pożywka ta była również bardzo dobra; miała nawet przewagę nad kapustą, gdyż gnicie nie było tak silne.

Wymoczki zbierane były w następujący sposób. Płyn z kultur zlewano do naczyń zakorkowanych, zaopatrzonych w rurki szklane. W skutek geotaktyzmu ujemnego wymoczki gromadziły się w górnej części rurki; po upływie zazwyczaj 24 godzin zbierano je i odwirowywano na ręcznej wirówce. Resztki płynu były starannie usuwane za pomocą cienkiej pipetki.

Zależnie od rodzaju analizy, jaka miała być przeprowadzona, używano substancję świeżą wymoczków zaraz po odwirowaniu,

---

[1]) Liczni autorzy, jak Bütschli, Maupas, Nirenstein, Viewegerowa, Zweibaum i inni, badali skład jakościowy (obecność białek, glikogenu, tłuszczu, cholesteryny i t. d.) wymoczków przy pomocy mikrometod barwnych. Ze względu na brak miejsca prac powyższych nie możemy całkowicie uwzględnić w przeglądzie bibljograficznym.

lub też suchą masę po uprzedniem doprowadzeniu jej do stałej wagi w suszarce próżniowej w temperaturze 35°.

Ilość substancji świeżej zebranej do jednej analizy wynosiła od 100 do 1600 mg. Materjał otrzymany posłużył do prób jakościowych oraz do oznaczeń ilościowych.

II. Analizy jakościowe.

Przerobiono następujące próby jakościowe z materjałem wyodrębnionym:

A) *na białko* (strącone 1%-wym kwasem octowym według metody podanej przez Richter-Quittnera ('19).

Reakcje: biuretową, ksantoproteinową, Molischa, Millona, Adamkiewicza, na siarkę z octanem ołowiu, wszystkie z wynikiem dodatnim.

B) *na glikogen* (wyodrębniony metodą Przyłęckiego '18) Reakcję przerobiono według wskazówek podanych przez Pflügera ('05). Do roztworu wodnego glikogenu dodawano kroplę 3%-wego roztworu jodu w jodku potasu. Zabarwienie czerwone z jodem występowało bardzo wyraźnie. Zabarwienie znikało pod wpływem ogrzewania i pojawiało się napowrót po oziębieniu. Pozwala nam to stwierdzić, *in vitro* poraz pierwszy, w sposób nie ulegający wątpliwości udział glikogenu w budowie ciała wymoczków.

C) *na tłuszcze* (wyekstrahowane metodą Kumagawy-Suto '08). Wykonano reakcję Raspaila na *kwas olejowy* z wynikiem dodatnim. Przerobiono również reakcje Liebermanna i Salkowskiego na *cholesterynę*, przyczem wynik był wyraźnie dodatni.

III. Analizy ilościowe.

Oznaczanie substancji suchej.

Przedewszystkiem starałyśmy się określić zawartość suchej masy w substancji świeżej pierwotniaków. Przeciętnie ilość suchej substancji wynosi 11%, jednakże wahania są dosyć znaczne (8,4%—12,6% — tab. I, III, VII). Wypływa to poczęści stąd, że tak zwana „substancja świeża“ pomimo starannego wirowania i usuwania resztek płynu zawierała jeszcze pewną ilość wody. Odgrywa tu przytem rolę dokładność odwirowania, co zależy w pewnym stopniu od rodzaju wirówki i szerokości naczyńka.

Poszczególne serje doświadczeń, wykonane w jednakowych warunkach, dały zbliżone wyniki. Liczby wyższe otrzymano prawdopodobnie przy dokładniejszem odwodnieniu wymoczków; oznaczenia, wykazujące 12% substancji suchej, wydają się wiarogodniejsze.

Wyniki powyższe wymagają porównania z danemi, otrzymanemi przez różnych autorów dla organizmów roślinnych i zwierzęcych.

Zawartość substancji suchej u *Paramaecium* jest znacznie niższa od zawartości suchej masy u roślin wyższych lądowych, zarówno jak i zwierząt wyższych (kręgowych). U tych ostatnich zawartość wody nie przekracza 80% (Tschermak '24).

TABELA I.

Zawartość substancji suchej, popiołu, azotu. (Hodowla na kapuście brukselskiej. Wymoczki zbierane po upływie 24 godzin).

№ oznaczenia (№ d'ordre)	Substancja świeża (Substance fraîche) mg	Substancja sucha Résidu sec w mg en mg	w % substancji świeżej (en % de la substance fraîche)	Ilość popiołu (Cendres) w mg en mg	w % substancji świeżej (en % de la substance fraîche)	w % substancji suchej (en % du résidu sec)	Ilość azotu (Azote) w mg en mg	w % substancji świeżej (en % de la substance fraîche)	w % substancji suchej (en % du résidu sec)
1	137,0	13.0	9,5	—	—	—	—	—	—
2	188,5	18,5	9,8	—	—	—	—	—	—
3	1602,0	171,5	10,7	8,9	0,55	5,19	—	—	—
4	1220,0	147,5	11,3	7,3	0,59	4,95	—	—	—
5	100,0	8,4	8,4	—	—	—	1,04	1,04	12,35
6	—	9,5	—	—	—	—	1,31	0,72	13,74
7	—	7,3	—	—	—	—	0,93	0,90	12,75

TABLEAU I. Teneur de la substance fraîche des infusoires en résidu sec, cendres, azote. (Cultures préparées avec de l'infusion du chou de Bruxelles. Le temps du séjour des infusoires dans les bocaux 24 heures).

Wyniki nasze zbliżają się natomiast do danych, dotyczących zawartości substancji suchej u bezkręgowców niższych: np. u rozlicznych robaków i mięczaków zawartość wody waha się od 84—92% (*Taenia, Ascaris* 90—92%, Weinland ('10), *Lumbricus* 87,8%, *Helix, Arion* 84,3—88,6% wody, Fürth '03).

Jeżeli porównamy dane nasze z bliżej nas interesującemi analizami organizmów wodnych, to stwierdzamy, że wiele roślin

i zwierząt bezkręgowych odznacza się znacznie większą zawartością wody (95—96% u meduz, do 98% u roślin wodnych, Fürth '03, Benecke—Jost '24).

Natomiast u bakteryj, drożdżaków i pleśniaków zawartość suchej masy zbliża się w wielu przypadkach do danych dla *Paramaecium*, aczkolwiek napotykamy również liczby znacznie wyższe (np. u bakteryj 11,2—36,4%, u pleśniaków 11,3 — 15,7%, Kruze '10, u drożdży 17—24%, Fürth '03, Warkany '24).

TABELA II.

Zawartość azotu i glikogenu w odniesieniu do substancji świeżej. (Hodowla na kapuście brukselskiej. Wymoczki zbierane po upływie 6 - 7 godz.)

№ oznaczenia (№ d'ordre)	Substancja świeża (Substance fraîche) mg	Ilość azotu (Quantité d'azote) w mg en mg	Ilość azotu (Quantité d'azote) w % substancji świeżej (en % de la substance fraîche)	Ilość glikogenu (Quantité de glycogène) w mg en mg	Ilość glikogenu (Quantité de glycogène) w % substancji świeżej (en % de la substance fraîche)
8	1010,0	7,4	0,73	8,65	0,86
9	975,0	7,7	0,79	8,64	0,89

TABLEAU II. Teneur de la substance fraîche en azote et en glycogène. (Cultures préparées avec de l'infusion du chou de Bruxelles. Le temps du séjour des infusoires dans les bocaux 6—7 heures.)

Oznaczanie popiołu.

W paru serjach doświadczeń oznaczałyśmy zawartość popiołu w suchej masie wymoczków. W tym celu substancję spopielałyśmy w tygielkach porcelanowych. Spalanie trwało 6 — 7 godzin. Jak wykazują dane tabeli I, substancja sucha zawiera około 5% popiołu. Liczba powyższa jest niższa od podanej przez Emmerlinga ('09) dla *Noctiluca miliaris* (8,7%).

Oznaczanie azotu.

Następnym składnikiem, którego zawartość ustalono, był azot. Azot oznaczałyśmy metodą mikro-Kjeldahla w modyfikacji Pilcha (Pregl '17) z zastosowaniem płynów $^1/_{70}$-normalnych. Początkowo określany był azot całkowity wymoczków. Następnie oznaczałyśmy oddzielnie azot białkowy i niebiałkowy.

Określanie ilości azotu całkowitego przerobiono na stosun-

kowo dużej ilości próbek, biorąc za punkt wyjścia zarówno substancję suchą, jak i świeżą. Wyniki otrzymane są naogół zgodne, tak że w następstwie azot mógł być brany za podstawę przy obliczaniu procentowej zawartości innych składników.

Zawartość azotu w stosunku do substancji suchej wynosi przeciętnie 12,81%, przyczem wykazuje niewielkie wahania (12,35--13,74%). W stosunku do substancji świeżej waha się w granicach szerokich od 0,72 do 1,54% (tab. I, II, III, VI).

TABELA III.

Zawartość azotu i kwasów tłuszczowych w odniesieniu do substancji świeżej i suchej. (Hodowla na kapuście brukselskiej. Wymoczki zbierane po upływie 24 godzin.)

№ oznaczenia (№ d'ordre)	Substancja świeża (Substance fraîche)	Substancja sucha (Résidu sec)		Ilość azotu (Quantité d'azote)			Ilość kwasów tłuszczowych (Quantité d'acides gras)		
	mg	w mg en mg	w % substancji świeżej (en % de la substance fraîche)	w mg en mg	w % substancji świeżej (en % de la substance fraîche)	w % substancji suchej (en % du résidu sec)	w mg en mg	w % substancji świeżej (en % de la substance fraîche)	w % substancji suchej (en % du résidu sec)
10	425,4	51,0	11,9	—	—	—	4,0	0,94	7,85
11	206,0	26,0	12,6	3,2	1,54	12,4	2,4	1,16	9,23
12	630,0	75,0	11,9	—	—	—	7,5	1,19	10,0

TABLEAU III. Teneur de la substance fraîche et du résidu sec en azote et en acides gras. (Cultures préparées avec de l'infusion du chou de Bruxelles. Le temps du séjour des infusoires dans les bocaux 24 heures.)

Po oznaczeniu całkowitej ilości azotu starałyśmy się określić, jaki procent przypada na azot ściśle białkowy, oraz na tej podstawie wyliczyć zawartość białka w substancji suchej. Sposób postępowania był następujący. Białko strącano za pomocą zmodyfikowanej metody alkoholowej Herzfelda i Klingera ('20). Świeżo odwirowane wymoczki zalewano wrzącym alkoholem 96° z dodatkiem *NaCl*, w którym pozostawały przez 2 godziny. W ciągu tego czasu alkohol był utrzymywany w temperaturze wrzenia. Następnie wymoczki przenoszono na $^1/_2$ godziny do wrzącego eteru, poczem stopniowo do alkoholu 96°, 80° i 70°, wreszcie do wrzącej wody, zmienianej parokrotnie w ciągu godziny. Po odsączeniu oznaczałyśmy azot w przesączu i w substancji strąconej. Rezultaty oznaczeń wykazały, że azot białkowy wynosi około 70%, niebiałkowy około 30% ogólnej ilości azotu (tab. IV)).

Z danych powyższych wynika, że zawartość azotu białkowego w substancji suchej wynosi 8,97%. Na podstawie tej liczby, mnożąc ją przez współczynnik azotowy białka 6.25, możemy podać zawartość białka na 56,1% substancji suchej wymoczków. Liczba powyższa jest naturalnie znacznie niższa od tej, jaką otrzymalibyśmy biorąc utartym wzorem za podstawę wyliczeń azot całkowity; w tym ostatnim przypadku otrzymujemy dla białka wartość 80% substancji suchej. W jakiej postaci i w jakich związkach występuje pozostała ilość azotu niebiałkowego, stanowiąca 3,84% suchej masy, tego bliżej nie określano.

TABELA IV.

Azot białkowy i niebiałkowy.

№ oznaczenia (№ d'ordre)	Substancja świeża (Substance fraîche) mg	Azot białkowy (Azote protéique) w mg en mg	Azot białkowy (Azote protéique) w % substancji świeżej (en % de la substance fraîche)	Azot niebiałkowy (Azote non-protéique) w mg en mg	Azot niebiałkowy (Azote non-protéique) w % substancji świeżej (en % de la substance fraîche)	Azot całkowity (Azote total) w mg en mg	Azot całkowity (Azote total) w % substancji świeżej (en % de la substance fraîche)	% azotu białkowego (% d'azote protéique)	% azotu niebiałkowego (% d'azote non-protéique)
13	415,0	3,70	0,89	1,55	0,37	5,25	1,26	70,48	29,52
14	245,0	2,13	0,87	0,93	0,38	3,06	1,25	69,61	30,39

TABLEAU IV. L'azote protéique et non-protéique.

Natomiast uwzględniając zawartość pozostałych głównych składników suchej substancji: glikogenu (14,8%), kwasów tłuszczowych (9,2%), białka (56,1%) i wreszcie popiołu (5%), możemy ustalić dla związków azotowych niebiałkowych wartość przybliżoną 15%. Zawartość ogólna związków azotowych białkowych i niebiałkowych wynosiłaby zatem około 71%. Powyższą liczbę, jako otrzymaną z różnicy składników badanych, podajemy z pewnem zastrzeżeniem.

Dane powyższe wskazują, że zawartość azotu u *Paramaecium* przypada w granicach ustalonych dla organizmów jednokomórkowych. Tak np. dla bakteryj zawartość azotu całkowitego wynosi 9,4 — 15% suchej masy, przyczem, jak wiadomo, skład pożywki odgrywa znaczną rolę i może w obrębie tego samego gatunku wywoływać bardzo duże wahania (Kruze '10).

Podobnie u drożdży i pleśniaków, u których, jak widzieliśmy, procent suchej masy jest znacznie większy, zawartość azotu zbliża się do otrzymanych przez nas liczb (drożdże 7,8—15%, pleśniaki 3,7—16,2% azotu, Kruze '10). Natomiast znacznie niższą liczbę podają Reinke i Rodewald ('81) dla *Aethalium septicum* 5,65—5,91% suchej masy. Warto zaznaczyć, że liczby znalezione przez nas odpowiadają danym dla leukocytów (około 11% azotu, Tschermak '24).

Większe trudności nastręcza porównanie zawartości białka, gdyż autorzy brali za podstawę obliczeń azot całkowity, mnożąc go przez współczynnik białkowy. Powyższy sposób postępowania nie jest jednakże całkowicie usprawiedliwiony ani dla zwierząt niższych, ani dla roślin. Delaunay ('12) skonstatował występowanie azotu niebiałkowego w ilościach przewyższających 50% w płynach wewnętrznych organizmów zwierząt bezkręgowych, Vieweger ('22) stwierdził około 20% azotu w postaci niebiałkowej u pijawki. Reinke i Rodewald znaleźli 37,4% związków białkowych i 1,01% amidów i peptonów w stosunku do suchej masy *Aethalium septicum*. Według danych przytaczanych przez Kohla ('08), u drożdży 10% azotu występuje w postaci azotu niebiałkowego.

Znalezioną przez nas zawartość białka (56%) oraz zawartość związków azotowych wogóle (około 70%) należy uznać, zwłaszcza jeżeli uwzględnimy zastrzeżenia tyczące się danych białkowych innych autorów, za stosunkowo wysoką. Podobne liczby dla pleśniaków wynoszą 18,9 — 41,2%, dla drożdży 17 — 69,6% i dla bakteryj 33,3—73,1% (Kruze '10). Widzimy również, że u tych ostatnich zawartość białka waha się w bardzo szerokich granicach. Pozostaje to w związku z zaznaczaną wielokrotnie przez różnych autorów (Kruze '10) znaczną zmiennością składu substancji organicznej ciała, w zależności od różnorodnych warunków odżywczych.

Źródła błędu.

Przy omawianiu zawartości azotu w ciele wymoczków rozpatrzymy wielkość błędu doświadczalnego, związanego z oznaczeniami.

Jak to wyżej zaznaczono, przy odwirowywaniu wymoczków pozostawała pewna, niewielka ilość płynu, pochodząca z hodowli.

Mogło się to stać źródłem błędu ze względu na możliwą zawartość składników organicznych pożywki oraz bakteryj. Dla określenia wielkości błędu, jaki mógł powstać na tej drodze, zrobiłyśmy kontrolę na zawartość azotu. Do kontroli wzięto pożywkę, której objętość odpowiadała objętości, zajmowanej przez wymoczki, brane do analizy (około 0,5 cm^3 płynu).

Wyniki wykazały, że błąd maksymalny stąd wypływający wynosi 0,3—0,4% ogólnej ilości azotu, jest więc tak nieznaczny, że może nie być brany pod uwagę. Błąd jest w rzeczywistości znacznie mniejszy, ponieważ do kontroli wzięto pożywki dużo więcej niż jej mogło pozostać z wymoczkami (tab. V).

TABELA V.

Analiza-kontrola. Zawartość azotu w 0,5 cm^3 pożywki odwirowanej.

№ oznaczenia (№ d'ordre)	Azot wymoczków (Azote des infusoires)	Azot pożywki (Azote de l'infusion)	Azot pożywki w % azotu wymoczków (Azote de l'infusion en % de l'azote des infusoires)
	mg	mg	%
15	0,84	0,003	0,4
16	0,93	0,004	0,4
17	1,31	0,004	0,3

TABLEAU V. Analyse-contrôle. Teneur en azote de 0,5 cm^3 du liquide de culture centrifugé.

Robiłyśmy również kontrolę na zawartość bakteryj w cieczy centryfugowanej. Ilość bakteryj obliczona została za pomocą posiewów na płytkach żelatynowych. Brano 3 rodzaje rozcieńczeń ($^1/_{400}$; $^1/_{2000}$; $^1/_{10000}$), wysiewając je każdorazowo na 2-ch płytkach. Przeciętna ilość bakteryj wynosiła 330.000 w 1 cm^3 pożywki. Jeżeli uwzględnimy nieznaczną objętość bakteryj (1-2 μ^3), liczba powyższa odpowiada bardzo drobnemu ułamkowi masy substancji analizowanej.

Oznaczanie glikogenu.

Następnym składnikiem, którego zawartość oznaczałyśmy, był glikogen. Do oznaczeń stosowano wyłącznie substancję świeżą. W doświadczeniach tych starałyśmy się uniknąć możliwości głodu.

Wymoczki brane były do wirowania wprost z kultur, lub też zbierane najwyżej po 4 — 6 godzinach od chwili zlania płynu z kultur do naczyń ze zwężonemi rurkami. Przy oddzielaniu glikogenu stosowano metodę Przyłęckiego ('18), oraz metodę Michaelisa ('14) do oznaczania cukru w shydrolizowanej substancji. W pozostałościach oznaczałyśmy azot.

TABELA VI.

Zawartość azotu, glikogenu i kwasów tłuszczowych w odniesieniu do substancji świeżej. (Hodowla na kapuście brukselskiej. Wymoczki zbierane po upływie 6 godzin.)

№ oznaczenia (№ d'ordre)	Substancja świeża (Substance fraîche) mg	Ilość azotu (Quantité d'azote) w mg en mg	Ilość azotu (Quantité d'azote) w % substancji świeżej (en % de la substance fraîche)	Ilość glikogenu (Quantité de glycogène) w mg en mg	Ilość glikogenu (Quantité de glycogène) w % substancji świeżej (en % de la substance fraîche)	Ilość kwasów tłuszczowych (Quantité d'acides gras) w mg en mg	Ilość kwasów tłuszczowych (Quantité d'acides gras) w % substancji świeżej (en % de la suostance fraîche)
18	1035,0	12,40	1,20	16,6	1,59	10,6	1,02
19	835,0	10,15	1,21	10,1	1,21	7,0	0,84

TABLEAU VI. Teneur de la substance fraîche en azote, glycogène et en acides gras. (Cultures préparées avec de l'infusion du chou de Bruxelles. Le temps du séjour des infusoires dans les bocaux 6 heures.)

Substancja świeża wymoczków zawiera przeciętnie 1,14% glikogenu. Wahania są znaczne, od 0,86 do 1,59% (tab. II, VI). Wahania powyższe należy przypisać bezwątpienia częściowo niejednakowym warunkom odżywczym, częściowo niejednakowemu stopniowi odwodnienia masy świeżej wymoczków (p. wyżej).

Poprzednio zaznaczałyśmy, że udział azotu w substancji suchej jest stosunkowo stały i podlega bardzo nieznacznym wahaniom. Z tego względu, opierając się na ilościach azotu, obliczyłyśmy zawartość glikogenu w substancji suchej wymoczków. Zawartość powyższa obliczona na tej podstawie wykazuje stosunkowo nieznaczne wahania: 14,9% (№ 8 tab. II); 14,2% (№ 9 tab. II); 17,2% (№ 18 tab. VI); 12,7% (№ 19 tab. VI) substancji suchej; przeciętnie 14,75% glikogenu.

Obliczyłyśmy również zawartość glikogenu w stosunku do

azotu (na zasadzie oznaczeń № 8, 9, 18, 19). Stosunek powyższy wynosi: 1 : 1,17; 1 : 1,12; 1 : 1,34; 1 : 1,00; (przeciętna z czterech oznaczeń 1 : 1,16).

Wyżej podane ilości glikogenu możemy uważać jako stosunkowo znaczne w zestawieniu z zawartością glikogenu w organizmach zwierząt wyższych. Np. u noworodka ludzkiego zawartość glikogenu wynosi około 1% substancji świeżej, u żaby 0,7—1% (Pflüger '05); wyższe ilości spotykamy u bezkręgowych np. u robaków, gdzie według danych zebranych przez Weinlanda ('10) zawartość glikogenu waha się w granicach 1,5—7,1% świeżej wagi. Wreszcie u bakteryj i drożdży zawartość glikogenu dosięgać może znacznie wyższych wartości (drożdże do 32% Kohl '08, pleśniaki do 39,6%, bakterje do 28,1% substancji suchej, Kruze '10).

Oznaczanie kwasów tłuszczowych.

Dzięki opracowanej przez jedną z nas (Wasilewska '23) modyfikacji metody Kumagawy-Suto ('08) i Banga ('19), można było oznaczyć zawartość kwasów tłuszczowych w ciele wymoczków. Metoda powyższa pozwala oznaczać kwasy tłuszczowe w ilościach od 0,1 do 1,0 mg. Do oznaczeń stosowano substancję świeżą i suchą.

Substancję hydrolizowano w naczyńkach o pojemności 10—12 cm^3 15%-wym ługiem sodowym (substancję świeżą zadawano taką samą ilością 30% Na OH i ogrzewano na łaźni wodnej w ciągu 3 godzin). Następnie, po zakwaszeniu płynu, ekstrahowano kwasy tłuszczowe eterem siarczanym, naftowym i ostatecznie oznaczano wagowo oraz za pomocą miareczkowania. W pozostałościach oznaczano azot. Dane zestawiono w tabeli III.

Zawartość kwasów tłuszczowych oraz niezmydlających się substancyj wynosi przeciętnie 9,18%substancji suchej (wahania od 7,83—10,94%). Dwa oznaczenia przerabiane z substancją świeżą (tab. VI) przeliczono na zasadzie zawartości azotu (przyczem otrzymano 7,83% i 10,94% kwasów tłuszczowych).

Przerobiono również szereg analiz, w których oznaczano azot, glikogen i kwasy tłuszczowe na jednym materjale według metody Viewegera ('23). Zachowana była następująca kolejność w postępowaniu: najpierw ekstrahowano kwasy tłuszczowe,

później strącano i oznaczano glikogen, wreszcie pozostałości spalano i oznaczano w nich azot (tab. VI). Pozwala nam to również obliczyć ilości kwasów tłuszczowych, przypadające na jednostkę azotu. Liczby otrzymane wynosiły: 1 : 0,75; 1 : 0,85; 1 : 0,69; przeciętnie 1 : 0,76 (oznaczenia № 11, 18, 19).

TABELA VII.

Zawartość kwasów tłuszczowych w substancji świeżej i suchej. (Hodowla na sałacie. Wymoczki zbierane po upływie 24 godzin.)

№ oznaczenia (№ d'ordre)	Substancja świeża (Substance fraîche)	Substancja sucha (Résidu sec)		Ilość subst. wyekstrahowanej (Quantité de substance obtenue par extraction)			Ilość kwasów tłuszczowych (Quantité d'acides gras)		
	mg	w mg en mg	w % substancji świeżej (en % de la substance fraîche)	w mg en mg	w % substancji świeżej (en % de la substance fraîche)	w % substancji suchej (en % du résidu sec)	w mg en mg	w % substancji świeżej (en % de la substance fraîche)	w % substancji suchej (en % du résidu sec)
20	790,0	96,0	12,15	37,0	4,67	38,5	—	—	—
21	—	66,0	—	28,4	—	43,03	6,0	—	9,09
22	670,0	78,0	11,6	55,0	8,20	70,0 (?)	7,6	1,13	9,70

TABLEAU VII. Teneur en acides gras de la substance fraîche et du résidu sec. (Cultures préparées avec de l'infusion de salade. Le temps du séjour des infusoires dans les bocaux 24 heures)

Zawartość kwasów tłuszczowych probowano również oznaczać na innej drodze. W tym celu zastosowano metodę ekstrakcyjną w aparacie Kumagawy-Suto ('08). Tłuszcze ekstrahowane były w przeciągu 9 godzin parą wrzącego alkoholu, chloroformu, wreszcie benzolu. Po odparowaniu płynów oznaczono wagowo ilość otrzymanej przez ekstrahowanie substancji. Wynosiła ona około 40% suchej masy.

W substancji wyekstrahowanej oznaczano na zwykłej drodze zawartość kwasów tłuszczowych (metodą Banga i Kumagawy-Suto w modyfikacji Wasilewskiej). Na kwasy tłuszczowe przypada około 9% w przeliczeniu na suchą masę (tab. VII). Pozostaje to w zgodzie z wynikami poprzedniemi. Pozostała ilość substancji wyekstrahowanej przypada na związki, które nie zostały bliżej określone. W składzie wyekstrahowanych substancyj stwierdzono metodami jakościowemi obecność *cholesteryny*.

Oznaczano również azot substancji wyekstrahowanej oraz azot substancji pozostałej po ekstrakcji. Pierwsza zawierała około

35%, druga około 65% całkowitego azotu. Porównywując to z danemi, dotyczącemi azotu białkowego i niebiałkowego, nasuwa się przypuszczenie, że wraz z tłuszczami ekstrahuje się większość związków, zawierających azot niebiałkowy.

Porównanie powyższych wyników, tyczących się kwasów tłuszczowych, z danemi w literaturze napotyka na znaczne trudności, popierwsze, wobec różnorodności metod ekstrahowania przez różnych autorów, oraz wobec znacznej zmienności zawartości tłuszczów w różnych warunkach odżywiania—podrugie. Sądząc z danych, przytaczanych przez Kruzego ('10), zawartość tłuszczów u bakteryj i drożdży może przewyższać znacznie liczby przez nas podane.

Oznaczanie cholesteryny.

W kilku próbkach probowałyśmy oznaczyć zawartość cholesteryny. Substancję suchą wymoczków hydrolizowałyśmy 15%-ym NaOH, następnie ekstrahowałyśmy: w próbkach I-ej i II-ej chloroformem, w próbce III-ej eterem siarczanym i naftowym. Osad po odparowaniu rozpuszczałyśmy w acetonie. Po przesączeniu oznaczałyśmy cholesterynę metodą Windausa ('10) w zastosowaniu mikrochemicznem Szent-Györgyi ('23) wagowo.

Wyniki były następujące. Waga substancji suchej w próbce I-ej 83,5 mg, w II-ej 95,1 mg, w III-ej 114,5 mg. Ilość cholesteryny wynosiła 0,3 mg, 0,275 mg i 0,45 mg, co odpowiada zawartości procentowej w substancji suchej: 0,36, 0,29 i 0,39%. W próbce III-ej oznaczyłyśmy ponadto kwasy tłuszczowe, których ilość wynosiła 9,5 mg, co odpowiada 8,3% suchej masy.

Ze względu na małe ilości cholesteryny otrzymanej liczby powyższe muszą być traktowane z pewnem zastrzeżeniem. Jednakże wydaje się uzasadnionem podkreślenie, że ilość cholesteryny, jaka występuje u *Paramaecium*, stanowi zaledwie 3,8% ilości kwasów tłuszczowych (kwasów tłuszczowych przeciętnie 9,18%, cholesteryny 0,35%).

Wymoczki głodzone.

Po przeprowadzeniu wyżej podanych analiz starałyśmy się zrobić analogiczne oznaczenia na wymoczkach głodzonych. Postępowałyśmy w sposób następujący: wymoczki były zbierane jak zwykle w naczyniach ze zwężonemi rurkami, które napeł-

niano wodą dystylowaną. Gdy wymoczki zebrały się w górze, zlewano je do słojów, dolewając wody wodociągowej gotowanej. Kultury takie zawierały znacznie więcej wymoczków aniżeli normalne. Słoje były zwykle wstawiane do termostatu o temperaturze 22° i pozostawiane aż do chwili, gdy ilość wymoczków w kulturze zaczynała się zmniejszać. Miało to miejsce po upływie 3 do 7 dni (przeciętnie 4—5 dni). Obserwacja mikroskopowa wykazywała występowanie wakuolizacji głodowej.

TABELA VIII.

Zawartość azotu, glikogenu i kwasów tłuszczowych u wymoczków głodzonych w odniesieniu do substancji świeżej. (Hodowla na kapuście brukselskiej.)

№ oznaczenia (№ d'ordre)	Ilość dni głodu (Nombre de jours d'inanition)	Substancja świeża (Substance fraîche) mg	Ilość azotu (Quantité d'azote) w mg en mg	Ilość azotu w % substancji świeżej (en % de la substance fraîche)	Ilość glikogenu (Quantité de glycogène) w mg en mg	Ilość glikogenu w % substancji świeżej (en % de la substance fraîche)	Ilość kwasów tłuszczowych (Quantité d'acides gras) w mg en mg	Ilość kwasów tłuszczowych w % substancji świeżej (en % de la substance fraîche)
23	4	885,0	9,31	1,05	4,70	0,53	2,0	0,23
24	5	605,0	5,93	0,98	4,97	0,82	2,0	0,33

TABLEAU VIII. Teneur de la substance fraîche des infusoires inaniés en azote, glycogène et en acides gras. (Cultures préparées avec de l'infusion du chou de Bruxelles.)

Prób z wymoczkami głodzonemi przerobiono niewiele ze względu na wielką trudność zebrania odpowiedniej ilości materjału. Rezultaty otrzymane obejmują oznaczenia azotu (całkowitego), glikogenu i kwasów tłuszczowych. Zawartość azotu nie ulega zmianom i wynosi 1,01% substancji świeżej. Zawartość glikogenu okazała się stosunkowo wysoka, wynosi bowiem przeciętnie 0,67% substancji świeżej. Natomiast daje się zauważyć u wymoczków głodzonych bardzo znaczny spadek zawartości kwasów tłuszczowych, z 1,05% do 0,28% substancji świeżej (tab. VIII). Zmienia się również stosunek azotu do glikogenu, a zwłaszcza do kwasów tłuszczowych. Na podstawie oznaczeń № 23 i 24, stosunek ten wynosi: 1 : 0,55 i 1 : 0,84 dla glikogenu oraz 1 : 0,21 i 1 : 0,34 dla kwasów tłuszczowych. Wskazuje to pośrednio na fakt, że udział białka, glikogenu i kwasów tłuszczowych zdaje się podlegać dosyć znacznym zmianom w czasie głodu.

Oznaczanie ilości tlenu pochłanianego przez wymoczki.

W zakończeniu przytoczonych wyżej analiz ilościowych przeprowadzono serję pomiarów, dotyczących pobierania tlenu przez wymoczki. Pomiary te były prowadzone w aparacie Wintersteina ('15) w t. 25°. Wymoczki odwirowywano, ważono, rozcieńczano pożywką z kultury i umieszczano w jednej części aparatu. W drugiej połowie jako kontrola znajdowała się odpowiednia ilość pożywki.

TABELA IX.

Ilość tlenu pobieranego przez wymoczki.

№ oznaczenia (№ d'ordre)	Substancja świeża (Substance fraîche)	Ilość azotu (Quantité d'azote)	Ilość tlenu pobieranego w mm³ na 1 godzinę (Quantité d'oxygène absorbé pendant une heure en mm³)			
			W powietrzu (Dans l'air)		W tlenie (Dans l'oxygène)	
	mg	mg	Na 1 g substancji świeżej (pour 1 g de la substance fraîche)	Na 1 mg azotu (pour 1 mg d'azote)	Na 1 g substancji świeżej (pour 1 g de la substance fraîche)	Na 1 mg azotu (pour 1 mg d'azote)
25	180,0	1,43	391,3	49,15	433,7	54,48
26	—	1,42	—	—	—	63,53
27	75,0	0,63	329,8	39,39	501,5	59,88
28	115,0	0,71	266,5	32,82	—	—

TABLEAU IX. Quantité d'oxygène absorbée par les infusoires.

Oznaczano najpierw ilość pobieranego tlenu w powietrzu, a następnie w atmosferze czystego tlenu. Wyniki zestawiono w tabeli IX, przyczem zaznaczono ilości pobranego tlenu w odniesieniu do 1 godziny i 1 g substancji świeżej, oraz w odniesieniu do 1 godziny i 1 mg azotu ciała.

Ilość pobranego przez wymoczki tlenu wynosi a) w powietrzu: około 330 mm³ na 1 g substancji świeżej i na 1 godzinę, oraz około 40,5 mm³ na 1 mg azotu ciała i na 1 godzinę; b) w atmosferze czystego tlenu: około 470 mm³ tlenu na 1 g substancji świeżej i na 1 godzinę, oraz około 60 mm³ tlenu na 1 mg azotu ciała i na 1 godzinę.

Dane powyższe wskazują na intensywną przemianą oddechową wymoczków i pod tym względem wyniki nasze potwierdzają przypuszczenia Błędowskiego i Zweibauma ('15). Otrzymane przez nas liczby zbliżają się do szybkości przemiany oddechowej u zwierząt ciepłokrwistych.

Ponieważ dalsze badania w tej kwestji są prowadzone przez jedną z nas, podajemy w tem miejscu narazie jedynie wyniki najogólniejsze i tymczasowe.

Zestawienie.

W wyniku analiz możemy podać następujący skład przybliżony *substancji świeżej:*

procentowa zawartość wody . . .	87,4—91,6%,	przec.	89,00%	(10 ozn.)
„ „ substancji suchej	8,4—12,6%	„	11,00%	(„ „)
przyczem: popiołu	0,55—0,59%	„	0,57%	(2 „)
glikogenu	0,86—1,59%	„	1,14%	(4 „)
kwasów tłuszczowych . .	0,84—1,19%	„	1,05%	(6 „)
azotu	0,72—1,54%	„	1,06%	(10 „)

oraz następujący skład przybliżony *substancji suchej:*

procentowa zawartość popiołu	4,95—5,19%,	przeciętnie	5,07%
„ „ glikogenu	12,7—17,2%	„	14,90%
„ „ kwasów tłuszczowych	7,83—10,94%	„	9,18%
„ „ białka		„	56,10%
„ „ azotu	12,81—13,74%	„	12,81%

pozostałość w ilości około 15% prawdopodobnie należy odnieść do związków azotowych niebiałkowych. Azotu niebiałkowego w odniesieniu do suchej masy 3,84%, białkowego 8,97%. Razem azotu 12,81%. Cholesteryny około 0,3 — 0,4%.

Powyżej podany skład procentowy *Paramaecium* zbliża się w wysokim stopniu do składu organicznego substancji suchej *Aethalium septicum*, jeżeli w wynikach Reinkego i Rodewalda pominiemy (jak to czyni Czapek '13) sole wapniowe występujące u *Aethalium* w tak dużej ilości (27,7%). Czy powyższej zgodności wyników analiz w tak dalekich grupach organizmów należy przypisać większe znaczenie ogólne, na to pytanie możnaby odpowiedzieć, posiadając bardziej obfity materjał porównawczy.

W wynikach końcowych zasługuje na podkreślenie:

1. Stwierdzenie poraz pierwszy *in vitro* na substancjach wyodrębnionych obecności *glikogenu* i *cholesteryny*

2. Ustalenie dosyć znacznej, jak dla organizmów wodnych, zawartości substancji suchej.

3. Znaczna zawartość związków azotowych (około 71%)

a zwłaszcza białka (56% suchej masy); przytem zawartość azotu w substancji suchej małym podlega wahaniom, znacznie mniejszym, niż np. glikogen.

4. Znaczne ilości glikogenu, mniejsze kwasów tłuszczowych. Zachowanie się glikogenu, a zwłaszcza kwasów tłuszczowych w czasie głodu skłania do przypuszczenia, że spełniają one w pewnym stopniu rolę rezerwy pokarmowej.

5. Wysokie natężenie przemiany oddechowej.

PIŚMIENNICTWO.

Bang I. 1919. Verfahren zur titrimetrischen Mikrobestimmung der Lipoidstoffe. Bioch. Zeitschr. **91**.

Benecke W. 1912. Bau und Leben der Bakterien. Leipzig.

Benecke W. und Jost L. 1924. Pflanzenphysiologie. Jena.

Błędowski R. i Zweibaum J. 1915. Doświadczenia nad pochłanianiem tlenu przez Colpidium colpoda. Spraw. Tow. Nauk. Warsz. (Experiments on absorbtion of oxygen in *Colpidium colpoda*. Compt. Rend. Soc. d. Scienc. de Varsovie).

Czapek F. 1913. Biochemie der Pflanzen. I. Jena.

Delaunay H. 1912. Sur l'azote restant du sang et du liquide cavitaire de quelques invertébrés, ses rapports avec l'azote protéique. Compt Rend. Soc. de Biologie. **73**.

Emmerling O. 1909. Hydrolyse der Meerleuchtinfusorien der Nordsee *(Noctiluca miliaris)*. Bioch. Zeitschr. **18**.

Fürth O. 1903. Vergleichende chemische Physiologie der niederen Tiere. Jena.

Hammarsten O. 1914. Lehrbuch der physiologischen Chemie. Wiesbaden.

Herzfeld E. u. Klinger R. 1920. Beiträge zur Chemie der Eiweisskörper. Bioch. Zeitschr. **102**.

Kohl F. G. 1908. Die Hefepilze. Leipzig.

Kruze W. 1910. Allgemeine Mikrobiologie. Leipzig.

Kumagawa M. 1911. Fettbestimmung nach Kumagawa-Suto. Abderhalden's Handb. der Biochem. Arbeitsmeth. **V**—1.

Kumagawa M. u. Suto K. 1908. Ein neues Verfahren zur quantitativen Bestimmung des Fettes und der unverseifbaren Substanzen in tierischem Material nebst der Kritik einiger gebräuchlichen Methoden. Bioch. Zeitschr. **8**.

Kutscher F. 1897. Beitrag zur Kenntniss der *Euglena sanguinea*. Zeitschr. f. physiol. Chemie. **24**.

Michaelis L. 1914. Mikroanalyse des Zuckers im Blut. Bioch. Zeitschr. **59**.

Pflüger E. 1905. Das Glykogen. Bonn.

Pregl F. 1917. Die quantitative organische Mikroanalyse. Berlin.

Przyłęcki S. 1918. O sposobie ilościowego oznaczania glikogenu w drobnych ilościach tkanki. Spraw. Tow. Nauk. Warsz. **11** (Une méthode quantitative pour déterminer le glycogène dans de petites quantités de tissus. Compt. Rend. Soc. d. Scienc. de Varsovie. **11**).

Reinke J. u. Rodewald H. 1881. Die Chemische Zusammensetzung des Protoplasma von *Aethalium septicum*. Studien über das Protoplasma I—III. Untersuch. Botan. Laborat. Univ. Göttingen. **2**.

Richter-Quittner M. 1919. Zur Methodik der chemischen Blutanalyse I. Kritik der Enteiweissungsmethoden. Bioch. Zeitschr. **102**.

Sosnowski J. 1899. Beiträge zur Chemie der Zelle. Zentralbl. f. Physiol. **13**.

Szent-Györgyi A. 1923. Die gravimetrische Mikrocholesterinbestimmung. Bioch. Zeitschr **136**.

Tschermak A. 1924. Allgemeine Physiologie. Berlin.

Vernon. 1895. The respiratory exchange of the lower marine invertebrates. Journ. of Physiol. **19**.

Vieweger T. 1922. O warunkach przyswajania białka w czasie restytucji pogłodowej u zwierząt zmiennocieplnych. Prace Instytutu Nenckiego T. **I**. (Sur les conditions de l'assimilation des protéines chez les animaux poïkilothermes pendant la période post-jeûnale. Trav. de l'Instit. Nencki **I**).

Vieweger T. 1923. O wytwarzaniu zapasów bezazotowych podczas przyswajania białka u zwierząt zmiennocieplnych. Prace Instytutu Nenckiego. **2**. (Sur la production des réserves non-azotées pendant l'assimilation des protéines chez les animaux poïkilothermes. Trav. de l'Instit. Nencki. **2**).

Warkany J. 1924. Über das Verhalten der Reservekohlehydrate bei der assimilatorischen und dissimilatorischen Tätigkeit der Hefe. Bioch. Zeitschr. **150**.

Wasilewska J. 1923. O modyfikacji i zastosowaniu metody Banga oznaczania małych ilości kwasów tłuszczowych. Prace Instytutu Nenckiego. **2** (Sur la modification et l'application de la microméthode de Bang du dosage des acides gras .Trav. de l'Instit. Nencki **2**).

Weinland E. 1910. Der Stoffwechsel der Wirbellosen. Oppenheimer's Handb. d. Bioch. **4**.

Windaus A. 1910. Über die quantitative Bestimmung des Cholesterins und der Cholesterinester in einigen normalen u. pathologischen Nieren. Zeitschr. f. physiol. Chemie. **65**.

Winterstein H. 1915. Ein Mikrorespirationsapparat. Zeitschr. f. biol. Techn. **3**.

RÉSUMÉ.

Dans la littérature nous ne trouvons que quelques essais qualitatifs (Sosnowski '99) et quelques analyses quantitatives peu nombreuses et incomplètes des protozoaires. Elles sont insuffisantes pour faire connaître la constitution chimique de différents groupes de protozoaires. Seuls Reinke et Rodewald ('81) ont fait une analyse plus complète des myxomycètes (*Aethalium septicum*).

Le travail présent est un essai d'analyse quantitative du corps de l'infusoire *Paramaecium caudatum St.* Il s'agissait en premier lieu de préciser la teneur en pourcent des principaux composants organiques.

Les cultures de *Paramaecium* étaient preparées avec de l'infusion du chou de Bruxelles et de la salade bouillis. Pour ramasser les infusoires on versait les cultures dans des bocaux de verre fermés avec des bouchons munis de tuyaux. Grâce au géotaxisme négatif, les infusoires s'accumulaient dans la partie supérieure des tuyaux. Ensuite les infusoires étaient centrifugés; on enlevait les restes du liquide avec une fine pipette.

Le matériel ainsi ramassé servit pour les analyses qualitatives et quantitatives sous forme de substance fraîche ou de résidu sec, préalablement desséché au poids constant dans une étuve à vide à la temp. de 35°.

Nous avons fait en premier lieu les analyses des infusoires bien nourris. Les analyses ont porté sur la quantité de l'azote global, de l'azote protéique et non-protéique, du glycogéne, des acides gras, du résidu sec et des cendres.

Les résultats d'analyses sont les suivants.

I. *Analyses qualitatives.*

a) Réactions caractéristiques pour les matières protéiques (coagulées avec de l'acide acétique à 1%, d'après la méthode de Richter-Quittner ('19). Les réactions: du biuret, xanthoprotéique, de Millon, de Molisch, d'Adamkiewicz, du souffre donnèrent des résultats positifs.

b) Réactions caractéristiques pour le glycogène obtenu d'aprés la méthode de Przyłęcki ('18). La solution aqueuse de glycogène additionnée de quelques gouttes de la liqueur iodo-iodurée (solution d'iode dans l'iodure de potassium), donna une coloration rouge, qui disparaissait vers 50° et reparaissait après refroidissement. Cette réaction démontre pour la première fois d'une manière évidente la présence du glycogène dans le corps des infusoires.

c) Réactions caractéristiques pour les graisses (extraites par les vapeurs de l'alcool, du chlorophorme et du benzole bouillants dans l'appareil de Kumagawa-Suto '08). La réaction de Raspail pour *l'acide oléique* et les réactions de Liebermann et de Salkowski pour la cholestérine donnèrent des résultats positifs.

II. *Les analyses quantitatives* ont été les suivantes. On détermina:

a) le pourcent d'eau et de résidu sec dans la substance fraîche. (tab. I, III, VII).

b) Le pourcent de cendres dans le résidu sec. (tab. I).

c) Le pourcent d'azote total dans la substance fraîche et le résidu sec. (tab. I, II, III, VI). L'azote était dosé d'après la méthode de micro- Klejdahl en modification de Pilch (Pregl '17)

On a fait en même temps des dosages—contrôles pour déterminer la grandeur de l'erreur, due à la présence d'une certaine quantité de bactéries dans le liquide des cultures, adhérant au corps des infusoires centrifugés. Dans ce but on détermina l'azote dans ½ cm³ du liquide centrifugé exempt d'infusoires. Les résultats démontrent, que l'erreur commise ne dépasse pas 0,4% de la quantité totale de l'azote des infusoires (tab. V). On a fait de même des ensemencements des bactéries du liquide des cultures sur les disques de Pétri. La quantité moyenne de bactéries ne dépassait pas 330.000 dans 1 cm³ de liquide. Il en résulte que

l'erreur due à la présence des bactéries dans le liquide des cultures n'a pas d'importance pour la valeur des analyses.

d) On détermina le pourcent de l'azote protéique et non-protéique dans l'azote total de la substance fraîche. Pour déterminer l'azote protéique, on a fait coaguler les protéines par l'alcool bouillant d'après la méthode de Herzfeld et Klinger ('20). Après l'épuisement par l'éther, une série d'alcools et l'eau chaude on filtra la bouillie et on dosa l'azote dans le coagulat et dans le filtrat d'après la méthode de micro- Kjeldahl (tab.IV). Le chiffre de l'azote protéique multiplié par 6,25 nous donne la quantité des protéines coagulables.

e) On détermina le pourcent de glycogène dans la substance fraîche d'après la méthode de Przyłęcki ('18) et de Michaelis ('14) (tab. II, VI). Le pourcent de glycogène dans le résidu sec était calculé d'après la quantité d' azote dosé dans les restes après l'elimination du glycogène. On a fait de même, suivant le procédé de Vieweger ('23), des dosages successifs sur le même matériel: d'acides gras, (méthode de Bang ('19) et Kumagawa-Suto ('08) en modification de Wasilewska ('23), de glycogène (Przyłęcki '18 et Michaelis '14) et d'azote (micro-Kjeldahl) (tab. VI).

f) Les acides gras ont été déterminés dans la substance fraîche et le résidu sec d'après la méthode de Bang ('19) et de Kumagawa-Suto ('08) en modification de Wasilewska ('23). (tab. III, VI). On a fait de même des dosages d'acides gras dans l'extrait obtenu par l'épuisement à chaud du résidu sec par l'alcool, le chlorophorme et le benzole dans l'appareil de Kumagawa-Suto ('08) (tab. VII).

On a déterminé aussi le pourcent de cholestérine dans le résidu sec suivant la méthode de Windaus ('10) en modification de Szent-Györgyi ('23).

g) Les mêmes dosages ont été faits avec les infusoires inaniés, qui ont resté pendant 4—7 jours dans l'eau bouillie exempte de nourriture (tab. VIII).

h) On a fait enfin des déterminations de la quantité d'oxygène absorbé par les infusoires. Les dosages ont été exécutés dans l'appareil de Winterstein ('15); on mettait d'un coté 1 cm^3 de liquide contenant une certaine quantité d'infusoires; de

l'autre côté 1 cm³ de liquide filtré. Les expériences ont été faites dans l'air et dans l'atmosphère d'oxygène pur à 25° (tab. IX). Les résultats d'analyses quantitatives sont les suivants.

1. La *substance fraîche* contient:

87,4—91,6% d'eau	moyenne	89,0%	(10 analyses)
8,4—12,6% de résidu sec . . .	„	11,0%	(„ „)
0,55—0,59% de cendres	„	0,57%	(2 „)
0,86—1,59% de glycogène . . .	„	1,14%	(4 „)
0,84—1,19% d'acides gras . . .	„	1,05%	(6 „)
0,72—1,54% d'azote total . . .	„	1,06%	(10 „)

2. Le *résidu sec* contient:

4,95 — 5,19%	de cendres . .	moyenne	5,07%
12,7 —17,2%	de glycogène .	„	14,9%
7,83—10,94%	d'acides gras .	„	9,18%
56,1%	de protéines . .	„	56,1%
12,35—13,74%	d'azote total . .	„	12,81%

Le reste, 15% environ du residu sec, peut être rapporté probablement aux substances azotées non-protéiques. Ces substances n'étaient pas analysées. Le résidu sec contient 3,84% d'azote non-protéique, 8,97% d'azote protéique, 12,81% d'azote total. La teneur du résidu sec en cholestérine est environ 0,35%.

3. La quantité d'oxygène absorbé par les infusoires séjournants dans l'atmosphère d'air ordinaire est environ a) 330 mm³ calculés pour 1 g de substance fraîche et pour 1 heure, b) 40,5 mm³ calculés pour 1 mg d'azote du corps et pour 1 heure.

Dans l'atmosphère d'oxygène pur les infusoires absorbent environ a) 470 mm³ d'oxygène calculés pour 1 g de substance fraîche et pour 1 heure, b) 60 mm³ d'oxygène calculé pour 1 mg d'azote et pour 1 heure. Nous donnons ces derniers chiffres à titre provisoire, le travail étant poursuivi.

Il est à remarquer:

1. La quantité d'eau est inférieure à celle des nombreux animaux marins et plantes aquatiques. Elle s'approche de la quantité d'eau qu'on rencontre chez certaines bactéries et mucorinées.

2. La haute teneur en substances azotées (71% environ) et surtout en protéines (56,1%).

3. La teneur assez haute de glycogène, moindre d'acides gras.

4. La disparition partielle du glycogène et surtout des acides gras pendant l'inanition; on pourrait supposer que le glycogène et les graisses jouent le rôle de substances de réserve dans l'organisme de *Paramaecium*.

5. Une grande intensité des échanges respiratoires.

Drukarnia i Litografja p. f. „JAN COTTY" w Warszawie, Kapucyńska 7.