

ACTA BIOLOGIAE EXPERIMENTALIS

VOL. III.

SUBVENTIONNÉ PAR LE MINISTÈRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE

ÉDITÉ PAR L'INSTITUT NENCKI
(SOC. SCI. VARS.)
8, RUE ŚNIADECKI
VARSOVIE
1929

<http://rcin.org.pl>

Acta Biologiae Experimentalis

Czasopismo, ogłaszające rozprawy naukowe z zakresu fizjologii i chemii fizjologicznej roślin i zwierząt, morfologii doświadczalnej, zoopsychologii oraz dziedzin pokrewnych. Ponadto—specjalny dział p. t.: „Bibliographia Polonica”.

Wydawnictwo to będzie ukazywało się w miarę napływania rękopisów, w liczbie około dwu tomów rocznie.

Tom II, 1928, zawiera następujące rozprawy:

FR. CZUBALSKI (Warszawa): Zmiany chemizmu, stężenia jonów wodorowych i sily trawiennej soku trzustkowego, zależne od charakteru i sily bodźca fizjologicznego. — M. BOGUCKI (Warszawa): Badania nad przepuszczalnością błon oraz ciśnieniem osmotycznym jaj ryb łososiowatych. — ST. CHRZĄSZCZEWSKI WŁ. MOZOŁOWSKI (Lwów): Badania nad wzajemną zależnością powstawania kwasu mlekowego i amoniaku w mięśniach płazów. — W. R. WITANOWSKI (Warszawa): O działaniu aldehydu mrówkowego na lecytynę. Przyczynek do kwestji powstawania w organizmach związków metylowanych. — W. Z. TYCHOWSKI (Lwów): Wpływ przecięcia nerwów trzewiowych na hiperglikemję, wywołaną uciskiem układu nerwowego środkowego. — M. CHEJFEC (Warszawa): Przebieg reorganizacji jądrowej u *Paramecium caudatum*. — J. ŻABIŃSKI (Warszawa): Badania nad wzrostem karalucha (*Periplaneta orientalis* L.) i prusaka (*Blattella germanica* L.) w pożywkach sztucznych i niepełnowartościowych. Część I. — L. PAPIERBUCH (Warszawa): Zmysł i pamięć kierunków przedmiotu u żab. Różnicowanie i uogólnianie nałogu. Formy wygaszania i ich skutki. Zaburzenia. Wyzwalanie i hamowanie reakcyj nabytych. — E. M. MYSTKOWSKI (Warszawa): Wpływ jonów na działania ureazy. — J. HELLER (Lwów): Badania nad przeobrażeniem owadów. — E. EISENBERG-HAMBURG (Warszawa): Badania porównawcze nad czynnością wodniczok kurczliwych u wymoczków pasorzytniczych z jelita grubego żaby i u wymoczków słodkowodnych. Wpływ ciśnienia osmotycznego, elektrolitów i stężenia jonów wodorowych. — BIBLIOGRAPHIA POLONICA.

Cena pojedynczego tomu (20—25 arkuszy): w prenumeracie—20 zł., oddzielnie—25 zł. Współpracownicy czasopisma otrzymują 10% ustępstwa.

Zgłoszenie do prenumeraty przyjmuje:

Administracja Instytutu im. Nenckiego
(Warszawa, ul. Śniadeckich 8, tel. 536-31).

Skład główny:

„Ekspedycja Kasy im. J. Mianowskiego”
(Warszawa, Nowy Świat 72, Pałac Staszica).

ACTA BIOLOGIAE
EXPERIMENTALIS

VOL. III.

SUBVENTIONNÉ PAR LE MINISTÈRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE

ÉDITÉ PAR L'INSTITUT NENCKI
(SOC. SCI. VARS.)
8, RUE ŚNIADECKI
VARSOVIE
1929

ACTA BIOLOGIAE
EXPERIMENTALIS

Redaktor:

K. BIALASZEWICZ.



S o m m a i r e.

№№	pp.
1. St. J. Przyłęcki. Urikaza i jej działanie. Część I. Otrzymywanie. <i>Uricase. I. Moyen d'obtention.</i> [Institut de Chimie Physiologique de l'Université de Varsovie]	1
2. J. Dembowski. Ruchy pionowe <i>Paramecium caudatum</i> . I. Względne położenie środka ciężkości w ciełe wymocзка. <i>Vertikalbewegungen von Paramecium caudatum. I. Die relative Lage des Gleichgewichtszentrums im Körper des Infusors.</i> [Laboratorium der Experimentellen Morphologie. Nencki-Institut in Warschau]	19
3. T. Rogoziński i M. Starzewska. Skład błon komórkowych owsa w różnych stadjach rozwoju. <i>Composition des parois cellulaires de l'avoine dans les différents stades de son développement.</i> [Institut de Physiologie et d'Alimentation des Animaux de l'Université Jagellone à Cracovie].	49
4. St. Kuczkowski. Badanie nad zjawiskami wydzielniczo-chłonnemi w jelicie cienkiem. I. Wydzielanie elektrolitów. <i>Untersuchungen über die Absonderungs- und Aufsaugungserscheinungen im Dünndarm. I. Absonderung der Elektrolyte.</i> [Physiologisches Laboratorium. Nencki-Institut in Warschau]	57
5. E. Grinwald. Badanie czynników rozwoju hodowli pierwotniaków. Czy istnieje zjawisko allelokatalizy w hodowlach <i>Colpidium colpoda</i> Ehrbg? <i>Recherches sur les facteurs du développement des cultures de microorganismes. L'action de la substance allelocatalytique apparait-elle dans les cultures du Colpidium colpoda Ehrbg?</i> [Laboratoire de Physiologie Générale de l'Université Libre de Pologne à Varsovie].	81
6. Z. Krasieńska. Przyczynek do energetyki kiełkowania słonecznika. <i>Contribution à l'étude du métabolisme énergétique de la germination. (Helianthus annuus).</i> [Laboratoire de Physiologie de l'Institut Nencki et Laboratoire de Physiologie Végétale de l'Université à Varsovie]	101
7. W. Niemierko. Wpływ pracy na zawartość tłuszczów w mięśniu żaby. <i>Einfluss der Muskeltätigkeit auf den Fettgehalt des Froschmuskels.</i> [Physiologisches Laboratorium des Nencki-Institutes in Warschau]	143
8. R. J. Wojtusiak. O reagowaniu na światło normalnych i oślepionych larw toniaka (<i>Acilius</i>). <i>Über Lichtreaktionen normaler und geblendeter Acilius-Larven.</i> [Psychogenetisches Institut der Jagellonischen Universität in Krakau]	165

9. **L. Jaburek.** Badania nad stosunkami czasowymi mitoz w tkance rosnącej. *Über die zeitlichen Verhältnisse der Mitosen im wachsenden Gewebe.* [Physiologisches Institut der Universität in Lwów] 175
10. **J. Dembowski.** Ruchy pionowe *Paramaecium caudatum*. II. Wpływ niektórych warunków zewnętrznych. *Vertikalbewegungen von Paramaecium caudatum. II. Einfluss einiger Aussenbedingungen.* [Laboratorium der Experimentellen Morphologie, Nencki-Institut in Warschau] 195
11. **A. Mokłowska.** Badania nad składem chemicznym hemolimfy gąsienicy wilczomlecza (*Deilephila euphorbiae*). *Recherches sur la composition chimique du sang chez la chenille du Deilephila euphorbiae.* [Laboratoire du Chimie Physiologique de la Caisse de Secours au Cas de la Maladie, Léopol] 241
12. **M. Bogucki.** Wpływ ciśnienia osmotycznego środowiska na powstawanie periwitelinu w zapłodnionych jajach jeźwoców (*Paracentrotus lividus* L.). *L'influence de la pression osmotique du milieu sur la formation du périvitellin dans les oeufs fécondés d'Oursin.* [Station Zoologique de Naples et Laboratoire de Physiologie de l'Institut Nencki à Varsovie] 255
13. **R. J. Wojtusiak.** O reagowaniu rozgwiezdy *Asterias rubens* L. na bodźce chemiczne parzyste. *Über die Reaktionsweise von Asterias rubens L. bei chemischer Doppelreizung.* [Biologische Station in Roscoff und Psychogenetisches Institut der Jagellonischen Universität in Krakau] 271
14. **H. Sikorski i R. Lentz.** Badania nad alkalozą i acydozą. III. Działanie zmian stężenia jonów wodorowych na serce żaby zatrute chloroformem. *Der Einfluss von Veränderungen der Wasserstoffionenkonzentration der Nährflüssigkeit auf das chloroformvergiftete Esculentenherz.* [Pharmakologisches Institut der Universität in Warschau]. 281
15. **H. Jawłowski.** *Über die Funktionen des Zentralnervensystems bei Lithobius forficatus* L. O czynnościach środkowego układu nerwowego drowniaka (*Lithobius forficatus* L.). [Zoologisches Institut der Universität in Wilno] 289
16. **Bibliographia Polonica** 317

[Zakład Chemji Fizjologicznej Uniwersytetu Warszawskiego]

St. J. Przyłęcki.

Urikaza i jej działanie. Część I. Otrzymywanie.

Uricase. I. Moyen d'obtention.

Rękopis nadesłany w dniu 15.IV.1928 r.

L'uricase, que l'on obtenait jusqu'à présent par les méthodes de précipitation, n'était jamais suffisamment pure, afin de pouvoir en examiner l'action; en conséquence on n'était pas, non plus, en mesure de déterminer la place de l'uricase soit parmi les oxydases, soit parmi les hydrogenases.

Nous crûmes, alors, utile de combiner certaines méthodes, dont on se servait auparavant, en supposant, qu'on allait obtenir sur cette voie une préparation fort active et dépourvue le plus complètement d'impuretés.

Nous étudiâmes l'uricase des foies et des reins des Mammifères, des grenouilles ainsi que celle des semences du blé.

1°. L'uricase des grenouilles. Le jus des tissus obtenus par l'addition de fortes doses du chloroforme et de la glycérine [300 gr. de grenouilles hachées, 60 cm³ du chloroforme, 160 cm³ de la glycérine et 200 gr. de l'eau] fut laissé pendant 2 jours à 15 — 20°. On additionnait ensuite 2500 cm³ de l'eau et 24 h. après on extrayait le liquide qui servait du point de départ pour l'obtention du ferment. [Nous appelons ce liquide — le jus]. En y ajoutant le double volume d'acétone, on obtenait un précipité floconneux; 1 — 3 heures après, cette préparation était filtrée.

Le précipité lui-même était séché sur le filtre, puis dissous dans NaCl (1%) ou dans l'eau et 12 — 24 h après cette nouvelle solution était filtrée.

Les manipulations décrites ci-dessus n'ont diminué en aucune manière ni la force, ni la quantité de l'uricase contenue dans le jus (tabl. I).

La solution obtenue par le traitement avec l'acétone servait de point de départ pour l'obtention de solutions beaucoup mieux purifiées.

Dans ce but nous avons utilisé la précipitation à l'alcool et la dialyse. La double précipitation: acétone — alcool, fut moins favorable. La solution de l'uricase, contenant NaCl, après l'action de l'acétone à 0°, fut précipitée par l'addition de 5 — 10 volumes d'alcool éthylique à 96%. Le précipité s'étant formé, la solution fut passée par le filtre, à 0°, et le précipité fut séché. On obtenait de la sorte une poudre blanche, qui jaunissait au cours du desséchement. Cette poudre, dissoute dans de l'eau ou dans une solution de NaCl à 1% et puis filtrée, dégradait l'acide urique, mais la force de son action était bien plus faible en comparaison avec celle du même volume du jus.

Cette poudre recueillie et employée — même quelques mois après — ne manifestait aucune perte de son activité.

La dialyse donne des solutions bien plus actives. Le liquide obtenu par la précipitation à l'acétone fut placé dans des dialyseurs [SCHLEICHER № 579], qui étaient immergés dans de l'eau, ou dans une solution de NaCl 1%. Afin d'éviter toute infection possible, nous ajoutâmes du thymol. Quatre jours après, la solution extérieure fut analysée et nous constatâmes sa grande activité.

Cette dernière se montrait parfois supérieure à celle du jus. Et heureusement il nous fut possible d'obtenir — du liquide dialysé — même la poudre active, — et cela en évaporant l'eau à 40° dans le vide (tabl. II).

Ces dernières préparations de l'uricase en question sont bien plus pures, que celles obtenues par la simple précipitation à l'acétone, à l'alcool, ou que le jus lui-même. Ainsi un gramme de la substance sèche du tissu dégrade dans un temps donné 90 — 120 mgrs. d'acide urique, tandis qu'un gramme de l'uricase obtenue par la dialyse, dissout dans 25 — 30 litres d'eau, dégrade dans les mêmes conditions 27 gr. d'acide urique (tabl. III).

2°. Uricase des foies et des reins chez les Mammifères.

Les mêmes manipulations que celles employées dans le but de purifier l'uricase des grenouilles ont été utilisées pour l'obtention de l'uricase des Mammifères.

Le rendement obtenu fut ici inférieur à celui que l'on notait chez les grenouilles, mais l'effet général de la purification

était le même. On peut obtenir des solutions d'uricase bien actives et bien purifiées par la double précipitation: à l'acétone et à l'alcool, ou bien — par la combinaison de deux processus: la précipitation à l'acétone ou à l'alcool et puis — la dialyse (tabl. IV et V).

3°. L'uricase des grains du blé est aussi bien dialysable que celle des grenouilles et des Mammifères (tabl. VI).

Enzymologia współczesna rozwija się zasadniczo w dwu kierunkach. Jeden z nich to analiza chemiczna, mająca na celu poza poznaniem budowy, zbadanie fizyko-chemicznych własności enzymu, a w związku z tem — poznanie sposobu działania, specyficzności i t. d.

Drugi kierunek bada działanie enzymów w ich naturalnych warunkach fizjologicznych. O ile w pierwszym przypadku należy się starać o pracowanie na materiale możliwie najbardziej oczyszczonym, o tyle w drugim nie wolno nam uogólniać faktów zaobserwowanych w roztworach czystych enzymów na stan enzymów wewnątrz komórek. Jeśli zaś chcemy poznać czynniki, powodujące równowagę reakcji odwracalnych, lub szybkość reakcji w komórkach, musimy się starać przy pomocy modeli biologicznych możliwie najbardziej zbliżyć się do układów komórkowych.

Dlatego też nasuwają nam się pewne zastrzeżenia, dotyczące poglądów WARBURGA ('28), który pisze na str. 1: „Da die Erfahrung lehrt, dass man die Katalysatoren der lebendigen Substanz — die Fermente — von ihren inaktiven Begleitstoffen nicht trennen kann, so liegt es nahe, auf die Methoden der präparativen Chemie zu verzichten, und die Fermente unter ihren natürlichen wirkungsbedingungen in der lebenden Zelle selbst zu untersuchen“.

Wprowadzenie takiej zasady ograniczałoby nas znacznie w badaniach enzymatycznych. Tylko rozbitcie tych zagadnień na sprawy natury czysto chemicznej i fizyko-chemicznej z jednej

strony i czynności fizjologicznej z drugiej strony, pozwoli ogromnie rozwinąć i wyświetlić sprawy enzymatyki. Wprawdzie słuszne poniekąd jest rozczarowanie do prób otrzymania czystych preparatów enzymów, przyznać jednak musimy, że owoce prac ostatnich dwu dziesięcioleci nie są bez znaczenia i że posunęły one ogromnie naprzód zagadnienie ogólne, dociekające, jakim warunkom odpowiadać powinno dane ciało, aby można było podporządkować je pod pojęcie enzymu.

I w tej dziedzinie widzimy olbrzymie posunięcia, wykazujące, że według wszelkich dziś stwierdzonych danych enzym w pojęciu większości enzymologów odpowiadać powinien dwu warunkom. Powinien przede wszystkim posiadać pewien stan fizyko-chemiczny, którego zmiana powoduje zmiany w czynności. Drugą cechą każdego enzymu jest obecność grupy czynnej, specyficznej. Jaka jest rola obu tych czynników, trudno jest obecnie powiedzieć. Możliwą jest rzeczą, że część koloidalna, t. zw. kopuła-nosiciel (Träger), ma różne w hydrolazach i desmolazach znaczenie.

Jedną z zasadniczych jej funkcyj byłaby, powiedzmy, sorbcja i częściowo zmiana substratu, zaś grupa czynna miałaby za cel funkcje bardzo różne w zależności od typu enzymu. Jeśliby więc chodziło o dehydrogenazy, grupa ta wiązałaby się z wodorem i odbierała go substancji. W przypadku oksydaz, przypadaloby jej w udziale aktywowanie tlenu i t. d.

W dzisiejszym stadium naszych wiadomości nie wiemy absolutnie, w czym tkwi specyficzność enzymu. Nie ulega najmniejszej wątpliwości, że kopuły koloidalne są bardzo różne. Być może, że dzięki swoistości wiązania z substratem decydują one poważnie, czy dany enzym działa na ten lub inny związek. Jest również rzeczą pewną, że grupy czynne są różne. Wydaje nam się, że nawet w jednej grupie enzymatycznej, np. wśród oksydaz, rozróżniać musimy grupy organiczne i inne, zawierające metal, który nie wszędzie jest jednakowy. W niektórych przypadkach jest nim żelazo, podczas gdy w innych, np. w urikazie, spotykamy miedź. Staramy się dowieść tego w III części pracy niniejszej.

Wydaje nam się, że cenne prace WARBURGA oraz mikrometody, zastosowane do preparatów czystych enzymów, pozwolą, przynajmniej jeśli chodzi o oksydazy, posunąć znacznie naprzód zagadnienie grup czynnych.

WARBURG wykazał dla ciał o działaniu kontaktowym, że ważną rolę w działaniu ich odgrywa, poza metalem, wiązanie tego ostatniego z resztą ciała kontaktowego. Pozostaje dotąd rzeczą zupełnie niewiadomą, w postaci jakiego związku, poza kopułą prawdopodobnie zjonizowanej soli, występuje metal. Nie wiemy również, czy grupa czynna jest jedna, czy też może ich być kilka i to różnych. Dotyczy to specjalnie enzymów złożonych, jak np. opisanej przez FLEISCH ('24) sukcinoksydazy, gdzie wysłedzono kilka faz działania enzymu. Możliwe jest w tych przypadkach istnienie bądź jednej grupy złożonej, bądź też kilku różnych, niezależnych od siebie. Zagadnienie powyższe jest niesłychanie ważne w związku z enzymami o działaniu odwracalnym, gdzie związek jest syntetyzowany z dwu różnych ciał.

Specyficzność nie może być, jak widzimy, ograniczona do kopuły, lecz rozciąga się i na grupy czynne. Przypuszczamy, że dalsze badania nad budową enzymów uwzględniać winny obie te zasadnicze części, analizując każdą z nich z osobna.

Dzisiaj raczej badanie grup²czynnych zdaje się wносить dużo ciekawego i nowego materiału. I tu specjalnie dogodne są przypadki, w których grupy owe zawierają metal. Co się tyczy badań kopuły, będą one znacznie trudniejsze. Po za materiałem porównawczym, powiedzmy badaniem pH, wpływu temperatury, czynników hamujących i t. d., dotyczących tego samego enzymu z różnych zwierząt, pozostaje poznanie chemicznej struktury, które jest dzisiaj trudne do przeprowadzenia. Przyczyną tego jest w pierwszym rzędzie niezajomość biokolloidów, t. j. białek, węglowodanów i innych, a także brak metod ich oczyszczania. Postęp w tej dziedzinie związany jest w znacznej mierze z postępem metod badań biochemicznych.

Mimo że przeważna część zagadnień, dotyczących kopuły, pozostaje dziś niewyświetlona, można jednak ustalić już niektóre ważne punkty, dotyczące tej części enzymu.

Można więc, w niektórych przypadkach przynajmniej, przystąpić do ustalenia identyczności kopuły w tym samym, lecz różnego pochodzenia zwierzęcego lub roślinnego, enzymie.

Badania tego rodzaju winny być według nas wykonane na możliwie najbardziej specyficznym enzymie, działającym wyłącznie na jeden związek. Wyklucza się bowiem w ten sposób niebezpieczeństwo operowania mieszaniną kilku enzymów lub też

enzymami co do swej czynności bardzo zbliżonemi, lecz nie identycznymi.

Już dziś przeprowadzić można cały szereg prób w celu porównania własności kopuły koloidalnej tego samego enzymu, występującego u różnych zwierząt. Jako materiał do eksperymentów tego rodzaju, posłużyć może szybkość i możność dyfundowania poprzez różne błony, rozpuszczalność, działanie temperatury, wytrącalność przez różne sole i t. d. Do tejże grupy zaliczyć należy, być może, działanie pH, zjawisko kataforezy i t. p., choć dużą rolę w tych dwu ostatnich momentach odegrać może i grupa czynna.

Podobne badania byłyby również bardzo wskazane, jeśli chodzi o grupy czynne. Nie jest zupełnie wykluczone, że kilka podobnych co do funkcji grup może w zupełnie podobny lub nawet identyczny sposób działać na substancję. Możliwe jest przeto, że identyczne napozór dwa enzymy różnić się mogą nie tylko co do kopuły, lecz i co do grup czynnych.

Jeśli jako przykład weźmiemy oksydazy, działające pod wpływem metalu ciężkiego, wyobrazić sobie możemy, że w określonych warunkach ten sam związek utleniany być może nie tylko przez różne połączenia tego samego metalu, lecz i przez różne metale. Jako dowód istnienia podobnej możliwości posłużyć może rozpad kwasu moczowego. ZYLBERTAL ('28) wykazał mianowicie, że związek powyższy utleniany jest przez węgiel, zawierający żelazo, zaś węgiel zawierający cynk utlenia go również, wprawdzie czyni to znacznie wolniej. Urikaza wreszcie zawiera miedź. Zagadnienie powyższe jest tem ciekawsze i zasługujące na uwagę, że jeden i ten sam związek może być rozkładany przez dany ustrój pod wpływem kilku różnych katalizatorów. Za przykład niech posłuży kwas moczowy, utleniany np. przez ssaki pod wpływem znanej urikazy, i przez ich krew — pod wpływem zupełnie odmiennego katalizatora (GOMOLIŃSKA '28), działającego zgoła odmiennie i niedającego się tak, jak urikaza, izolować lub oczyszczać. Dziś nie wiemy jeszcze, jaka grupa działa rozkładającą i czy jest ona identyczna z tą, która istnieje w urikazie, raczej wydaje się, że zawiera ona żelazo.

Wreszcie z punktu widzenia filogenetycznego, nasuwa się pytanie, czy zachodzi tutaj podobieństwo nie tylko działania danych (tak samo nazywanych) enzymów w różnych grupach

zwierząt, ale również tożsamości struktury chemicznej tych enzymów.

Oczywiście uwzględnić należy, w przypadkach utlenień przez różne związki, zagadnienie czysto energetyczne ustosunkowania się energii związanej w czasie procesu endotermicznego do powstałej w tym czasie reakcji egzotermicznej. Czynniki ten, pierwszorzędного znaczenia, decydujący o możliwości przebiegu pewnych utlenień, nie jest jednak jedynym, dołącza się bowiem do niego zagadnienie powinowactw chemicznych. Tutaj stoimy jednak przed problemem nie zupełnie jasnym.

Prace WARBURGA wykazują dużą specyficzną utleniania, która jest mniej widoczna z liczb MAYERA i WURMSERA ('26). Na czym polega owa specyficznosc? Być może zależy ona tylko od grupy aktywnej i związanych z nią powinowactw chemicznych. W modelach WARBURGA, które pod wieloma względami zbliżone są prawdopodobnie do licznych enzymów — oksydaz, znajdujemy z jednej strony nadtlenek, z drugiej zaś ciało pobierające tlen. Zagadnienie powinowactw chemicznych sprowadza się do zagadnienia powinowactwa tlenu, uzależniającego się w znacznej mierze od zagadnienia energetycznego. Nie zawsze jednak sprawa jest równie prosta. Wybitnie mówią o tem doświadczenia WARBURGA nad utlenianiem chociażby aminokwasów przez węgiel czynny, gdzie poza powinowactwem związku rozpuszczonego do tlenu musimy raczej wyobrazić sobie kilka momentów ubocznych o dużym znaczeniu.

Pierwszy z nich to adsorbacja, dzięki której zachodzi nagromadzenie, zagęszczenie substratu, w miejscach działania grupy czynnej. Adsorbacja ta nie może być bez wpływu, lecz wiele zależy od miejsc adsorbowania. Związek zadsorbowany musi być przestrzennie tak położony, aby mógł odebrać tlen, czyli połączyć się z tlenem nadtlenu, musimy więc wyobrazić sobie specyficznosc adsorbacji nie w sensie zmian chemicznych, a w znaczeniu specyficznego przestrzennego ułożenia się substratu z jednoczesnym jego zagęszczeniem dookoła grup nadtlenujących.

Moment ten odgrywa bezwzględnie ważną rolę, szczególnie w układach takich, jak z ciałem kontaktowym, pozostawionych bez specjalnego mieszania zawiesiny.

Drugi czynnik to zmiana chemiczna, jakiej ulega substrat pod wpływem specyficznego sorbcji. Jest bowiem bardzo możli-

we, że fakt wprowadzenia pewnych związków (jak np. azotu w przypadku węgla) przez WARBURGA, powoduje raczej zmiany uczulające i zmieniające substrat w formę łatwiej utlenianą, pod wpływem określonych grup, chemicznie czynnych, niemających jednak nic wspólnego z grupą bezpośrednio utleniającą. W modelach WARBURGA trudno znaleźć dowody, przemawiające za tą koncepcją. O istnieniu podobnych zmian sorbejnych, zdaje się jednak świadczyć fakty utleniania kwasu moczowego przez różne preparaty węgla. Mamy również przykłady utleniania przez pewne rodzaje połączeń żelaza.

Przyczyna uczulania może być jednak wywołana i przez zwykłą, niespecyficzną adsorbcję. Wobec możliwości istnienia różnych rodzajów adsorbowania (chemicznego, wymiennego i t. d.) tego samego związku przez różne adsorbenty, powstać może odmienne zachowanie się tak różnie zadsorbowanego związku przez jedną i tę samą grupę czynną.

Zależnie od tych różnych punktów widzenia, specyficzność działania różnych oksydaz polegać może, jak widzimy, nie tylko na różnicy zasadniczej grupy czynnej, lecz jest rzeczą również możliwą, że wypływa ona tylko z zagęszczenia substratu dookoła nadtlenu, a także ze zmian substratu pod wpływem samej sorbeji, wreszcie ze zmian substratu, wywołanych naturą istniejących grup dodatkowych, niemających nic wspólnego z przenoszeniem tlenu lub aktywowaniem wodoru. Wszystkie te momenty wkraczają w dziedzinę roli kopuły i przemawiają za specyficznym układem obu zasadniczych części enzymu.

Zależnie od rodzaju działania wyobrazić sobie musimy mniejszy lub większy udział kopuły w przekształceniach chemicznych substratu, podkreślając jednocześnie konieczność istnienia struktury przestrzennej, ułatwiającej utlenianie.

Nie mniej ważna jest przestrzenna struktura kopuły w przypadkach reakcji syntezy, gdzie łączone są dwa odmienne związki i gdzie łączenie się ich zależy od takiego położenia grup czynnych, aby oba związki mogły się ze sobą zetknąć i połączyć (EULER '26).

Wiele z powyższych problematów może być już dzisiaj z powodzeniem rozpatrywanych.

Celem niniejszej pracy jest w kilku, następujących po sobie, częściach analizowanie owych zagadnień na urikazie, enzy-

mie bardzo rozpowszechnionym, nadzwyczaj specyficznym, bowiem działającym wyłącznie na kwas moczowy.

Opierając się na przesłankach przed chwilą sformułowanych, staramy się w pracy naszej, po otrzymaniu preparatów możliwie czystych, poznawać i porównywać kopuły i grupy czynne urikazy, otrzymanej z różnych istot żywych: z końskich nerek, z żab i z nasion pszenicy. Uważaliśmy przedewszystkiem za wskazane ustalić charakter urikazy, stwierdzić, czy jest ona dehydrogenazą, czy oksydazą właściwą. Dopiero wówczas rozpoczęliśmy analizę grup i kopuły.

Jednocześnie przystępujemy w pracowni naszej do utleniania, względnie rozkładania kwasu moczowego przez biokatalizator oraz różne czynniki czysto-chemiczne, jak preparaty związków utleniających lub odwodorowujących.

Uważamy bowiem, że dopiero wszechstronna analiza pozwoli nam wyodrębnić rolę grupy czynnej i nosiciela koloidalnego.

Część doświadczalna.

Kwas moczowy oznaczaliśmy wszędzie metodą FOLINA-DENISA.

1. Oczyszczanie preparatów urikazy z żab.

Nie rozporządzając, niestety, odpowiednią wirówką, operowaliśmy nie adsorbując i eluując enzym, lecz oczyszczając go za pomocą dwu środków: wytrącania acetonem, alkoholem lub siarczanem amonu, i dializy.

Wytrącanie acetonem uskuteczniane było, jak uprzednio (PRZYŁĘCKI '25).

Dodawaliśmy dwukrotną objętość acetonu, otrzymując w rezultacie kłaczkowaty osad. Po upływie 30 minut — 1 godziny, sączyliśmy na sączkach fałdowanych. Przesącz nie zawierał urikazy, całkowita jej ilość znajdowała się na sączku.

Z wielokrotnych obserwacji wynika, że wytrącanie acetonem nie niszczy enzymu, o ile całkowity aceton zostanie z osadu usunięty przez zwykłe wysuszenie tego ostatniego na sączku.

Stwierdziliśmy rzeczywiście, że pozostawienie urikazy z acetonem dłuższy czas, nawet kilka dni, nie niszczy tego fermentu

i nie osłabia bynajmniej jego działania. Świadczą o tem następujące doświadczenia (tab. I).

Tabela I.

Kwas moczowy znaleziony (w mg w 1 cm³ roztworu) w równych ilościach mieszaniny moczuanu sodowego (pH = 7.5) i wyciągu, oczyszczonego acetonem.
Acide urique dans 1 cm³ en mgr. Uricase purifiée par l'acétone.

N ^o preparatu N ^o de la preparation	Na początku doświadczenia Au commencement de l'expérience	Organ wzgl. istoża, z której preparat pochodzi Provenance de l'uricase	W przesączu acetonowym po odparowaniu acetonu Dans le filtrat après l'évaporation d'acétone	Po 12 g. działania preparatu z osadu powstałego po wytrąceniu acetonem Après 12 h d'action du précipité de l'acétone							
				Osad przemywany 30 litr. acetonu Précipité lavé dans 30 litres d'acétone	Czas pozostawiania osadu z acetonem przed sączeniem (w godz.) Durée du contact de l'uricase avec l'acétone (heures)						
					1/2	1	6	12	24	51	72
5	0.44	} nerki bydłce } reins de betail	0.43	0.09	0.09	0.08	0.09	0.08	0.08	0.09	0.09
7	0.71		0.71	0.10	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.13	0.11
10	0.34	} pszenica } blé	0.35	0.07	0.08	0.07	0.07	0.06	0.08	0.08	0.06
12	0.50		0.50	0.13	0.13	0.14	0.13	0.15	0.13	0.14	0.13
14	0.43	} żaby } grenouilles	0.42	0.09	0.10	0.09	0.10	0.10	0.10	0.09	0.10
15	0.65		0.64	0.13	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13	0.13	0.12

Doświadczenia powyższe, powtórzone wielokrotnie, wykazały niezbicie, że urikaza może być przez pewien czas wytrącona i znajdować się w zetknięciu z acetonem, nie tracąc nic ze swej aktywności. Zmniejszanie się wydajności urikazy, opisane przez nas uprzednio, pochodziło, jak się o tem przekonaliśmy, z niekompletnego usunięcia acetonu przed powtórznym rozpuszczeniem urikazy w wodzie lub 1% NaCl. Ogromne zmniejszenie działalności urikazy zauważamy w przypadkach, gdy aceton niedoszczętnie został usunięty z osadu na sączku. Wpływa on bowiem tak, jak alkohol, hamująco na ferment, przyczem działanie jego jest w pewnych granicach odwracalne, jak to wykazemy w następnej części niniejszych badań. Nawet kilkakrotne przemywanie osadu 60—70% roztworem acetonu (np. 10 — 20 litrami) nie zmniejsza w niczem działania wytrąconej urikazy (tab. I).

Po wysuszeniu osad wraz z sączkiem był siekany nożyczkami i zmieszany w 1% roztworze NaCl lub wodzie. Wielokrotne,

długie mieszanie powodowało rozpuszczanie się urikazy. Wrazie pierwotnego, zupełnego wysuszenia preparatu i przechowywania go przez dłuższy czas, stwardniała masa była miazdżona i następnie rozpuszczana w wodzie. Płyn sączyliśmy po 24 — 36 godzinach. Otrzymany przesącz dawał reakcje na białko, w postaci ścinających się przy zagotowaniu kłaczków. Ilość ich była stosunkowo do objętości wyciągu nieznaczna, przyczem znacznie mniejsza w przypadkach, gdy wyciąg z tkanek, wytrącony acetonem, pozostawał w zetknięciu z tym ostatnim około doby lub dłużej.

Tabela II.

Urikaza z żab. Rozpad kwasu moczowego pod wpływem różnie oczyszczonej urikazy z tego samego wyciągu. Wszędzie po każdorazowym oczyszczeniu doprowadzano roztwór do pierwotnej objętości. W większości przypadków, wychodząc z litra wyciągu, każdorazowo osad rozpuszczano w 1 litrze wody lub 1% NaCl. Wyjątek stanowią tylko przypadki z dializą, gdzie po doprowadzeniu do pierwotnej objętości preparatu umieszczano go do dializatorów i na zewnątrz wlewano przeważnie równą objętość płynu. Wszędzie dodawano do równej objętości preparatów urikazy, równych ilości tak samo stężonych roztworów kwasu moczowego od 50 do 100 mg%. Rozpad oznaczono w % ilości pierwotnej po 10 — 16 godz. w 37°.

Dégradation d'acide urique par l'uricase différemment purifiée, provenant du même jus. Dans tous les cas on partait d'un litre de jus et après chaque précipitation on le diluait pour obtenir 1 litre. La concentration de l'acide urique était partout la même. La dégradation fut déterminée en % de la concentration initiale après 10 — 16 h. à 37°.

№ preparatu enzymu <i>№ de la préparation</i>	Wyciąg nieoczyszczony <i>Jus non purifié</i>	Wyciąg oczyszczony acetonem <i>Purifié à l'acétone</i>	Aceton potem dializa <i>Acétone et dialyse</i>	Aceton potem alkohol <i>Acétone et alcool</i>	Aceton siarazan amonu alkohol. <i>Acétone, sulfate de NH₃ et alcool</i>
4	30	49	47	38	29
6	50	83	91	49	38
11	58	90	99	53	50
13	45	78	84	41	36
16	54	81	80	52	43

Porównanie siły działania urikazy w równych objętościach wyciągu i przesączu, po wytrąceniu acetonem (więc np. 1 litr wyciągu¹⁾ wytrącono 2 litrami acetonu, osad rozpuszczono w 1 litrze 1% NaCl lub wody), wykazywało, że w większości przypadków preparaty oczyszczone posiadały nawet większą siłę działania, aniżeli wyciąg surowy. Oznaczone w ten sposób wartości porównawcze dały liczby następujące (tab. II).

¹⁾ Przypominamy, że wyciąg przygotowywany był jak zwykle: 300 — 500 g żywej masy żab, posiekanych na drobnej maszynie, umieszczany był na 2 doby do roztworu: 50 g chloroformu, 100 g gliceryny i 500 cm³ wody. Po 48 godz. dodawano wody do dziesięciokrotnego rozcieńczenia tkanki (3—litrów), pozostawiano na 24 godz., kilkakrotnie mieszając, i sączono przez wate.

Zwiększone działanie urikazy po wytrąceniu acetonem lub alkoholem, obserwowali już swego czasu WIECHOWSKI i WIENER ('07) oraz BATELLI i STERN ('09). Tłumaczyć je można w rozmaity sposób. Przedewszystkiem musimy przyjąć, że urikaza w komórkach i wyciągu jest zadsorbowana. Świadczy o tem brak enzymu łatwo działającego w stanie „wolnym“, we krwi ssaków. Wytrącenie acetonem, ścinające i denaturujące nieodwracalnie moc koloidów komórkowych, po następnem rozpuszczeniu w wodzie lub roztworze soli kuchennej przeprowadza urikazę do roztworu, eluując enzym. Być może, że stężony roztwór acetonu wywołuje elucję urikazy z koloidów, następnie denaturację koloidów, uniemożliwiając tem samym adsorbację enzymu po usunięciu acetonu. Za powyższem tłumaczeniem przemawia fakt, że urikaza oczyszczona acetonem łatwo dializuje, nieoczyszczona zaś, szczególnie zawarta w tkankach, nie dializuje lub dializuje znacznie wolniej.

Zadsorbowana urikaza może działać słabiej z kilku przyczyn. Przedewszystkiem dlatego, że enzym może być zadsorbowany przez swe grupy czynne i przez to inaktywowany. Nie mniej możliwe jest tłumaczenie, przyjmujące, że urikaza, enzym o stosunkowo niezbyt wielkim ciężarze cząsteczkowym, zbliżony co do swych własności fizyko-chemicznych do krystaloidów, będąc zadsorbowana na wielkim typowym koloidzie, ulega zmniejszeniu dyfuzji. Przez zmniejszenie szybkości dyfuzji utrudnione zostaje zetknięcie enzymu z substratem.

Podkreślić należy, że wiele faktów przemawia niemal za kompletnem zadsorbowaniem urikazy wewnątrz komórek. Przemawiają za tem trudności, z jakimi spotykano się przy wyciąganiu urikazy do roztworu oraz fakt, że do całkowitego wylugowania potrzeba dużych stężeń chloroformu. Z pracy WIECHOWSKIEGO i WIENERA wynikałoby, że elucja jest znacznie łatwiejsza w środowisku lekko zasadowem. Mogliśmy to w znacznej mierze potwierdzić.

Urikaza, oczyszczona przez jednorazowe wytrącenie wyciągu acetonem, zawiera cały szereg domieszek, redukujących błękit. Dziesięć cm^3 wyciągu odbarwia (bez dodawania kwasu moczowego) 10 cm^3 0.01% roztworu błękitu metylenowego w czasie 24 — 36 godzin.

Dla dokładniejszego oczyszczenia preparatu stosowaliśmy drugą metodę — dializy lub sączenia przez sączek o małych po-

rach, gdyż powtórne oczyszczenie acetonem dawało stale dość duże straty. Dopiero silnie stężone roztwory acetonu wywoływały dość gruby, kłaczkowaty osad, przyczem straty, wynikające z oczyszczenia, zmniejszały się znacznie.

Oczyszczanie przez dializę dawało wyniki znacznie lepsze. Był to sposób otrzymywania w naszych warunkach możliwie najczystszych preparatów. Próby przepuszczania wyciągów acetonowych przez świecę lub przez sączki trudno przepuszczalne nigdy nie dały równie czystych preparatów. Metoda dializy polegała na umieszczaniu urikazy w gilzach „SCHLEICHERA № 579“. Gilzy owe były następnie zanurzane w roztworze 1% NaCl lub w wodzie na trzy dni. Dla zabezpieczenia przeciwko infekcji dodawano zarówno do roztworu z urikazą, jako też do płynu zewnętrznego 1%, roztworu tymolu. Po kilku dniach otrzymaliśmy w tych warunkach nadzwyczaj silne preparaty urikazy, bardzo wolno odbarwiającej dodany roztwór błękitu metylenowego.

Należy podkreślić, że preparaty owe działały często silniej, aniżeli urikaza oczyszczona tylko przez wytrącenie acetonem, mimo że w drugim przypadku mieliśmy do czynienia z dwukrotnym rozcieńczeniem. Liczby odpowiednie podane są w tabeli II.

Otrzymane preparaty były bezbarwne, klarowne i po zagotowaniu z NaCl dawały tylko bardzo mało widoczne zmętnienie. Były one przeszło 1.000—3.000 razy czynniejsze od tkanki wyjściowej (żabiej). Znaczy to, że 1 g suchej masy urikazy dializowanej do połowy rozkładał trzy tysiące razy większą ilość kwasu moczowego, aniżeli 1 g miazgi (tab. III), przyczem w obu przypadkach stosowano różne objętości płynu przy równych stężeniach kwasu moczowego. Bardzo zbliżone oczyszczenie udało się osiągnąć, dializując bądź przez bardziej przepuszczalne typy ultra-sączków, bądź też przez szklane sączki, zalane uprzednio przygotowanym roztworem kolodjum.

Otrzymane tak preparaty były również bardzo silne i po zagotowaniu nie dawało się w nich stwierdzić niemal żadnego osadu.

Trzecia metoda oczyszczania urikazy polegała na kombinowanym wytrącaniu acetonem, następnie alkoholem lub mieszaniną acetonu i alkoholu.

Odwrotny porządek dawał wyniki gorsze zarówno co do wydajności, jako też czystości preparatu. Oto sposób postępowania.

Urikaza, oczyszczona acetonem w roztworze 1% NaCl lub w wodzie, wytrącana była następnie 96% alkoholem. Roztwór urikazy, zadawany 5—10-krotną ilością alkoholu, pozostawiany był po bardzo dokładnem wymieszaniu przez 15—30 minut w temp. 0° i następnie sączony przez sączek fałdowany, który później suszono działaniem wentylatora. Otrzymany w ten sposób proszek, początkowo biały, zmieniał zczasem na powietrzu barwę swą

Tabela III.

Oznaczenie czynności urikazy (żab) w różnych stanach czystości przy zastosowaniu wzoru

$$A_{uza} = \frac{\text{mg U rozłożonego w czasie godzinny}}{\text{g urikazy}}$$

Détermination de l'activité de l'uricase des grenouilles selon la formule

$$A_{uze} = \frac{\text{mgr. d'U dégradées en 1 h.}}{\text{gr. d'uricase}}$$

Rodzaj preparatu <i>Genre de la préparation</i>	Zawartość pozostałości suchej w jednym litrze wody w mg <i>Substance sèche dans 1 litre en mgr.</i>	Rozpad kwasu moczowego; 1 g, 1 godz. w mg ¹⁾ ²⁾ <i>Dégradation de l'U. en mgr. par 1 gr.</i>	Stosunek rozpadu: dany preparat miazga <i>Rapport de la dégradation: préparation donnée tissu broyé</i>
Miazga (w obliczeniu na nieoczyszczony wyciąg) <i>Tissus broyés (d'après les analyses exécutées sur le jus)</i>	—	7.0; 8.7; 6.5; 9.1; 7.82	—
Wyciąg, wytrącony acetonem, następnie dializowany <i>Jus précipité par l'acétone et dialysé</i>	83.2; 67.0; 43.1; 35.0	10.800; 15.400; 20.900; 26.000; 15.700	2.010
Aceton, dializa, zagotowano przesączono. Przesącz: <i>Jus précipité par l'acétone, dialysé, chauffé à 100°. Filtrat:</i>	31.0; 24.0; 29.1; 19.5 (?)	15.500; 23.700; 17.000; 38.150; 26.300	3.370 (4.240 maximum)
Aceton, siarczan amonu, alkohol, dializa <i>Acétone, sulfate de NH₃, alcool, dialyse</i>	23.1; 17.6 (?); 23.4	13.200; 19.300; 11.600; 14.700	1.884

¹⁾ Obliczony z rozpadu 10-godzinnego. *Après la dégradation pendant 10 hs.*

²⁾ Liczby tłuste oznaczają średnie. *Les chiffres gras indiquent les moyennes.*

na brunatną. Preparat taki daje się przechowywać w zamkniętym naczyniu i nie traci nic ze swej siły. Zebrany z sączka proszek mógł być przechowywany i użyty do oznaczeń po kilku miesiącach. Najdogodniej jest go rozpuszczać w H₂O lub 1% NaCl i następnie sączyć. Preparat proszku zawiera jeszcze dużo zanieczyszczeń, które usuwa się przez sączenie. Dopiero przesącz jest zupełnie bezbarwny, bez opalescencji, prawie nie pieni się w czasie klócenia i tworzy zaledwie ślady osadu po zagotowaniu.

W celu dalszego oczyszczenia staraliśmy się powtórzyć wytrącenie alkoholem; wynik otrzymany był następujący. Po dodaniu 20-krotnej ilości alkoholu otrzymuje się osad bezbarwny. Oddziela się go od alkoholu przez dekantację i zbiera na sączku, następnie przemywa się alkoholem 95% w 0° i otrzymuje się proszek, ciemniejący na powietrzu i na świetle, podobnie jak wzmiankowany uprzednio osad z pierwszego wytrącenia alkoholem.

Stosowaliśmy również metody dwukrotnego wytrącenia (acetone i alkoholem) w połączeniu z dializą. W ten sposób otrzymaliśmy preparaty bardzo czynne, jedne z najczystszych, lecz w przeliczeniu na zawartość urikazy, otrzymanej z tej samej ilości tkanki (stosując metodę wytrącania acetone i bezpośrednio dializy), wytrącanie alkoholem dawało poważne straty. Metodę podwójnego wytrącania i dializy znamionuje niesłychanie mała wydajność suchej substancji, przy niebywale silnym jej działaniu.

Piąta metoda polegała na wytrąceniu acetone, rozpuszczeniu osadu w wodzie, wytrąceniu substancji nasyconym roztworem siarczanu amonu, sączeniu, przemyciu roztworem siarczanu amonu, rozpuszczeniu w wodzie i wytrąceniu 10-krotną ilością alkoholu etylowego. Dalsza procedura była identyczna z tą, jaką stosowaliśmy przy wytrącaniu alkoholem. I ta metoda daje również bardzo czynne preparaty w przeliczeniu na jednostkę wagi suchej.

Wszystkie dane liczbowe podane są w tabeli.

2. Oczyszczenie preparatów urikazy z nerek ssaków.

Badania przeprowadzone w tym kierunku (BATELLI i STERN '09, WIECHOWSKI i WIENER '07) wykazały, że można oczyszczać urikazę z nerek ssaków przez wytrącanie acetone, alkoholem lub usuwaniem przez dializę pewnych dyfundujących składników tkanek (urikaza w tych warunkach nie dializuje). Metod kombinowanych nie stosowano.

Powtórzone doświadczenia tego typu wykazały, że zarówno za pomocą wytrącenia podwójnego, jako też za pomocą wytrącenia i dializy otrzymać można bardzo silne preparaty.

Zasadniczo dla uzyskania silnych preparatów z tkanek ssaków, a także z żab należy odpowiednio przygotować wyciągi. Niezbędne jest dodanie do dobrze rozmiądzonych tkanek silnego roztworu gliceryny i chloroformu.

Tabela IV.

Urikaza z nerek bydłych. Porównaj objaśnienie tabeli II.
Uricase des reins des veaux. Voir pour les explications le tableau II.

N ^o wyciągu <i>N^o du jus</i>	Wyciąg nie- oczyszczony <i>Jus non purifié</i>	Wyciąg oczyszczony acetonem <i>Jus purifié à l'acétone</i>	Aceton, po- tem dializa <i>Acétone et dia- lyse</i>	Aceton i alko- hol <i>Acétone et al- cool</i>	Aceton, siar- czan, alkohol <i>Acétone, sul- fate et alcool</i>
23	70	89	91	64	55
24	53	85	90	50	42
25	47	70	85	39	39
26	63	82	87	57	42

Najczęściej stosowaliśmy następujący stosunek: 100 g tkanki, 25 cm³ chloroformu, 75 cm³ gliceryny i 100 cm³ wody (potrójne rozcieńczenie). Miazga taka była wymieszana. Po 48 godz. dodawano do niej 2 litry wody i skłócano ją jeszcze co kilka godzin w przeciagu doby. Następnie sączono przez gazę lub watę. Z porównania przez nas otrzymanych liczb z temi, jakie uzyskali uprzednio BATELLI i STERN na tym samym organie (nerce woło-

Tabela V.

Nerki bydłce. Porównaj objaśnienie tabeli III.
Reins des veaux. Voir le tableau III.

Rodzaj preparatu <i>Genre de la prépara- tion</i>	Pozostałość sucha w 1 litrze <i>Substance sèche dans 1 litre en mgr.</i>	Rozpad kwasu mocz. 1 g 1 godz. w mg ¹⁾ <i>Dégradation de l'acide urique par 1 gr. en mgr.</i>	Stosunek rozpadu miazga 1 g <i>Rapport de la dé- gradation: préparation donnée tissus broyé</i>
Miazga <i>Tissus broyé</i>	—	12.0; 13.1; 11.3; 12.2	—
Aceton <i>Acétone</i>	74.0; 65.1; 49.3	15.450; 14.950; 25.000; 18 500	15.116
Aceton, dializa <i>Acétone et dialyse</i>	38.0	26.700	22.200
Aceton, dializa, zago- towano, przesączono. Przesącz: <i>Acétone, dialyse ; chauff- fage à 100°. Filtrat:</i>	39.4; 26.9; 31.7	24.140; 31.470; 32.000; 28.900	2.370
Aceton, siarczan amo- nu, alkohol, dializa <i>Acétone, sulfate de NH₃, alcool, dialyse</i>	30.3; 24.0; 19.4	21.800; 24.100; 25.100; 23.700	1.943

¹⁾ Obliczony z rozpadu 10-godzinnego. Liczby grubszym drukiem oznaczają średnie.
Après la dégradation pendant 10 h. Les chiffres gras indiquent les moyennes.

wiej), otrzymujemy w przeliczeniach wartości niemal identyczne. Mamy tedy: BATELLI i STERN: 100 g tkanki, 1 g — rozłożył 1.06 g kwasu moczowego, nasz wyciąg w przeliczeniu na 100 g tkanki, 11 g rozłożyło do połowy 1.96 g kwasu moczowego. Z powyższego porównania wynika, że drogą elucji można otrzymać niemal całkowite ilości urikazy zawartej w tkankach.

Z wyciągiem, który stanowi punkt wyjściowy, powtórzono zabiegi, stosowane dla miazgi z żab. Nie opisujemy ich przeto, ograniczając się do podania otrzymanych wyników w tabeli.

3. Oczyszczenie preparatów urikazy z nasion pszenicy.

Wszystkie doświadczenia wykonane na urikazie, pochodzącej z nasion pszenicy, wykazały, że technika jej otrzymywania może być identyczna z tą, jaką podaliśmy wyżej.

Tabela VI.

Urikaza z nasion pszenicy. Patrz tabela II.
Uricase des grains de blé. Voir le tableau II.

№ wyciągu <i>№ du jus</i>	Wyciąg nie- oczyszczony <i>Jus non purifié</i>	Oczyszczony acetonem <i>Jus purifié à l'acétone</i>	Aceton i dializa <i>Acétone et dialyse</i>	Aceton i alko- hol <i>Acétone et alcool</i>
32	35	59	65	41
34	51	71	—	—
35	57	66	76	—
37	43	74	92	—

Enzym wytrącony acetonem może przechodzić przez dializatory, dając w ten sposób bardzo czyste preparaty. Tabela zawiera otrzymane wyniki.

Streszczenie wyników.

Badania przeprowadzono na urikazie z żab całych, nerek bydlęcych i ziaren pszenicy.

1°. Urikaza jest enzymem, który można oczyścić za pomocą wytrącania acetonem i następnie dializowaniem, lub przez wtórne wytrącanie alkoholem i dializę.

Jednostka wagi preparatu oczyszczonego działa 2 — 3 tysiące razy silniej niż miazga tkanki. **BIN**

Piśmiennictwo.

- Batelli** und **Stern**. 1909. Untersuchungen über die Urikase in den Tiergeweben. *Bioch. Zeitschr.* **19** (219). **Euler H.** 1926. Enzyme und Coenzyme als Ziele und Werkzeuge der chemischen Forschung. *Sammlung chemischer und chemisch-technischer Vorträge.* **28**. (Separat). Stuttgart.
- Fleisch E.** 1924. Oxidation processes of normal and cancer tissue. *Bioch. Journ.* **18** (294). **Gomolińska.** Praca w druku. **Mayer A.** et **Wurmser R.** 1926. Sur l'oxydabilité des corps organiques à la température ordinaire. *Annales de Physiol.* **3** (329). **Przyłęcki St. J.** 1925. La dégradation de l'acide urique chez les Vertébrés. Sur un nouveau ferment l'Allantoïnase. *Arch. int. de Physiol.* **24**. (237). **Warburg O.** 1828. *Katalytische Wirkungen der lebendigen Substanz.* Berlin. **Wiechowski i Wiener.** 1907. Über Eigenschaften und Darstellung des harnsäurezerstörenden Fermentes der Rinderniere u. Hundeleber. *Hofmeister's Beitr. z. chem. Physiol. u. Pathol.* **9**. (247). **Zylbertal.** Praca w druku.

[„Prace Instytutu im. Nenckiego“. № 68^o]

J. Dembowski.

Ruchy pionowe *Paramecium caudatum*. I. Względne położenie środka ciężkości w ciele wymoczka.

Vertikalbewegungen von Paramecium caudatum. I. Die relative Lage des Gleichgewichtszentrums im Körper des Infusors.

Rękopis nadesłany w dniu 22. VI. 1928 r.

Von den vier klassischen Theorien des Geotropismus können die Drucktheorie JENSEN'S und die Widerstandstheorie DAVENPORT'S als endgültig widerlegt gelten. Die Entscheidung über die mechanische Theorie konnte nicht gefällt werden, da es bis jetzt nicht gelungen ist, die relative Lage des Gleichgewichtszentrums von *Paramecium* eindeutig zu bestimmen. In der vorliegenden Arbeit wird zunächst über Versuche mit Plastilinmodellen berichtet. Die Modelle, nach photographischen Aufnahmen lebender Tiere angefertigt (ca 13 mm Länge) fallen in einem mit Wasser gefüllten Trichter, in 40%, mit dem Vorderende nach unten (Tab. I, S. 27 und Fig. 1); dieselben Modelle im Glycerin kehren aber ausnahmslos ihre Hinterenden nach unten, was das Überwiegen des Hinterendes beweist. Sämtlichen Zentrifugierungsexperimenten in Kapillarröhrchen liegt die Fehlerquelle zugrunde, dass das Zentrifugieren ein zu geschwindes war. Die mit grosser Geschwindigkeit geschleuderten Tiere stossen mit einem Ende auf die schiefe Wand des Röhrchens, wobei dieses Ende in seiner Bewegung gehemmt wird, wogegen das entgegengesetzte Ende sich weiter bewegt. Auch grössere Modelle (ca 7 cm Länge) zeigen dasselbe Verhalten (in dicken Gelatinelösungen).

Phosphatkrystalle liegen gewöhnlich gleichmässig im Protoplasma zerstreut (Fig. 2), doch werden sie durch das Zentrifugieren meist nach hinten abgeschleudert (Tab. II, S. 29 und Fig. 3).

*) Z Zakładu Morfologii Doświadczalnej Instytutu im. Nenckiego.

Werden *Paramecien* mit $BaCrO_4$ gefüttert und dann geschleudert, so sammeln sich die ziemlich gleichmässig verteilten Ba-Vakuolen (Fig. 4) vorwiegend am hinteren Ende des Körpers an (Tab. III, S. 30 und Fig. 5). Solche Infusorien zeigen eine sehr starke negativ-geotropische Reaktion, wobei allerdings einige Individuen unten bleiben. Werden in einem Vertikalrohr zwei Portionen von Infusorien fixiert: eine von oben und eine von unten, so weist die überwiegende Mehrzahl der ersteren Portion die Ba-Vakuolen im hinteren die der zweiten dagegen im vorderen Teile des Körpers auf (Tab. IV, S. 33).

Werden die mit $BaCrO_4$ gefütterten Tiere anfangs langsam, dann immer schneller geschleudert, so treten die Vakuolen fast in allen Tieren am hinteren Ende des Körpers auf, wogegen von denjenigen Infusorien, welche vom Anfang an rasch zentrifugiert waren, besitzt ein gewisser Prozentsatz die Vakuolen im vorderen Teile des Körpers angesammelt (Tab. V, S. 31).

Kühlung der *Paramecien* (-1^0) verursacht eine Verdickung des vorderen Endes (Fig. 6), wobei die Vakuolen nach vorne geschleudert werden (Tab. VI, S. 34) und die Infusorien selbst eine positive geotropische Reaktion aufweisen. Analog wirkt die Lösung von NaOH (Tab. VII, S. 34 und Fig. 7).

Die Fettvakuolen werden nach vorne abgeschleudert (Fig. 8), wobei der negative Geotropismus verstärkt wird.

Im Propylalkohol (BILLS '22) erfolgt eine Längskontraktion und eine Lähmung des Cilienschlages. Bei den meisten dieser Tiere werden die Vakuolen nach der Körperseite abgeschleudert (Fig. 9 und Tab. VIII, S. 36), was der symmetrisch gewordenen Form des Infusors zugeschrieben wird.

Alle vorstehenden Tatsachen beweisen das Überwiegen des Hinterendes.

Die Erscheinung der Centrotaxis könnte in der von KOEHLER angegebenen Form nicht beobachtet werden. Wird das Rohr nach dem Schleudern verkehrt senkrecht gestellt, so bleiben die Tiere oben. Im horizontalen Rohre zerstreuen sie sich allmählich, ohne eine gerichtete Bewegung zu zeigen. Hat sich einmal im vertikalen stehenden Rohr die negativ geotropische Bewegung eingestellt und wird das Rohr dann horizontal gelegt, so verfolgen die Tiere ihre Bahn bis zum zentralen Rohrende weiter, zugleich aber schwimmen sie stets in der Nähe der oberen Rohrwand. Ihre

Bahn weist eine Reihe regelmässiger Kurven auf (Fig. 10), welche zeigen, dass die Tiere eine geotropische Reaktion ausführen, jedoch in ihren Bestrebungen durch die obere Rohrwand immer aufgehalten werden.

Die Statocystentheorie in der von KOEHLER vorgeschlagenen Fassung ist wenig wahrscheinlich. Es ist zwischen der Richtung, in welcher die Statoliten einen Druck auf das Plasma ausüben, und der Schwimmrichtung der Infusorien scharf zu unterscheiden. Bei einer zufälligen Lage der Tiere im Schleuderröhrchen ist auch die Druckrichtung der Statolite eine zufällige, und somit könnten die Tiere eine gleichsinnige Reaktion nicht ausführen. Dieselbe Schwierigkeiten haften den KOEHLER'schen Versuchen mit Elektromagneten an.

Die mechanische Theorie wird angenommen, jedoch nur insoweit, als das Überwiegen des hinteren Körperteiles, welches bei einem normalen Tiere sehr unbedeutend ist, nur ein Mittel der Unterscheidung zwischen Oben und Unten bildet. Dasselbe stellt aber keinesfalls die alleinige Ursache der Richtungsänderungen dar. Neben der physikalischen, müssen biologische Faktoren berücksichtigt werden, was in einer späteren Arbeit diskutiert werden soll.

Zagadnienie geotropizmu pierwotniaków posiada już swoją okazałą literaturę. SCHWARZ ('84), ADERHOLD ('88) i MASSART ('91) sądzili, iż u glonów jednokomórkowych grawitacja jest bezpośrednią przyczyną ujemnych skupień geotropicznych, powodując ruch w kierunku przeciwnym do swego działania. VERWORN ('89) był zdania, iż środek ciężkości pierwotniaka jest przesunięty ku tyłowi, dzięki czemu zachodzi bierna orientacja zwierzęcia w przestrzeni. W przeciwieństwie do poprzednich autorów, grawitacja według VERWORNA nie jest bodźcem, lecz przyczyną natury fizycznej. Teoria VERWORNA otrzymała nazwę mechanicznej. JENSEN ('93a) zaprzeczył teorii VERWORNA. Zabijał *Euglena* alkoholowym roztworem jodu i obserwował, iż komórka opada przednim końcem ku dołowi, a więc cięższy jest koniec przedni i geotropizm jest reakcją aktywną. Według JENSENA *Paramecium* odczuwa różnice ciśnienia hydrostatycznego w poszczególnych punktach

ciała. Ciśnienie większe pobudza rzęski do silniejszego ruchu, co powoduje zwracanie się ku górze wymoczka, płynącego poziomo. Wirowanie przyspiesza geotropizm, ponieważ wzrasta przytem ciśnienie wody w obwodowym końcu wirowanej rurki, co wzmaga działalność rząsek. DAVENPORT ('97), JENNINGS ('04) i LYON ('05a) poddali krytyce teorię JENSENA. JENNINGS obliczył, iż przy poziomem położeniu wymoczka, różnica ciśnienia na górnej i dolnej jego powierzchni nie przekracza 1/1.000.000. LYON otrzymał wielkość 1/1.040.000, podnosząc nieprawdopodobieństwo odczuwania przez wymoczka różnic tak minimalnych. Pod ciśnieniem 2 atmosfer (JENSEN), a nawet 3 atmosfer (LYON), zachodzi normalna reakcja geotropiczna, co tem bardziej przemawia przeciwko teorii ciśnienia. DAVENPORT ('97) był autorem teorii oporu. Płynąc w górę, *Paramaecium* musi pokonać większy opór, niż płynąc w dół, gdyż przewycięża ciężar własnego ciała. Dlatego zachodzi orientacja ujemnie-geotropiczna, że wymoczek płynie zawsze w kierunku największego oporu. Miss PLATT ('99) podała metodę sprawdzenia słuszności teorii oporu: w środowisku gęstszym od ciała *Paramaecium* kierunek geotropizmu powinien się odwrócić. Powstało zagadnienie oznaczenia ciężaru właściwego *Paramaecium*. JENSEN ('93b) zabijał *Paramaecium* roztworem K_2CO_3 , poczem zawieszał je w roztworach o znanej gęstości. Otrzymał dla ciężaru właściwego wartość 1.25. Miss PLATT zabijała wymoczki kwasem octowym, lub parą kwasu osmowego, zawieszając je w roztworach gumy arabskiej. Otrzymana przez nią wielkość wynosi 1.017. Autorka nie zdołała jednak sprawdzić słuszności teorii oporu, gdyż nie rozporządzała wymoczkami o zdecydowanej reakcji geotropicznej. SOSNOWSKI ('99) pierwszy wskazał na zmienność reakcji geotropicznej. *Paramaecia*, zebrane u góry rurki, opadają na dół przy wszelkich podrażnieniach mechanicznych. Wynik ten został potwierdzony przez Miss MOORE ('03), która podała jednocześnie wpływ różnych warunków na geotropizm *Paramaecium*. Przy 26—28° geotropizm jest ujemny, przy 2° — dodatni. W roztworach gumy arabskiej, gęstszych od *Paramaecium*, wymoczki jednak zbierają się u góry, co zaprzecza teorii DAVENPORTA. W roztworach soli (n/32 NaCl) wymoczki skupiają się na dole, również tropizm dodatni wykazują osobniki głodzone. Gravitacja nie działa bezpośrednio, lecz poprzez organizację wymoczka, w charakterze bodźca. LYON ('05b) wirował *Paramaecia* w rurkach, zwężających się ku peryferji w rurkę kapilarną, w której wymoczki nie mogły się obrócić. Wszystkie wtłoczone do kapilarki przez siłę odśrodkową osobniki miały koniec przedni skierowany na zewnątrz. Przedni koniec wymoczka jest cięższy od tylnego, wobec czego zgodnie z JENSENEM, geotropizm jest reakcją aktywną i teoria mechaniczna upada. LYON zarzucił swoim poprzednikom nieściśłość metody oznaczania ciężaru właściwego wymoczka: JENSEN i Miss PLATT wirowali wymoczki zabite, o zmienionych kształtach ciała i bardzo zwiększonej przepuszczalności powierzchni. Poddawał więc *Paramaecia* żywe szybkiemu wirowaniu (10—12.000 obrotów na minutę) w roztworach gumy arabskiej o znanej gęstości, otrzymując dla ciężaru właściwego wymoczka wartość 1.048—1.049. LYON jest autorem teorii statocystów, poddanej jeszcze zresztą przez LOEBA ('97). Cała komórka pierwotniaka jest statocystą.

Wewnątrz komórki istnieją ciała o różnym ciężarze właściwym i przy jednostronnem działaniu grawitacji lub siły odśrodkowej ciała te będą się przesuwały, wywierając na protoplazmę ciśnienie, lub też pociągając ją za sobą. Powstałe stąd bodźce powodują nierównomierny ruch rzęsek i zwrot w sensie geotropizmu. Mc. CLENDON ('09) wykonał wiele doświadczeń nad wirowaniem *Paramecium* w roztworach gumy arabskiej, wykazując, iż pod wpływem silnego lub długotrwałego (niekiedy do 2—3 dni) wirowania różne zawarte w protoplazmie ciała (pokarm, kryształy, jądra) zostają odrzucone na zewnątrz, potwierdzając tem poniekąd teorię LYONA.

Wszyscy wspomniani autorowie zaprzeczyli tak czy inaczej mechanicznej teorii VERWORNA. HARPER ('11) karmił *Paramecia* proszkiem żelaza w ciągu 1—5 minut. Pierwsze utworzone wodniczki pokarmowe z żelazem obciążęły tylny koniec wymocзка, co spowodowało znaczne przyspieszenie geotropizmu ujemnego. Odwrotnie, karmienie zawieszoną parafiną, lżejszej od protoplazmy, pociągnęło za sobą skupienie się wymoczków na dole. Sztuczne obciążenie tylnego końca wzmaga wyraźnie normalną reakcję, skąd wniosek, iż *Paramecia* normalne również posiadają tylny koniec ciała cięższy od przedniego. Wyniki LYONA tłumaczy HARPER reotropizmem: odrzucany przez siłę odśrodkową wymoczek porusza się względem wody, jak w przypadku reotropizmu woda porusza się względem niego. W obu razach istnieje ten sam ruch względny, a więc skierowywanie przedniego końca na zewnątrz przy wirowaniu zależy od aktywnego ustawiania się wymocзка „pod prąd“, nie zaś od przewagi końca przedniego. Następnie HARPER ('12a i b) zastosował do *Paramecium* metodę KREIDLA ('93) i PRENTISSA ('01) (umieszczenie opłerek żelaznych w dołkach słuchowych skorupiaków, połączone z działaniem pola magnetycznego). Naogół karmione żelazem *Paramecia* w pobliżu bieguna elektromagnesu płynęły w górę, wynik jednak nie był zbyt jasny.

Uczeń LYONA, KANDA SAKYO ('14) wirował *Paramecia* w kapilarach, otwartych na peryferji, w których podczas wirowania wymoczek poruszały się razem z wodą i można było wyłączyć reotropizm. Mimo to wymoczek skierowywały swój przedni koniec na zewnątrz. *Paramecia*, karmione żelazem, o wiele szybciej zbierają się u góry rurki, przyczem reakcja nie ulega zmianie nawet po 3 godzinach, gdy wodniczki żelazowe rozproszyły się równomiernie w cieple wymocзка. Wynik HARPERA nie zależy więc od obciążenia tylnego końca i teorię mechaniczną należy odrzucić. KANDA SAKYO oznaczył ciężar gatunkowy *Paramecium* na 1.039—1.040, posługując się ulepszoną metodą LYONA. W roztworach gumy arabskiej o ciężarze właściwym 1.034 do 1.044 *Paramecia* zawsze idą w górę, wobec czego teoria DAVENPORTA musi być odrzucona. Geotropizm zależy od przyczyn wewnętrznych. W późniejszej pracy KANDA SAKYO ('18) oznaczył ostatecznie ciężar właściwy *Paramecium* na 1.0382 do 1.0393. Najnowszego oznaczenia tej wielkości dokonała Miss FETTER ('26), wirując żywe *Paramecia* w roztworach cukru. Otrzymała tę samą wartość 1.038. Wreszcie podnosi KANDA SAKYO, iż odwrócenie kierunku geotropizmu przez działanie temperatury i soli (SOSNOWSKI, MOORE) jest nader nieprawdopodobne, we wszystkich przypadkach wstrząs stanowi wystarcza-

jące tłumaczenie. LYON ('18) uzupełnił swe eksperymenty, wirując *Paramecia* ochłodzone do 0°, co prawie wyłączyło własne ruchy wymoczków. Jednak i w tych warunkach wymoczki zostały odrzucone przednim końcem na zewnątrz. SCHAEFER ('22) oznaczył szybkość ruchu *Paramecium* na różnych poziomach tego samego naczynia. Stwierdził, iż szybkość ruchu jest dla danych warunków wielkością stałą, niezależną od ciśnienia hydrostatycznego. Stanowi to ostateczny argument przeciwko teorii JENSENA. Autor skłania się ku teorii oporu, jak się zdaje nie zna jednak prac KANDA SAKYO.

Praca KOEHLERA ('22) jest bezsprzecznie najgruntowniejsza w całej tej dziedzinie. Powtarzając próby wirowania *Paramecium* w kapilarkach, odkrył KOEHLER dwa ważne źródła błędów: wymoczki mogą wychodzić z kapilarnej części rurki, odwracać się i wchodzić z powrotem, następnie zaś mogą aktywnie przedostawać się do kapilarki jeszcze przed rozpoczęciem wirowania. Osłabia to bardzo wartość wyników LYONA i jego następców. Po wyłączeniu tych źródeł błędów, otrzymał KOEHLER wynik dość niejasny, gdyż z 72 osobników, których położenie w kapilarce udało mu się ustalić, 30 miało przedni koniec zwrócony na zewnątrz, 42 zaś na wewnątrz, co odpowiada 42, względnie — 58%. Wnioskuje stąd, iż położenie środka ciężkości nie jest specyficzne: niektóre osobniki mają cięższą przednią połowę, niektóre zaś tylną. KOEHLER wskazał następnie na ważny fakt, iż pojedyncze wymoczki w rurkach pionowych nie wykazują żadnego geotropizmu. Reakcja wymaga koniecznie obecności dość znacznej liczby wymoczków w rurce. Ważną rolę odgrywa przytem CO₂. W wodzie, nasyconej CO₂, wszystkie bez wyjątku wymoczki, zawarte w rurce, zwartą masą unoszą się w górę i szybko tworzą ostro odgraniczone skupienie geotropiczne, pomimo iż absolutna szybkość ruchu jest przytem zmniejszona. W tych samych warunkach wymoczki pojedyncze również skierowują się w górę. Wirując *Paramecia* w wąskich rurkach odkrył KOEHLER zjawisko „centrotaksji”: po zaprzestaniu wirowania ruch wymoczków jest silnie wzmószony, a jednocześnie, niezależnie od położenia rurki w przestrzeni, *Paramecia* zgodnie skierowują się ku końcowi rurki, który podczas wirowania był zwrócony ku osi wirówki. Pojedyncze osobniki nie wykazują centrotaksji, natomiast reakcja ta występuje po nasyceniu wody CO₂. Dwutlenek węgla jest rodzajem bodźca dodatkowego, lub sensybilizatora. Reakcja centrotaktyczna trwa bardzo krótko, zaraz po niej zachodzi normalny geotropizm. *Paramecia*, nakarmione zredukowanym żelazem, poddawał KOEHLER działaniu silnego elektromagnesu, zmuszając wymoczki do ruchu wzdłuż linii sił pola magnetycznego. Przy położeniu magnesu powyżej i poniżej rurki pionowej, lub poziomem w przypadku rurki poziomej, zawsze wymoczki szybko skupiały się na końcu rurki, odwróconym od magnesu. Czyniły to także wówczas, gdy wodniczki żelazowe były równomiernie rozproszone w cieple, nie obciążając specjalnie którejkolwiek połowy. Wynik ten zaprzecza teorii mechanicznej. Autor przyjmuje teorię statocystów. Nie sądzi jednak, aby istniały jakieś specjalne statolity. Raczej wszelkie zawarte w komórce ciała, o ile są cięższe od protoplazmy, mogą pełnić rolę statolitów.

Wreszcie BOZLER ('26) wykazuje w krótkiej pracy, iż wzmoczony kierunkowy geotropizm może być wywołany nie tylko przez działanie CO_2 , ale i przez podjęty mechaniczne, faradyczne i chemiczne. Jeżeli podczas ruchu wymoczków ku górze rurkę nagle odwrócić o 180° , to ruch w poprzednim względem rurki kierunku trwa przez czas jakiś, i dopiero po przebyciu 5—6 cm wymoczkowi ponownie zawracają ku górze. Zgodnie z wynikami Miss MOORE ('03), niska temperatura powoduje geotropizm dodatni, wysoka — ujemny.

Posiadamy zatem cztery klasyczne teorie geotropizmu: teorię mechaniczną, teorię oporu, teorię ciśnienia i teorię statocystów. Dzięki pracom KANDA SAKYO i SCHAEFERA teorie ciśnienia i oporu można uważać za obalone ostatecznie. Wszyscy autorowie, prócz HARPERA, wypowiedzieli się przeciwko teorii mechanicznej, przyjmując w zasadzie teorię statocystów. Ta ostatnia jest w chwili obecnej poglądem panującym.

Ze względów czysto teoretycznych, o których będę mówił w związku ze zjawiskiem centrotaksji, uważam jednak teorię statocystów za nieudowodnioną i nader nieprawdopodobną. Teoria mechaniczna również nie dała się w niewątpliwy sposób potwierdzić, gdyż nie znaleziono metody oznaczenia położenia środka ciężkości *Paramecium*. Teoria ta istotnie mogłaby się przyczynić do wyjaśnienia istoty geotropizmu, brak jej wszakże podstaw faktycznych. W pracy niniejszej usiłuję dostarczyć tych właśnie podstaw a zarazem stwierdzić, gdzie w zachowaniu się wymocзка kończą się czynniki fizyczne, a gdzie zaczynają się biologiczne.

Metodyka.

Paramecium caudatum hodowałem w 2-litrowych słojach, do których wrzucałem wygotowane w ciągu 3 minut woreczki muślinowe z sałatą, zmieniane raz na tydzień.

W wielu doświadczeniach karmiłem wymoczkę ciężką zawiesiną chromianu baru. Jest ona jednak dość słabo pobierana przez *Paramecia*, wobec czego musiałem zastosować metodę karmienia, podaną w jednej z moich poprzednich prac (DEMBOWSKI '21). Do suchego BaCrO_4 dodawałem około 10% żółtka jaja kurzego, wysuszonego w 100° , poczem rozcierałem wszystko w moździerzu, początkowo na sucho, później z dodatkiem małej ilości wody. Kilka kropli otrzymanej zawiesiny dodawałem do zgęszczonej kultury wymoczków, które już po 1 godzinie tworzą 20—30 dużych wodniczków barowych.

Z wielu wypróbowanych metod utrwalania tylko metoda GELEI ('26) istotnie dobrze zachowuje kształt zewnętrzny wymocзка. Metoda po-

lega na zastosowaniu mieszaniny 10 części 1% kwasu osmowego i 1 części 40% formaldehydu. Po paruminutowym pobycie w cieczy utrwalającej, przenosiłem wymoczki na wirówce do alkoholi 7, 15, 30, 50, 70 i 90%, poczem obserwowałem je w glicerynie.

Dalsze szczegóły metodyki, jako zbyt różnorodne, podam przy opisie doświadczeń.

Zachowanie się modeli.

Z prób wirowania *Paramecium* w rurkach zwązających się wnioskował KOEHLER ('22), iż wśród jego wymoczków 42% miało cięższą przednią połowę, 58% zaś cięższą tylną połowę ciała, czyli że przeważanie tylnego końca ku dołowi (VERWORN) nie może wytłumaczyć geotropizmu. Mimo to już sam kształt zewnętrzny *Paramecium*, którego tylna połowa jest bardzo wyraźnie grubsza od przedniej, posiadającej ponadto głębokie wcięcie peristomalne, nasuwa przypuszczenie, iż przy zawieszonych działających rzęsek, gdy wymoczek zachowuje się jako ciało fizyczne tylko, połowa tylna powinna przeważać. Nie mamy żadnych powodów przypuszczać, aby ciężar właściwy obu połów był różny. Pelmicula i ektoplazma są wszędzie jednostajnej grubości, endoplazma zaś, jak to podnosi KOEHLER, jest substancją półpłynną, ulegającą ciągłej rotacji. Ciężkie wodniczki pokarmowe oczywiście mogłyby przesunąć środek ciężkości w każdym kierunku, ale jest to czynnik najzupełniej przypadkowy. Wobec rotacji endoplazmy, wszystkie odchylenia środka ciężkości, spowodowane przez przesunięcia wodniczków, są jednakowo prawdopodobne, a więc w masie nie powinny wcale wpłynąć na wynik wirowania.

Zakładając, iż gęstość wymoczek jest równomierna, podjąłem próbę rozstrzygnięcia sprawy na modelach. Z plastyliny sporządziłem kilkadziesiąt modeli *Paramecium*, starając się możliwie wiernie naśladować jego kształt, zresztą z pominięciem wgłębienia peristomalnego. Modele moje miały 13 mm długości i 4 mm grubości w miejscu najszerszym. Modele takie wrzucałem do dużego lejka z wodą. Rurka lejka miała 6 mm średnicy wewnętrznej, wysokość słupa cieczy w samym lejku wynosiła 5 cm. Warunki doświadczenia były bardzo podobne do tych, w jakich znajdują się wymoczki przy wirowaniu w rurkach zwązających się. Wynik trzech prób podaje tabela I. Jest to prawie dokładnie ten sam wynik, jaki otrzymał KOEHLER. Należało wnioskować, iż część moich modeli miała cięższy koniec przedni, część zaś tylny.

Jednak, plastylina jest o wiele cięższa od wody i modele opadają w niej szybko. W tych warunkach ewentualna przewaga tylnego końca nie zdąży jeszcze wpłynąć wyraźnie na położenie podłużnej osi modelu względem płaszczyzny poziomej, gdy model już wpada do rurki, gdzie może zająć tylko położenie pionowe. Wynik powinien być mniej więcej przypadkowy, jak to widzimy w rzeczywistości. Ale wynik zmienia się zasadniczo, gdy modele opadają w gęstej glicerynie, gdzie szybkość opadania nie przekracza 1 cm/sek. Jakkolwiek modele nie posiadały wgłębienia peristomalnego, co zmniejszyło jeszcze przewagę tylnego końca, wszystkie bez wyjątku wpadły do rurki lejka tylnym końcem naprzód. Tylna połowa modeli na pewno przeważała, a jednak w wodzie aż 40% ich opadło przednim końcem ku dołowi.

Tabela I.

Opadanie modeli plastylinowych w wodzie.
Herabsinken der Plastilinmodellen im Wasser.

№	Opadło przodem <i>Vorderende nach unten</i>	Opadło tyłem <i>Hinterende nach unten</i>
1	56	84
2	34	46
3	30	50
	120 40%	180 60%

Próba powyższa wskazuje na jeszcze dalsze źródło błędów w doświadczeniach nad wirowaniem wymoczków w rurkach zwężających się. Wszyscy autorzy stosowali wirowanie szybkie, co najmniej 2000 obrotów na minutę. Wymocзки zostają przytem tak szybko odrzucone ku peryferji, iż przewaga tylnego końca nie zdąży się jeszcze uzewnętrznić, gdy już wymoczek wpada do rurki kapilarnej, utrwalającej jego przypadkowe położenie. Wynik KOEHLERA jest najwyraźniej przypadkowy, ale nie dowodzi bynajmniej, aby przypadkowe było położenie środka ciężkości w ciele *Paramaecium*.

I jeszcze jedno ważne źródło błędów istniało w doświadczeniach KOEHLERA. Wskazuje na nie uważniejsza obserwacja opadania modeli plastylinowych w wodzie. Gdy model opada w położeniu poziomem, z reguły niezupełnie symetrycznie względem podłużnej osi lejka, w pewnej chwili uderza jednym końcem w jego pochyłą ściankę. Uderzenie wstrzymuje lub zwalnia na chwilę opadanie tego końca, gdy wolny koniec przeciwnie opada w dalszym ciągu. Wystarczy to najzupełniej, aby model zwrócił się wolnym końcem ku dołowi. Nie dlatego, aby koniec wolny był cięższy, lecz dlatego, iż koniec przeciwnie został po-

wstrzymany w swoim ruchu. W tych warunkach nawet wyraźna i stała przewaga tylnego końca do pewnego tylko stopnia może wpłynąć na wynik opadania. Dlatego właśnie otrzymał KOEHLER tylko 58% wymoczków, zwróconych tylnym końcem na zewnątrz, co prawie nie różni się od zwykłej przypadkowości.

Do tych względów należy jeszcze dołączyć ogromną trudność dokładnego oznaczenia położenia wymoczków, stłoczonych w kapilarce. Wykonałem wiele prób wirowania *Paramecium* w kapilarkach, ich wyniki były jednak tak kapryśne i niepewne, że musiałem metodę zarzucić. Warunki zjawiska są zbyt skomplikowane i z trudnością ulegają kontroli.

Próby na modelach powtórzyłem, stosując metodę ściślejszą. Nie polegając nawet na najlepszych metodach utrwalania, które zawsze w pewnej mierze zmieniają proporcje wymoczek (por. rys. 1, a rys. 2 — 5 tablicy), fotografowałem pierwotniaki żywe, skupione tigmotropicznie koło włożonych do preparatu włókienek waty. Kliszę powiększałem za pomocą kamery rysunkowej, otrzymując prawidłowe kontury wymoczków, w powiększeniu około 350 razy. Na rys. 1 tablicy (p. str. 47) podaję kilka takich konturów. Według konturów modelowałem starannie wymoczek z plastyliny, naśladując także wgłębienie peristomalne. Ogółem wykonałem 20 takich modeli. W położeniu poziomem wkładałem je do gęstego roztworu żelatyny, gdzie szybkość opadania nie przekraczała 2 — 3 mm/sek. Wszystkie modele bez wyjątku skierowały swój koniec tylny ku dołowi.

Nie ulega wątpliwości, iż o ile gęstość wymoczek jest równomierna we wszystkich częściach jego ciała, koniec tylny przeważa. Kształt ciała *Paramecium* najwyraźniej przemawia za teorią mechaniczną.

Próby wirowania.

1^o. Krysztaly Szewiakowa. Wymoczeki, karmione sałatą, zawierają stosunkowo znaczną liczbę kryształów fosforanu wapnia, rozsianych w endoplazmie. Kryształy są wyraźnie cięższe od otaczającej plazmy: jak wiemy z prac Mc Clendona ('09), KOEHLERA ('22) i innych, wirowanie odrzuca je na zewnątrz. U około 1000 osobników oznaczyłem położenie kryształów w całości komórki. Są one mniej więcej równomiernie rozproszone, ale u niektórych osobników można zauważyć lekką przewagę

kryształów bliżej jednego z końców ciała. Wobec małej masy kryształów w stosunku do masy całego wymocзка, jest nader wątpliwe, aby tak drobne różnice mogły wyraźnie wpłynąć na położenie środka ciężkości. Mimo to podzieliłem wymoczki na trzy kategorie: takie, które mają kryształy fosforanu bliżej przedniego, lub nieco bliżej tylnego końca, lub wreszcie rozproszone równomiernie. Jak małe są te różnice, wskazuje rys. 2 (p. tablica). Następnie porcję tych samych wymoczków poddałem silnemu wirowaniu w zwykłej próbowce wirówkowej, w ciągu 1 minuty, poczem natychmiast je utrwaliłem. Doświadczenie wykonano dwukrotnie, na różnych wymoczkach. Wynik ilustruje tabela II oraz rys. 3. Jeśli przed wirowaniem najwyżej 39% osobników wykazywało lekką przewagę liczby kryształów w tylnej połowie ciała, to po wirowaniu aż u 88% wymoczków kryształy skupiły się w tylnym końcu, wskazując, iż tylnym końcem na zewnątrz zwrócił się wymoczek podczas wirowania. Tylko 6.4% wszystkich osobników zwróciło na zewnątrz koniec przedni. Zgodnie z wynikiem poprzednich prób z modelami, tylny koniec *Paramaecium* przeważa.

Tabela II.

Wpływ wirowania na położenie kryształów fosforanu. We wszystkich tabelkach P oznacza, iż kryształy lub wodniczki są skupione w przednim końcu, T — w tylnym końcu i R — wodniczki rozproszone.

Einfluss des Zentrifugierens auf die Lage der Phosphatkrystalle. In sämtlichen Tabellen bedeutet P, dass die Krystalle bzw. Vakuolen nach dem Vorderende, T— nach dem Hinterende abgeschleudert worden sind, R—dass sie zerstreut liegen.

№	Przed wirowaniem <i>Vor dem Zentrifugieren</i>			Po wirowaniu <i>Nach dem Zentrifugieren</i>		
	P	T	R	P	T	R
1	60	141	106	25	163	18
2	28	243	414	13	361	15
	88 8.9%	384 38.7%	520 52.4%	38 6.4%	524 88.1%	33 5.5%

2^o. Karmienie $BaCrO_4$. Podanym powyżej sposobem karmiłem *Paramaecia* zawieszoną chromianu baru w ciągu 1 godziny. Wymoczki utworzyły od kilkunastu do kilkadziesiąciu dużych wodniczków barowych, rozsianych mniej więcej równomiernie w całej komórce, jak to ilustruje rys. 4. $BaCrO_4$ jest o wiele cięższy od fosforanu wapnia, ponadto wymoczek zawiera

go setki razy więcej. Jakkolwiek rola kryształów fosforanu w sprawie obciążenia komórki niknie zupełnie wobec obecności wodniczkw barowych. Wykonano trzy próby, uwzględniając w nich dużą liczbę wymoczków. Po 1-minutowem wirowaniu, rozkład wodniczków barowych przedstawił się jak w tabeli III.

Tabela III.

Położenie wodniczków barowych po wirowaniu.
Die Lage der BaCrO₄ - Vakuolen nach dem Zentrifugieren.

№	P	T	R
1	65	765	64
2	24	1.398	46
3	16	585	34
	105 3.5%	2.748 91.7%	144 4.8%

Tym razem aż 91.7% wszystkich osobników wirowanych zwróciło na zewnątrz koniec tylny. Typowy wygląd wymocзка wirowanego podaje rys. 5. Przewaga tylnego końca jest bardzo wyraźna, jakkolwiek położenie wodniczków barowych jest zupełnie przypadkowe.

3°. Geotropizm wymoczków wirowanych.

Paramaecia, w ten sam sposób karmione BaCrO₄ i wirowane, umieszczałem w pionowej rurce szklanej, o średnicy wewnętrznej 5 mm i długości 20 cm, otwartej u góry. We wszystkich przypadkach wymocзки wykazały bardzo silnie wzmożony ruch ku górze. Już po kilkunastu sekundach powstało wyraźne skupienie górne, przyczem wymocзки w całej rurce płyną dokładnie pionowo. Obraz jest bardzo wyraźnie różny od zwykłej reakcji geotropicznej, gdy *Paramaecia* pływają we wszystkich kierunkach, wciąż uderzając o ścianki, płynąc poziomo lub zwracając ku dołowi. Jak wykażę w pracy następnej, w przypadku normalnego geotropizmu wymocзки pływają jednakowo w górę i w dół, górne zaś skupienie powstaje tylko dzięki temu, iż u góry wymocзки zatrzymują się przez kilka sekund, gdy od dna rurki odbijają się odrazu. Natomiast wymocзки wirowane wykazują jednolity, równoległy ruch ku górze, bez uderzenia o ścianki rurki. Takie jest w każdym razie zachowanie się ogromnej większości. Jednak zawsze pewna część wymoczków pozostaje rozproszona, lub skierowuje się ku dołowi.

Wykonałem 8 porównawczych prób kontrolnych (tabela IV). Po wirowaniu umieszczałem *Paramaecia* w rurce pionowej, której dolny koniec był wyciągnięty w kapilarę i zalutowany. Po 1 minucie, gdy znaczna większość osobników skupiła się na górze, utrwaląłem porcję wymoczków ze skupienia górnego, poczem na-

tychmiast ułamywałem kapilarę dolną i utrzymywałem porcję (zawsze znacznie mniej liczną) z dolnej części rurki. Wynik podaje tabela IV. Różny % osobników o wodniczkach rozproszonych w poszczególnych doświadczeniach tłumaczy się prawdopodobnie niejednakową szybkością wirowania: do prób tych używałem wyłącznie wirówki ręcznej. Pozatem wynik jest bardzo jednolity. W górnej części rurki 79.2% osobników miało wodniczki barowe skupione w tylnym końcu i tylko 1.2% w przednim. W części dolnej stosunek ten się odwraca, gdyż tylko 8.9% wymoczków miało obciążony tylny koniec, zaś 58.4% — przedni.

Tabela IV.

Położenie wodniczków barowych w wymoczkach wirowanych, pochodzących z górnej i dolnej części rurki, w której utworzyły skupienie ujemnie geotropiczne.

Die Lage der BaCrO₃-Vakuolen in zentrifugierten Infusorien, die von dem oberen bzw. unteren Teile des Röhrchens, im welchen sie eine negativ-geotropische Ansammlung gebildet hatten stammen.

№	Górna część rurki Oberer Rohrteil			Dolna część rurki Unterer Rohrteil		
	P	T	R	P	T	R
1	1	268	12	13	4	69
2	4	264	25	20	22	8
3	0	378	5	38	17	3
4	1	237	1	44	7	2
5	3	35	93	48	8	65
6	7	144	103	—	—	—
7	4	171	20	209	4	86
8	4	160	51	76	6	18
	24 1.2%	1657 79.2%	410 19.6%	418 58.4%	68 8.9%	251 32.7%

Sprawa jest zupełnie jasna. W czasie wirowania zwrócenie tylnego końca na zewnątrz zależy od jego przewagi i stanowi regułę powszechną. Wodniczki rozproszone oznaczają prawdopodobnie, iż wirowanie nie było dość szybkie, względnie — że pod wpływem jakichś bliżej nieznanych czynników zaszło chwilowe zgęszczenie protoplazmy, co wybitnie zmniejszyło wirowalność wodniczków. Wogóle lepkość protoplazmy *Paramecium* jest bardzo wysoka (Miss FETTER '26), zaś według VAN HERWERDEN ('26) różne bodźce, jak słabe kwasy, ogrzanie, bodźce mechaniczne i t. d. powodują odwracalną żelatynizację protoplazmy. Nie jest wykluczone, iż przy wirowaniu, połączonem zawsze ze stłaczaniem pierwotniaków,

zjawiska podobne grają rolę. Wreszcie wymoczki, których przedni koniec został odrzucony na zewnątrz, a których liczba odpowiada przy karmieniu BaCrO_4 3.5% (tab. III) znalazły się w tem położeniu czysto przypadkowo. Na małej przestrzeni (koniec próbówki wirówki miał około 8 mm średnicy wewnętrznej) wirowanie słaćza dziesiątki tysięcy wymoczków. Muszą więc zachodzić przypadki, gdy wymoczek, wtłoczony między inne, nie zdąży się odwrócić. Gdy te trzy kategorie wymoczków wstępują do rurki pionowej, do góry skierowują się przede wszystkim te, których tylny koniec jest obciążony. U wymoczków normalnych tylny koniec przeważa i to stanowi jedną z przyczyn ruchu geotropicznego. Sztuczne zwiększenie tej przewagi powinno odpowiednio wzmacniać ruch ku górze. Natomiast sztuczne i znaczne obciążenie przedniego końca powinno odwrócić kierunek geotropizmu. Istotnie, w górnej części rurki stosunek osobników o obciążonej przedniej połowie, do liczby osobników o obciążonej tylnej wynosi 0.04, zaś w dolnej części rurki ten sam stosunek wynosi 6.6, czyli jest około 471 razy większy.

W ten prosty sposób tłumaczy się obserwowany jeszcze przez JENSENA ('93a) fakt, że wirowanie wzmacnia geotropizm. Każde *Paramaecium* zawiera w endoplazmie jakieś ziarenka, cięższe od otaczającej plazmy. Pod wpływem wirowania ziarenka te zostają odrzucone ku tyłowi ciała, przesuwając w tym kierunku środek ciężkości.

4°. Wpływ szybkości wirowania. Próby na modelach pozwoliły wnioskować, iż szybkość opadania może zdecydować o zwróceniu przedniego lub tylnego końca ku dołowi. Wymoczki karmione zawiesiną BaCrO_4 dobrze nadają się do przeprowadzenia kontroli w tym względzie. Wykonałem dwie równoległe serie prób, do których użyłem tych samych wymoczków, w jednakowy sposób karmionych ciężką zawiesiną. W jednej serii wymoczki były wirowane początkowo wolno, później stopniowo coraz prędzej, aż do możliwego maksimum. W drugiej serii usiłowałem uruchomić wirówkę od razu całą siłą. Wymoczki pierwszej kategorii są oznaczone w tabeli V jako „wirowane wolno“, serii drugiej, jako „wirowane prędko“. We wszystkich bez wyjątku próbach % osobników, których koniec przedni był zwrócony na zewnątrz, był większy w przypadku wirowania prędkiego. Ogółem było takich wymoczków 1.2% przy wirowaniu

wolnem i 6.3% przy szybkim, co stanowi różnicę przeszło pięciokrotną. Wobec znacznej liczby uwzględnionych osobników, oraz wobec jednolitości całego wyniku, jest rzeczą pewną, iż w niejakiem stopniu zbyt szybkie wirowanie może stanowić źródło błędów doświadczalnych.

Tabela V.

Wpływ szybkości wirowania na położenie wodniczków barowych.
Der Einfluss der Zentrifugierungsgeschwindigkeit auf die Lage der BaCrO₄-Vakuolen.

№	Wirowanie wolne <i>Langsames Zentrifugieren</i>			Wirowanie szybkie <i>Schnelles Zentrifugieren</i>		
	P	T	R	P	T	R
1	9	101	13	16	62	5
2	4	469	12	61	296	52
3	3	590	10	11	522	17
4	—	—	—	10	286	19
5	2	206	6	14	379	28
	18 1.2%	1366 95.9%	41 2.9%	112 6.3%	1545 86.9%	121 6.8%

5°. Chłodzenie. LYON ('18) ochładzał *Paramecia* do 0° w celu możliwego wyłączenia ruchów rzęsek, poczem wirował je w kapilarkach. Wszystkie skierowały przód ciała na zewnątrz. W moich doświadczeniach chłodzenie do 0° nie zawieszało całkowicie ruchu postępowego. Dopiero przy — 1° *Paramecia* nie ruszają się z miejsca, wykonywują jednak powolną rotację dookoła osi podłużnej, opadając jednocześnie na dół. Olbrzymia większość opada w położeniu pionowym, skierowując grubszą połowę ciała ku dołowi. Utrwalając wymoczki metodą GELEI mogłem stwierdzić, iż chłodzenie pociąga za sobą silną kontrakcję ciała, całkowicie zmieniając jego normalne proporcje. Przednia połowa wymoczka chłodzonego jest grubsza od tylnej (rys. 6). Skurcz ciała powoduje przesunięcie się masy plazmatycznej, a wraz z nią i środka ciężkości ku przodowi.

Można było tego udowodnić metodą wirowania. *Paramecia* karmiłem BaCrO₄ w ciągu 1 godziny, chłodziłem do — 1° w mieszaninie stężonego roztworu NH₄Cl i lodu (— 12°), i silnie wirowałem na wirówce elektrycznej (2000 obrotów na minutę) w ciągu 3 minut. Natychmiast po wirowaniu wymoczki zostawały utrwala-

lane. Kształt ich niewiele różnił się od normy, gdyż w ciągu 3 minut próbówka z wymoczkami znacznie się ogrzała. Ważny jest jednak kształt ciała jedynie na samym początku wirowania, gdy wymoczki ustawiają się pod wpływem siły odśrodkowej. Z chwilą odrzucenia ku peryferji, wymoczki absolutnie nie są w stanie przewyciężyć siły odśrodkowej, która w doświadczeniach tych 578 razy przewyższała normalną grawitację. Wynik wirowania podaje tabela VI. Uderza w niej znaczny % osobników o wodniczках rozproszonych. Zależy to od silnego zgęszczenia plazmy pod wpływem chłodzenia. U tych jednak, gdzie wirowanie przesunęło wodniczki, 50% miało obciążony koniec przedni i tylko 7.2% tylny. Stosunek obu jest wręcz odwrotny do stosunku u wymoczków niechłodzonych.

Tabela VI.

Wirowanie wymoczków, karmionych $BaCrO_4$ i chłodzonych.

Zentrifugierung der mit $BaCrO_4$ gefütterten und gekühlten Infusorien.

№	P	T	R
1	231	18	328
2	241	50	177
	472 50%	68 7.2%	405 42.8%

Tabela VII.

Wirowanie wymoczków barowych w roztworze NaOH.

Zentrifugierung der $BaCrO_4$ -Paramaecien in NaOH.

№	P	T	R
1	230	70	28
2	368	48	25
	598 77.8%	118 15.3%	53 6.9%

Znaczna większość takich wymoczków wykazała w rurce pionowej wyraźny geotropizm dodatni, skupienie górne wogóle się nie utworzyło. Faktu nie można tłumaczyć tylko osłabieniem rzęsek przez chłodzenie lub wirowanie, gdyż wynik prób kontrolnych był zupełnie inny. Wymoczki chłodzone-niewirowane i wirowane-niechłodzone wykazały zwykłą wzmożoną reakcję ujemną, jakkolwiek chłodzono je i wirowano dokładnie w ten sam sposób.

Wobec tych faktów, powyższy wynik LYONA traci swoją moc dowodową. Być może w analogiczny sposób można interpretować obserwację Miss MOORE ('03) i BOZLERA ('26), iż w niskiej temperaturze kierunek geotropizmu *Paramaecium* zostaje odwrócony. Przewaga przedniej połowy ciała może tu odgrywać pewną rolę, chociaż prawdopodobnie głównie idzie o zwolnienie ruchu rzęsek.

6°. Wirowanie w roztworach NaOH. Oddawna jest znane dla *Paramecium*, iż pod wpływem roztworów zasadowych tylny koniec ciała ulega poprzecznemu skurczowi i tworzy się charakterystyczny ogonek („Zipfel“ autorów niemieckich). Masa plazmatyczna zostaje przytem przesunięta ku przodowi. Nakarmione BaCrO_4 wymoczki umieszczałem na przeciąg 1 — 3 minut w 0.005 — 0.01% roztworze NaOH, poczem je wirowałem i utrwaliałem. Wynik, podany w tabeli VII, najzupełniej odpowiadał spodziewanemu, gdyż 77.8% osobników miało wodniczki skupione na przodzie i tylko 15.3% w tyle (p. rys. 7).

7°. Karmienie tłuszczem. Zwykle masło jadalne wstrząsałem z ciepłą wodą w próbówce, aż do zupełnego ostygnięcia. Otrzymałem bardzo subtelną emulsję, obficie pobieraną przez *Paramecia*. W ciągu 1 godziny wymoczki tworzą 20—30 wodniczków masłowych. Metoda GELEI (kwas osmowy) zabarwia tłuszcz, bardzo dobrze uwydatniając wodniczki. Wymoczki poddano szybkiemu wirowaniu na wirówce elektrycznej w ciągu 3 minut. Przed wirowaniem kryształ fosforanu wapnia i wodniczki masłowe były u znacznej większości wymoczków rozproszone równomiernie w całej komórce. Po wirowaniu około 85% miało wodniczki masłowe skupione na przodzie, zaś kryształy w tyle, jak na rys. 8. Wymoczki podobne wykazywały wyraźny geotropizm ujemny, gdyż do obciążenia tylnego końca dołączyły się działające w tym samym kierunku zmniejszenie wagi końca przedniego. Maksimum tego działania otrzymałem, stosując mieszankę masła i BaCrO_4 .

9°. Wirowanie w alkoholu propylowym. BILLS ('22) podaje, iż alkohol propylowy, normalny i izo-, w stężeniu 1 — 3.5% jest doskonałym anestetykiem dla *Paramecium*. Unieruchamia całkowicie rzęski, ale pozostawia bez zmiany procesy wewnętrzne, jak wydzielanie, trawienie, cyklozę i t. p. W moich doświadczeniach stosowałem 2% roztwór (wagowo) alkoholu propylowego normalnego (Kahlbaum). Już po upływie kilku minut wymoczki nieruchomieją prawie zupełnie, najwyżej pozostaje słaba rotacja w miejscu, potem zaś wolno opadają ku dołowi w jakimkolwiek dowolnym położeniu. Jednocześnie ciało wymoczka zostaje silnie zniekształcone: zachodzi kontrakcja podłużna, wymoczek grubieje, oba jego końce zaokrąglają się. Z jego kształtu nie można teraz wnosić, który koniec powinien przewa-

żyć. Nakarmione $BaCrO_4$ wymoczki umieściłem w 2% alkoholu propylowym na 3—5 minut, odwirowałem i utrwaliłem. Wynik obliczenia był dość niespodziewany. Do poprzednich trzech kategorii wymoczków należało dołączyć czwartą: takie, których wodniczki barowe zostały odrzucone ku jednemu z boków ciała (rys. 9). Liczba podobnych osobników, oznaczonych w tabeli VIII literą B, znacznie przewyższa liczbę wszystkich innych. Interpretacja tego zjawiska wydaje mi się dość prosta. W żadnej z poprzednich prób nie zauważyłem wymoczków o wodniczkach odrzuconych ku bokowi ciała, chyba kilka osobników, nie wpływających zupełnie na wynik obliczenia. We wszystkich bowiem poprzednich doświadczeniach istniała wyraźna przewaga jednego

Tabela VIII.

Wirowanie wymoczków barowych w alkoholu propylowym. B oznacza, iż wodniczki leżą wzdłuż boku ciała.
Zentrifugierung der $BaCrO_4$ -Tiere im Propylalkohol.
B bedeutet, dass die Vakuolen längs der Körperseite liegen (vgl. Fig. 9).

№	P	T	R	B
1	19	45	46	403
2	22	64	5	317
3	11	150	2	202
	52	259	53	922
	4.1%	20.1%	4.1%	71.7%

końca nad drugim. W przypadku alkoholu propylowego ciało wymoczka staje się mniej więcej symetryczne i krótkie, i niema specjalnego powodu, aby wymoczek zwrócił się na zewnątrz raczej jednym końcem, niż drugim. Może jednak powstać przypuszczenie, iż w alkoholu propylowym narkotyzowane *Paramaecium* zachowuje się jak ciało fizyczne tylko. Natomiast w poprzednich próbach rzęski pozostawały czynne i *Paramaecium* mogło ustawić się aktywnie względem działającej nań siły odśrodkowej. Nie sądzę, aby tak było istotnie. Wymoczki przechłodzone conajmniej w równym stopniu posiadały rzęski nieczynne, a mimo to ustawiały się pionowo. Nie wydaje się również możliwe, aby wymoczek zdołał oprzeć się sile, 578 razy przewyższającej normalne ciężenie. Najwyżej w pierwszej chwili wirowania, w ciągu 1—2 sekund, gdy wirownica nie nabrała jeszcze roz-

pędu, mogło istnieć podobne ustawianie się. Potem wszakże własna siła rzęsek staje się znikoma wobec działającej siły odśrodkowej. Aktywnego ustawienia się w tem czy innem położeniu wymoczek nie zdołałby zachować, gdyby położenie jego nie było zgodne ze stanem równowagi stałej.

Centrotaksja.

Opisane zjawiska centrotaksji interpretuje KOEHLER w myśl teorii statocystów. Różne zawarte w komórce ciała („Einschlusskörper“) pod wpływem siły odśrodkowej ulegają przesunięciu, wywierając na protoplazmę ciśnienie lub pociągając ją za sobą. Po ustaniu wirowania *Paramaecium* ma dążność poruszania się w kierunku wprost przeciwnym temu, w jakim jego ziarenka („statolity“) zostały przesunięte. Jeśli rurkę z wymoczkami po zaprzestaniu wirowania położymy poziomo, to wymoczki ze wzmoczoną szybkością skierują się wszystkie ku końcowi byłemu dośrodkowemu, a więc będą płynęły poziomo. Gdy rurka stoi pionowo, końcem dośrodkowym ku dołowi, wymoczki skierują się na dół. Położenie wymoczków w rurce podczas wirowania jest przypadkowe i statolity mogą zostać pociągnięte ku któremukolwiek końcowi, lub też ku bokowi ciała. Podrażniona kierunkowo plazma reaguje w kierunku odwrotnym, a więc niezależnie od położenia rurki w przestrzeni wymoczki muszą skierować się w stronę, przeciwną działaniu siły odśrodkowej.

Pogląd powyższy, jakkolwiek ogólnikowo zadawałający, nie da się jednak przeprowadzić w szczegółach. Wyobraźmy sobie wymoczką, którego siła odśrodkowa odrzuciła końcem tylnym na zewnątrz. Jego statolity zostały pociągnięte ku tyłowi i po zaprzestaniu wirowania plazma będzie reagowała w przeciwnym kierunku, a więc wymoczek popłynie ku końcowi dośrodkowemu rurki. Inaczej jednak przedstawi się sprawa, gdy wymoczek został odrzucony przednim końcem na zewnątrz. Statolity uciskają w kierunku ku przodowi i jeśli plazma ma reagować odwrotnie, to wymoczek powinien skierować się ku dośrodkowemu końcowi rurki, ale płynąc tyłem. Obydwa wymoczki jednakowo wykonywują reakcję centrotaktyczną, czy statolity uciskały na przedni, czy też na tylny koniec ciała. Oba płyną w tem samym położeniu i w tym samym kierunku. A jednak kierunek działania siły

odśrodkowej na statolity obu był wręcz przeciwny. Jeszcze większą trudność nastroczają przypadki, gdy statolity zostały pociągnięte ku bokowi ciała. W myśl teorii statocystów wymoczeki takie musiałyby płynąć bokiem ku wylotowi rurki. Jednak pomimo całej przypadkowości położenia wymoczków na wirówce, wszystkie osobniki równolegle i jednakowo wykonywują reakcję centrotaktyczną. KOEHLER zupełnie nie bierze pod uwagę względności całego zjawiska. Siła odśrodkowa przesuwająca statolity w tym czy innym kierunku względem ciała wymoczek. Wymoczek zaś płynie w określonym kierunku względem ścianek rurki. Wszystko jedno, jak przesunęły się statolity w komórce, *Paramaecium* zawsze płynie przednim końcem naprzód, a więc przy reakcji centrotaktycznej niezależnie od swego położenia na wirówce musi odwrócić się i ustawić się równolegle do podłużnej osi rurki. Nie widzę możliwości wytłumaczenia tych zjawisk na zasadzie teorii statocystów.

Z drugiej strony otrzymane przeze mnie wyniki również nie tłumaczą zjawiska centrotaksji. Przewaga tylnego końca wyjaśnia bardzo dobrze powstawanie skupień ujemno-geotropicznych, ale nie może stanowić przyczyny dośrodkowego ruchu poziomego, tem bardziej zaś ruchu ku dołowi.

Powtarzając doświadczenia KOEHLERA, doszedłem do wniosku, iż zjawisko przebiega nieco inaczej, niż opisuje ten autor. Wymoczeki karmiłem $BaCrO_4$, dostarczając im ciężkich i łatwo przesuwających się statolitów. Następnie wirowałem je silnie w otwartej rurce o wymiarach 2.5 mm średnicy wewnętrznej i 110 mm długości. Mniej więcej takich samych rurek używał KOEHLER.

a) Po wirowaniu rurka ustawiona pionowo, wylotem, zwróconym podczas wirowania ku osi wirówki, ku górze. Wirowanie skupiło wszystkie osobniki na dnie rurki. W ciągu 5—20 sekund *Paramaecia* pływają w różnych kierunkach, trzymając się blisko dna. Stopniowo jednak coraz więcej osobników ustawia się pionowo, przednim końcem ku górze i skierowuje się wprost do wylotu. Po 20—30 sekundach wszystkie lub prawie wszystkie osobniki płyną dokładnie równolegle w górę, ze znacznie w stosunku do normalnej zwiększoną szybkością ruchu. Po upływie jednej minuty lub nieco więcej wszystkie wymoczeki znajdują się u powierzchni wody. Później wiele z nich skierowuje się w dół, jednak wkrótce zwraca. Przez dłuższy czas dolne 2/3 rurki pozostaje prawie wolne od wymoczków.

b) Po wirowaniu rurka ustawiona pionowo, ale wylotem na dół. Przez dłuższy czas wymoczeki pływają blisko dna rurki, a więc u góry.

Reakcji centrotaktycznej nie widziałem zupełnie, pomimo iż powtarzałem doświadczenie wiele razy z rzędu.

c) Po wirowaniu rurka położona poziomo. Wymoczki stopniowo skierowują się w stronę wylotu, jednak reakcja nie ma wcale charakteru jednolitego. Ruchy są dość nieprawidłowe, ogromna większość trzyma się górnej ścianki rurki, i wogóle całe zachowanie się niczem nie przypomina wyraźnej kierunkowej reakcji próby a). Zwyczajnie zachodzi stopniowe rozproszenie się wymoczków, skupionych w jednym punkcie rurki.

d) Po wirowaniu rurka ustawiona pionowo, wylotem do góry, jak w a). Gdy ustalił się ruch kierunkowy ku górze (20—30 sekund), rurkę położono poziomo. *Paramaecia* płyną dalej ku wylotowi, a więc poziomo, koło wylotu tworzą dość krótkotrwałe skupienie. Później następuje rozproszenie po całej rurce. Jeśli w chwili utworzenia się skupienia w pobliżu wylotu rurkę znowu ustawić pionowo, ale wylotem na dół, to raz jeszcze zachodzi jednolita reakcja geotropiczna i powstaje dość trwałe skupienie u góry, w pobliżu dna.

e) Po wirowaniu rurka stoi pionowo, wylotem ku górze. Po ustaleniu się reakcji geotropicznej rurka zostaje szybko odwrócona o 180°, wylotem na dół. Przez krótką chwilę *Paramaecia* płyną ku dołowi, w poprzednim względem rurki kierunku, ale już po 5 sekundach kierunkowość zanika: coraz więcej osobników zwraca ku górze i po dalszych kilku sekundach reakcja zostaje odwrócona. Fakt jest zgodny z obserwacją BOZLERA.

Opisane zachowanie się wymoczków zawiera niektóre interesujące szczegóły. W próbie d) raz nadany kierunek ruchu względem rurki zostaje zachowany po odwróceniu rurki o 90°. Jednak, natychmiast *Paramaecia* zwracają się ukośnie w górę i płyną w pobliżu ścianki górnej. Wymoczek uderza o ściankę, odbija się od niej i płynie chwilę ukośnie w dół. Dosięga jednak najwyżej połowy szerokości rurki, gdy występuje wyraźny wpływ przewagi tylnego końca, powodując ponowne skierowanie się przodu ciała ku górze i zderzenie ze ścianką rurki. Droga wymoczka jest szeregiem prawidłowych krzywych, jak na rys. 10. Fakt ten dowodzi jasno, iż w istocie *Paramaecium* wykonywa reakcję geotropiczną, nie centrotaktyczną. Gdyby w punkcie zderzenia wymoczka ze ścianką ta ostatnia posiadała otwór, prowadzący w górę, oczywiście *Paramaecium* skierowałoby się w górę. Ścianka powoduje odbicie, poczem natychmiast wchodzi w grę mechanizm geotropiczny i przedni koniec wymoczka ponownie zwraca się ku ściance górnej. Zwracam uwagę, iż ten ruch *Paramaecium* jest czemś zupełnie różnym od ruchów normalnych. Jak opisałem poprzednio (DEMBOWSKI '25) *Paramaecium* normalne

w czystej wodzie i po podrażnieniach mechanicznych, a więc w warunkach powyższych eksperymentów, pływa wyłącznie wzdłuż linii prostych. Jego droga w rurce powinna stanowić szereg zygzaków od jednej ścianki do drugiej, ale nigdy nie będzie szeregiem krzywych, zaledwie dosięgających połowy grubości rurki.

Zachowanie przez *Paramecium* raz obranego kierunku ruchu przy odwracaniu rurki o 90° jest zupełnie zrozumiałe. Nie ma bowiem żadnych powodów, aby w rurce poziomej, napelnionej czystą wodą, wymoczek miał zawrócić. W próbie d) zaszła reakcja geotropiczna i wymoczkom został nadany ogólny kierunek ruchu. Gdy rurkę odwrócono o 90° , własny kierunek ruchu *Paramecium* zmienił się natychmiast, gdyż wymoczki, które płynęły dotąd równolegle do podłużnej osi rurki, skierowały się ukośnie w górę. Ich dalszy ruch ku wylotowi stanowi tylko wypadkową ustawicznych usiłowań zwierzęcia skierować się w górę i oporu ścianki. Kierunek wypadkowej jest nadany przez ściankę, gdyż pozostawiony samemu sobie wymoczek popłynąłby wprost ku górze. Widzimy to zresztą z próby e). Gdy po ustaleniu się ruchu geotropicznego rurkę odwrócić o 180° , już po niewielu sekundach *Paramecia* odwracają kierunek swego ruchu względem rurki, powracają zaś do kierunku ruchu względem ciężenia. Że odwrócenie następuje nie natychmiast, jest rzeczą zupełnie naturalną. Wymoczek, który zajął położenie pionowe, obciążonym tylnym końcem ku górze, znajduje się w położeniu równowagi niestabilnej. Zwłaszcza wobec jego ruchu trzeba pewnego czasu na odwrócenie ciała i ustalenie równowagi, Właśnie istnienie takiego okresu wskazuje, iż przy odwróceniach rurki główną rolę w stosunku do efektu odgrywa nie zmieniony bodziec, gdyż na ten *Paramecia* reagowałyby natychmiastowo, lecz przyczyny natury fizycznej. Interpretacja KOEHLERA do zjawisk centrotaktycznych z pewnością nie da się zastosować.

Uwagi ogólne.

Powracając do czterech klasycznych teorii geotropizmu, mamy właściwie do zdecydowania pomiędzy dwiema: teorią statocystów i teorią mechaniczną. Teoria statocystów została oczywiście stworzona przez analogję z ustrojami wyższymi, ale na jej poparcie nie mamy żadnych przekonywujących dowodów. Należy

zgodzić się z KOEHLEREM, iż niema powodu zakładać istnienia w komórce *Paramaecium* stałych statolitów o niezmiennem położeniu. Przypuszczenie to przeczy faktom mikroskopowym. Znamy nader szczegółowo budowę wewnętrzną *Paramaecium* i nie w niej nie wskazuje na istnienie podobnych urządzeń. Z dowodów pośrednich, zjawiska centrotaksji zostały omówione powyżej i nie sądzę, aby przyniosły one coś nowego. Pozostają jeszcze analogiczne dane KOEHLERA o ruchach wymoczków, karmionych żelazem, w polu magnetycznem. Wymoczki zbierały się zawsze na końcu rurki, przeciwległym do magnezu, niezależnie od położenia rurki w przestrzeni i niezależnie od tego, czy wodniczki żelazowe obciążały tylko koniec tylny, czy też były rozproszone równomiernie. Interpretacja tego zjawiska napotyka jednak dokładnie te same trudności, co uzgodnienie ruchów centrotaktycznych z teorią statocystów. W tym również przypadku należy odróżnić ruch statolitów względem ciała wymocзка od ruchu wymocзка względem ścianek rurki. W doświadczeniach KOEHLERA pierwotniaki nigdy nie pływały tyłem lub bokiem, lecz wszystkie zgodnie skierowywały się wprost od magnezu. Interpretacja wówczas tylko byłaby słuszna, gdyby w chwili zamknięcia obwodu elektromagnezu wszystkie pierwotniaki znajdowały się w jednakowem położeniu: końcem tylnym zwrócone ku magnesowi. W rzeczywistości ich położenie było czysto przypadkowe i pozostaje niezrozumiałe, dlaczego pomimo zupełnie różnego kierunku ucisku statolitów na protoplazmę, wszystkie osobniki wykonywują jednakową reakcję. Nie mam w tym względzie własnego doświadczenia, wydaje mi się wszakże, iż fakty podobne raczej zaprzeczają teorii statocystów, niż ją potwierdzają.

W przypadku normalnego geotropizmu trudności, ściśle mówiąc, pozostają te same. Grawitacja działa na wszystkie osobniki, znajdujące się w najrozmaitszych przypadkowych położeniach względem pionu, i powoduje ucisk statolitów na protoplazmę we wszystkich możliwych kierunkach. Mimo to wymoczki wykonywują jednakową reakcję. Gdy idzie o statocysty ustroju wyższego, przy zmianie położenia ciała w przestrzeni statolit podrażnia co raz to inne zakończenie czuciowe, powodując powstanie bodźców tak czy inaczej zróżnicowanych. Musielibyśmy założyć w komórce *Paramaecium* istnienie nader zawiłego splotu punktów wrażliwych, zróżnicowanego przewodnictwa i ośrodka rozdzielczego, skiero-

wującego różne podrażnienia do poszczególnych rzęsek. Nie jest wykluczone, że urządzenia podobne istnieją u pierwotniaków, skoro jednak nawet istnienie statolitów nie zostało w żaden sposób udowodnione, lokalizacja skomplikowanego aparatu odbiorczo-rozdzielczego jest stanowczo przedwczesna. Trudności te przewiduje zresztą i KOEHLER. Z trudnością da się również pomyśleć, aby rolę statolitów mogły spełniać zawarte w endoplazmie ziarenka, wodniczki i kryształki. Wobec ustawicznej rotacji półpłynnej endoplazmy i najzupełniej przypadkowego położenia tych wszystkich ciał w komórce, wniosek powyższy raczej komplikowałby sprawę, niż ją upraszczał. W wyniku, teoria statocystów pozostaje nieuzasadniona.

Na korzyść teorii mechanicznej natomiast można przytoczyć wiele argumentów. Wszystkie opisane poprzednio próby zgodnie przemawiają za przewagą tylnej połowy ciała. Karmienie ciężką zawiesiną chromianu baru, połączone z silnym wirowaniem, wyolbrzymia subtelne różnice, istniejące w wymoczkach normalnym, pozwala obserwować je poniekąd w znacznym powiększeniu. Dlatego właśnie fakty są tak jaskrawe. Jednak i bez wszelkich zabiegów eksperymentalnych można w pewnych warunkach obserwować opadanie tylnej połowy ciała *Paramecium*. Obserwując wymoczki w próbówce, w środowisku kultury, przy powiększeniu 30 — 50-krotnym, można przy zastosowaniu ciemnego tła tak dobrać oświetlenie boczne, iż ruch rzęsek będzie wyraźnie widoczny w postaci niezwykle subtelnej iryzacji. Zdarza się niekiedy, iż wymoczek na przeciąg 1 — 2 sekund zawiesza ruch swoich rzęsek. O ile w chwili tej zajmował położenie poziome, można widzieć, że jego tylny koniec zaczyna opadać. Ustaje to natychmiast, gdy rzęski wznowią swą działalność.

W doświadczeniach powyższych wymoczek okazał się materiałem nader plastycznym. Można dowolnie pogrubić jego przednią połowę, spowodować zwężenie tylnego końca, spowodować kontrakcję podłużną różnego stopnia, można wpędzić wodniczki do przedniego końca, lub do tylnego, lub też spowodować ich rozproszenie. Równoległe z temi zmianami zmienia się i znak geotropizmu. U wymoczków normalnych, zwłaszcza w środowisku kultury, gdzie ruchy są powolne, geotropizm jest bardzo słaby, bowiem przewaga tylnego końca jest wogóle minimalna. Sztuczne obciążenie tylnej połowy pociąga za sobą wzmoczoną

reakcję ujemną, obciążenie przedniego zmienia ją w dodatnią. Geotropizm podąża równolegle za zmianami położenia środka ciężkości wymoczka. Wszystkie te fakty potwierdzają teorię mechaniczną.

Sprawę należy jednak ująć ściślej. Teoria mechaniczna twierdzi, iż orientacja *Paramaecium* względem pionu jest całkowicie bierna i grawitacja nie działa jako bodziec. Pogląd ten można uznać za słuszny w stosunku do osobników, których jeden lub drugi koniec został obciążony niepomiarowo. W tych warunkach wymoczek nie ma możliwości oprzeć się przeważaniu jednego z końców ciała i sztucznie mu narzuconej kierunkowości ruchu. Ale zupełnie inaczej przedstawia się sprawa, gdy idzie o osobniki normalne. Tu przewaga tylnego końca stanowi tylko subtelny środek rozpoznawczy, daje wymoczkowi możliwość odróżnić górę od dołu. Ale *Paramaecium* może z łatwością oprzeć się tej przewadze, może obrać każdy dowolny kierunek ruchu. Jak wynika z obserwacji KOEHLERA, pojedynczy wymoczek w rurce z wodą pływa bezustanku, skierowując się to w górę, to w dół, to płynąc poziomo lub ukośnie. Przewaga tylnego końca ciała jest jego stałą właściwością, reakcja zaś jest zmienna w najwyższym stopniu. Teoria mechaniczna wskazuje tylko na jeden z wielu środków orientacji przestrzennej *Paramaecium*, ale w swej pierwotnej postaci, jako teoria wyłącznie biernego ustawiania się wymoczka pionowo, na podobieństwo areometru, jest błędna. Istnieje cały szereg środków orientacji, o wiele bardziej skutecznych. Ich opis będzie stanowił treść pracy następnej.

Streszczenie.

1°. Plastylinowe modele *Paramaecium*, wykonane na zasadzie fotografii żywych wymoczków, w cieczy lepkiej opadają tylnym końcem ku dołowi.

2°. Wirowanie wymoczków w rurkach zwężających się w celu ustalenia przewagi jednego z końców ciała jest metodą niedokładną, ze względu na zderzenia wymoczków z ukośniami ściankami rurki.

3°. Kryształ fosforanu wapnia, dość równomiernie rozrzucone w endoplazmie, po silnym wirowaniu skupiają się w tylnym końcu ciała.

4°. Wymoczki, karmione zawiesiną $BaCrO_4$ i wirowane, mają wodniczki pokarmowe odrzucone ku tylnemu końcowi. Osobniki takie wykazują wzmoczony geotropizm ujemny, jakkolwiek część zawsze pozostaje na dole. Utrwalanie próbek z górnej i dolnej części rurki wykazało, iż osobniki ujemnie geotropiczne mają wodniczki barowe w tylnym końcu, dodatnio geotropiczne w przednim lub rozproszone.

5°. Chłodzenie do -1° powoduje znaczne zgrubienie przedniego końca. Wirowanie wymoczków karmionych $BaCrO_4$ i przechłodzonych odrzuca wodniczki naprzód i pociąga za sobą geotropizm dodatni.

6°. W roztworach NaOH koniec tylny ulega zwężeniu, co wpływa na odrzucenie wodniczków barowych ku przodowi.

7°. Wirowanie wymoczków karmionych tłuszczem odrzuca wodniczki tłuszczowe naprzód i wzmacnia ujemny geotropizm.

8°. W alkoholu propylowym 2% zachodzi kontrakcja podłużna. Po wirowaniu większość osobników ma wodniczki barowe wzdłuż boku ciała.

9°. Opisane przez KOEHLERA zjawiska centrotaksji zachodzą nieco inaczej, niż podaje ten autor. We wszystkich próbach wystąpił tylko geotropizm.

10°. Teoria statocystów napotyka poważne trudności i nie może być uważana za uzasadnioną.

11°. Teoria mechaniczna zostaje potwierdzona, jednak tylko w tem znaczeniu, że przewaga tylnego końca ciała stanowi jeden z wielu środków orientacji *Paramecium* w przestrzeni.

Piśmiennictwo.

Aderhold R. 1888. Beiträge zur Kenntnis richtender Kräfte bei der Bewegung niederer Organismen. Jena. Zeitschr. 22 (310). Bills E. E. 1922. Inhibition of locomotion in *Paramecium* and observations on certain structures and internal activities. Biol. Bull. 42 (7). Bozler E. 1926. Reizphysiologische Untersuchungen an *Paramecium*. Zool. Anz. Suppl. 2 (124). Davenport C. B. 1897. Experimental Morphology. Pt. 1. N. Y. Macmillan. Dembowski J. 1921. Dalsze studja nad wyborem pokarmu u *Paramecium caudatum*. Trav. Inst. Nencki. 1 (1). Dembowski J. 1922. Obserwacje nad ruchem *Paramecium caudatum* w kroplach różnego kształtu geometrycznego. Ibid (1). Fetter D. 1926. Determination of the protoplasmic viscosity of *Paramecium* by the centrifuge method. Journ. exper. Zool. 44 (279). Gelei v. I. 1926. Zilienstruktur und Zilienbewegung. Zool. Anz. Suppl. 2 (202).

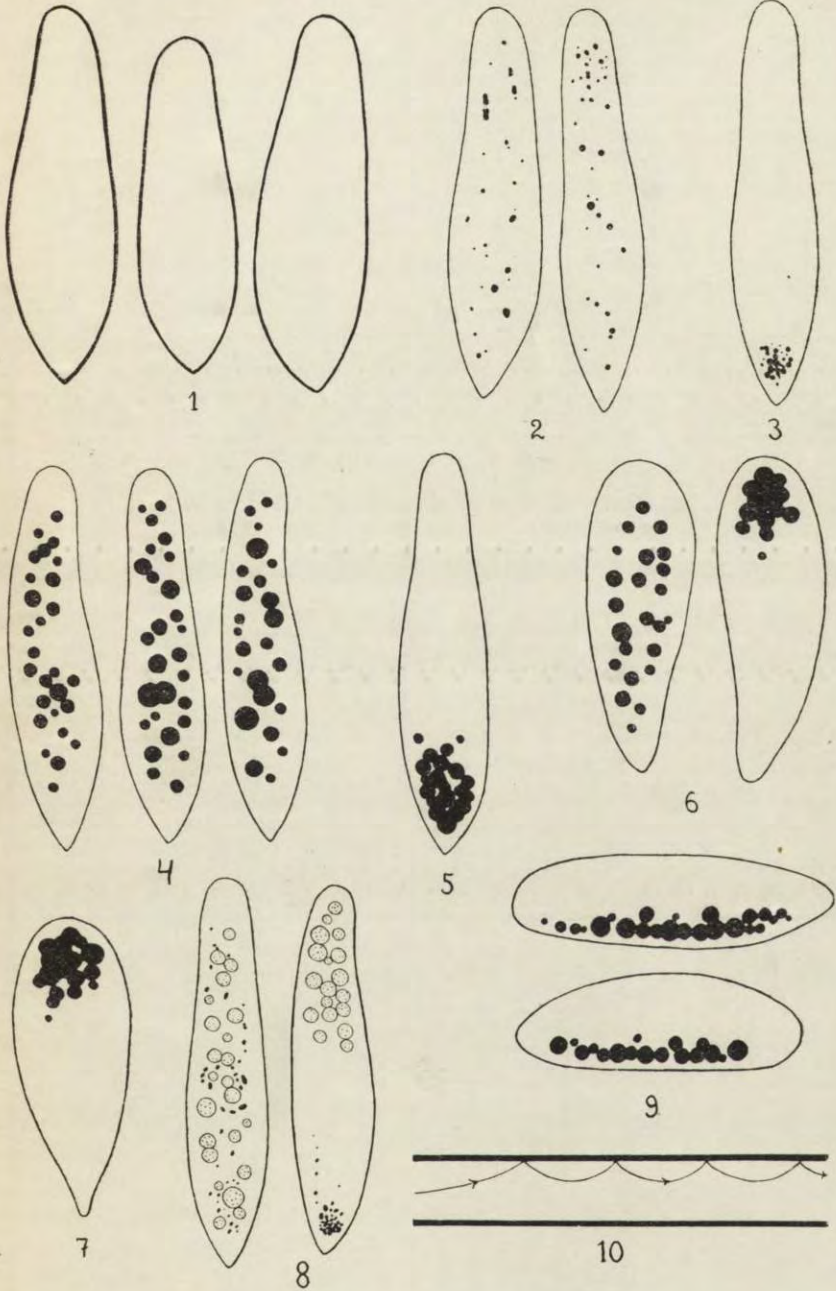
Harper E. H. 1911. The geotropism of *Paramecium*. Journ. of Morphol. **22** (993). Harper E. H. 1912. Magnetic control of the movements of *Paramecia* which have ingested iron. Science N. S. **35** (939). Harper E. H. 1912. Magnetic control of geotropism in *paramecium*. Journ. anim. Behav. **2** (181). Herwerden v. M. A. 1926. Umkehrbare Gelbildung und Fixation. Nederl. tijdschr. geneesk. **70** (245). Jennings H. S. 1904. The behavior of *Paramecium*. Journ. comp. Neurol. Psychol. **14** (441). Jennings H. S. 1914. Das Verhalten der niederen Organismen. Teubner, Leipzig. Jensen P. 1893a. Über den Geotropismus niederer Organismen. Pflüg. Arch. ges. Physiol. **53** (428). Jensen P. 1893b. Die absolute Kraft einer Flimmerzelle. Ibid. **54** (537). Kanda Sakyo. 1914. On the geotropism of *Paramecium* and *Spirostomum*. Biol. Bull. **26** (1). Kanda Sakyo. 1918. Further studies on the geotropism of *Paramecium caudatum*. Ibid. **34** (108). Koehler O. 1922. Über die Geotaxis von *Paramecium*. Arch. f. Protistenkunde **45** (1). Kreidl A. 1893. Weitere Beiträge zur Physiologie des Ohrlabyrinthes. 11 Mitt. Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien **102**, Abt. 3 (149). Loeb J. 1897. Zur Theorie der physiologischen Licht- und Schwerkraftwirkungen. Pflüg. Arch. ges. Physiol. **66** (439). Lyon E. P. 1905a. On Jensen's theory of geotropism in *Paramecium*. Proceed. Americ. Physiol. Soc. Americ. Journ. Physiol. **13** (XV). Lyon E. P. 1905b. On the theory of geotropism in *Paramecium*. Ibid. **14** (421). Lyon E. P. 1918. Note on the geotropism of *Paramecium*. Biol. Bull. **34** (120). Massart J. 1891. Recherches sur les organismes inférieurs. La sensibilité à la gravitation. Bull. Acad. Roy. Sc. Belg. **22** (158). Mc Clendon J. F. 1909. Protozoan Studies. Journ. Exper. Zool. **6** (265). Moore A. 1903. Some facts concerning the geotropic gathering of *Paramecium*. Americ. Journ. Physiol. **9** (238). Platt J. B. 1899. On the specific gravity of *Spirostomum*, *Paramecium*, and the Tadpole in relation to the problem of geotaxis. Americ. Natur. **33** (31). Prentiss C. W. 1901. The otocyst of Decapod Crustacea: its structure, development and function. Bull. Mus. Comp. Zool. **36** (161). Schaefer G. 1922. Studien über den Geotropismus von *Paramecium aurelia*. Pflüg. Arch. ges. Physiol. **195** (227). Schwarz F. 1884. Der Einfluss der Schwerkraft auf die Bewegungsrichtung von *Chlamydomonas* und *Euglena*. Sitzungsber. Deutsch. Bot. Ges. **2** (51). Sosnowski J. 1899. Untersuchungen über die Veränderungen des Geotropismus bei *Paramecium aurelia*. Bull. Intern. Acad. Sc. Cracovie (130). Verworn M. 1889. Psychophysiologische Protistenstudien. Jena (Fischer).

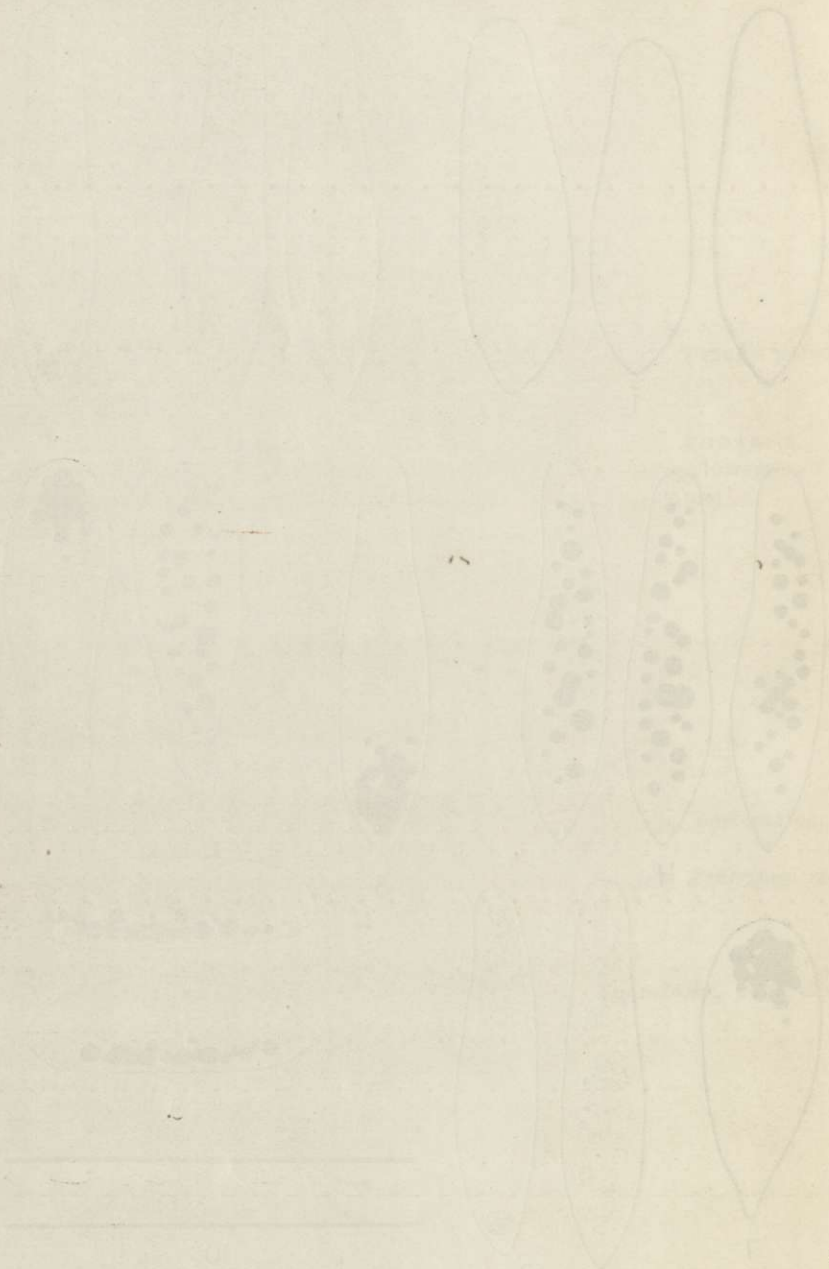
Objaśnienie rysunków.

- Rys. 1. Normalny kształt *Paramecium caudatum*.
Rys. 2. Położenie kryształów fosforanu wapnia.
Rys. 3. Kryształy fosforanu wapnia po wirowaniu.
Rys. 4. Wymoczki karmione BaCrO_4 .
Rys. 5. Wodniczki barowe, odrzucone przez wirowanie.
Rys. 6. Wymoczki przechłodzone, karmione BaCrO_4 . Przed i po wirowaniu.
Rys. 7. Wynik wirowania w roztworze NaOH.
Rys. 8. Wymoczki karmione tłuszczem. Przed i po wirowaniu.
Rys. 9. Wynik wirowania w roztworze alkoholu propylowego.
Rys. 10. Droga wymoczka wirowanego, w rurce poziomej.

Erklärung der Abbildungen.

- Fig. 1. Die normale *Paramecium*form.
Fig. 2. Die Lage der Phosphatkrystalle.
Fig. 3. Dieselben nach dem Zentrifugieren.
Fig. 4. Die Lage der Nahrungsvakuolen mit BaCrO_4 .
Fig. 5. Dieselben nach dem Zentrifugieren.
Fig. 6. Mit BaCrO_4 gefütterte, gekühlte *Paramecien*, vor und nach dem Zentrifugieren.
Fig. 7. Die Lage der BaCrO_4 — Vakuolen nach dem Zentrifugieren in NaOH.
Fig. 8. Fettvakuolen vor und nach dem Zentrifugieren.
Fig. 9. Zentrifugieren im Propylalkohol.
Fig. 10. Die Bahn eines *Paramecium* im Horizontalrohr, nach dem Zentrifugieren.





[Zakład Fizjologii i Nauki Żywienia Zwierząt Uniwersytetu Jagiellońskiego
w Krakowie].

F. Rogoziński i M. Starzewska.

Skład błon komórkowych owsa w różnych stadjach rozwoju.
Composition des parois cellulaires de l'avoine dans les diffé-
rents stades de son développement.

Rękopis nadesłany w dniu 13. VI. 1928 r.

Les résultats de nos recherches peuvent être résumés de la manière suivante:

1°. On a pu constater une fois de plus que le taux des cendres dans la substance sèche diminue constamment au cours de la végétation.

2°. La cellulose brute, les pentosanes et la lignine augmentent d'une manière très prononcée dans les premières périodes, en atteignant leur maximum entre le 85-me et le 100-me jour, soit vers l'époque du développement des panicules. On peut donc constater un parallélisme marqué dans l'augmentation de ces constituants.

3°. De cette manière le taux de la cellulose brute peut servir à apprécier le degré de la lignification proprement dite.

Przemiany, którym ulegają składniki błon komórkowych roślinnych w ciągu okresu wegetacyjnego, były przedmiotem licznych badań (FUCHS '26).

Badania te pozwoliły, między innymi, na wyprowadzenie podstawowej wagi wniosków co do pojawiania się ligniny u roślin wyższych i co do stopniowego drewnienia ich błon komórkowych w ciągu wegetacji. Zajmowali się temi zagadnieniami przeważnie botanicy, którzy posługiwali się głównie techniką mikroskopową. Zgodnie z tem, wyniki ich badań miały charakter wybitnie jakościowy; nie można było na ich podstawie wyprowadzać stanowczych wniosków co do ilościowego rozmieszczenia rozmaitych składników. Dopiero rozwój metod analizy roślinnej ilościowej umożliwił zajęcie się tą stroną zagadnienia.

Pomiędzy nowszymi badaniami poświęconymi temu przedmiotowi należy wymienić przedewszystkiem pracę BECKMANN A i jego współpracowników ('23), w której oznaczano skład roślin żyta w rozmaitych stadiach rozwoju.

W sześciu próbkach, zebranych pomiędzy 192 a 274 dniem wzrostu, oznaczano zawartość tłuszczu, popiołu a nadewszystko ligniny.

Ligninę wyosobniano z jednej strony przez traktowanie materiału ługiem, z drugiej przez działanie wysoko stężonego kwasu solnego, metodą WILLSTÄTTERA ('13). We wszystkich użytych próbkach ligniny oznaczano w sposób systematyczny zawartość grup metoksyłowych.

Główne wyniki tych badań streścić można w sposób następujący: stwierdzono stałe zmniejszanie się ilości składników popielnych, od pierwszego aż do szóstego okresu. Ten wynik potwierdza fakt ustalony już dawniej przez liczne poprzednie badania.

Zawartość ligniny wzrasta natomiast w wyraźny sposób w pierwszych okresach, a w dalszym ciągu utrzymuje się prawie bez zmiany.

Lignina oznaczona metodą WILLSTÄTTERA, obliczona w procentach substancji suchej, wynosiła w następujących po sobie okresach:

13.03; 17.24; 18.57; 18.86; 19.07; 20.49.

Preparaty ligniny, otrzymane w różnych okresach, zawierały bardzo niejednakową ilość grup metoksyłowych. I tak, za-

wartość metoksyli, wyrażona w procentach ligniny, zmieniała się w ciągu wegetacji w następujący sposób:

3.03; 11.46; 13.41; 12.84; 13.38; 13.42.

Mogłoby się więc zdawać, że lignina jest pierwotnie uboga w grupy metoksyłowe i że wzbogaca się w nie stopniowo wraz z postępowaniem wegetacji. Powrócimy w dalszym ciągu do pytania, jak można interpretować ten fakt stwierdzony.

Podjęliśmy podobne badanie nad owsem, wychodząc jednak z nieco odmiennych założeń. W istocie, wiadomo oddawna, że rozmaite składniki roślinnych błon komórkowych mają bardzo niejednakową wartość odżywczą dla zwierząt roślinożernych. Podczas gdy czysty błonnik i pentozany są zużytkowywane w wymianie w znacznym stopniu, lignina jest, jak się zdaje, nie tylko niestrawna sama przez się, ale wywiera nadto ujemny wpływ na strawność pozostałych składników: wzrastające zdrewnienie substancji roślinnej obniża w wydatny sposób jej strawność.

Analiza pasz roślinnych ogranicza się zwykle do oznaczenia tak zwanego włókna surowego, według metody podanej przez HENNEBERGA i STOHMANNĄ, czyli metody Weendeńskiej. Otrzymuje się w ten sposób mieszaninę błonnika oraz części ligniny i części pentozanów, zawartych pierwotnie w badanym materiale. Chcieliśmy się przekonać, czy zmiany w oznaczonym w powyższy sposób włóknie surowym odpowiadają zmianom innych składników ścian komórkowych w ciągu okresu wegetacyjnego, w szczególności — czy za pomocą oznaczeń włókna surowego można uzyskać dane co do postępów istotnego zdrewnienia w znaczeniu chemicznym.

Cel powyższy wskazywał zgóry, jak należy prowadzić badanie. W polu owsa, zasianem w dniu 31 marca, brano próbki roślin przeznaczonych do analizy w odstępach piętnastodniowych, poczynając od czterdziestego dnia, czyli od 10 maja. Próbki brano z powierzchni jednego metra kwadratowego, ścinając rośliny wielkimi nożycami nisko nad ziemią. Przenoszono je do pracowni, oznaczano wagę substancji świeżej, poczem suszono je na powietrzu. Po całkowitem wysuszeniu próbki drobno mielono i przechowywano je w szczelnie zamkniętych naczyniach.

W tym wysuszonym na powietrzu materiale oznaczano:

1^o, substancję suchą; wszystkie podane poniżej wyniki wyrażone są w procentach substancji suchej;

- 2^o, zawartość popiołu;
- 3^o, włókno surowe według metody klasycznej;
- 4^o, pentozany według metody TOLLENSA (KÖNIG '23);
- 5^o, grupy metoksyłowe, które oznaczano w sposób ogólnie przyjęty, w aparacie DECKERA ('03).

Nie podejmowaliśmy, jak widać, bezpośrednich oznaczeń ligniny. W istocie, wykazaliśmy niedawno ('27), że oznaczanie ligniny przez działanie silnych kwasów, które daje dobre wyniki, gdy chodzi o drewno, nie może znaleźć zastosowania do innych materiałów roślinnych, np. do siana. W tym razie otrzymana pozostałość jest w sposób oczywisty zanieczyszczona w znacznej mierze przez inne składniki: zawiera dużo azotu, a mało grup metoksyłowych. Do podobnych wniosków doszedł PALOHEIMO ('25, '27) w niedawno ogłoszonych pracach. Według tego badacza, aby uzyskać wyniki rzetelne, należy koniecznie w wyosobnionym produkcie oznaczyć azot i odjąć obliczoną na tej podstawie ilość białka od całkowitej wagi pozostałości. Można by może przypuścić, że uderzające rezultaty BECKMANNA, który znalazł w młodych roślinkach żyta 13.03% ligniny według WILLSTÄTTERA, ale zawierającej tylko 3.03% grup metoksyłowych, polegały na obecności obcych domieszek w wyosobnionej „ligninie“.

Dla tych powodów ograniczyliśmy się do oznaczania grup metoksyłowych, przyjmując mileżąco, że ich wzrost stopniowy odpowiada postępowi drewnienia.

Wszystkie oznaczenia wykonywane były podwójnie; liczby podane poniżej są to przeciętne z dwu zgodnych oznaczeń. W następującej tabeli podany jest wiek roślin, liczony od chwili zasiewu, oraz zawartość oznaczonych składników, obliczona w procentach substancji suchej. Należy dodać, że wiechy zaczęły się pojawiać w próbie 4-tej. Poczynając od próbki 6, wysuszone na powietrzu rośliny dzielono na wiechy i słomę. Każdą część ważono, mielono i analizowano oddzielnie. Obliczono następnie skład roślin całkowitych na podstawie wyników, uzyskanych dla wiech i słomy. Dla każdej z trzech ostatnich próbek podajemy w ten sposób trzy wyniki, wyrażające skład substancji suchej w wiechach, słomie i całkowitych roślinach. Ostatnią próbkę wzięto w stanie dojrzałości zupełnej, w ośm dni po normalnym sprzęcie pola.

Ostatni szereg liczb w tablicy podaje zawartość ligniny

w substancji suchej badanych próbek. Liczby te zostały obliczone w sposób nieco dowolny, na podstawie oznaczonej zawartości grup metoksyowych. Przyjęliśmy w tym celu, że lignina roślin zbożowych, zgodnie z przytoczonymi powyżej analizami BECKMANNA, zawiera przeciętnie 13.5% metoksyli. Podane w tabeli liczby dla ligniny odpowiadają więc zawartości metoksyli, pomnożonej przez 7.407.

T a b e l a.

Wiek roślin. <i>Age des plantes.</i>	Popiół <i>Cendres</i>	Włókno surowe <i>Cellulose brute</i>	Pento- zany <i>Pento- sanes</i>	Grupy metoksy- lowe <i>Groupes méthoxyle</i>	Lignina <i>Lignine</i>
40 dni; rośliny całkowite „ <i>jours; plantes entières</i>	12.40	11.60	9.61	0.67	4.96
55 dni; rośliny całkowite „ <i>jours; plantes entières</i>	8.97	21.05	14.65	1.01	7.48
70 dni; rośliny całkowite „ <i>jours; plantes entières</i>	7.00	27.42	19.37	1.28	9.48
85 dni; rośliny całkowite „ <i>jours; plantes entières</i>	5.68	35.13	23.10	2.07	15.33
100 dni; rośliny całkowite „ <i>jours; plantes entières</i>	4.66	37.67	24.33	2.53	18.74
115 dni; słoma „ <i>jours; paille</i>	{ 4.73	{ 46.28	{ 26.45	{ 3.11	{ 23.04
„ dni; wiechy „ <i>jours; panicules</i>	{ 3.60	{ 16.44	{ 19.16	{ 1.42	{ 10.52
„ dni; rośliny całkowite „ <i>jours; plantes entières</i>	4.35	36.07	24.00	2.54	18.82
130 dni; słoma „ <i>jours; paille</i>	{ 4.32	{ 48.83	{ 26.88	{ 2.99	{ 22.15
„ dni; wiechy „ <i>jours; panicules</i>	{ 2.56	{ 14.53	{ 18.70	{ 1.38	{ 10.22
„ dni; rośliny całkowite „ <i>jours; plantes entières</i>	3.67	35.99	23.82	2.39	17.71
145 dni; słoma „ <i>jours; paille</i>	{ 4.01	{ 48.39	{ 27.54	{ 3.32	{ 24.59
„ dni; wiechy „ <i>jours; panicules</i>	{ 3.02	{ 13.28	{ 18.13	{ 1.27	{ 9.41
„ dni; rośliny całkowite „ <i>jours; plantes entières</i>	3.59	33.59	23.57	2.46	18.22

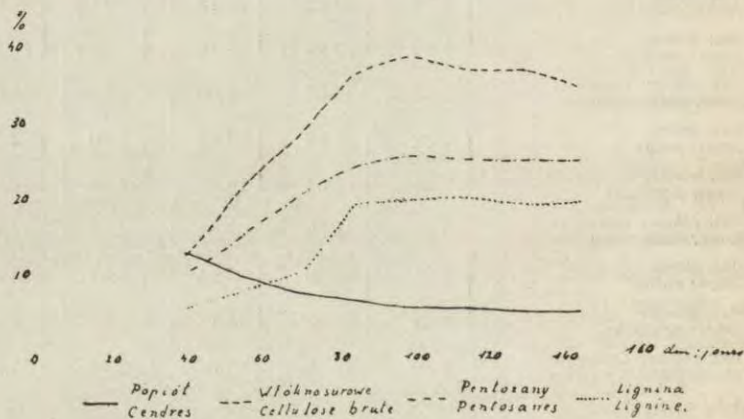
Rozpatrując zestawione w tabeli wyniki, można przede wszystkim stwierdzić, że ilość składników popielnych zmniejsza się stale, poczynając od pierwszego okresu aż do ostatniego. Ten dobrze znany fakt, który występuje również bardzo wyraźnie w analizach BECKMANNA, tłumaczy się, jak wiadomo, obfitem wytwarzaniem substancji organicznej przez roślinę w ciągu okresu wegetacyjnego.

Zawartość włókna surowego wzrasta stopniowo aż do piątego okresu i pozostaje dalej mniej więcej stała, zmniejszając się nieco w okresie ostatnim. Analizy słomy i wiech w trzech ostatnich próbkach wskazują, że włókno surowe gromadzi się szczególnie w słomie; wiechy zawierają stosunkowo mało tego składnika.

Ilość pentozańców nagromadzonych w roślinie zmienia się naogół w bardzo podobny sposób; najwyższą ich zawartość znajdujemy w okresie piątym. W przeciwieństwie do włókna surowego pentozańcy wchodzą w stosunkowo dosyć znacznej ilości w skład wiech.

Co do ostatniego wreszcie składnika, ligniny, a ściślej grup metoksyłowych, liczby podane w tabeli wskazują, że nagromadzanie ich odbywa się zrazu, w pierwszych pięciu okresach, w sposób szybki; wzrost jest tu czterokrotny. W dalszym ciągu zawartość ligniny pozostaje mniej więcej stała. Większa część jej gromadzi się w słomie; wiechy są w ligninę stosunkowo ubogie.

Te przemiany trzech głównych składników błon komórkowych występują w bardzo wyraźny sposób na następującym wykresie.



Jak widać, przebieg wszystkich trzech krzywych jest prawie dokładnie równoległy; każda z nich osiąga maksimum pomiędzy 85 a 100 dniem wegetacji.

Ta równoległość świadczy, że stara, czysto empiryczna metoda, która polega na oznaczaniu włókna surowego, może istotnie dać cenne wskazówki co do stopnia zdrewnienia materiału

roślinnego, które z kolei, jak to było wyżej zaznaczone, stoi w wielu razach w ścisłym związku z jego wartością pokarmową.

Wnioski.

Wyniki naszych badań streścić można w następujący sposób:

1^o. Stwierdzono raz jeszcze, że zawartość składników popielnych w substancji suchej zmniejsza się stale wraz z postępem wegetacji.

2^o. Zawartość włókna surowego, pentozanów i ligniny wzrasta bardzo wydatnie w pierwszych okresach i osiąga maksimum pomiędzy 85 a 100 dniem, czyli w okresie wykształcania się wiech.

Stwierdzono wyraźną równoległość w powiększaniu się ilości tych składników.

3^o. Dzięki tej zależności można wnioskować o stopniu właściwego, istotnego zdrewnienia na podstawie oznaczenia zawartości włókna surowego.

Piśmiennictwo.

Beckmann E., O. Liesche u. F. Lehmann. 1923. Qualitative und quantitative Unterschiede der Lignine einiger Holz- und Strohart. *Biochem. Zeitschr.* **139** (491). **Decker H.** 1903. Zur Praxis der Alkylbestimmungen. *Ber. d. d. chem. Ges.* **36** (2895). **Fuchs W.** 1926. Die Chemie des Lignins. **König J.** 1923. Die Untersuchung landwirtschaftlich und landw. gewerblich wichtiger Stoffe. **1** (383). **Paloheimo L.** 1925. Die Verwendung der Säurehydrolyse zur Ligninbestimmung. *Biochem. Zeitschr.* **165** (463). **Paloheimo L.** 1927. Über die Ligninbestimmung durch saure Hydrolyse. *Teknillinen Aikakauslehti* № **9** (402 — 411); według: *Cellulosechemie.* **9** (35) 1928. **Rogosiński F. et M. Starzewska.** 1927. Sur la digestion de la lignine par le ruminant. *Bulletin de l'Ac. Pol. d. Sc. et d. L. Série B* (Décembre). **Willstätter R. u. L. Zechmeister.** 1913. Zur Kenntnis der Hydrolyse von Cellulose. *Ber. d. d. chem. Ges.* **46** (2403).

[„Prace Instytutu im. Nenckiego“ № 69*]

St. Kuczkowski.

**Badania nad zjawiskami wydzielniczo-chłonnymi w jelicie cien-
kiem. I. Wydzielanie elektrolitów.**

*Untersuchungen über die Absonderungs- und Aufsaugungs-
erscheinungen im Dünndarm. I. Absonderung der Elektrolyte*

Manuskrypt nadany w dniu 25. VI. 1928 r.

Die Untersuchungen über die Resorptionserscheinungen wurden grösstenteils am Dünndarm der Säugetiere ausgeführt; bei diesen aber berücksichtigte man im ungenügenden Grade oder auch gar nicht die Tatsache, dass der Dünndarm ausser den Eigenschaften, die jede resorptive Oberfläche charakterisieren, auch die der Sekretionsfähigkeit besitzt. Man berechnete das Endresultat des Versuches aus der Differenz zwischen der eingeführten und zurückerhaltenen Menge. Einige Forscher versuchten zwar die vom Darm ausgeschiedenen Mengen zu bestimmen, ihre Methode aber kann leider kaum als zweifellos betrachtet werden.

Meine Aufgabe ging dahin, den Ausscheidungsprozess der Elektrolyte nach dem Darmlumen, welcher bei der Einführung der von verschiedenen Substanzen bereiteten Lösungen in die Darmschlinge statt hat, quantitativ zu bestimmen. Bei den Analysen der zurückerhaltenen Flüssigkeit versuchte man Einsicht in die Frage zu bekommen, ob der Ausscheidungsprozess lediglich eine Folge der Drüsentätigkeit des Dünndarms sei, oder mit der letzteren auch die Diffusion vom Blute mitwirke. Man konnte voraussehen, dass es nötig sein wird, die Art der quantitativen Bestimmung des Sekretionsproduktes zu bearbeiten, weil das von den Forschern angewandte Verfahren, wie es oben schon erwähnt wurde, mir nicht genügend überzeugend schien.

*) Z Zakładu Fizjologii Instytutu im. Nenckiego.

Ich habe meine Untersuchungen hauptsächlich an den mit Temporärfistel belasteten Hunden angestellt. Nach dem Operationsanriff an dem narkotisierten Hunde wurde die Darmschlinge isoliert, mit Wasser durchgespült und dann führte man in dieselbe eine streng bestimmte Menge Wassers oder sonst einer betreffenden Lösung (NaCl, Glukose, Säuren, Laugen) mit der Pipette hinein.

Nach einer bestimmten Zeit wurde die zurückerhaltene Flüssigkeit vollständig beseitigt und ihr Volumen gemessen. Gleich nachher spülte man die Darmschlinge durch und nach einigen Minuten führte man von neuem eine Lösung in dieselbe hinein; dabei verwendete man meistens ein und dieselbe Schlinge und benutzte sie höchstens dreimal. Nach Beendigung des Versuches wurde das Tier getötet. In der zurückerhaltenen Flüssigkeit bestimmte man die Cl-Konzentration, den Kohlensäuregehalt und die Na-, K-, Ca-, Mg-, P- Konzentrationen nach den Methoden, die an der Seite 63 angegeben sind.

Der Darmsaft wurde von den mit der Thiry-Vellaschen Dauerfistel belasteten Hunden gewonnen. Der Kontrolle halber analysierte man den Darmsaft, der auf die von CLEMENTI beschriebene Weise angesammelt worden war. Nachdem die Zusammensetzung des Darmsaftes an mineralischen Bestandteilen festgestellt worden war, stellte man die künstliche Lösung von annäherndem (mineralischen) Gehalt her. Dieselbe Lösung führte man in die Darmschlinge ein, um uns von der Intensität, mit der einzelne Bestandteile resorbiert werden, Rechenschaft geben zu können. Die Zusammensetzung dieser Lösungen ist auf der Seite 64 angegeben.

Die ausgeführten Versuche haben gezeigt, dass man bei der Einführung des Wassers oder der Lösungen des Neutralsalzes, der Glukose, einer Säure und einer Lauge in die Schlinge die Anwesenheit von Na, K, Ca, Mg, Cl und P in der zurückerhaltenen Flüssigkeit feststellen kann. Aus den Analysen dieser Flüssigkeit kann man ersehen, dass das Verhältnis zwischen den einzelnen Ionen in derselben keiner wesentlichen Änderung unterliege, gleichviel ob in den Darm Wasser, Säure oder Lauge eingeführt wurde. Es folgt daraus, dass die Proportion, in der die einzelnen mineralischen Bestandteile in dem Darmlumen erscheinen, weder von der Wasserstoffionenkonzentration noch von dem chemischen Charakter der eingeführten Lösung abhängig

sei. Dasselbe kann man auch bezüglich der absoluten Mengen der in dem Darmlumen abgesonderten Ionen feststellen (S. 65, 66, 68).

Da in der existierenden Literatur die den Gehalt an mineralischen Bestandteilen in dem Darmsafte betreffenden Angaben fehlen, wurden entsprechende Analysen ausgeführt. Aus denselben ergibt sich, dass 100 ccm. des Darmsaftes enthalten: Na — 325 mg K — 24 mg Ca — 11 mg Mg — 1.5 mg Cl — 267 mg und P — 3 mg. Der Vergleich des Verhältnisses der einzelnen Bestandteile in der zurückgehaltenen Flüssigkeit mit dem in dem Darmsafte statthabenden berechtigt uns zu dem Schlusse, dass die in dem Darmlumen auftretenden Mineralbestandteile als Produkt der Drüsentätigkeit des Dünndarms zu betrachten seien. Aus den Versuchen, in welchen die mineralische Mischung von der dem Darmsafte ähnlichen Zusammensetzung eingeführt worden war, folgt, dass Na, K, P in demselben Verhältnisse aufgesaugt werden, in welchem man sie eingeführt hatte; dagegen werden Ca und Mg langsamer resorbiert, als die obenerwähnten Ionen. Daraus folgt es ferner, dass die in die Schlinge eingeführte Menge des Ca und Mg nur etwas grösser sein kann als die entleerte und in manchen Fällen sogar kleiner. Bei Anwesenheit von Eiweiss in der zur Einführung bereiteten Mischung stellt man immer den Zuwachs der eingeführten Menge des Stickstoffs fest (S. 72, 73). Die speziell angestellten Versuche zwecks Feststellung des Verhaltens von Natriumbicarbonat im Dünndarm haben gezeigt, dass NaHCO_3 intensiv resorbiert werde (S. 75). Angesichts dieser Tatsache fühlen wir uns berechtigt, die Brauchbarkeit des von einigen Forschern bei der Berechnung der Intensität der Dünndarmsekretion benutzten Verfahrens zu bezweifeln.

I. Wstęp.

Badania nad zjawiskami fizjologicznego chłonięcia były prowadzone przeważnie na jelicie cienkim. Wiadomo jednak, że ściana jelita jest powierzchnią nie tylko chłonną, jednocześnie bowiem ze zjawiskiem resorpcji obserwujemy w tym odcinku przewodu pokarmowego wydzielanie pewnych składników częściowo mineralnych, częściowo organicznych. Okoliczność ta wysuwa potrzebę bliższego zbadania stosunku, w jakim owe dwa współczesne i w odwrotnym kierunku biegnące zjawiska występują w eksperymencie.

Jeśli ilość jakiegoś ciała, wprowadzonego do jelita, oznaczymy przez $q_{pod.}$, przez $q_{pozost.}$ — ilość pozostałą, przez $q_{wydz.}$ ilość wydzieloną, wówczas $q_{res.}$ — ilość wchłoniętą obliczymy z równania następującego

$$q_{res.} = q_{pod.} + q_{wydz.} - q_{pozost.}$$

Z powyższego wynika, że dla ustalenia ilości zresorbowanej niezbędna jest znajomość nie tylko ilości podanej i pozostałej, lecz również ilości ciał, które zostały wydzielone przez organizm do światła jelita. Zastrzeżenie to ma oczywiście znaczenie tylko w tym przypadku, jeżeli badamy resorpcję substancji, będących normalnymi składnikami cieczy wydzielanej przez jelito.

Większość badaczy w poszukiwaniach swych nad chłonięciem zadawała się ustaleniem składu roztworu podawanego do pętli oraz pozostałego. Jednym słowem z różnicy stanu początkowego i końcowego sądzono o intensywności resorpcji, czyli jeśli byśmy użyli tu wyżej zastosowanego znakowania, okazałoby się wówczas, iż ilość wchłoniętą obliczano z równania

$$q_{res.} = q_{pod.} - q_{pozost.}$$

Tak przeprowadzał obliczenia HEIDENHAIN ('94) w badaniach swych nad chłonięciem NaCl: jeszcze dalej poszli HÖBER ('98, '99, '01) oraz WALLACE i CUSHNY ('99), którzy zadawali się oznaczaniem objętości roztworu podanego i pozostałego, i na podstawie różnicy objętości sądzili o szybkości resorbowania ciała, podanego w roztworze. Próbę częściowego przynajmniej oddzielenia zjawisk chłonięcia od procesów wydzielania mamy u COHNHEIMA ('97, '98), który w doświadczeniach swoich wprowadzał do jelita roztwory glukozy.

Znacznie szerzej starali się uwzględnić ten moment GUMILEWSKI ('86), a potem RÖHMANN ('87). Badając intensywność chłoniczenia, brali jednocześnie pod uwagę ilość wydzielonego do światła jelita soku, wychodząc z założenia, iż wydzielana przez ścianę jelita w czasie resorbowania podanego roztworu zlekką alkaliczna, zawierająca pewną ilość białka ciecz jest pochodzenia gruczołowego. Czy tylko sekrecja gruczołów jelita jest przyczyną wydzielania do jego światła pewnych składników, to znaczy—czy obok sekrecji gruczołowej nie odgrywa tu pewnej roli dyfuzja z krwiobieg do światła jelita—trudno odpowiedzieć, opierając się na badaniach GUMILEWSKINGO i RÖHMANN.

W obliczeniach ilości wydzielanego soku autorowie ci brali pod uwagę zawartą w cieczy pozostającej ilość Na_2CO_3 (?), oznaczaną drogą miareczkowania kwasem siarkowym. Metoda ta jest o tyle tylko słuszna, o ile prawdziwe jest założenie, iż Na_2CO_3 , będący składnikiem soku, a powodujący jego alkaliczność, wydzielany jest nieodwracalnie, t. zn. nie ulega resorbcji wtórnej.

W nowszych czasach zjawisko sekrecji jelitowej uwzględnił w swych badaniach nad resorbacją RABINOWITSCH ('27). Autor ten nawiązuje do badań GUMILEWSKIEGO i wyniki uzyskane traktuje jako wypadkową zjawisk resorbcji i sekrecji. Sposób obliczenia ilości wydzielonego soku przejął autor ten również od GUMILEWSKIEGO, z tą jedynie zmianą, iż za składnik soku, warunkujący jego alkaliczność, uważa nie sodę, lecz dwuwęglan sodowy. A zatem wątpliwości poprzednio wysunięte całkowicie można powtórzyć w stosunku do pracy RABINOWITSCHA. Gdyby się okazało, iż są one słuszne, krytycznie należałoby się ustosunkować do bardzo ciekawych zresztą wyników, osiągniętych przez tego autora.

Pozatem i z innych względów wydzielanie do światła jelita oddawna zajmowało badaczy, zwłaszcza w związku z teorjami o działaniu środków przeczyszczających. Wpływ ich interpretowano różnie: widziano w nim występowanie sił osmotycznych (LIEBIG '39, POISEUILLE '20, '44), albo też działanie tych środków tłumaczono procesami zapalnymi (VULPIAN '73), to znowu—sekrecją soku jelitowego. Ten ostatni punkt widzenia reprezentowali HAY ('84) i MAC CALLUM ('03—'04, '04). Stanowisko HAYA i MAC CALLUMA zostało poważnie poparte w ostatnim dziesiętlatku lat przez prace COBETA ('21), CLEMENTIEGO ('24) oraz KNAFFL-LENZA i NOGAKI ('25).

Według COBETA po podaniu do jelita hipertonicznego roztworu $\text{MgSO}_4 + 0.6\% \text{NaCl}$ następuje bardzo znaczne zwiększenie ilości cieczy, powodowane, jak ten autor sądzi, wydzielaniem do pętli soku jelitowego. Autor odrzuca możliwość występowania w tym przypadku działania sił osmotycznych, tem bardziej, iż w niektórych doświadczeniach nietylko zwiększała się objętość podanej do pętli cieczy, lecz wykazywała również przyrost ilość wprowadzonego w roztworze NaCl . Sposób obliczania ilości wydzielonego soku w doświadczeniach COBETA nastrocza wątpliwości: autor znajduje ją poprostu z różnicy objętości znalezionej w końcu doświadczenia i wprowadzonej.

Z prac HAYA, MAC CALLUMA i inn. wyszły badania CLEMENTIEGO, który, stosując nowe metody, poddał analizie wyniki dawniejszych autorów

Badanie właściwości cieczy, wydzielanej przez wyizolowany odcinek jelita, uwzględniające zawartość Cl, białka, wreszcie obecność charakterystycznych fermentów, doprowadziło autora do wniosku, iż cieczą, wydzielaną przez jelito pod wpływem wprowadzenia do jego światła mocno hipertonicznego roztworu, jest sok jelitowy.

Że mocno hipertoniczny roztwór jest dla jelita bodźcem do wydzielania dużych ilości soku jelitowego, wynika również z pracy KNAFFL-LENZA i NOGAKI. Po wprowadzeniu do pętli 2%-go roztworu NaCl nastąpił przyrost objętości cieczy w jelicie, wynoszący 38%, przy jednoczesnym zmniejszeniu stężenia, lecz zwiększeniu absolutnej ilości NaCl w pętli. Podobne wyniki otrzymywano po wprowadzeniu kalomelu oraz oleinjanu sodowego.

Sprawa wydzielania elektrolitów do światła jelita była przedmiotem pracy MALKIEWICZA (24). Po podaniu do pętli chlorku jednego z 3-ch katjonów (Na, K, Ca), stwierdza autor w cieczy pozostałej obecność dwu innych katjonów i uważa za rzecz prawdopodobną, iż zjawisko to jest wyrazem „regulacyjnych” czynności jelita.

W pracy niniejszej postawiłem sobie za zadanie ilościowe zbadanie procesu wydzielania elektrolitów do światła jelita, występującego po wprowadzeniu do pętli roztworów różnych substancyj. Analizy takie choćby z tego względu mogą posiadać znaczenie, iż w większości prac nad chłoniemieniem zupełnie nie brano pod uwagę strony ilościowej i jakościowej tego zjawiska. Analizy cieczy pozostałej w pętli powinny prócz tego wskazać, czy wydzielanie jest tu wynikiem wyłącznie sekrecji gruczołowej, czy też współdziała z nią i dyfuzja z krwiobiegu. Zgóry można było przewidzieć, iż stanie się aktualnym opracowanie odpowiedniego sposobu oznaczania ilości wydzielonego soku. Sposób bowiem zastosowany przez GUMILEWSKIEGO i RÖHMANN, a przyjęty również i przez RABINOWITSCHA, nie wydawał mi się dostatecznie przekonujący. Należało zatem wątpliwości te wyjaśnić w odpowiednich doświadczeniach.

II. Metodyka.

Badania niniejsze zostały wykonane na psach w doświadczeniach przeważnie ostrych. Metodyka tych doświadczeń była niejednokrotnie opisywana (HEIDENHAIN '94, COHNHEIM '98 i inn.), co zwalnia od omawiania szczegółów. Wybrałem doświadczenie ostre ze względu na to, iż w stałej przetocze THIRY-VELLA tkanka pętli ulega pewnym zmianom (por. HÖBER '07), co niechybnie musi wpływać na charakter i intensywność właściwych jelitu procesów resorpcyjno-sekrecyjnych. Dołączał się jeszcze i взгляд na

to, iż, eksperymentując na większej ilości osobników, łatwiej jest wyeliminować wpływ czynników indywidualnych.

Po wykonaniu zabiegu operacyjnego na psie, pozostającym pod narkozą eterowo-chloroformową lub eterową, któremu uprzednio wprowadzono podskórnie morfinę, wyizolowaną pętlę jelita cienkiego przepłókiwano wodą, poczem po upływie 5 minut wprowadzano pipetą ściśle oznaczoną ilość wody lub odpowiedniego roztworu (NaCl, glukoza, kwasy, lugi). Po pewnym czasie usuwano pozostałość i mierzono jej ilość w cm^3 . Następnie jelito przepłókiwano wodą i, wyczekawszy kilka minut, wprowadzano ponownie roztwór. Do tej samej pętli wprowadzano płyny zazwyczaj trzykrotnie. W rzadkich tylko przypadkach wyizolowywano u tegoż samego psa drugą pętlę i postępowano dalej w sposób poprzednio podany. Po skończonem doświadczeniu, trwającym 2—4 godzin, psa zabijano.

W roztworach pozostałych oznaczano chlor metodą WHITEHORNA ('21), w niektórych przypadkach CO_2 metodą i w aparacie VAN SLYKE'A, poczem ściśle odmierzoną objętość odparowywano do sucha. W pierwszych doświadczeniach suchą pozostałość zadawano kwasem octowym, następnie solnym, przesączano, poczem odparowywano kilkakrotnie, dodając po 1—2 cm^3 wody. Później stosowano inną metodę, zapewniającą dokładne spalenie składników organicznych. W tym przypadku suchą pozostałość zadawano 15—20 cm^3 HNO_3 stęż. i spalano na mokro. Postępowanie to opisane jest w pracy BIAŁASZEWICZA ('27). W jednym i drugim przypadku zlekką kwaśną pozostałość, kilkakrotnie odparowaną, przelewano do kolbki miarowej na 20 cm^3 , dopełniając wodą do kreski. W roztworze tym oznaczano Na, K, Ca, Mg i P następującymi metodami mikrochemicznymi:

Na — metoda KRAMERA i TISDALLA ('20, '21), później BÁLINTA ('24).

K — metoda KRAMERA i TISDALLA ('21).

Ca — metoda KRAMERA i TISDALLA ('21), później de WAARDA ('19).

Mg — metoda kombinowana, opisana w pracy BIAŁASZEWICZA ('27).

P — metoda kombinowana — BELL i DOISY ('20), BRIGGS ('22).

Z ilości znalezionych jonów w tym roztworze obliczano całkowitą ich ilość w cieczy pozostałej w pętli po skończonem doświadczeniu, pozatem uwzględniano niekiedy stężenie (zawartość w 1 cm^3) oraz przeliczenia na mg %.

Sok jelitowy, analizowany na składniki mineralne, uzyskiwano od psów ze stałą przetoką THIRY-VELLA. Ogółem miałem do dyspozycji trzy psy. Analizy wykonano na soku, pochodzącym od dwu z nich. Założenie przetoki we wszystkich trzech przypadkach zostało uskutecznione w pozostającym pod kierownictwem prof. J. Modrakowskiego Zakładzie Farmakologii Uniw. Warsz. przez p.p. dr-ów E. Leykę, H. Sikorskiego oraz S. Kroszczyńskiego, którym na tem miejscu gorąco składam podziękowanie.

W czasie zbierania soku psa umieszczano w stojaku, a pod otwory przetoki podstawiano kolbki z włożonemi do nich lejkami. Uzyskiwanie soku jest dość łatwe niedługo po operacji, z biegiem czasu bowiem otwory przetoki stopniowo zwężają się, wskutek czego utrudnione zostaje ściekanie

soku. Poza to jest możliwe, że zmiany tkanki pętli izolowanej jelita również wywierają wpływ.

Dla porównania wykonano również analizę soku jelitowego, zbieranego w sposób, podany przez CLEMENTIEGO (25). Polega on na tem, że do pętli izolowanej psa z przetoką stałą wprowadzamy hipertoniczny roztwór elektrolitu lub mocznika. Po paru minutach usuwamy wprowadzony roztwór możliwie ilościowo, poczem zbieramy sok, wydzielający się dość intensywnie. W mojem doświadczeniu użyłem mocznik celem uniknięcia wprowadzania jonów, występujących jako normalne składniki soku.

Po ustaleniu składu mineralnego soku jelitowego próbowałem przygotować roztwór sztuczny o podobnym składzie. Tu nasunęła się jednak trudność stąd wynikająca, iż jakkolwiek CaCl_2 dodawałem naostatku bardzo małemi porcjami, to jednakże po upływie pewnego czasu tworzył się osad, a wskutek tego ilość wapnia w roztworze zmniejszała się bardzo znacznie. Wobec tego, wychodząc z założenia, iż składnikiem, utrzymującym wapń w cieczy mimo obecności jonów HCO_3' , jest białko, przygotowałem roztwór, do którego przed wprowadzeniem CaCl_2 dodawałem białka jaja kurzego. Istotnie analizy wykazały, iż z obu roztworów, a więc nie zawierającego białka i białkowego, które uprzednio były odwirowane, roztwór białkowy zawierał więcej wapnia.

Roztwory te przygotowałem przez rozpuszczenie w litrze wody następujących ilości poszczególnych soli:

	I (roztwór bez białka)	II (roztwór białkowy)
NaCl	4.5 g	5.3 g
NaHCO_3	3.0 g	3.65 g
KCl	0.48 g	0.6 g
CaCl_2	0.222 g	0.222 g
MgCl_2	0.144 g	0.235 g

Ponadto do roztworu II dodawano białka około 0.15% oraz fosforanów sodowych (pierwszo- i drugorzędowego) w takim stosunku, jaki odpowiada $\text{pH} = 8.2$. Ilość tych fosforanów była tak dobrana, iż zawartość P w roztworze wynosiła 7% mg.

III. Część doświadczalna.

1. Składniki mineralne, wydzielane do jelita podczas chłonięcia podanego roztworu.

Celem zorientowania się w przybliżeniu co do ilości i jakości elektrolitów, wydzielanych do światła jelita po wprowadzeniu do jego pętli różnych cieczy, użyto wodę, roztwory 6.25% glukozy, 0.9% NaCl, 0.01n HCl oraz 0.01n NaOH. Sądziwszy, iż jeśli proces wydzielania do światła jelita składników mineralnych jest zależny od fizyko-chemicznych właściwości roztworu wprowadzonego, to analizy reszt usuwanych z pętli winny to wykazać.

W tabeli I podano wyniki analiz cieczy pozostałej po wprowadzeniu do pętli jelita wody, glukozy, NaCl, kwasu i ługu. Liczby arabskie oznaczają numery protokółów, z których każdy obejmuje serję doświadczeń (przeważnie trzy), wykonanych na tym samym psie, zabijanym po ostatniem doświadczeniu. Przedstawienie tej tabeli ma na celu ogólne zilustrowanie wpływu pozostawiania w pętli różnych roztworów na proces wydzielenia do jej światła składników mineralnych. Dane, dotyczące wprowadzania wody i glukozy, są wyrazem jedynie wydzielenia: w cieczy podanej nie było bowiem żadnego z oznaczanych w pozostałości składników mineralnych. Inaczej jest w przypadku wprowadzania do pętli roztworów NaCl, NaOH i HCl; tu bowiem podawano do pętli jony, które następnie obok innych były oznaczane w reszcie, usuwanej po skończonem doświadczeniu. Zwracam na to uwagę przez umieszczenie odpowiednich liczb w nawiasach.

Tabela I.

Zawartość składników mineralnych w niezresorbowanej pozostałości cieczy, wprowadzonej do pętli jelita.

Gehalt an mineralischen Bestandteilen in der zurückerhaltenen Flüssigkeit.

№ protokołu № d. Protokolls	Data Datum	Ciecz wprowadzona <i>Eingeführte Flüssigkeit</i>	Czas pozosta- wania w pętli <i>Dauer des Ver- suches</i>	Objętość cieczy <i>Volumen</i>			Zawartość całkowita składników mineralnych w cieczy pozostałej <i>Total-Gehalt an mineralischen Bestandteilen in der zurücker- haltenen Flüssigkeit</i>			
				wpro- wadz. <i>d. eingef. Flüssigkeit</i>	pozo- stałej <i>d. zurückerb. Flüssigkeit</i>	Na	K	Ca	Cl	
										cm ³
2	7.XII.25	Woda. <i>Wasser</i>	10	100	47	32.0	4.0	4.16	42.7	
3	11.XII.25	Gluk. <i>Glucose</i> 6,25%	20	75	62.5	10.6	2.56	2.25	15.5	
2	7.XII.25	NaCl 0.9%	20	100	62	(203.4)	5.77	2.45	(184.5)	
5	8. I. 26	HCl 0.01 n	20	100	66	63.7	5.28	0.86	(92.4)	
6	3. II. 26	NaOH 0.01 n	20	100	43.5	(50.5)	6.22	0.65	50.46	

Jakkolwiek liczby uzyskane na pierwszy rzut oka są dość rozbieżne, to jednakże daje się ustalić pewną prawidłowość, przemawiająca za stałym składem mieszaniny mineralnej, wydzielanej przez jelito. Stosunek Na:K wyraża się w przybliżeniu jak 100:12, stosunek Na:Cl waha się w granicach od 100:150 do 100:100. Wapnia nie biorę tu pod uwagę wobec dużych różnic, spowodowanych, jak myślę, zmienną intensywnością powrotnego chłonięcia tego jonu.

Na podstawie tabeli I można wnioskować, iż w warunkach naszych doświadczeń poszczególne składniki nie wykazują dużych różnic w ustosunkowaniu. Poza to i ogólna ilość elektrolitów, wydzielana przez jelito po podaniu różnych cieczy (woda, obojętny elektrolit, obojętny nieelektrolit, kwas, ług), waha się w granicach dość wąskich. Najlepiej ilustrują to wyniki oznaczeń potasu. Pomijając niską wartość dla glukozy (K — 2.56 mg), pozostałe zawarte są pomiędzy 4.00 i 6.22 mg.

Tabela II.

Zawartość składników mineralnych w niezresorbowanej pozostałości cieczy, wprowadzonej do pętli jelita.

Gehalt an mineralischen Bestandteilen in der zurückerhaltenen Flüssigkeit.

№ protokółu № des Protokollis	Data Datum	Ciecz wprowadzona Eingeführte Flüssigkeit	Czas pozostawania w pętli Dauer des Versuches	Objętość Volumen			Zawartość całkowita składników mineralnych w cieczy pozostalej					
				cieczy wprowadzonej d. eingef. Flüssigkeit	cieczy pozostalej d. zurückerh. Flüssigkeit	<i>Total-Gehalt an mineralischen Bestandteilen in der zurückerhaltenen Flüssigkeit</i>						
						Na	K	Cu	Mg	Cl	P	
min	cm ³	cm ³	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg			
7	3.II.26	H ₂ SO ₄ 0.01 n	20	100	27	35.8 133.0	4.18 15.5	0.76 2.8	0.14 0.52	45.1 167.0	0.98 3.6	
15	22.V.26	CH ₃ COOH 0.02 n	30	100	81	51.0 65.0	8.42 10.4	2.43 3.0	0.41 0.50	73.1 90.0	2.35 2.9	
5	8.I.26	HCl 0.01 n	20	100	66	63.7 96.5	5.28 8.0	0.86 1.3	— —	(92.4) (140.0)	1.72 2.6	
10	12.III.26	HCl 0.02 n	30	100	73	73.0 100.0	6.42 8.8	1.39 1.9	0.24 0.33	(119.0) (163.0)	1.89 2.6	
10	12.III.26	HCl 0.05 n	20	100	83	81.3 98.0	13.0 15.6	2.24 2.7	0.52 0.63	(166.8) (201.0)	2.17 2.6	
7	3.II.26	NaOH 0.01 n	20	100	43.5	(50.5) (116.0)	6.22 14.2	0.65 1.5	0.15 0.35	50.5 116.0	1.36 3.1	
8	12.I.26 ⁹	KOH 0.01 n	20	100	86	2.5 32.0	— —	1.38 1.6	0.52 0.60	41.3 48.0	4.99 5.8	
14	17.V.26	LiOH 0.02 n	30	97	59	52.2 88.0	7.73 13.1	1.36 2.3	1.59 1.00	72.6 123.0	2.65 4.5	
7	3.II.26	H ₂ O	10	100	71.5	42.9 60.0	5.72 8.0	— —	0.46 0.64	50.0 70.0	— —	
8	12.II.26	H ₂ O	15	100	50	31.5 63.0	5.77 11.5	— —	0.50 1.00	36.0 72.0	1.75 3.5	

Po tych doświadczeniach, wykonanych dla ogólnego zorientowania się w porządku wielkości obecnych w reszcie, wyprowadzonej z pętli, ilości składników mineralnych, przeprowadzono

szereg innych doświadczeń, w których specjalnie badano wpływ stężenia jonów wodorowych na zjawiska wydzielania jelitowego. W tym celu wprowadzano do pętli roztwory kwasów (HCl , H_2SO_4 , CH_3COOH) i ługów (NaOH , KOH , LiOH) o różnym stężeniu (0.001 — 0.05 n) oraz wodę.

Doświadczenia oznaczone temi samymi liczbami (№ protokołu) zostały przeprowadzone na tych samych osobnikach. Pomimo różnego czasu trwania poszczególnych doświadczeń zarówno ustosunkowanie składników mineralnych w cieczy pozostałej, jak i znalezione całkowite ilości elektrolitów wahają się w granicach dość wąskich. W niektórych tylko przypadkach obserwujemy znaczniejsze odchylenia, występujące sporadycznie. Najbardziej pod tym względem rzucającymi się w oczy są wyniki, otrzymane po wprowadzeniu do pętli 0.01 n KOH . Obok nieznacznego ubytku objętości podanej cieczy stwierdzamy małą naogół ilość wydzielonych jonów (Na , Cl). Nie dotyczy to jednak fosforu, ilość którego jest w tem doświadczeniu wyjątkowo wysoka.

W przypadkach podania HCl i NaOH przytoczone w tabeli wartości Na i Cl oznaczają całkowitą ilość tych jonów w pozostałej cieczy. Jeśli porównamy stężenie poszczególnych składników, obliczone w odniesieniu do 100 cm^3 cieczy pozostałej, wówczas stwierdzamy jeszcze mniejsze różnice. A mianowicie z tabeli II (liczby drugiego wiersza — kursywa) wynika, że ilości te wahają się w następujących granicach (pomijamy tu wspomniane już wprowadzenie 0.01 n KOH):

Na	60.0 mg	133.0 mg
K	8.0	15.6
Ca	1.3	3.0
Mg	0.3	1.0
Cl	69.0	201.0
P	2.6	4.5

Celem uniknięcia trudności w interpretowaniu doświadczeń, w których wprowadzano do pętli jony oznaczane w pozostałości, w następnych serjach użyto roztwory LiOH , CH_3COOH oraz wodę. Wykonano trzy serje doświadczeń (protokoły Nr. 13, 14, 16). W każdej serji wprowadzano zawsze w tej samej kolejności początkowo LiOH 0.02 n, następnie wodę, wreszcie CH_3COOH 0.02 n. Roztwory te pozostawały w pętli po 30 minut. Wyniki omawianych tu trzech seryj doświadczeń są w ten sposób zesta-

wione w tabeli III, że podano w niej objętość wprowadzonej i pozostałej cieczy, a dalej—całkowite ilości poszczególnych jonów, znalezione w pozostałości danej cieczy z trzech seryj. Liczby tabeli III potwierdzają wyniki poprzednio uzyskane. Skala wahań jest nawet znacznie węższa, na co w dużej mierze wpłynęły jednakowe warunki, w jakich prowadzono doświadczenia. Największy ubytek objętości mamy w przypadku podania wody (36%), mniejszy po wprowadzeniu LiOH (30%), najmniejszy po—

Tabela III.

Zawartość sumaryczna składników mineralnych w niezresorbowanej pozostałości cieczy, wprowadzonych do pętli jelita w 3-ch oddzielnych doświadczeniach (protokoły №№ 13, 14, 16 z dn. 11.V, 17.V, 19.VI.26).

Gesamt-Gehalt an den in der zurückerhaltenen Flüssigkeit gefundenen mineralischen Bestandteilen (Drei Experimente Protok. №№: 13, 14, 16).

Wprowadzono	LiOH	285 cm ³	pozostało	197 cm ³	ubyło	30%
Eingeführt	H ₂ O	295 cm ³	zurückerhalten	139 cm ³	Abnahme	36%
	CH ₃ COOH	300 cm ³		218 cm ³		27%

Składniki <i>Bestandteile</i>	Całkowita zawartość <i>Gesamt-Gehalt</i>			Stężenie <i>Konzentration</i>			W przeliczeniu na 100 g Na <i>Auf 100 g Na berechnet</i>		
	LiOH	H ₂ O	CH ₃ COOH	LiOH	H ₂ O	CH ₃ COOH	LiOH	H ₂ O	CH ₃ COOH
	mg	mg	mg	mg%	mg%	mg%	g	g	g
Na	149.2	101.0	136.8	76.0	53.0	63.0	100	100	100
K	19.9	13.5	21.0	10.1	7.1	9.1	13	13	15
Ca	2.6	—	6.7	1.3	—	3.1	2	—	5
Mg	1.0	2.2	0.9	0.5	1.2	0.4	1	2	1
Cl	224.8	160.5	195.0	114.0	85.0	90.0	151	159	143
P	6.6	4.9	5.2	3.4	2.6	2.4	4	4	4

CH₃COOH (27%). Obliczono również stężenie poszczególnych jonów, podane w tabeli w % mg (w mg na 100 cm³ pozostałości). Stężenia zachowują się podobnie, jak ilości bezwzględne, co wynika stąd, iż objętości cieczy pozostałych są bardzo zbliżone (197 cm³, 189 cm³, 218 cm³). Poza tem podano przeliczenie ilości poszczególnych jonów na 100 g sodu. Większe wahania dotyczą wapnia i magnezu, dla innych jonów liczby są zgodne. Na 100 g sodu przypada średnio 14 g potasu, 150 g chloru oraz 4 g fosforu. Wapnia przypada 1.7 g (LiOH) i 4.9 g (CH₃COOH); magnezu 0.7 g (LiOH), 2.1 g (H₂O), 0.7 g (CH₃COOH). Z przytoczonych doświadczeń wynika, iż stosunek składników mineralnych w po-

zostałości cieczy wprowadzanej do pętli jelita jest prawie stały i niezależny od charakteru podanego roztworu.

Powstawało zatem przypuszczenie, iż składniki mineralne, wykrywane w pozostałości podanego do pętli roztworu, są produktem sekrecji gruczołów jelita. Do wykazania słuszności tego przypuszczenia niezbędne były dane, dotyczące składu mineralnego soku jelitowego.

2. Skład mineralny soku jelitowego.

Całkowitych analiz składu mineralnego soku, na których mógłbym się oprzeć w interpretowaniu wyników przedstawionych doświadczeń, nie znalazłem w literaturze. Dane dotychczasowe są fragmentaryczne, zresztą bardzo skąpe. Dane te dla przejrzystości zestawiam w tabeli IV.

Tabela IV.

Właściwości fizyko-chemiczne soku jelitowego psa na podstawie danych, zawartych w piśmiennictwie.

Physikalisch-chemische Eigenschaften des Darmsaftes des Hundes gemäss Literaturangaben.

Woda Wasser	Substancja sucha Trockensubstanz	Białko Eiweiß	NaCl	Na_2CO_3	[H ⁺]	Autor Forscher	Uwagi Bemerkungen
g%	g%	g%	g%	g%			
98.64	1.36	0.47	0.48	0.44	—	Gumilewski ('86)	przetoka Thiry-Vella sok porażeniowy
98.32	1.68	0.64	0.50	0.54	—	Gumilewski ('86)	
98.55	1.45	0.136	0.507	0.423	—	Mendel ('96)	
—	—	—	—	0.11	—	Szepowalnikow ('99)	przetoka
—	—	—	—	0.22	—	Szepowalnikow ('99)	Thiry-Vella
98.50	1.50	—	0.716	0.20 ¹⁾	1 10 ^{-8.3}	Auerbach i Pick ('12)	.
98.48	1.52	—	0.805	0.23 ¹⁾	met. elektromotor.	Auerbach i Pick ('12)	.
98.60	1.40	—	0.739	0.24 ¹⁾		Auerbach i Pick ('12)	.
—	—	—	—	—	1 10 ^{-8.2-9}	Amberg i Lawyer ('26)	.
					1.10 ⁻⁹		
					czerwień obojętna		

¹⁾ Wartość dla NaHCO_3 . Als NaHCO_3 bestimmt.

Wobec braku odpowiednich analiz, uwzględniających całkowity skład mineralny, a jednocześnie ze względu na dość znaczną rozbieżność tych danych, jakie udało mi się znaleźć

w piśmiennictwie, przystąpiłem do oznaczenia składników mineralnych soku jelitowego. Wyniki tych analiz, jako średnie wartości z kilku oznaczeń, przedstawiają się, jak następuje:

	Na	K	Ca	Mg	Cl	P
w 100 g soku	325.0	24.0	11.0	1.5	267.0	3.0 mg
na 100 g Na	100.0	7.4	3.4	0.5	82.1	1.0

W poszczególnych analizach bardzo nieznaczne wahania wykazywały stężenia Na, K, Ca, Cl, większa zmienność charakteryzowała pozostałe pierwiastki, a mianowicie Mg i P.

Podobne wyniki uzyskałem w analizach soku, który był zbierany w sposób podany przez CLEMENTIEGO (część metodyczna str. 8), a mianowicie:

	Na	K	Ca	Mg	Cl	P
w 100 g soku	292.0	39.2	6.7	5.6	329.0	4.0 mg
na 100 g Na	100.0	13.4	2.3	1.9	112.7	1.4

Liczby powyższe wykazują pewne różnice w porównaniu z poprzednio podanymi, otrzymanymi z analiz soku w pierwszych tygodniach po operacji. Stężenie sodu jest prawie takie same, znacznie większą wartość wykazuje stężenie K i Mg, nieco wyższa jest wartość dla chloru i fosforu, natomiast niższa dla wapnia. Jaśniej ten wniosek wynika z porównania stosunku Na:K:Ca: :Mg:Cl:P, podanego w drugim wierszu dwu powyższych zestawień¹⁾.

¹⁾ Podczas kończenia tych analiz znalazłem wśród streszczeń referatów, wygłoszonych na 38-mym Zjeździe Ameryk. Tow. Fizjologicznego, notatkę AMBERGA i LAWYERA pod tytułem: „Studies on Thiry-Vella fistula in dogs“.

Autorowie analizowali sok jelitowy na zawartość składników mineralnych. Sposób otrzymywania soku i metody stosowane nie są podane, a przeto wyniki autorów dadzą się ująć w podaniu liczb, wyrażających w mg ilości poszczególnych jonów w 100 g soku. Autorowie podają oddzielnie wartości dla części ciekłej (fluid-secretion), oddzielnie dla śluzu (flakes).

	Na	K	Ca	Mg	Cl	P
w 100 g części ciekłej	315	35	7.4	6.2	267	9
w 100 g śluzu	321	35	27	9.5	376	19

Różnice pomiędzy wartościami podanymi przez AMBERGA i LAWYERA a naszymi trudno wyjaśnić, opierając się jedynie na tej krótkiej notatce.

Porównywając te liczby, uzyskane dla soku w różnych odstępach czasu od założenia przetoki (bezpośrednio po operacji zbierano sok w zwykły sposób, po upływie paru miesięcy metodą CLEMENTIEGO), można dojść do wniosku, iż sok jelitowy wydzielany wkrótce po operacji zawiera pewną ilość związków zasadowych, która z biegiem czasu obniża się; wskutek tego zwiększa się wartość stosunku Cl/Na. Obserwacja ta nie jest odosobniona; i inni autorowie notowali zmniejszanie się z biegiem czasu zawartości zasad w soku, otrzymywanym ze stałej przetoki THIRY-VELLA.

Porównanie składu mineralnego cieczy, pozostałej po wprowadzeniu do pętli różnych roztworów, ze składem soku jelitowego przemawia za tem, iż elektrolity, wykrywane w doświadczeniach poprzednich w cieczy pozostałej, są składnikami soku jelitowego. Sądzę bowiem, że w innym razie skład mieszaniny mineralnej, znajdującej w pozostałości, winienby wykazywać zależność od charakteru fizyko-chemicznego i składu wprowadzonego roztworu.

3. Zachowanie się w pętli jelita mieszaniny elektrolitów o składzie zbliżonym do składu soku jelitowego.

Znaczenie faktu ustalania się w jelicie pewnego stężenia i stosunku składników mineralnych dla procesu chłonięcia nie jest wyświetlone. Badania dotychczasowe sprowadzały się do oznaczania intensywności, z jaką resorbowane są poszczególne związki, bez uwzględniania przeważnie roli jednoczesnej obecności różnych jonów w pętli i wzajemnego ich oddziaływania na przebieg chłonięcia. REID ('02) zwrócił uwagę, iż obecność NaCl w roztworze wzmaga chłonięcie glukozy. GOLDSCHMIDT i BINGER ('19) stwierdzili wpływ mleczanu wapniowego na intensywność chłonięcia NaCl. Według innych autorów, jak podaje GOLDSCHMIDT ('21), daje się ustalić wpływ chlorku sodowego na przebieg chłonięcia białka, peptonu i żelatyny.

Sprawa nie jest łatwa do traktowania, a to z tego względu choćby, iż trudno ustalić, na czem polegają optymalne dla funkcji jelita warunki — czy mianowicie chłonięcie winno się odbywać w możliwie szybkim tempie, czy też raczej powolne

przechodzenie roztworu z jelita do środowiska wewnętrznego organizmu bardziej odpowiada roli tego narządu.

Z tych więc względów było rzeczą ciekawą zbadanie zachowania się w pętli poszczególnych jonów z mieszaniny elektrolitów, pod względem składu odpowiadającej sokowi jelitowemu. Chodziło więc o zdanie sobie sprawy, czy ściana jelita wobec takiej mieszaniny elektrolitów wykazuje pewną wybiórczość w stosunku do poszczególnych jonów, przejawiającą się w intensywniejszym chłonięciu niektórych z pośród nich, czy też pobiera je równomiernie. Jednocześnie należało wyjaśnić, czy roztwór ten resorbowany jest w stężeniu podanem, czy też różna jest intensywność chłonięcia wody i elektrolitów.

Tabela V.

Chłonięcie mieszaniny mineralnej o składzie soku jelitowego, wprowadzonej do pętli jelita.
№ protok. 36, 22.X.27 czas trwania dośw. 30 min.

Aufsaugung der Mineralmischung von der Zusammensetzung des Darmsaftes nach Einführung in die Darmschlinge.

№ d. Protok. 36, 22.X.27 Dauer d. Versuches 30 Min.

Składniki <i>Bestandteile</i>	Roztwór wprowadzony <i>Eingeführte Lösung</i>	Roztwór pozostały <i>Zurückerkhaltene Lösung</i>	Zmiany w roztworze wprowadz. <i>Änderungen in der eingeführt. Lösung</i>	
			bezwzględne <i>absolut</i>	w odsetkach ilości wprowadzonej in den % der eingeführt. Menge
H ₂ O	90.0 cm ³	50.0 cm ³	— 40.0 cm ³	— 44
Na	23.7 mg	15.0 mg	— 86.7 mg	— 37
K	22.8	15.1	— 7.7	— 34
Ca	1.26	1.45	+ 0.19	+ 15
Mg	3.24	3.0	— 0.24	— 7
Cl	287.0	213.0	— 74.0	— 26
P	0	0.8	+ 0.8	—
CO ₂	135.9	56.5	— 79.4	— 58

W tym celu więc wykonano doświadczenia z wprowadzaniem do pętli izolowanej roztworów możliwie zbliżonych do soku pod względem zawartości odpowiednich jonów. Tabele V i VI streszczają wyniki, uzyskane po podaniu do pętli roztworu oznaczonego w części metodycznej cyfrą I. Roztwór ten nie zawierał jonu fosforanowego i białka. Jak z tabel wynika, woda jest chłonięta nieco szybciej, niż składniki mineralne. Z pośród tych ostatnich sód i potas znikają z roztworu dość równomiernie (Na — 31 i 37%, K — 30 i 34%). Odmienne zachowują się jony

Tabela VI.

Chłonięcie mieszaniny mineralnej o składzie soku jelitowego, wprowadzonej do petli jelita.
 № protok. 36, 22.X.27 czas trwania dośw. 30 min.

Aufsaugung der Mineralmischung von der Zusammensetzung des Darmsaftes nach Einführung in die Darmschlinge.

№ des Protok. 36, 22.X.27 Dauer d. Versuches 36 Min.

Składniki Bestandteile	Roztwór wprowadzony Eingeführte Lösung	Roztwór pozostały Zurückerkhaltene Lösung	Zmiany w roztworze wprowadz. Änderungen in der eingeführt. Lösung	
			bezwzględne absolut	w odsetkach ilości wprowadzonej in den % der eingeführt. Menge
H ₂ O	95.0 cm ³	54.0 cm ³	- 41.0 cm ³	- 43
Na	249.8 mg	172.8 mg	- 77.0 mg	- 31
K	24.0	16.8	- 7.2	- 30
Ca	1.33	1.51	+ 0.18	+ 14
Mg	3.61	3.46	- 0.15	- 4
Cl	303.0	232.0	- 71.0	- 23
P	0	0.76	+ 0.76	-
CO ₂	143.5	62.6	- 80.9	- 56

dwuwartościowe. Magnez chłonięty był w tych doświadczeniach w stopniu bardzo słabym (4 i 7%), wapń nie tylko nie uległ resorpcji, lecz nawet wykazuje przyrost wynoszący 14, wzgl. 15%. Wreszcie, co się tyczy Cl i CO₂, to tu stwierdza się, iż pierwszy znacznie wolniej znika z roztworu, niż ostatni (23% wobec 56 albo 26% wobec 58). To wzmożone chłonięcie jonu HCO₃' w porównaniu z jonem Cl' wyjaśnia, według nas, dosta-

Tabela VII.

Chłonięcie mieszaniny mineralnej o składzie soku jelitowego, wprowadzonej do petli jelita.
 № protok. 37, 1.XII.27 czas trwania dośw. 30 min.

Aufsaugung der Mineralmischung von der Zusammensetzung des Darmsaftes nach Einführung in die Darmschlinge.

№ d. Protok. 37, 1.XII.27. Dauer d. Versuches 30 Min.

Składniki Bestandteile	Roztwór wprowadzony Eingeführte Lösung	Roztwór pozostały Zurückerkhaltene Lösung	Zmiany w roztworze wprowadz. Änderungen in der eingeführt. Lösung	
			bezwzględne absolut	w odsetkach ilości wprowadzonej in den % der eingeführt. Menge
H ₂ O	100.0 cm ³	57.0 cm ³	- 43.0 cm ³	- 43
Na	314.0 mg	171.0 mg	- 143.0 mg	- 46
K	36.5	20.18	- 16.32	- 45
Ca	10.0	6.5	- 3.5	- 35
Mg	5.4	4.6	- 0.8	- 15
Cl	382.0	211.0	- 171.0	- 45
P	7.1	4.3	- 2.8	- 40
N	20.65	31.27	+ 10.62	+ 51

tecznie ustosunkowanie Na i Cl w pozostałości po wprowadzeniu do pętli wody lub roztworów, niezawierających tych jonów.

Podobne wyniki otrzymano, wprowadzając roztwór II (tabela VII). W tym przypadku odsetek zresorbowanych składników mineralnych (Na, K, Cl) jest cokolwiek wyższy, niż wchłoniętej wody. Poza to okazało się, iż Na, K, Cl, P znikają z jelita równomiernie. Jony dwuwartościowe naogół były chłonięte, jakkolwiek znacznie powolniej, niż poprzednio wspomniane. Dodatek białka jaja kurzego do roztworu wprowadzonego pozwolił stwierdzić, iż ilość azotu znacznie wzrasta, co prawdopodobnie spowodowane jest okolicznością, iż białko podane nie ulega chłonięciu, przybywa natomiast trudno lub zupełnie nieresorbowane białko, występujące w soku jelitowym. Tak więc, gdy woda i jony jednowartościowe wraz z fosforem pobrane zostały przez jelito w ilości około 50%, obserwujemy przyrost azotu wynoszący 51% ilości wprowadzonej. Fakt ten podkreślamy ze względu na to, iż może on stanowić punkt wyjściowy dla sposobu oznaczania ilości wydzielonego do pętli soku jelitowego w czasie trwania doświadczenia.

4. Krytyka sposobu mierzenia sekrecji jelitowej w czasie chłonięcia.

Wyniki przytoczonych doświadczeń wskazują, że pojawianie się w pętli jelita związków mineralnych, nie wprowadzonych z roztworem podanym, związane jest z sekrecją soku jelitowego i, jak sądzę, może być całkowicie tłumaczone tym procesem. To też przy badaniu intensywności chłonięcia wysuwa się sprawa oznaczania składnika $q_{wydz.}$ z równania

$$q_{res.} = q_{pod.} + q_{wydz.} - q_{pozost.}$$

GUMILEWSKI był pierwszym z autorów, ilościowo oznaczających wydzielony do pętli sok jelitowy. Sposób przez niego podany przedstawia się jak następuje: autor miareczkuje czysty sok kwasem siarkowym 0.1 n i oznacza jego alkaliczność w cm^3 0.1 n NaOH, przeliczoną na 100 cm^3 soku. Celem określenia ilości soku wydzielonego do pętli po podaniu do niej odpowiedniego roztworu, miareczkuje pozostałość i z porównania jej alkaliczności z alkalicznością czystego soku znajduje w cm^3 ilość wydzieloną soku. Podany przez GUMILEWSKIEGO ('86) sposób przejął

bez zmiany RÖHMANN ('87), a w ostatnich czasach zastosował go znowu RABINOWITSCH ('27). Metoda ta, jak już wspomniano, w tym tylko przypadku jest słuszna, jeśli składnik soku, powodujący jego alkalizację (Na_2CO_3 — według GUMILEWSKIEGO i RÖHMANNNA, NaHCO_3 — według RABINOWITSCHA) nie ulega wtórnie resorpcji, lecz cała wydzielona ilość jego znajduje się w reszcie, usuwanej z pętli w końcu doświadczenia. Założenie takie budzi wątpliwości, które poparte zostały zresztą pośrednio przez wyniki analizy na składniki mineralne reszty, usuwanej z pętli po wprowadzeniu do niej wody. A mianowicie stwierdzono, że stosunek Na/Cl w pozostałości ma mniejszą wartość, niż dla czystego soku, co może być uwarunkowane przez szybsze chłonicie NaHCO_3 , niż NaCl.

Tabela VIII.

Chłonicie NaHCO_3 w jelicie cienkiem psa.*Aufsaugung von NaHCO_3 — Lösungen in dem Dünndarm des Hundes.*

№ protokółu <i>d. Protokolls</i>	Data <i>Datum</i>	Czas pozostawania roztworu w pętli <i>Dauer d. Versuches min</i>	Ilość wprowadzona Na <i>Na - Gehalt in d. eingeführten Lösung mg</i>	Ilość Na w roztworze pozostałym <i>Na - Gehalt in der zurückh. Lösung mg</i>	Ilość wprowadzonego CO_2 <i>CO_2 - Gehalt in d. eingeführten Lösung mg</i>	Ilość CO_2 w roztworze pozostałym <i>CO_2 - Gehalt in d. zurückh. Lösung mg</i>
18	24.XI.26	30	126	64.3	—	—
21	26.III.27	10	118	74.4	232	126

Specjalnie w celu bezpośredniego wyjaśnienia sprawy zachowania się NaHCO_3 w jelicie wykonano doświadczenia, w których wprowadzano do pętli 0.5% roztwór tej soli. Z doświadczeń tych (tab. VIII) wynika, iż mimo zachodzącego jednocześnie procesu sekrecji, o czym wnioskowano z występowania w pozostałości jonów, nie wprowadzonych z roztworem podanym, ilość zarówno Na jak i CO_2 ulegała wydatnemu zmniejszeniu.

Stwierdzone fakty dostatecznie przeczą słuszności stosowanej przez wspomnianych autorów metody i wskazują na aktualność wysiłków, zmierzających do ilościowego ujęcia procesu sekrecji, przebiegającego współcześnie z chłonicie po wprowadzeniu do pętli roztworu.

IV. Omówienie wyników.

Zbliżyliśmy się nieznacznie do ostatecznego celu; dążenie do niego będzie zresztą przedmiotem dalszych naszych poszukiwań.

Celem tym jest ujęcie ilościowe intensywności współcześnie biegnących procesów sekrecji i resorbcji. W doświadczeniach wykonanych stwierdzano tylko ostateczny stan, który jest wypadkową tych dwu zjawisk. Z ilości składników mineralnych, wykrywanych w pozostałości, usuwanej z pętli, nie można sądzić bynajmniej o intensywności tych dwu rozważanych tu procesów. Stanie się to dopiero wówczas możliwe, gdy uzyskamy sposób oznaczania objętości soku wydzielonego przez okres czasu, w ciągu którego wprowadzony roztwór pozostaje w pętli.

Z badań dotychczasowych wynika, iż stężenie elektrolitów w pozostałości jest dość stałe, a mianowicie waha się w granicach od 0.2 do 0.33 stężenia, odpowiadającego sokowi jelitowemu. Jeśli wyrazimy to jako obniżenie punktu zamarzania, przyjmując Δ soku za równe 0.60, to otrzymamy wartość $\Delta = = 0.12 - 0.20$, dotąd niewzględnianą przeważnie w badaniach nad zjawiskiem resorbcji.

Natomiast podkreślić wypada, iż wyniki badań GUMILEWSKIEGO skłoniły tego autora do wniosku, iż woda jest wolniej resorbowana, niż roztwór NaCl w stężeniu 0.125—0.25%, co właśnie odpowiadałoby w pierwszym przybliżeniu koncentracji elektrolitów, ustalonej dla pozostałości. O znaczeniu tego faktu snuć można tylko hipotezy. Nasuwa się przedewszystkiem myśl, iż takie stężenie soli wytwarza warunki optymalne dla procesów resorbacyjnych, a pozatem nie jest wykluczone, iż jest ono związane z działaniem występujących w soku fermentów.

W rozważaniu procesów fizyko-chemicznych, odbywających się w przewodzie pokarmowym, jako też w badaniach nad przemianą mineralną w organizmie może być użyteczne porównanie składu mineralnego różnych soków trawiennych. Z danych tabeli IX-ej widzimy, że im bardziej zbliżamy się do miejsca, w którym strawiony pokarm ulega chłonięciu, tem bardziej skład mineralny soku trawiennego upodabnia się do składu surowicy. Wyraźnie występuje to, jeśli porównamy skład śliny i soku żołądkowego z jednej strony ze składem reszty soków trawiennych, a więc żółci, soku trzustkowego oraz jelitowego z drugiej. Gdy dwie pierwsze ciecze zawierają stosunkowo dość dużo potasu w ilości, zbliżonej do sodu, dla trzech ostatnich obserwujemy ustosunkowanie poszczególnych jonów bardzo zbliżone do ustosunkowania tychże w osoczu krwi lub w limfie. Zlokalizowanie śliny i soku

żołądkowego w przedniej części przewodu pokarmowego można tłumaczyć brakiem resorpcji w tym odcinku: chodzi jak-gdyby o to, by treść chłonięta pod względem swego składu była jak najbliższa do wewnętrznego środowiska organizmu. Takie rozmieszczenie soków trawiennych, być może, tłumaczy się również występowaniem różnych fermentów, dla których optymalne warunki działania osiągane są przy różnym ustosunkowaniu składników mineralnych.

Tabela IX.

Skład mineralny soków trawiennych, surowicy i limfy (mg/100 cm³).*Gehalt an mineralischen Bestandteilen in den Verdauungssäften, auch im Serum und in der Lymphe (mg/100 cm³).*

Wydzieliny i ciecze ciała <i>Sekrete und Körperflüssigkeiten</i>	Na	K	Ca	Mg	Cl	P
Ślina. <i>Speichel</i> . Hammerbacher ¹⁾	15.4	80.3	7.8	0.2	31.2	26.0
Sok żołądkowy. <i>Magensaft</i> . Rosemann ²⁾	25.0	30.7	0.2	0.5	67.1	0.3
Sok trzustkowy. <i>Pankreassaft</i> . Schumm; Bidder u. Schmidt ³⁾	330.0	24.9	15.9	3.0	180.0	10.0
Żółć. <i>Galle</i> . Klinke ⁴⁾	331.2	20.6	14.0	—	346.4	14.6
Sok jelitowy. <i>Darmsaft</i> .	325.0	24.0	11.0	1.5	267.0	3.0
Surowica. <i>Serum</i> . Abderhalden ⁵⁾	320.0	19.0	8.1	2.4	402.0	3.5
Limfa. <i>Lymphe</i> . Meyer-Bisch, Gorup-Besanez ⁶⁾	283—360	16—27	9.6—13.4	2.7	295.0	2.7—12.7

¹⁾ Hammerbacher. 1881. Z. f. physiol. Ch. 5, cyt. wg: Oppenheimer, Handb. d. Bioch. 4 (476).

²⁾ Rosemann. 1907. Pflüg. Arch. 118, cyt. wg: Oppenheimer, Handb. d. Bioch. 4 (539).

³⁾ Schumm. 1902. Z. f. physiol. Ch. 36, cyt. wg: Oppenheimer, Handb. d. Bioch. 4 (580); Bidder u. Schmidt. 1852. Die Verdauungssäfte u. d. Stoffwechsel, cyt. wg: Auerbach u. Pick ('12).

⁴⁾ Klinke. 1928. Neue Ergebnisse d. Calciumforschung. Ergebn. d. Physiol. 26 (dane udzielone przez Tschopp'a).

⁵⁾ Abderhalden. 1898. Z. f. physiol. Ch. 25, cyt. wg: Zondek. 1927. Die Elektrolyte.

⁶⁾ R. Meyer-Bisch. 1926. Physiologie u. Pathologie d. Lymphbildung. Ergebn. d. Physiol. 25; Gorup-Besanez. 1878. Lehrb. d. physiol. Chemie (381).

W omawianej tabeli rzuca się w oczy stężenie sodu, które pozostaje niemal identyczne dla żółci oraz soków trzustkowego i jelitowego. Wartość ta wynosi średnio 320% mg. Być może, iż z tą koncentracją, która charakteryzuje zresztą również krew i limfę, związane są pewne właściwości soków. Odmienne zachowuje się chlor — występują tu wahania dość znaczne. Prawdo-

podobne jest, iż stała zawsze ilość sodu pokryta jest częściowo przez jon Cl' , częściowo przez — HCO'_3 .

Z odpowiednich doświadczeń wynika, iż dwuwęglan sodowy, zawarty w soku, jest intensywniej resorbowany, niż inne składniki. Mówiłoby to o pewnem oszczędzaniu zasad przez organizm, co tak mocno zostało podkreślone przez CUSHNY'EGO ('17) w jego monografji o sekrecji moczu. Fakt ten stałby również w zgodzie z wynikami badań HELZERA ('25), który doszedł do wniosku, iż ściana jelita czynny przyjmuje udział w regulowaniu stężenia jonów wodorowych w organizmie przez usuwanie ich nadmiaru. Zgadza się to wreszcie z wynikami GUMILEWSKIEGO i RABINOWITSCHA, którzy przy określaniu ilości wydzielonego soku drogą miareczkowania pozostałości kwasem siarkowym znajdowali nadmierną ilość chloru. Autorowie ci starają się wytłumaczyć tę niezgodność, przyjmując, iż chlorek sodowy, poza ilością wydzielaną jako składnik soku, dostaje się do światła jelita drogą dyfuzji z krwiobiegu. Założenie takie, całkiem dowolne, okaże się zbyt bezsensowne, skoro przyjmiemy fakt intensywniejszego odciągania przez ścianę jelita dwuwęglanu, niż innych składników soku.

V. Streszczenie wyników.

1°. Po wprowadzeniu do pętli jelita wody stwierdzamy w cieczy pozostałej obecność Na, K, Ca, Mg, Cl i P. To samo ustalono w przypadku podania do pętli wodnych roztworów glukozy, soli obojętnej, oraz kwasów i ługów.

2°. Analizy cieczy, pozostałej po wprowadzeniu do pętli wymienionych wyżej roztworów, wykazały, iż stosunek poszczególnych jonów w tej cieczy jest stale ten sam, niezależnie od tego, czy do jelita podano wodę, kwas lub ług. Wynika z tego, iż proporcja, w jakiej zjawiają się w cieczy pozostałej składniki mineralne, nie jest zależna ani od stężenia jonów wodorowych wprowadzonego roztworu, ani też od jego chemicznych właściwości.

3°. Przeciętny skład mineralny soku jelitowego] wyrażony w $\frac{\%}{\%}$ mg jest następujący: 325 Na, 24 K, 11 Ca, 1.5 Mg, 267 Cl i 3 P.

4°. Porównanie ustosunkowania poszczególnych jonów w pozostałości podanego do pętli jelita roztworu ze składem mineralnym soku jelitowego doprowadza do wniosku, iż zjawiające się

w treści jelita składniki mineralne są produktem li tylko czynności wydzielniczej gruczołów jelita.

5°. Z mieszaniny mineralnej o składzie soku jelitowego, wprowadzonej do pętli, Na, K, P chłonięte są w tym stosunku, w jakim zostały podane, Ca i Mg natomiast ulegają resorbcji powolniej, niż jony poprzednio wymienione. Stąd ilość podanego do pętli Ca i Mg albo tylko nieznacznie się zmniejsza, albo nawet ilość znajdująca w cieczy pozostałej jest wyższa od wprowadzonej. W razie obecności białka w roztworze podanym, stale znajdujemy zwiększenie ilości azotu.

6°. Specjalnie przeprowadzone serje doświadczeń nad zachowaniem się dwuwęglanu w jelicie cienkiem wykazały, że NaHCO_3 jest intensywnie pobierany przez powierzchnię chłonną jelita. Stwierdzenie tego faktu podważa zasadę stosowanego przez niektórych autorów (GUMILEWSKI, RÖHMANN i RABINOWITSCH) sposobu obliczania natężenia sekrecji jelitowej, opartego na oznaczeniach węglanów w cieczy pozostałej.

7°. W zestawieniu, podanem w tabeli IX-ej, zwrócono uwagę na wybitną różnicę składu mineralnego śliny i soku żołądkowego z jednej strony, pozostałych soków trawiennych z drugiej. Pierwsze charakteryzują się dużą zawartością potasu, ostatnie — składem bardzo zbliżonym do składu osocza krwi i limfy. Podobieństwo składu soków z odcinka przewodu pokarmowego, przede wszystkim sprawie chłonięcia służącego, ze składem środowiska wewnętrznego ustroju nasuwa myśl, iż taki skład właśnie odpowiada warunkom optymalnym dla funkcji jelita cienkiego.

Piśmiennictwo.

- Amberg S. and G. Lawyer. 1926. Studies on Thiry-Vella fistula in dogs. *Americ. Journ. of Physiol.* 76. Bálint M. 1924. Jodometrische Mikrobestimmung des Natriums. *Bioch. Zeitschr.* 150. Bell R. D. and E. A. Doisy. 1920. Rapid colorimetric methods for the determination of phosphorus in urine and blood. *Journ. biol. Chem.* 44. Białaszewicz K. 1927. O składzie mineralnym komórek jajowych. *Prace Inst. im. Nenckiego.* 3. Briggs A. P. 1922. A modification of the Bell-Doisy phosphate method. *Journ. biol. Chem.* 53. Clementi A. 1924. Recherches sur le mécanisme de la stimulation de la sécrétion de l'anse de Vella par l'introduction de solution de cristaalloïdes dans sa lumière. *Arch. internat. de Physiol.* 23. Cobet R. 1921. Über Kochsalzresorption im unteren Dünndarm. *Bioch. Zeitschr.* 114. Cushny A. R. 1917. The secretion of urine. Goldschmidt and Binger C.

1919. *Americ. Journ. of Physiol.* 58. Cytowane według Goldschmidta ('21). **Goldschmidt S.** 1921. On the mechanism of absorption from the intestine. *Physiol. Reviews.* 1, Nr. 3. **Gumilewski.** 1886. Über Resorption im Dünndarm. *Arch. f. d. ges. Physiol.* 39. **Hay M.** 1884. An experimental investigation of the physiological action of saline cathartics. *Journ. of Anat. a. Physiol.* Cytowane według Clementiego ('24). **Heidenhain R.** 1894. Neue Versuche über die Aufsaugung im Dünndarm. *Arch. f. d. ges. Physiol.* 56. **Helzer J.** 1925. Regulierung der H-Jonenkonzentration durch die Darmwand. *Bioch. Zeitschr.* 166. **Höber R.** 1898, 1899, 1901. Über Resorption im Dünndarm. *Arch. f. d. ges. Physiol.* 70, 74, 86. **Höber R.** 1908. Artykuł w Handbuch: Die physikalische Chemie und Medizin Korányiego i Richtera. **Knaffl-Lenz E.** und **S. Nogaki.** 1925. Über die Resorption aus ausgeschalteten Darmschlingen. *Arch. f. d. exp. Pathol. u. Pharmacol.* 105. **Kramer B.** and **F. F. Tisdall.** 1921. A simple method for the direct quantitative determination of sodium in small amounts of serum. *Journ. biol. Chem.* 46. **Kramer B.** and **F. F. Tisdall.** 1921. A clinical method for the quantitative determination of potassium in small amounts of serum. *Journ. biol. Chem.* 46. **Kramer B.** and **F. F. Tisdall.** 1921. The direct quantitative determination of sodium, potassium, calcium and magnesium in small amounts of blood. *Journ. biol. Chem.* 48. **Kramer B.** and **F. F. Tisdall.** 1921. A simple technique for the determination of calcium and magnesium in small amounts of serum. *Journ. biol. Chem.* 47. **Liebig.** 1839. Untersuchungen üb. die Mineralquellen und Bemerkungen üb. die Wirkung der Salze auf den Organismus. Wiesbaden. Cytowane według Clementiego ('24). **Mac Callum.** 1903-4. On the action of saline purgatives on rabbits and contraction of their effect by calcium. *Amer. Journ. of Physiol.* 10. **Mac Callum.** 1903-4. On the application of solutions of saline purgatives to the peritoneal surfaces on the intestine. *Amer. Journ. of Physiol.* 10. **Mac Callum.** 1904. Über die Wirkung der Abführmittel und die Hemmung ihrer Wirkung durch Calciumsalze. *Arch. f. d. ges. Physiol.* 104. **Malikiewicz Z.** 1924. O chłonięciu niektórych soli nieorganicznych w jelicie cienkim. *Prace Instytutu im. Nenckiego.* 2. **Poiseuille.** *Rech. exper. sur les mouvements des liquides dans les tubes de petit diamètre.* Paris 1820. C. R. XIX, 1844. Cytowane według Clementiego ('24). **Rabinowitsch J.** 1927. Factors influencing the absorption of water and chlorides from the intestine. *Americ. Journ. of Physiol.* 82. **Reid-Waymouth E.** 1902. On the intestinal absorption of solutions. *Journ. of Physiol.* 28. **Röhmman F.** 1887. Über Secretion und Resorption im Dünndarm. *Arch. f. d. ges. Physiol.* 41. **de Waard D. J.** 1919. Eine Mikrobestimmung des Calciums in Blut, Serum und anderen organischen Substanzen. *Bioch. Zeitschr.* 97. **Wallace and Cushny.** 1899. Über Darmresorption und die salinischen Abführmittel. *Arch. f. d. ges. Physiologie.* 77. **Vulpian.** 1873. Leçons sur l'appareil vasomoteur. *Gazette Médicale.* Cytowane według Clementiego ('24).

[Zakład Fizjologii Ogólnej Wolnej Wszechnicy Polskiej. Praca № 3]

E. Grinwald.

Badanie czynników rozwoju hodowli pierwotniaków. Czy istnieje zjawisko allelokatalizy w hodowlach *Colpidium colpoda* Ehrbg.

Recherches sur les facteurs du développement des cultures de microorganismes. L'action de la substance allelocatalytique apparaît-elle dans les cultures du Colpidium colpoda Ehrbg.?

Rękopis nadestany w dniu 29. XI. 1923 r.

On n'est pas d'accord jusqu'à présent sur la question des facteurs déterminant le développement quantitatif, pas plus que de ceux déterminant le dépérissement dans les cultures de microorganismes. D'après les résultats des recherches de FINE ('12), WOODRUFF ('11, '12, '13), PETERS ('06), J. et T. VIEWEGER ('18, '19, '21, '22), CUTLER et CRUMP ('23, '24, '25), le facteur principal consiste dans des qualités nutritives, dans la composition chimique et dans les conditions d'échanges gazeux en un milieu de culture. ROBERTSON ('21—'24) est d'un autre avis. Selon lui—en ce qui concerne le développement d'une culture—il s'agit de l'intervention spécifique de la substance »allelocatalytique«, produite par les infusoires eux mêmes au moment de leur division; et c'est à l'action de ce produit spécifique du métabolisme qu'il attribue le fait, d'après lequel deux individus, mis dans une goutte de liquide, se multiplient plus-vite, qu'un seul; et c'est grâce à l'allelocatalyse que le développement des infusoires dans une culture acquiert, selon ROBERTSON, le caractère d'autocatalyse, c. à d., que la multiplication des infusoires dans la culture donnée se poursuit d'une manière accélérée au début du développement.

Le but que j'ai poursuivi durant mes recherches a été — d'essayer de déterminer: a) si le mode de développement dans

la culture décrite par ROBERTSON est — dans le sens quantitatif — général; b) si l'on peut prouver la présence d'alloecatalyse dans les conditions décrites par ROBERTSON?

J'ai fait mes expériences avec l'infusoire, *Colpidium colpoda* Ehrbg. Les „cultures-mères“ de cet infusoire ont été installées dans des bocaux cylindriques, de 1 litre env., dans une infusion de foin. On a fait des observations sur le développement quantitatif des infusoires dans des cultures de ce genre. De temps à autre on isolait de la „culture-mère“ un ou plusieurs individus devant servir comme point de départ pour des „cultures individuelles“ et on les mettait dans des gouttes de liquide de différents volumes.

Afin d'obtenir les milieux de culture renfermant les produits du métabolisme cellulaire dans les concentrations voulues, on a appliqué les „lavages“ d'infusoires dans une infusion fraîche de foin. Ces lavages ont été pratiqués une ou plusieurs fois suivant les besoins. Après les dits lavages les infusoires ont été mis dans des „gouttes de séjour“ et y laissés. Les volumes du liquide de lavage variaient: de 5 mm³ à 5000 mm³. Le degré de dilution du liquide de la „culture-mère“ variait: de 2 — à 900.000 fois.

On peut distinguer les séries des expériences faites comme suit:

1. Expériences, dans lesquelles on a introduit dans des gouttes du même volume des infusoires en question en différents nombres. On a noté le nombre des infusoires après 24 et 48 h. (tabl. I). Des expériences dans le même sens ont été répétées sur la culture VII, dont le développement quantitatif a été suivi depuis le 3-ème au 30-ème jour de son existence (tabl. VII).

2. Expériences où l'on mettait dans des gouttes de différent volume toujours le même nombre initial d'individus (tabl. II).

3. Expériences de contrôle, dans lesquelles le volume du liquide „de lavage“ changeait dans un sens inverse à celui du liquide „de séjour“. De cette façon a été réalisé le même degré de dilution des produits du métabolisme provenant de la „culture mère“ (tabl. III).

4. Expériences dans lesquelles on a noté la vitesse de multiplication des infusoires dans les délais de temps de 6, 12, 24 h. (tabl. IV). Ces expériences ont permis de constater que la durée de „lag-period“ influe de la même manière sur la vitesse

du développement des cultures renfermant aussi bien un seul que deux individus.

5. Expériences avec un ou plusieurs „lavages“ répétés des infusoires (tabl. V).

Les résultats obtenus sont les suivants:

1°. L'introduction de 2, 3 infusoires, au lieu d'un seul, dans une goutte de liquide (de volume depuis 1 jusqu'à 90 mm.³) n'accélère pas la vitesse de leur multiplication (tabl. I, II). Au contraire on constate plutôt une diminution du nombre des divisions, — diminution surtout visible, si le nombre des infusoires introduits est plus grand et le séjour dans le liquide plus long.

2°. Dans les gouttes de liquide très petites (jusqu'à 12.5 mm³) la vitesse de multiplication est moindre que dans les gouttes d'un volume plus grand. Depuis 12.5 mm³ le volume du liquide n'influe pas sur le nombre des divisions (tabl. II).

3°. Le „lavage“ des infusoires provenant de la „culture-mère“ avec du liquide frais n'accélère pas leur vitesse de multiplication. Au contraire on peut constater plutôt l'influence nocive des lavages répétés (choc traumatique) (tabl. V).

4°. On n'a pas constaté l'influence allelocatalytique dans les cultures de *Colpidium colpoda*. Il est à remarquer, que cette conclusion est fondée sur les nombreuses séries d'expériences dans lesquelles on a étudié: a) la multiplication des infusoires provenant de cultures de différents âges, b) on a lavé les infusoires 1 ou 2 fois, c) on a appliqué le même degré de dilution des produits du métabolisme cellulaire (milieu de „culture-mère“) dans les gouttes de liquide renfermant au début un seul ou deux individus, d) on a fait diluer le milieu de la „culture-mère“ depuis 2 jusqu'à 900.000 fois.

5°. La vitesse de multiplication des infusoires pendant les premiers jours du développement de la culture reste en rapport intime avec les valeurs nutritives, le volume, la surface libre et la hauteur de la colonne liquide (tabl. VIII, IX, X). Les conditions énumérés font, que cette multiplication est accélérée ou non pendant les premiers jours du développement.

6°. Dans les cultures plus âgées la vitesse de multiplication des infusoires diminue. Le changement de la vitesse de multiplication reste en rapport intime avec la diminution de la valeur nutritive du milieu.

Le ralentissement de la multiplication s'observe d'autant plus vite que la valeur nutritive du milieu de culture est moindre. Il semble, en general, qu'il faille rechercher la cause du changement dans la vitesse de multiplication des infusoires dans les cultures, plutôt dans les conditions physico-chimiques de la culture, que dans l'action d'une substance spécifique, non-définie et non démontrée jusqu'à présent.

Dotychczasowe poglądy na sprawę rozmnażania się i zanku pierwotniaków w hodowlach są dość rozbieżne.

Według PETERSA ('06, '07, '08) przyczyny, regulujące zaludnienie hodowli, są zależne od zmian fizyko-chemicznych środowiska. Z prac FINE'A ('12) i WOODRUFFA ('11, '12) wynikałoby, że przyczyny te są raczej charakteru biologicznego i tkwią w samej plazmie komórki. W późniejszych swoich pracach wysuwa WOODRUFF ('13) przedewszystkiem działanie produktów przemiany materji. Działanie produktów przemiany materji jest przytem, zdaniem WOODRUFFA, ściśle specyficzne. Może być ujemne w stosunku do pierwotniaków tego samego gatunku, dodatnie w stosunku do osobników odrębnego gatunku. Wyczerpaniu się pokarmu w hodowlach oraz gromadzeniu się produktów przemiany materji należy przypisać wymieranie hodowli pierwotniaków po okresie mniej lub więcej krótkotrwałego rozwoju. J. i T. VIEWEGEROWIE ('18, '19, '21, '22) wykazali, że działanie ujemne produktów przemiany materji nie zawsze występuje w hodowlach pierwotniaków i że rozwój hodowli w pierwszym rzędzie uwarunkowany jest przez zawartość w niej pokarmu. W miarę wieku hodowli i braku pokarmu zdolność mnożenia się pierwotniaków zmniejsza się. Dodawanie do hodowli w okresie głodu świeżej pożywki powoduje powrót jej do normalnego stanu.

W dalszych badaniach J. i T. VIEWEGEROWIE rozróżniają dwa typy hodowli: trofo- i heterodynamiczne. W hodowlach trofodynamicznych działanie ujemne produktów przemiany nie występuje, rozwój hodowli zależny jest od ilości pokarmu. W tych warunkach zwiększanie się liczby wymoczków w pierwszych dniach rozwoju hodowli zachodzi według krzywej wykładowiczej, t. j. przyrosty mas pozostają w stosunku prostym do aktualnej masy żywej zarodki. Z chwilą wyczerpania pokarmu zachodzi zwolnienie tempa rozwoju i odechylenie od

krzywej wykładniczej. W hodowlach heterodynamicznych, jak to wynika z pracy MĘDRKIEWICZÓWNY ('21), wyraźnie wystąpić może działanie ujemne produktów przemiany materji.

Z nowszych prac nad omawianem zagadnieniem na szczególną uwagę zasługują prace ROBERTSONA ('23, '24), który wprowadza w grę nowy czynnik, t. zw. substancję „allelokatalityczną“. Substancja powyższa, wytwarzana przez komórkę w okresie jej podziału, działałaby w sposób dodatni na mnożenie się wymoczków. Zbytne jednak nagromadzenie się powyższej substancji allelokatalitycznej wywierałoby wpływ ujemny. Działaniu tej substancji przypisuje ROBERTSON dodatni wpływ współżycia większej ilości osobników w jednej kropli na ich mnożenie. Rzeczywiście z obserwacji ROBERTSONA wynika, że dwa wymoczki, przeniesione do małej kropli cieczy, wykazują większą podzielność, aniżeli pojedyncze osobniki w tych samych warunkach. Gromadzenie się allelokatalitycznej substancji w hodowlach powoduje zatem przyspieszenie podziałów pierwotniaków i nadaje mnożeniu się charakter procesu autokatalitycznego: szybkość przyrostu masy żywej zarodki wzrasta w początkowych stadiach rozwoju hodowli.

Badania CUTLERA i CRUMPA ('23, '24, '25) nie potwierdziły wywodów ROBERTSONA. Autorowie powyżsi nie stwierdzili zjawiska allelokatalizy. Skonstatowali natomiast, że stopień podzielności pierwotniaków zależy od ilości pokarmu, zawartego w hodowli.

Zadaniem pracy mojej było sprawdzenie, czy podawany przez ROBERTSONA przebieg rozwoju ilościowego hodowli pierwotniaków można uważać za ogólny i czy działanie substancji allelokatalitycznej da się rzeczywiście wykazać.

M e t o d y k a.

Doświadczenia wykonywałam na wymoczkach *Colpidium colpoda* Ehrbg. Hodowle „macierzyste“ wymoczków sporządzałam w szklanych słojach pojemności litrowej w pożywce sianowej. W tym celu przygotowywałam stężony wywar sianowy, który rozcieńczałam w stosunku 5 na 100 wodą przegotowaną. Wszystkie opisywane doświadczenia były wykonane w temp. 20°. W tej samej temperaturze przebywały również i hodowle. Z hodowli „macierzystych“ wyodrębniałam w miarę potrzeby pojedyncze osobniki i przenosiłam do hodowli „małych“ na klocek lub w kroplach, umieszczanych w komorach wilgotnych. Sposób wykonywania doświadczeń był następujący. Z pożywki, zawierającej pewną ilość wymoczków z hodowli macierzystej, wyławiałam przy pomocy pipety włoskowej pojedyncze osobniki z wiadomą ilością cieczy (zazwyczaj 0.003 cm³) i przenosiłam do kropli. W szeregu doświadczeń stosowałam, w celu usunięcia lub osłabienia działania produktów przemiany materji, „przemywanie“ wymoczków. Odbywało się to w ten sposób, że pewna ilość osobników z hodowli „macierzystej“ przenoszona była przy pomocy

pipety w 0.003 cm^3 płynu do $\frac{1}{2} \text{ cm}^3$ świeżej pożywki na szkiełku wydrążonym. Stamtąd pojedyncze osobniki przenoszone były również w 0.003 cm^3 płynu do kropli 50 mm^3 świeżej pożywki. W przypadku, gdy szło o kilkakrotne przemywanie, wymoczki były przenoszone w identyczny sposób jeszcze raz (lub więcej) do kropli 50 mm^3 i umieszczane w kropli, w której ostatecznie pozostawały.

Do pomiarów objętości kropli służyły mi specjalnie sporządzone pipety z podziałką milimetrową. Średnica rurek wynosiła 0.32 mm , pozwalało to dokładnie odmierzać krople cieczy objętości od 0.5 do 90 mm^3 . Ilość podziałów w hodowlach sprawdzałam przeważnie po 24 godzinach, licząc wymoczki pod lupą binokularną. W hodowlach „macierzystych“ śledziłam rozwój hodowli przy pomocy szkiełka pomiarowego, według metody opisanej przez J. i T. VIEWEGERÓW (18).

Wszelkie doświadczenia, opisane w pracy niniejszej, wykonywane były wielokrotnie; w przypadkach zacytowanych podaję przeciętną z wyników poszczególnych seryj.

Opis doświadczeń. Wyniki.

Jak wyżej wzmiankowałam, z doświadczeń ROBERTSONA wynikałoby, że istnieje specyficzna substancja allelokatalityczna, działająca przyspieszająco na podzielnosć wymoczków.

W doświadczeniach moich starałam się stwierdzić, czy istotnie działanie powyższe da się wykazać.

Przedewszystkiem należało się przekonać, czy wzajemne oddziaływanie przyspieszające podział, opisywane przez ROBERTSONA, rzeczywiście występuje po wyodrębnieniu dwu lub więcej wymoczków w jednej kropli cieczy. W celu rozwiązania powyższego zagadnienia wykonałam szereg doświadczeń, w których wprowadzałam do kropli o jednakowej wielkości różne ilości (od 1—4) wymoczków. Doświadczenia były wykonane w kilku serjach równoległych z kroplami o różnej wielkości. Wszystkie wymoczki pochodziły z jednej i tej samej hodowli. Wyniki zestawiałam w tabeli I, zaznaczając ilości osobników oraz ilości podziałów po upływie 24 godz.¹⁾ Doświadczenia prowadziłam w przeciągu dni 5, przenosząc odpowiednią ilość wymoczków do nowej kropli.

Doświadczenie, jak widzimy, nie potwierdziło założeń ROBERTSONA; przeciwnie w kroplach, zawierających początkowo więk-

¹⁾ W tabeli I-ej podaję wyniki z I-go dnia pobytu wymoczków w kropli. Nie podaję wyników z dni następných, ponieważ nie wnoszą one nic nowego.

szą ilość osobników (3—4), podzielność była raczej mniejsza, aniżeli w kroplach, do których wprowadzono pojedyncze osobniki. Ilości ostateczne wymoczków, notowane w kroplach po 24 godzinach, zbliżają się do siebie.

Nie wchodząc w bliższą analizę powyższego zjawiska, zaznaczę, że wynik otrzymany, t. j. mniejszą ilość podziałów w kroplach o większej początkowo zawartości wymoczków, przypisać należy, mojem zdaniem, szybszemu wyczerpaniu się pokarmu w kropli.

Tabela I.

Wpływ ilości wprowadzonych do kropli wymoczków na ich szybkość mnożenia się. Przeciętą z 15 seryj doświadczeń.

Influence du nombre initial des infusoires dans la goutte sur la vitesse de leur multiplication. Moyenne de 15 séries d'expériences.

Objętość kropli w mm ³	Ilość wymoczków wprowadzonych <i>Nombre initial d'infusoires</i>							
	1		2		3		4	
Volume du liquide en mm ³	Ilość osobników (a) oraz ilość podziałów (b) po 24 godz. <i>Nombre d'individus (a) et nombre de divisions (b) après 24 h.</i>							
	a	b	a	b	a	b	a	b
1	9	3.1	17	3.0	18	2.5	22	2.4
5	12	3.5	29	3.8	33	3.3	40	3.2
10	21	4.3	42	4.3	38	3.6	55	3.7
15	24	4.5	44	4.4	54	4.1	60	3.9
30	27	4.7	49	4.5	68	4.4	82	4.3
50	36	5.1	70	5.1	85	4.7	93	4.4
70	39	5.2	58	4.8	86	4.7	97	4.5
90	39	5.2	77	5.2	80	4.7	113	4.8

W doświadczeniach opisanych widoczny jest pozatem wyraźny wpływ objętości kropli na szybkość mnożenia, a mianowicie wolniejsze mnożenie w kroplach małych.

W celu bliższego zanalizowania tego ostatniego zjawiska wykonałam szereg doświadczeń, w których starałam się zbadać bardziej dokładnie wpływ wielkości kropli. W doświadczeniach omawianych wprowadzałam pojedyncze wymoczki do kropli objętości od 0.08 — 100 mm³; równocześnie prowadziłam hodowle-kontrolne w 1/2 cm.³ cieczy na klocku. Wyniki, zestawione w tabeli II, pozwalają stwierdzić, że wielkość kropli odgrywa w pewnych granicach znaczną rolę w szybkości mnożenia się *Colpidium*. Podzielność wzrasta wraz z objętością kropli (0.08—10

mm³). Powyżej 12.5 mm³ wielkość kropli nie odgrywa roli i podzielność wymoczków nie ustępuje szybkości mnożenia się w klockach.

Wynik powyższych doświadczeń nasuwa następujące uwagi. Po pierwsze stwierdzamy, że w kroplach małych wpływ dodatni symbiozy komórek nie występuje. Przeczy to o tyle założeniu ROBERTSONA, że w kroplach małych stężenie substancji allelokatalitycznej powinno prędzej dochodzić do pewnego optimum, niż w kroplach dużych.

Tabela II.

Wpływ objętości cieczy na szybkość mnożenia się *Colpidium colpoda*. Do każdej kropli wprowadzono 1 osobnika. Przeciętna z 15 seryj doświadczeń. Ilość podziałów w kontroli ($\frac{1}{2}$ cm³) 4.7 na dobę.

Influence du volume du liquide sur la vitesse de multiplication du Colpidium colpoda. Dans chaque goutte du liquide on a introduit un seul infusoire. Moyenne de 15 séries d'expériences. Nombre des divisions dans la culture-contrôle ($\frac{1}{2}$ cm³) 4.7 par 24 h.

Objętość kropli w mm ³ — Volume du liquide en mm ³																						
0.08	0.16	0.25	0.5	1	3	5	7.5	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25	27.5	30	35	40	60	80	100	
Ilość osobników (a) oraz ilość podziałów (b) po 24 godz. <i>Nombre des infusoires (a) et nombre des divisions (b) après 24 h.</i>																						
a	2.6	2.9	4	6	7	16	20	30	30	35	36	36	37	36	42	40	36	37	25	35	35	38
b	1.3	1.4	2	2.5	2.7	4	4.2	4.9	4.9	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.3	5.3	5.1	5.2	4.6	5.1	5.1	5.2

Ponadto nasuwa się uwaga co do samej przyczyny hamującego działania małych objętości cieczy. Odpowiedź na powyższe pytanie nie jest jednakże prosta. Obserwacje nad bardzo małymi kroplami pouczają, że wymocзки mogą podlegać w nich zniekształceniu mechanicznemu; może wchodzić w grę również działanie zbyt szybkiej dyfuzji gazów (np. tlenu), gromadzenie nie-lotnych produktów przemiany materji lub wreszcie, w myśl poglądów ROBERTSONA, można się spodziewać w kroplach bardzo małych działania hamującego, wskutek zbyt znacznego stężenia produktów podziałowych.

Ten ostatni zarzut mógł się wydawać o tyle słuszny, że do kropli wprowadzałam minimalną lecz dość znaczną (jak na jej wielkość) ilość płynu z hodowli „macierzystej“. W celu wyświeślenia tego ostatniego punktu poczyniłam szereg doświadczeń, w których starałam się nadać jednakowy stopień stężenia produktom podziałowym w kroplach dużych i małych.

Doświadczenia wykonane były w ten sposób, że stosowałam krople dwóch wielkości: 0.5 i 50 mm³, przyczem do pierwszych wprowadzałam wymoczkę przemytą w 500 mm.³ ciecży świeżej, a do drugich — przemytą w 5 mm³. W ten sposób stopień rozcieńczenia pożywki hodowli „macierzystej“ został wyrównany. Doświadczenie wykazało, że i w tych warunkach szybkość mnożenia się w kropli małej jest mniejsza, aniżeli w kropli dużej (tabela III).

Tabela III.

Wpływ ilości wymoczków w kropli na szybkość mnożenia się. Stężenie płynu hodowli „macierzystej“ w obu kroplach jednokowe. Przeciętą z 16 doświadczeń.

Influence du nombre initial des infusoires dans la goutte sur leur vitesse de multiplication. La dilution du liquide de „culture-mère“ est la même dans les deux gouttes. Moyenne de 16 séries d'expériences.

Objętość kropli, w której przemywano wymoczkę w mm ³ <i>Volume du liquide „de lavage“</i>	Objętość kropli ostatecznej <i>Volume du liquide „de séjour“</i>	Ilość wymoczków wprowadz. <i>Nombre initial des infusoires</i>	
		1	2
500	0.5	7	10
5	50	14	19

A zatem przyczyn mniejszej szybkości mnożenia się w kroplach bardzo małych nie należy przypisywać w danym przypadku — działaniu hamującemu „substancji podziałowej“.

Zgodnie z koncepcją ROBERTSONA działanie substancji podziałowej ujawnia się dopiero po pierwszym podziale komórki. Nasuwała się wątpliwość, czy w doświadczeniach, opisywanych wyżej, długość pierwszego okresu przedpodziałowego, t. zw. „lag-period“, nie wpływa w sposób zaciemniający na interpretację doświadczeń (ROBERTSON '24).

Dla wyjaśnienia tego punktu w szeregu doświadczeń ilość wymoczków sprawdzana była po 6, 12, 24 godz. od chwili wprowadzenia do kropli. Jak wynika z załączonej tabeli IV, tempo podziałów nie wykazuje wyraźnych różnic w ciągu 24 godzin w przypadku wprowadzenia jednego lub dwóch osobników. Stąd można wnioskować, że ilość wprowadzonych osobników nie wpływa na podzielność wymoczków zarówno w pierwszych fazach ich pobytu w kropli, jak i w dalszych.

Z doświadczeń wyżej opisanych wynikałoby, że działanie substancji allelokatalitycznej nie da się stwierdzić w warunkach dotychczas rozpatrywanych.

Nasuwała się jednak wątpliwość, czy pożywka z hodowli „macierzystej“, stosowana w moich doświadczeniach, zawierała powyższą substancję w odpowiednim stężeniu.

Tabela IV.

Przebieg mnożenia się w czasie 24 godzin. Przeciętna z 12 doświadczeń.
Multiplication des infusoires pendant 24 h. de séjour dans la goutte.
Moyenne de 12 expériences.

Ilość wymoczków wprowadzonych <i>Nombre initial des infusoires</i>						
Ilość godzin od początku doświadczenia <i>Nombre des heures depuis le commencement de l'expér.</i>	1			2		
	6	12	24	6	12	24
Ilość osobników <i>Nombre d'infusoires</i>	1.5	3.8	33.0	2.8	8.4	58.0
Ilość podziałów <i>Nombre de divisions</i>	0.5	1.9	5.0	0.4	2.0	4.8

Zdaniem ROBERTSONA (p. w.) działanie dodatnie substancji podziałowych występuje tylko w pewnym określonym stężeniu, w stężeniu wyższym substancja ta działa ujemnie. Powyższa różnica uwydatnia się zwłaszcza (ROBERTSON '24) w doświadczeniach z wymoczkami przemywanymi. W tym ostatnim przypadku pierwsze przemywanie pojedynczego osobnika powoduje efekt dodatni, przemywanie drugie działa natomiast ujemnie wskutek usuwania czynnika katalitycznego z plazmy. Przy wprowadzaniu dwóch osobników do kropli przemywanie pojedyncze i podwójne daje wynik dodatni.

W doświadczeniach, do których opisu przystępuję obecnie, zależało na znalezieniu tych optymalnych warunków stężenia, w jakich działanie allelokatalityczne może zachodzić. Wykonałam serję doświadczeń, w której wymoczki brane z hodowli „macierzystej“ były przed wprowadzeniem do kropli ostatecznej myte lub nie. Doświadczenia wykonałam w kropli o objętości 50 mm.³, aby usunąć całkowicie wpływ ujemny zbyt małej kropli.

Jednocześnie prowadziłam obserwacje w kroplach, do których wprowadzałam pojedyncze osobniki myte jeden raz, myte dwa razy lub niemyte. Równolegle prowadziłam identyczną serję doświadczeń z wprowadzaniem dwu osobników (tabela V). Ponadto załączam wyniki serji doświadczeń, różniących się objętością kropli „prześciowej“, w której wymoczki były przemywane (od 5 do 5000 mm³) (tabela VI). Zaznaczyć należy, że stopień rozcieńczenia pożywki hodowli w kropli ostatecznej w tych doświadczeniach wynosił: dla niemytych około 50 razy, dla mytych od 3 do 900 tysięcy razy.

Tabela V.

Wpływ stopnia przemywania wymoczków na ich podzielność. Serja I—przeciętna z 10 dośw. Serja II — przeciętna z 10 dośw. Serja III — Pojedyncze doświadczenie 48-godzinne.

Influence du nombre „de lavages“ sur la multiplication des infusoires. Série I.— moyenne de 10 expér. Série II.— moyenne de 10 expér. Série III. — une seule expérience durant 48 h.

Ilość osobników (a) oraz ilość podziałów (b) po 24 g. <i>Nombre d'infusoires (a) et nombre de divisions (b) après 24 h.</i>						
	niemyte <i>non lavés</i>		myte 1 raz <i>lavés 1 fois</i>		myte 2 razy <i>lavés 2 fois</i>	
	a	b	a	b	a	b
Serja I — <i>Série I</i> wprowadz. 1 osob. <i>on a introduit 1 infus.</i>	23	4.4	30	4.9	29	4.8
wprowadz. 2 osob. <i>on a introd. 2 infus.</i>	59	4.8	50	4.5	48	4.5
Serja II — <i>Série II</i> wprowadz. 1 osob. <i>on a introd. 1 infus.</i>	40	5.2	33	5	—	—
wprowadz. 2 osob. <i>on a introd. 2 infus.</i>	67	5	45	4.4	—	—
	24 g (24 h)	48 g (48 h)	24 g (24 h)	48 g (48 h)	24 g (24 h)	48 g (48 h)
Serja III — <i>Série III</i> wprowadz. 1 osob. <i>on a introd. 1 infus.</i>	24	124	12	118	—	—

W załączonej tabeli V jest widoczne, że naogół powtarzane przemywanie nie wywiera wpływu dodatniego na mnożenie się pierwotniaków. Raczej przeciwnie, daje się zauważyć pewne obniżenie podzielności przy stosowaniu większej ilości przemywań. To ostatnie zjawisko nie może nas dziwić i przyczyn jego nie należy bynajmniej poszukiwać w działaniu czynni-

ków katalitycznych, Raczej należy uwzględnić moment „wstrząsu“, nierozłączny z samym procesem przemywania i związanych z tem uszkodzeń, jakich organizm doznaje w czasie przemywania. Doświadczenia, w których kropla „prześciowa“ posiadała różną wielkość, nie wykazują wpływu widocznego na szybkość mnożenia się dwóch wprowadzonych osobników.

Tabela VI.

Wpływ stopnia rozcieńczenia pożywki hodowli „macierzystej“ na podzielnosć. Różna objętość kropli przejściowej. Przeciętna z 12 doświadczeń.

Influence du degré de dilution du liquide „de culture-mère“ sur la multiplication des infusoires. Les gouttes du liquide „de lavage“ ont été des différents volumes. Moyenne de 12 expér.

Objętość kropli, w której przemywano wymoczki w mm ³ <i>Volume du liquide de „lavage“ en mm³</i>	Objętość kropli ostatecznej <i>Volume de la goutte „de séjour“</i>	Ilość wymoczków wprowadz. <i>Nombre initial des infusoires</i>	
		1	2
5	50	14	22
50	50	17	19
500	50	12	20
5000	50	11	21

Ostatnim czynnikiem wreszcie, jaki należało uwzględnić w rozważaniach nad możliwością występowania allelokatalizy, jest wiek hodowli. W hodowlach starych występuje działanie ujemne nieokreślonych bliżej produktów przemiany materji (ROBERTSON). Działanie substancji allelokatalitycznej w tych warunkach może być zagłuszone przez działanie wymienionych czynników hamujących. Nasuwała się wobec tego konieczność stwierdzenia, w jakim momencie rozwoju hodowli występuje zjawisko allelokatalizy.

W tym celu sporządziłam szereg hodowli „macierzystych“ i śledziłam w nich rozwój ilościowy wymoczków. W odstępach jednodniowych wyodrębniałam z hodowli wymoczki i umieszczałam je w kropli płynu świeżego. Doświadczenia były prowadzone w ten sposób, że jednocześnie obserwowałam krople, do których wprowadzałam z hodowli jednego osobnika, i krople, do których wprowadzałam dwa osobniki. Doświadczenia powyższe wykazały, że w żadnym momencie rozwoju hodowli nie da się stwierdzić wyraźne działanie przyspieszające współżycia dwu osobników w jednej kropli (Tabela VII).

Z doświadczeń wyżej opisanych wypływa zatem wniosek następujący: istnienie substancji specyficznej, wytwarzanej przez pierwotniaki, a przyspieszającej ich mnożenie, nie da się stwierdzić w hodowlach *Colpidium*.

Tabela VII.

Zależność podzielnosci wymoczków od wieku hodowli. Wielkość kropli 50 mm³.

Influence de l'age de culture sur la multiplication des infusoires. Volume de la goutte du liquide de „séjour“ 50 mm³.

Ilość dni ubiegłych <i>Nombre des jours écoulés depuis le commenc. de la „culture-mère“.</i>	Ilość wymoczków w 1 cm ² hodowli „macierzystej“ <i>Nombre des infusoires dans 1 cm² du liquide de „culture-mère“.</i>	Ilość wymoczków wprowadzonych do kropli <i>Nombre initial d'infusoires introduits dans la goutte</i>	
		1	2
		Ilość osobników po 24 godz. <i>Nombre d'infusoires après 24 h.</i>	
3	208	24	68
4	1182	27	43
5	2471	14	25
6	3087	16	27
7	3148	9	19
8	2870	10	19
9	2190	10	20
10	2204	14	22
11	1802	10	19
12	1838	8	16
14	1608	5	8
15	1535	6	9
16	946	4	8
18	446	4	5
21	207	4	10
22	24	4	5
24	15	5	5
27	9	5	9
29	9	3	4
30	9	4	7

W dalszej części pracy miałam na widoku zbadanie, czy opisany przez ROBERTSONA przebieg ilościowego rozwoju hodowli jest prawdziwy, czy rzeczywiście zachodzi przyspieszenie mnożenia się wymoczków w pierwszych dniach rozwoju hodowli i czy zjawisko powyższe może być uważane za ogólne. Celem rozwiązania tej kwestji sporządziłam szereg hodowli różnego typu: a) hodowle duże o warunkach dogodnej wymiany gazów, typu opisanego przez J. i T. VIEWEGERÓW ('18), b) hodowle o powierzchni cieczy stosunkowo małej, typu opisanego przez MĘDRKIEWICZÓWNĘ ('21).

W hodowlach powyższych śledziłam rozwój ilościowy wymoczków (tabela VIII). Z doświadczeń tych wynika, że szybkość mnożenia się wymoczków w hodowli zależna jest w wysokim stopniu od stałych fizycznych hodowli, od stosunku jej powierzchni wolnej do objętości cieczy. Szybkość mnożenia wymoczków może przytem w pierwszych dniach rozwoju hodowli wzrastać (hodowla V, III), utrzymywać się w mierze lub też stale się zmniejszać (hodowla I, II).

Tabela VIII.

Wpływ objętości cieczy hodowli (przy jednakowej powierzchni) na szybkość mnożenia się wymoczków. Hodowle o różnej objętości i jednakowej powierzchni wolnej cieczy. (Hodowla I — objętość 382 cm³, II — 260 cm³, III — 136 cm³, IV — 90 cm³, V — 82 cm³). Wpuszczono po 10 osobników.

Influence du volume du liquide de la culture, la surface libre du liquide étant la même, sur la vitesse de multiplication des infusoires. (Culture I — volume 382 cm³, II — 260 cm³, III — 136 cm³, IV — 90 cm³, V — 82 cm³). On a introduit 10 infusoires dans chaque culture.

Ilość dni ubiegłych	N u m e r h o d o w l i N ^o d e l a c u l t u r e				
	I	II	III	IV	V
	Ilość wymoczków w 1 cm ³ hodowli <i>Nombre des infusoires dans 1 cm³ du liquide de la culture</i>				
3	17	13	28	31	92
4	47	54	101	208	343
5	146	152	728	844	1654
6	269	283	912	1290	1830
7	167	210	864	1562	1662
8	196	214	860	1464	1536
9	143	165	812	1176	1342
10	185	341	818	1148	988
11	260	375	817	966	817
13	524	532	686	933	538
14	512	518	614	838	634

Naogół w hodowlach o dużej objętości rozwój hodowli jest zahamowany w porównaniu z hodowlami o małej objętości. Że istotnie powierzchnia jest czynnikiem w tym przypadku decydującym, pozwala stwierdzić przelanie hodowli do naczyń o większej powierzchni. Powoduje to szybkie zwiększenie ilości wymoczków w hodowli. Pod tym względem doświadczenia moje potwierdzają wyniki prac MĘDRKIEWICZÓWNY ('21) i RAABEGO ('22). Zasluguje przytem na uwagę fakt, który nie był brany pod uwagę przez poprzednich autorów, że stosunek powierzchni do objętości płynu posiada swe optimum, przekroczenie granic którego, zarówno in plus, jak i in minus, powoduje ujemny wpływ na

rozwój hodowli. Fakt ten wystąpił wyraźnie w serji doświadczeń, w której prowadziłam hodowle o jednakowej powierzchni i o różnej wysokości płynu. Hodowle wykazały rozwój słabszy ilościowo w naczyniach o bardzo małej wysokości płynu (hodowla a) (tabela IX). Jest to moment, nieuwzględniony w pracach poprzednich autorów, który częściowo pozostawać może w związku z wynikami doświadczeń moich nad mnożeniem się *Colpidium* w kroplach o różnej wielkości. W kroplach bardzo małych, a zatem w bardzo cienkiej warstwie cieczy, jak widzieliśmy, występuje podzielność mniejsza, aniżeli w kroplach większych.

Tabela IX.

Wpływ wysokości słupa cieczy na szybkość mnożenia się *Colpidium*. Naczynia o jednakowej powierzchni i różnej wysokości słupa cieczy. Wprowadzono po 20 wymoczków.

Influence de la hauteur de la colonne liquide de la culture sur la multiplication des infusoires. Les surfaces libres du liquide sont de la même grandeur, les hauteurs du liquide différent. On a introduit 20 infusoires dans chaque culture.

Ilość dni ubiegłych <i>Nombre des jours écoulés depuis le commencement de la culture</i>	Wysokość słupa cieczy w cm <i>La hauteur du liquide en cm</i>			
	(a) 1.5	(b) 2.8	(c) 4.5	(d) 6.5
	Ilość wymoczków w 1 cm ³ hodowli <i>Nombre d'infusoires dans 1 cm³ de culture</i>			
1	420	401	296	302
2	698	940	857	950
3	241	921	882	1567
4	96	728	1012	1231
5	28	431	717	978

Z doświadczeń omawianych wynika zatem, że stałe fizyczne hodowli — wielkość jej powierzchni i wysokość słupa cieczy — wpływają na szybkość mnożenia się wymoczków.

Drugim czynnikiem, jaki w wyraźnym stopniu określa moment zahamowania rozwoju hodowli jest ilość dostarczonego pokarmu. Dla przykładu przytoczę serję doświadczeń, w której przygotowywano pożywkę niejednakowej wartości odżywczej, rozcieńczając w różnym stopniu wywar z siana wodą przegotowaną.

Z doświadczeń wspomnianych wynika, że zahamowanie rozwoju hodowli występuje tem wcześniej, im mniejsze jest stężenie pożywki w hodowli (Tab. X). Powyższe doświadczenia wykazują zatem wyraźny wpływ ilości dostarczonego pokarmu (por. T. VIEWEGER '18 i CUTLER '24).

Potwierdzenie powyższego znajdujemy również w badaniach nad zdolnością mnożenia się wymoczków w rozmaitych etapach hodowli. Poprzednio wspomniałam, że z hodowli wyodrębniałam codziennie pojedyncze osobniki, których podzielność była następnie badana. Rzut oka na tabelę VII pozwala stwierdzić, że podzielność wymoczków zmniejsza się w czasie rozwoju hodowli i jest mniejsza (po umieszczeniu ich w świeżej pożywce) dla wymoczków, pochodzących z końcowych dni hodowli, aniżeli z dni początkowych. Zjawisko powyższe, opisane po raz pierwszy przez J. i T. VIEWEGERÓW ('18), potwierdzone zostało przez ROBERTSONA ('23).

Tabela X.

Wpływ stopnia rozcieńczenia pożywki hodowli na szybkość mnożenia się wymoczków. (Hodowla I — wywar sianowy rozcz. 17 razy, II — 25 razy, III — 50 razy, IV — 100 razy, V — 200 razy. Do każdej hodowli wpuszczono 20 wymoczków. Do hodowli IV dodano w 7 dniu 30 cm³ wywaru, do V w 5 dniu dodano 35 cm³ wywaru.

Influence de la valeur nutritive du milieu (l'infusion de foin) sur la multiplication des infusoires. L'infusion de foin concentrée a été diluée (avec de l'eau de robinet) 17 fois pour la culture I, 25 — II, 50 — III, 100 — IV, 200 — V. On a introduit dans chaque culture 20 infusoires.

Ilość dni ubiegłych <i>Nombre des jours écoulés depuis le commencement.</i>	N u m e r h o d o w l i <i>N° de la culture</i>				
	I	II	III	IV	V
	Ilość wymoczków w 1 cm ³ hodowli <i>Nombre d'infusoires dans 1 cm³ de la culture</i>				
3	273	200	62	6	5
4	1126	582	247	36	16
5	2298	1240	191	16	poj. osobn.
6	2376	1782	200	10	—
7	1950	1420	120	poj. osobn.	—
8	1574	1094	107	8	14
9	1001	1012	98	125	35
10	825	583	100	536	303
11	615	415	63	1518	1017

Autorzy powyżsi tłumaczą zmniejszenie podzielności zmianami, jakie wywołuje w komórce wpływ mniej lub więcej długotrwałego głodzenia. Szereg doświadczeń wykonanych przeze mnie zdaje się potwierdzać powyższy pogląd.

Doświadczenia były wykonane w następujący sposób. Wymoczkibrane były z hodowli „macierzystej“ i przenoszone do kropeł objętości 60 mm³ o różnorodnym składzie pożywki (a, b, c, d, e, f). Pożywka a składała się z 60 mm³ pożywki z hodowli „macierzystej“, odwirowanej i wolnej od pierwotniaków.

pożywka b-z 48 mm³ pożywki z hodowli macierzystej odwirowanej z dodatkiem 12 mm³ pożywki świeżej bakterjalnej, pożywka c-z 48 mm³ pożywki z hodowli „macierzystej“ odwirowanej z dodatkiem 12 mm³ wody przegotowanej, pożywka d-z 48 mm³ pożywki z hodowli „macierzystej“ odwirowanej z dodatkiem 12 mm³ pożywki odwirowanej z hodowli wymierającej, pożywka e-z 48 mm³ pożywki z hodowli „macierzystej“ odwirowanej z dodatkiem 12 mm³ pożywki odwirowanej z hodowli odświeżonej [odświeżenie hodowli nastąpiło przez dodanie świeżego wywaru do hodowli wymierającej], pożywka f-z z 48 mm³ z hodowli „macierzystej“ odwirowanej z dodatkiem 12 mm³ pożywki z hodowli odwirowanej dobrze rozwijającej się.

Tabela XI.

Wpływ składu pożywki na mnożenie się wymoczków. Przeciętą z 10 doświadczeń.

Influence de la composition du liquide de culture sur la multiplication des infusoires. Moyenne de 10 expériences.

Ilość dni ubiegłych <i>Nombre des jours écoulés depuis le commenc.</i>	Ilość osobników po 24 godz. <i>Nombre d'infusoires après 24 h.</i>					
	a	b	c	d	e	f
1	12	12	7	8	9	9
2	21	27	12	21	20	20
3	20	25	14	18	19	19
4	20	30	16	23	20	20
5	13	28	15	22	19	20

Ilość wymoczków w 1 cm ³ hodowli macierzystej <i>Nombre d'infusoires dans 1 cm³ de la culture-mère</i>						
1	798	—	—	81	112	176
2	744	—	—	82	932	1122
3	738	—	—	73	870	1136
4	607	—	—	69	726	879
5	608	—	—	68	647	794

Po upływie 24 godz. obliczałam ilości wymoczków w poszczególnych kroplach. Jednocześnie śledziłam ilość wymoczków w hodowlach d, e, f, z których czerpałam pożywkę do sporządzania kropli opisywanych. Wyniki doświadczeń zestawiałam w tabeli XI; wskazują one na to, że dodanie pożywki świeżej bakterjalnej (b) powoduje widoczne zwiększenie podzielności wymoczków. Dodanie wody przegotowanej powoduje zmniejszenie podzielności, zaś dodanie pożywki z hodowli, w której po-

przednio zachodził znaczny rozwój wymoczków, nie wywiera wpływu wyraźnego. Stąd należy wnioskować, że w danym przypadku na podzielność wymoczków wpływa przede wszystkim pokarm [por. J. i T. VIEWEGEROWIE '21].

Wniosek, jaki nasuwa się z ostatnich seryj doświadczeń, jest następujący: przebieg ilościowy rozwoju hodowli jest w znacznej mierze zależny od jej warunków fizycznych i chemicznych, w pierwszym rzędzie—od pokarmu i powierzchni. W pierwszych dniach rozwoju hodowli przyrost masy żywej może zachodzić według krzywej wykładniczej [J. i T. VIEWEGEROWIE '18], t. j. ze stałą szybkością przyrostu masy, lub też z przyspieszeniem, wzgl. z opóźnieniem przyrostu masy. Opisany zatem przez ROBERTSONA przebieg rozwoju, jako procesu autokatalitycznego, stanowi jedną tylko z możliwości.

Wszystkie wyżej opisane doświadczenia nasuwają wniosek, że przyczyn zmienności szybkości mnożenia w hodowlach pierwotniaków *Colpidium colpoda* Ehrbg. poszukiwać należy w obecnej chwili nie w działaniu „specyficznej“, niepochwytniej i nieokreślonej substancji katalitycznej, a raczej w splocie warunków fizyko-chemicznych, jakie wytwarzają się w hodowli pod wpływem bytowania organizmów, warunków regulujących jej rozwój, a zbyt skomplikowanych, ażeby mogły podlec narazie dokładnej analizie. Wśród tych czynników została ustalona rola, jaką odgrywa powierzchnia, objętość cieczy, jak również ilość pokarmu w hodowli.

Wnioski.

1°. Wprowadzenie dwu wymoczków do kropli wielkości 50 mm^3 nie powoduje zwiększenia podzielności wymoczków w odniesieniu do kropli, zawierających jednego osobnika. Przeciwnie, w kroplach, do których wprowadzono większą początkowo ilość pierwotniaków, podzielność jest nieco mniejsza.

2°. Wielkość kropli wpływa na szybkość mnożenia się *Colpidium*. W kroplach małych do 7.5 mm^3 mnożenie się jest wolniejsze, niż w dużych. Powyżej 12.5 mm^3 , wielkość kropli nie odgrywa roli.

3°. Przemycanie wymoczków nie wpływa w dodatni sposób na ich mnożenie się. Po kilkakrotnem przemycaniu daje się zauważyć zmniejszenie podzielności.

4°. W hodowlach *Colpidium colpoda* Ehrbg. nie da się wykazać działanie specyficznej substancji allelokatalicznej, przyspieszającej mnożenie się wymoczków. Należy zaznaczyć, że wniosek powyższy został wyprowadzony z doświadczeń, w których stosowano: a) hodowle różnego wieku, b) przemywano wymoczki 1 lub 2 razy, c) doprowadzano do jednakowego stężenia produktów podziałowych po wprowadzeniu 1 i 2 osobników, d) rozcieńczano płyn hodowli „macierzystej“ w stosunku 2 do 900.000 razy).

5°. Występowanie pierwszego podziału po dłuższym okresie czasu („lag-period“) od chwili wprowadzenia wymoczka do kropli tłumaczyć można jako reakcję swoistą wszystkich organizmów niższych na wstrząs traumatyczny (okres „inkubacji“).

6°. Wiek hodowli wpływa na podzielność wymoczków. W miarę starzenia się hodowli szybkość mnożenia się wymoczków maleje, zachodzi to prawdopodobnie wskutek zmian głodowych w organizmie. Powrót do normy następuje po dodaniu świeżego pokarmu.

7°. Szybkość mnożenia się wymoczków w hodowli zależna jest od warunków fizyko-chemicznych środowiska, w pierwszym rzędzie — od ilości pokarmu, objętości i powierzchni wolnej cieczy. Zakłócenie równowagi wzmiankowanych czynników powoduje zmiany w zaludnieniu hodowli.

Piśmiennictwo.

- Cutler D. W. and L. M. Crump. 1923. The rate of reproduction in artificial culture of *Colpidium colpoda*. Part II. Biochem. Journ. 17 (878).
Cutler D. W. and L. M. Crump. 1924. The rate of reproduction in artificial culture of *Colpidium colpoda*. Part III. Biochem. Journ. 18 (905).
Cutler D. W. and L. M. Crump. 1925. The influence of washing upon the reproductive rate of *Colpidium colpoda*. Biochem. Journ. 19. (450).
Fine M. 1912. Chemical properties of hay infusions with special reference to the titrable acidity and its relation to the protozoan sequence. Journ. of exper. Zool. 12 (265).
Mędrkiewiczówna H. 1921. Wpływ wielkości powierzchni cieczy na rozwój kultur wymoczków. Prace Inst. Nenckiego 1. Le rôle de la surface libre du liquide dans le développement des cultures du *Colpidium colpoda* Ehrbg. Trav. Inst. Nencki. 1.
Peters A. 1906. Chemical studies on the cell and its media. Amer. Journ. of Physiol. 17 (443).
Raabe H. 1922. Znaczenie stężenia jonów wodorowych (H'), ilości pokarmu i stosunku powierzchni hodowli do jej objętości w rozwoju wiciowca *Prowazekia* (= *Bodo*). Przegląd Epidemjol. 2 (1).
Robertson T. B. 1921. Expe-

rimental studies on cellular multiplication. I. The multiplication of isolated infusoria. *Bioch. Journ.* **15**. (Ber. d. Phys. **12**). **Robertson T. B.** 1921. II. The influence of mutual contiguity upon reproductive rate and the „part played therein by the „x-substance“ in bacterised infusions which stimulated the multiplication of infusoria. *Bioch. Journ.* **15** (Ber. d. Phys. **12**). **Robertson T. B.** 1923. The chemical basis of growth and senescence. New-York. **Robertson T. B.** 1924. Allelocatalytic effect in cultures of *Colpidium colpoda* in hay infusions and in syntetic media. *Bioch. Journ.* **T. 18** (1240). **Robertson T. B.** 1924. The nature of the factors which determine the duration of the period of lag in cultures of infusoria. *Austr. Journ. exp. biol. and med. Science.* **1**. (Ber. d. Phys. **37**). **Robertson T. B.** 1924. The influence of washing upon the multiplication of isolated infusoria and upon allelocatalytic effect in cultures initially containing two infusoria. *Austr. Journ. exp. biol. and med. Science* **1**. (Ber. d. Phys. **37**). **Woodruff L.** 1910. The effect of excretion products of *Paramecium* on its rate of reproduction. *Journ. of exp. Zool.* **10** (557). **Woodruff L.** 1912. Observation to the origin and sequence of the protozoan fauna in hay infusions. *Journ. of exp. Zool.* **12** (275). **Woodruff L.** 1913. The effect of excretion products of infusoria on the same and of different species, with special reference to the protozoan sequence in hay infusion. *Journ. of exp. Zool.* **14** (575). **Vieweger T.** 1918. Linje ciągłe *Colpidium colpoda* Ehrbg.. *Sprawozd. Tow. Nauk. Warsz.* **11** (611). **Viewegerowie J. i T.** 1918. Badanie czynników rozwoju kultur *Colpidium colpoda* Ehrbg. Cz. I. Wpływ pokarmu-głód. *Spraw. Tow. Nauk. Warsz.* **11** (847). [Recherches sur les causes du développement des cultures du *Colpidium Colpoda* Ehrbg. I. L'influence de la nourriture et du jeune. *Comp. Rend. Soc. Scien. Varsovie* **11** (847)]. **Viewegerowie J. i T.** 1921. Wpływ ilości pokarmu-głodu. Cz. III. *Prace Inst. Nenckiego.* **1**. (L'influence de la quantité de la nourriture et du jeune. *Trav. Institut. Nencki* **1**). **Vieweger T.** 1922. Działanie produktów przemiany materji w hodowlach wymoczków. *Prace Inst. Nenckiego* **1** (L'action des produits de métabolisme dans les cultures des Infusoires. *Trav. Inst. Nencki.* **1**). **Vieweger T.** 1922. Les rapports entre le développement des bactéries et des infusoires. *Journ. de Physiol. et de Pathol. génér.* **21** (700).

[Prace Instytutu im. Nenckiego. № 70 *]

Z. Krasinska.

Przyczynek do energetyki kiełkowania słonecznika.

Contribution à l'étude du métabolisme énergétique de la germination (Helianthus annuus).

Rękopis nadestany w dniu 12.VI.1928 r.

Ce travail a pour but l'étude des rapports quantitatifs entre l'échange gazeux, les transformations chimiques et les pertes énergétiques, au cours de la germination de *Helianthus annuus*.

On a déterminé la quantité d'acides gras, d'azote et de cendres, dans les graines et les plantules. Les méthodes analytiques pour la détermination des celluloses, hemi-celluloses et pentosanes, n'étant pas suffisamment exactes, on a négligé la détermination des hydrocarbonés. Les combustions dans la bombe de BORTHELOT ont servi à déterminer la valeur énergétique des graines et des plantules. Pour étudier l'échange gazeux on a exécuté des expériences respiratoires de longue durée, en appareil clos.

Nous donnons ci-dessous un résumé des principaux résultats de nos recherches.

1°. Les cultures se développaient dans une obscurité complète à la temp. de 25°C. Les courbes régulières du poids frais (fig. 1 et 2) démontrent leur développement normal. On a trouvé, que les plantules de même âge et cultivées dans les mêmes conditions contiennent le même pourcentage de substance sèche, de graisses etc, si leur poids frais est le même. Toute variation du poids frais indique une anomalie dans le développement.

2°. Les graines contiennent (en % de leur poids sec) 55,6% d'acides gras, ce qui équivaut à 58,2% de graisses. Au bout de

*) Z Zakładu Fizjologii Instytutu im. M. Nenckiego i Zakładu Fizjologii Roślin Uniwersytetu Warszawskiego.

6 jours de germination la quantité de graisses a diminué jusqu'à 22%, tandis que la quantité de substance organique a légèrement augmenté (1.96%). Il y a donc perte de 36.2% de graisses, qui ont été remplacées par d'autres substances, formées à leur dépens (tabl. I, p. 113).

3°. La chaleur de combustion d'un gramme de substance sèche des graines est de 7330 cal. et décroît pendant 6 jours de germination jusqu'à 5275 cal. La perte de 2055 cal. constitue 28% de la chaleur de combustion initiale. Correspondant à une perte de 0,362 gr. de graisses, elle ne comporte que 60% de la valeur calorique de celles-ci. Environ 40% de l'énergie potentielle des graisses disparues a donc été retenue par les plantules, sous forme d'autres substances, de poids à peu près égal, mais de moindre valeur calorique (tabl. II, p. 117).

4°. Les plantules (par gramme de poids sec des graines) absorbent pendant 6 jours de germination 437 cm³ (625 mgr.) de O₂ et dégagent 228.9 cm³ (449 mgr.) de CO₂. Le quotient respiratoire pour cette période (0,523), est inférieur au quotient de la combustion des graisses, — il y a donc retention d'oxygène par l'organisme (tabl. III, p. 125).

5°. Pendant la première journée de la germination, les plantules absorbent 0.299 cm³ de O₂ et dégagent 0.277 cm³ de CO₂ par gramme de poids sec et heure. L'intensité de la respiration augmente ensuite considérablement, pour atteindre son maximum le quatrième jour. Au cours de la quatrième journée l'absorption de O₂ atteint 5.388 cm³ par gramme-heure, le dégagement de CO₂ 2.629 cm³. L'absorption d'oxygène a donc augmenté 18 fois, le dégagement de CO₂ 9.5 fois seulement. A partir du quatrième jour l'intensité de l'échange gazeux diminue progressivement, la quantité de O₂ absorbé diminuant plus vite, que la quantité de CO₂ dégagé. Il s'en suit, que le quotient respiratoire change de valeur pendant toute la durée de la germination: de 0.928 le premier jour, il baisse jusqu'à 0.488 le quatrième, pour remonter jusqu'à 0.644 le septième jour (tabl. III).

6°. Si l'on admet, que les substances formées au dépens des graisses sont des hydrocarbonés, il est facile de calculer d'après la quantité de graisses disparues et les pertes énergétiques — les quantités de O₂ et de CO₂ correspondantes. De même, d'après l'échange gazeux on peut calculer les pertes en graisses

et en énergie. L'accord des chiffres calculés avec les données expérimentales est suffisant (tabl. V, p. 133) pour nous permettre d'arriver aux conclusions suivantes:

a) environ 94% de l'énergie libérée pendant 6 six jours de germination proviennent des réactions des graisses et 6% seulement ont été dégagés par d'autres réactions, probablement au moins en partie par l'hydrolyse des substances protéiques (FRANKFURT et MILLER);

b) à peu près 56% des graisses disparues ont servi à élaborer des hydrocarbonés, à peu près 44% ont été brûlés.

c) la tonation calorique des deux réactions des graisses, combustion et transformation en hydrocarbonés, est si différente (9400 et 2152 cal) que 77% de l'énergie libérée par ces réactions revient à la combustion des graisses et 23% seulement à leur transformation en hydrocarbonés.

7°. Les variations du quotient respiratoire au cours de la germination, indiquent qu'il y a variation parallèle du rapport quantitatif entre les graisses brûlées et les graisses transformées en hydrocarbonés. Par exemple, au début de la germination les combustions seules ont lieu (Q. R. = 0.928 et 0.721), au moment où le maximum de l'intensité respiratoire est atteint jusqu'à 66% des graisses peuvent être transformées en hydrocarbonés (Q. R. = 0.380).

W s t ę p.

Wszystkie zagadnienia, dotyczące metabolizmu chemiczno-energetycznego kiełkujących nasion tłuszczowych, związane są mniej lub więcej z przemianą tłuszczowo-węglowodanową. Tłuszcze, będące głównym, a niekiedy prawie wyłącznym, materiałem zapasowym tych nasion, nie tylko pokrywać muszą zapotrzebowania energetyczne rozwijających się organizmów, ale i dostarczyć węglowodanów na budowę ścianek komórkowych. Stąd

tluszcze, substancje ubogie w tlen i posiadające znaczną energię potencjalną, są nie tylko spalane, ale i przerabiane na węglowodany, czyli — na substancje bardziej utlenione a energetycznie mniej wartościowe. Te dwojakie reakcje tłuszczów nadają swoiste cechy nie tylko procesom chemicznym odbywającym się podczas kiełkowania nasion tłuszczowych, ale także wymianie gazowej i przemianie energetycznej.

Zainteresowanie fizjologów wzbudzała oddawna przeróbka tłuszczów na węglowodany, reakcja, niedająca się przeprowadzić w laboratorium. Większa część badań nad metabolizmem kiełkowania nasion tłuszczowych miała na celu zbadanie przebiegu tej reakcji w organizmie: stąd przewaga prac chemicznych w literaturze przedmiotu.

Już SAUSSURE (1822) ustalił podstawowe fakty charakteryzujące przemianę kiełkujących nasion tłuszczowych: znikanie tłuszczów, przyrost ilości węglowodanów, oraz zatrzymywanie znacznych ilości tlenu w organizmie. Następuje długi szereg prac, których głównym wątkiem jest stosunek ilościowy zużytych tłuszczów do wytworzonych węglowodanów: HELLRIEGEL ('55), FLEURY ('65), PETERS ('65), LASKOWSKY ('74), DETMER ('75), LECLERC DU SABLON ('93, '95, '97).¹⁾ Wszyscy ci autorowie stwierdzili znikanie wielkich ilości tłuszczów podczas kiełkowania. Niedokładne metody oznaczania celulozy oraz pomijanie hemiceluloz i pentozanów w analizach sprawiły jednak, że wszędzie ilości znalezionych węglowodanów były nieproporcjonalnie małe. Albo zaznaczała się rażąca niewspółmierność między ilością tłuszczów, węglowodanów i substancji suchej, albo nieliczni autorowie, którzy przeprowadzali całkowite analizy roślinek, jak np HELLRIEGEL ('55) i DETMER ('80), stwierdzali znaczny przyrost ilości substancji nieoznaczonych. Dopiero FRANKFURT ('94) i JEGOROW ('04), którzy oznaczali hemicelulozy i pentozany, otrzymali zgodne bilanse tłuszczów, węglowodanów i substancji suchej. Na tych dwóch pracach można wyłącznie się opierać, jeśli chodzi o ilość węglowodanów, wytworzonych z tłuszczów.

Równoczesne poszukiwania pośrednich produktów przemiany tłuszczowo-węglowodanowej dały całkiem ujemne rezultaty. Pierwszy MÜNTZ ('71) znalazł w kiełkujących nasionach rzepaku wolne kwasy tłuszczowe i stwierdził, że hydroliza tłuszczów wzmaga się znacznie w ciągu kiełkowania. Wszystkie późniejsze prace potwierdziły te wyniki. Żadnych innych produktów pośrednich odkryć nie zdołano, i nie znaleziono nawet wolnej gliceryny.

Nierozstrzygnięte pozostaje zagadnienie, jakie węglowodany pierwsze powstają z tłuszczów. Ani wnioski SACHS'A ('59) o powstawaniu skrobi

¹⁾ Literatura przedmiotu jest szczegółowo omówiona u MILLER'A ('10) i u F. TERROINE'A ('20).

ani wnioski LECLERC DU SABLON ('95) o powstawaniu cukru trzcinowego nie są wystarczająco uzasadnione. Zajmujące z punktu widzenia chemicznego pytanie, jakie kwasy tłuszczowe zostają przerabiane na węglowodany, pierwszy postawił MAQUENNE ('93). Na zasadzie badań nad kiełkowaniem *Arachis* i *Ricinus*a (kwasy tłuszczowe *Arachis*: $C_{20}H_{40}O_2$; *Ricinus*a: $C_{18}H_{30}O_2$) doszedł on do wniosku, że tylko gliceryna i kwasy tłuszczowe nienasycone mogą być przerabiane na węglowodany. Kwasy nasycone albo zostają spalane, albo pozostają nienaruszone. Zupełnie inaczej ujmuje IVANOW ('12) rolę nasyconych i nienasyconych kwasów tłuszczowych. Opierając się na wynikach licznych i dokładnych analiz kiełkujących nasion tłuszczowych, doszedł on do przekonania, że chodzi tu o różnice ilościowe a nie jakościowe. Kwasy tłuszczowe nienasycone utleniają się o wiele szybciej i prędzej zostają zużywane. Stąd nasiona, zawierające większe ilości tych kwasów, odznaczają się o wiele intensywniejszą przemianą, której skutkiem jest większe nagromadzenie węglowodanów.

IVANOW ('12), jak poprzednio JEGOROW ('04), znalazł, że wskaźnik jodowy ekstraktu eterowego spada podczas kiełkowania. Inni autorowie są co do tego niezgodni: specjalnie co do oleju słonecznikowego, z wyników v. FÜRTHA ('03) i MILLERA ('12), naogół niezgodnych z sobą, wnioskowaćby raczej można, że wskaźnik jodowy podczas kiełkowania nie zmienia się, że więc w tym przypadku kwasy nienasycone i nasycone zostają zużywane równomiernie. Metody, używane przez tych dwóch autorów, nie wykluczają jednak utleniania tłuszczów podczas suszenia i przygotowania materiału.

Przegląd tych licznych prac wykazuje nadzwyczaj skąpe ich wyniki. Stwierdzono hydrolizę tłuszczów podczas kiełkowania i większą intensywność metabolizmu nasion, zawierających nienasycone kwasy tłuszczowe. W pojedynczych tylko przypadkach znany nam jest dokładniej stosunek ilościowy zużytych tłuszczów do wytworzonych węglowodanów. Pozatem zagadnienie stoi mniej więcej na tym samym punkcie, na którym je zostawił SAUSSURE (1822). O przebiegu przemiany tłuszczowo-węglowodanowej nie wiemy dotąd nic prawie.

Jednostronne zainteresowanie przemianą tłuszczową pociągnęło za sobą pominięcie w większości prac innych procesów chemicznych, zachodzących podczas kiełkowania nasion tłuszczowych. Całością metabolizmu tych nasion zajmowało się zaledwie paru autorów; do nich należą FRANKFURT ('94), JEGOROW ¹⁾ ('04) i MILLER ('10). Cenne zwłaszcza są badania FRANKFURTA nad przemianą białkową. Do prac MILLERA i FRANKFURTA, które robione były na słonecznikach, powrócimy na innym miejscu.

Jakkolwiek wymiana gazowa mogłaby rzucić pewne światło na procesy chemiczne, zachodzące podczas kiełkowania, zajmowano się stosunkowo mało doświadczeniami oddechowymi. Jeśli pominiemy analizy pierwiastkowe dawniejszych autorów, które stwierdziły zatrzymywanie dużych ilości tlenu przez kiełkujące nasiona tłuszczowe, oraz niewiele mówiące

¹⁾ Praca JEGOROWA znana mi jest tylko z referatu w *Biologisches Centralblatt* ('06), gdzie podane są wyciągi liczbowe z jego tabel.

prace, w których oznaczony był tylko dwutlenek węgla, to wymienić tu należy przede wszystkim wyczerpujące badania GODLEWSKIEGO ('82) oraz BONNIERA i MANGINA ('84). GODLEWSKI zajmował się porównaniem wymiany gazowej nasion tłuszczowych i skrobiowych i ustalił charakterystyczne cechy oddychania tych dwóch typów nasion. U nasion tłuszczowych stwierdził zatrzymywanie dużych ilości tlenu w organizmie, niskie ilorazy oddechowe oraz zmiany wartości tych ilorazów w różnych okresach kiełkowania. GODLEWSKI jest jedynym autorem, który z wyników doświadczeń oddechowych wyciąga wnioski co do procesów chemicznych, zachodzących podczas kiełkowania. Z ilości O_2 pobranego i CO_2 wydzielonego oblicza ilości zużytych tłuszczów i wytworzonych węglowodanów i obliczone ilości zestawia z wynikami analiz DETMERA ('80). BONNIER i MANGIN ('84) zajmują się głównie ilorazami oddechowymi oraz przebiegiem procesów oddechowych podczas kiełkowania. Co do ilościowego przebiegu wymiany gazowej, stwierdzili oni wzrost intensywności oddychania w pierwszych okresach kiełkowania, istnienie bardzo wyraźnego maksimum intensywności, po którym następuje obniżenie natężenia wymiany gazowej. Co do jakościowego przebiegu, autorowie ci stwierdzili zmienność wartości ilorazów oddechowych nasion tłuszczowych, przy czym najniższe ilorazy oddechowe schodzą się z największym natężeniem procesów oddechowych.

Badania nad przemianą energetyczną były w fizjologii roślin do niedawna bardzo zaniedbane. Klasykami pozostają dotąd prace G. BONNIERA ('93), który z nadzwyczajną precyzją i jasnością ujął zagadnienia, jakie energetyka kiełkowania ma do rozwiązania. Posługując się kalorymetrem BERTHELOTA, stwierdził wydzielanie się ciepła podczas kiełkowania grochu i owsa. Ustalił przytem, że ilość ciepła wzrasta przez pierwsze okresy kiełkowania aby po osiągnięciu pewnego maksimum wyraźnie się zmniejszać. Krzywe wydzielania ciepła są według BONNIERA krzywami jednowierzchołkowymi.

Wyniki późniejszych badaczy: PIERCE'A ('12) i LUCIE C. DOYER ('15), są tak niezgodne z sobą i tak niezgodne z wynikami BONNIERA, że wymagają kontroli. DOYER wykonywała równoległe spalania, pomiary kalometryczne bezpośrednie i doświadczenia oddechowe dla zbadania przemiany energetycznej u pszenicy kiełkującej. Wyniki tej pracy są nadzwyczaj rozbieżne. Przede wszystkim autorka znalazła, że ilość ciepła wydzielonego jest o wiele mniejsza od strat energetycznych, stwierdzonych drogą spalań, a także od ilości ciepła, obliczonego z doświadczeń oddechowych. Wyniki autorki są zupełnie sprzeczne z wynikami BONNIERA ('93), który właśnie dla kiełkujących nasion znalazł ilości ciepła większe od tych, które odpowiadały ilości O_2 pobranego i wydzielonego CO_2 . Bardzo bogaty materiał do energetyki kiełkowania znajdujemy w pracach TERROINE'A i jego współpracowników ('23, '26). Między innymi autor ten oznaczał ciepło spalania kilku gatunków nasion tłuszczowych przed kiełkowaniem i po dłuższych lub krótszych okresach kiełkowania. Niestety, nadzwyczaj skąpe dane o metodzie prowadzenia kultur i przygotowywania materiału, jakie autor podaje, nie pozwalają na wytłumaczenie pozornie rażącej sprzeczności wyników (o czym poniżej będzie mowa), ani na wprowadzenie jakichkolwiek wniosków o przebiegu procesów ener-

getycznych podczas kiełkowania. Dyskusja nad zagadnieniem „wydajności energetycznej” trzech kategorii substancji zapasowych nasion: tłuszczów, węglowodanów i białek, które autor stara się rozwiązać wyłącznie metodą oznaczenia ciepła spalania, oraz dyskusja nad wnioskami, które ze swoich doświadczeń wyprowadza („loi bioénergétique quantitative”), odbiegałyby za daleko od tematu pracy niniejszej.

Jak z powyższego omówienia literatury wynika, posiadamy sporo wiadomości o metabolizmie chemicznym, wymianie gazowej i przemianie energetycznej kiełkujących nasion tłuszczowych, są to jednak wiadomości niepowiązane z sobą. O całości metabolizmu chemiczno-energetycznego wiadomości te należyte pojęcia nie dają.

Pierwotnem zadaniem niniejszej pracy było przeprowadzenie bilansu chemiczno-energetycznego kiełkowania słoneczników, z uwzględnieniem tak całego procesu kiełkowania, jak i poszczególnych jego okresów. Do tego celu służyć miały: oznaczania strat energetycznych, przeprowadzone dwiema metodami (metodą spalań i bezpośrednimi pomiarami kalorymetrycznymi), analizy chemiczne, uwzględniające w pierwszym rzędzie tłuszcze i wszelkie rodzaje węglowodanów, i wreszcie — doświadczenia oddechowe. Cel ten tylko częściowo został urzeczywistniony. Co do kalorymetrii nie udało mi się przezwyciężyć trudności, związanych z zastosowaniem metody kalorymetrii bezpośredniej do roślin. Zrezygnowałam także z oznaczeń węglowodanów, bo metody, któremi rozporządzamy do ich oznaczenia, nie dają gwarancji wystarczającej ścisłości. Praca niniejsza obejmuje więc tylko oznaczenia ciepła spalania, doświadczenia oddechowe, analizy tłuszczów oraz kontrolne oznaczania popiołu i azotu.

Jeśli decyduję się na ogłoszenie tak niekompletnych poszukiwań, których braków jestem w pełni świadoma, to dlatego, że zgodność otrzymanych tak różnymi metodami wyników jest wystarczająca. Ta ułamkowa próba przeprowadzenia bilansu chemiczno-energetycznego kiełkowania jest więc dowodem, że możliwe jest taki bilans i w całości przeprowadzić.

Kultury.

Jedyną metodą ustalenia zmian chemicznych, czy też — zmian wartości energetycznej kiełkujących nasion, jest analizowanie i spalanie nasion i roślinek w różnych okresach rozwoju. Ścisłość i dokładność wyników jest więc w pierwszym rzędzie zależna od jednolitości kultur.

Osiągnięcie tej jednolitości jest w praktyce bardzo trudne. Prowadzenie kultur masowych wyrównyduje w zasadzie indywidualne różnice między nasionami. Ale pewna ilość nasion zwykle nie kiełkuje, zaś w sztucznych warunkach laboratoryjnych duży procent roślinek rozwija się nienormalnie. Nierówna waga lub niejednakowy skład chemiczny nasion mogą przytem spowodować znaczne błędy, fałszując wyniki doświadczeń.

W całym szeregu prac nad kiełkowaniem nasion tłuszczowych nieprawidłowe krzywe suchej wagi¹⁾ wykazują, że autorowie nie potrafili opanować trudności, związanych z prowadzeniem kultur. Metoda wybierania z masowych kultur pozornie jednakowo rozwiniętych roślin, daje bodaj najgorsze wyniki²⁾.

Dla otrzymania jednolitego materiału starałam się przede wszystkim o tak staranny dobór nasion, żeby błąd biologiczny, powodowany odrzucaniem roślinek, można było wyeliminować, przytem odrzucałam tylko roślinki rozwinięte nienormalnie.

U słoneczników dobór nasion przedstawia specjalne trudności. Nasiona wyłuskane, nawet gdy pochodzą z jednego kwiatostanu, różnią się znacznie wielkością (100% i więcej), a co ważniejsze i zawartością tłuszczów. Nasiona w łupinach segregowano naprzód według wielkości, następnie po wyłuskaniu dobierano na miarę (1 mm różnicy długości), a w niektórych przypadkach (spalania) — na wagę. Mimo tych starań nie osiągnięto całkowicie jednakowej wagi nasion. Średnia waga 100 nasion wynosiła $5.4241 \text{ g} \pm 0.0183$, przyczem na 19 porcyj nasion użytych do kultur największe odchylenia od średniej wynosiły — 3.67% (nasiona, azot) i + 3.26% (4-dniowe roślinki, azot).

¹⁾ Świeża waga prawie nigdzie nie jest podana.

²⁾ Za przykład służyć tu może tak bardzo skądinąd ciekawa praca MILLERA ('10) nad kiełkowaniem słonecznika. Autor w pierwszym trzydniowym okresie kiełkowania znalazł stratę 15.5% substancji suchej, 15% azotu, 15.6% tłuszczów i nieco większą stratę węglowodanów, gdy w następnych okresach ilość substancji suchej nieco wzrasta, ilość azotu pozostaje niezmienną a tylko ilość tłuszczów stale się zmniejsza. Nietylko więc straty substancji byłyby największe w pierwszym okresie, ale dotyczyłyby w równej prawie mierze wszystkich składników nasion, wbrew wszystkiemu, co o przebiegu kiełkowania nasion tłuszczowych wiemy. Te nieprawdopodobne wyniki przypisać można temu, że autor wybierał systematycznie mniejsze roślinki do analiz. O bezwzględnych zmianach ilościowych, zachodzących podczas kiełkowania, nie na zasadzie wyników tej pracy powiedzieć więc nie można, daje ona tylko pojęcie o składzie procentowym roślinek.

Usiłowano pozatem stworzyć możliwie najlepsze warunki rozwoju kultur, uważając za optymalne te warunki, w których przyrost świeżej wagi był największy. Woda destylowana działała wybitnie szkodliwie na roślinki, nie można więc było uniknąć pobierania składników mineralnych. Ponieważ przytem kultury wodne dawały zawsze gorsze rezultaty od piaszkowych, więc zdecydowano się na hodowanie roślinek w piasku i podlewanie wodą wodociągową.

60 wyluskanych i dobranych w omówiony powyżej sposób nasion sadzono w wielkich krystalizatorach do grubego, przesianego, wyżarzono-go i przemytego piasku. Z założenia niniejszej pracy wynika, że chodziło przedewszystkiem o wykluczenie asymilacji. Krystalizatory z kulturami umieszczano w ciemni w dużym powietrznym termostacie. Termostat ten ogrzewany elektrycznie i zaopatrzony w termoregulator nastawiony był na temperaturę 25° C, a największe wahania temperatury nie dochodziły do 1° C. Ciemność była zupełna i asymilacja całkowicie wykluczona. Starano się, aby oprócz temperatury i inne warunki zewnętrzne, jak wilgotność atmosfery (70—80% pełnego nasycenia parą wodną), ilość piasku, ilość wody używana do podlewania i t. p., były dla wszystkich kultur ściśle jednakowe.

Kultury rozwijały się nadzwyczaj równo. Zawierały wprawdzie dużą ilość nienormalnie rozwiniętych roślinek, tak że przeciętnie około 30% trzeba było odrzucać¹⁾, ale pozostałe roślinki wykazywały bardzo równy przyrost świeżej wagi.

Przeciętne świeżej wagi z czterech seryj kultur, użytych do spalań i do analiz chemicznych, podane są poniżej. Zawartość wody obliczona jest dokładnie na podstawie oznaczeń suchej wagi.

	Świeża waga g	% wody
Nasiona	1.00 ± 0.04	3.7
2-dniowe roślinki	2.18 ± 0.07	57.1
4-dniowe roślinki	5.89 ± 0.16	83.5
6-dniowe roślinki	11.85 ± 0.24	91.5

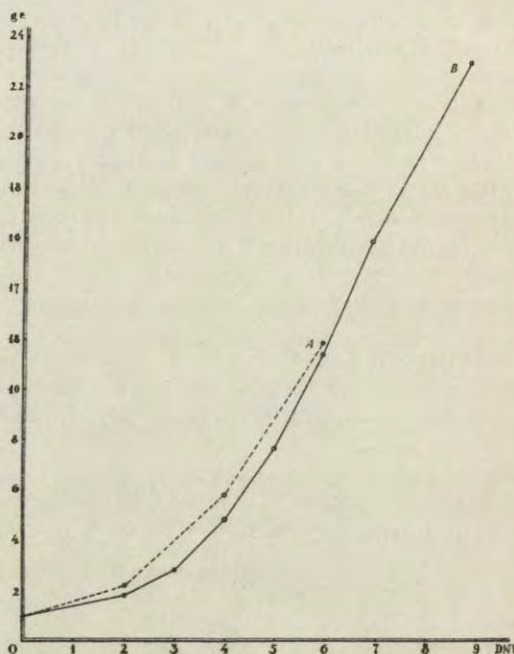
Wyniki te przedstawione są graficznie na rys. 1 i 2 (A); obok dla zilustrowania przyrostu świeżej wagi w późniejszych okresach kiełkowania, podane są wyniki wzorowej próbnej kultury 8a(B). Przyrost świeżej wagi w tej kulturze był nieco niższy, ponieważ wilgotność atmosfery w termostacie była mniejsza aniżeli w późniejszych kulturach.

Z rys. 1 widzimy, że krzywa przyrostu świeżej wagi jest krzywą zbliżoną do eksponencjalnej. Dobowy przyrost świeżej wagi stale wzrasta, i dopiero między 7 a 9-tym dniem kiełkowania szybkość przyrostu zaczyna się zmniejszać. 1 g nasion produkuje przez 6 dni kiełkowania 11.3 g (względnie 11.85 g) świeżej wagi, a przez 9 dni — 22.8 g.

¹⁾ Głównie z powodu wewnętrznego zakażenia nasion jakimś grzybkiem, zabarwiającym hypokotyle na różowo. Wszystkie gatunki nasion jakich używałam, były po części zakażone tym pasorzytem.

MARY E. REID ('26) znalazła, że 1 g suchej wagi kielkujących w ciemności nasion, słoneczników wyprodukować może do 32.5 g świeżej wagi. Wynikałoby z tego, że moje 9-cio dniowe roślinki nie osiągnęły jeszcze maksimum swego wzrostu.

Zawartość wody w nasionach jest nadzwyczaj stała. Średni procent wody wynosił $3.70 \pm 0.025\%$, najniższy i najwyższy znalezione procenty wody wynosiły 3.62 i 3.77%.

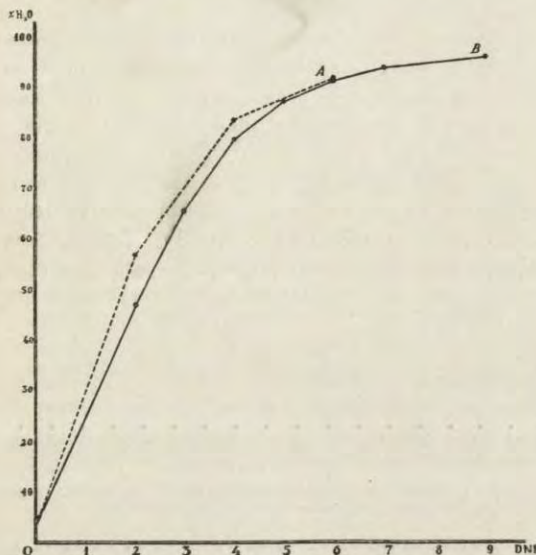


Rys. 1. Świeża waga kielkujących nasion słonecznika.
Fig. 1. Poids frais des plantules.

Jak widzimy z rys. 2, procent wody w roślinkach wzrasta najprędzej na samym początku kiełkowania, i w czterodniowych roślinkach (ważących 5.89 g) wynosi już 83.5%. Zobaczymy później, że ten procent wody odpowiada pewnemu przelomowi w intensywności i charakterze metabolizmu kiełkowania.

Jeśli tyle miejsca poświęcałam tutaj świeżej wadze roślinek, to dlatego, że stanowi ona najlepszy i najłatwiej dostępny sprawdzian normalnego rozwoju kultur. Te kultury, w których przyrost świeżej wagi jest zupełnie prawidłowy (jak na rys. 1), wykazują także prawidłowy przebieg krzywych suchej wagi, składu chemicznego i ciepła spalania. Twierdzić więc można, że roślinki w tym samym wieku, hodowane w jednakowych warunkach, znajdują się w tym samym stadium rozwoju, jeśli mają tę samą świeżą wagę.

Po zebraniu roślinek i starannem oplókanii korzonków z piasku suszono je przez 1½ godziny na łaźni wodnej, następnie rozdrabniano, doprowadzając do stałej wagi w suszarce próżniowej w temp. 40° C i przechowywano w próżniowym eksykatorze. Przygotowany w ten sposób materiał używano następnie do analiz chemicznych i spalań.



Rys. 2. Zawartość wody w % świeżej wagi.
Fig. 2. Teneur en eau, en % du poids frais.

Nasiona słoneczników zawierają wielką ilość tłuszczów i skutkiem tego niepodobna rozetrzeć substancji suchej. Ponieważ przytem kotyledony różnią się znacznie składem chemicznym od rosnących części roślinek, więc ma się do czynienia z bardzo niejednorodnym materiałem. Dla uniknięcia błędów, jakie ze złego wymieszania substancji wynikaćby mogły, analizowano na jeden składnik, względnie spalano, cały zebrany z jednej kultury materiał, t. j. dla każdej analizy i każdego spalania prowadzono osobną kulturę.

Skład chemiczny.

Oprócz kwasów tłuszczowych, będących głównym materiałem zapasowym nasion słoneczników, oznaczano azot dla sprawdzenia, czy ilość jego podczas badanych okresów kiełkowania nie zmienia się, oraz popiół — dla ustalenia ilości składników mineralnych, pobranych z wody wodociągowej. W analizach

popiołu oznaczano także ilość piasku, zawartego w substancji suchej. W kulturach piaskowych niepodobna bowiem oczyścić całkowicie korzonków roślinek z przylegających do nich ziarenek piasku, i substancja sucha, zwłaszcza starszych roślinek, nieraz zawiera znaczny jego procent.

Dla łatwiejszego i dokładniejszego oddzielenia piasku, oznaczano dwie frakcje popiołu: rozpuszczalną i nierozpuszczalną w HCl. Najpierw utleniało substancję organiczną przez bardzo ostrożne żarzenie, poczem popiół, zawierający już tylko ślady nieutlenionego węgla, rozpuszczano w 10% HCl, przesączano i przemywano. Nierozpuszczalną część popiołu, zawierającą cały piasek, żarzone dalej — dla utlenienia resztek węgla. Gruboziarnisty piasek dawał się bez trudności mechanicznie oddzielić od niewielkich ilości nierozpuszczalnego popiołu. Przez odciągnięcie wagi piasku od znalezionej suchej wagi materiału ustalono rzeczywistą ilość substancji suchej. Ilość substancji suchej we wszystkich innych doświadczeniach obliczona jest dla 4 i 6-cio dniowych roślinek według wyników tych oznaczeń.

Azot oznaczano metodą KJEHLDAŁA.

Dla oznaczenia tłuszczów, a raczej kwasów tłuszczowych, użyłam metody KUMAGAWY i SUTO ('08). Stąd wyniki moje, dotyczące zawartości kwasów tłuszczowych w kiełkujących nasionach, nie są ściśle porównywalne z wynikami poprzednich autorów, którzy oznaczali ilość ekstraktu eterowego.

Ponieważ materiał roślinny, zawierający dużo celulozy, źle się zmydla, więc ekstrahowano naprzód tłuszcze wrzącym alkoholem w zmodyfikowanym przez KUMAGAWĘ aparacie SOXLETA i następnie wyciąg alkoholowy zmydlało. Przy użyciu metody KUMAGAWY do eteru naftowego oprócz kwasów tłuszczowych przechodzi cholesteryna i drobne ilości niezmydlonych substancyj. Oznaczałam je metodą tegoż autora, polegającą na ponownem zmydleniu kwasów tłuszczowych alkoholowym roztworem KOH i oddzieleniu alkoholowo-wodnego roztworu mydeł od roztworu cholesteryny i niezmydlonych substancyj w eterze naftowym. Ilości tych substancyj w nasionach i roślinkach słonecznika są bardzo nieznaczne i mało zmieniają się podczas kiełkowania. W nasionach wynosiły one 0.23%, w 6-cio dniowych roślinkach 0.18% substancji suchej nasion¹⁾). Pomijam je więc zupełnie w moich tabelach, zaliczając te substancje do kwasów tłuszczowych.

Wyniki analiz chemicznych, obliczone w procentach substancji suchej nasion, podane są w tab. I. Ten sposób obliczania wyników pozwala odrazu ocenić zmiany zawartości poszczególnych składników podczas kiełkowania. Przy każdej liczbie, bę-

¹⁾ Według KÖNIGA ('26) ilość niezmydlonych substancyj w ekstrakcie eterowym wynosi 0.30%.

dącej średnią z kilku analiz, podany jest przeciętny błąd tej średniej. Wyniki są naogół wystarczająco zgodne. Największy przeciętny błąd wykazują oznaczenia azotu w 2-dniowych roślinkach, bo z powodu zepsucia paru analiz nie cały zebrany z danej kultury materiał został tu zanalizowany.

Dane, dotyczące substancji suchej, popiołu i substancji organicznej, zebrane są w trzech pierwszych kolumnach tab. I. Przez

Tabela I.

Skład chemiczny. — *Composition chimique.*

Materiał <i>Materiel</i>	W % substancji suchej nasion: <i>En % de la substance sèche des graines:</i>				
	1 Substancja sucha <i>Substance sèche</i>	2 Popiół <i>Cendres</i>	3 Substancja organiczna <i>Substance organique</i>	4 Azot <i>Azote</i>	5 Kwasy tłuszczowe <i>Acides gras</i>
Nasiona <i>Graines</i>	100.00	3.93 ± 0.021	96.07	3.67 ± 0.053	55.6 ± 0.311
2 dniowe roślinki <i>Plantules de 2 jours</i>	98.76	4.05 ± 0.062	94.71	3.6 ± 0.203	—
4 dniowe roślinki <i>Plantules de 4 jours</i>	101.57	4.57 ± 0.022	97.00	3.69 ± 0.090	—
6 dniowe roślinki <i>Plantules de 6 jours</i>	103.42	5.39 ± 0.073	98.03	3.68 ± 0.023	21.0 ± 0.172

pierwszy dwudniowy okres kiełkowania roślinki tracą 1.24% suchej wagi, natomiast przez następne dwudniowe okresy ilość substancji suchej wzrasta. Ogólny przyrost suchej wagi przez 6 dni kiełkowania wynosi 3.42%. Ten przyrost wagi jest po części spowodowany pobraniami przez roślinki substancjami mineralnymi. Zawartość popiołu wzrasta bowiem bardzo znacznie z 3.93% w nasionach do 5.39% w roślinkach 6-cio dniowych, czyli o 1.46% substancji suchej nasion.

Niemniej, na 3.42% przyrostu wagi, 1.96% przypada na substancję organiczną. Zawartość jej ulega podczas kiełkowania podobnym wahaniom jak substancja sucha: zmniejsza się przez pierwsze dwa dni kiełkowania, a wzrasta przez 4 dni następne. W nasionach substancja organiczna wynosi 96,07%, w 2-dniowych roślinkach 94.71%, natomiast w 6-cio dniowych roślinkach 98.03% substancji suchej nasion.

Ilość azotu w nasionach wynosi 3.67% substancji suchej i nie zmienia się zupełnie przez 6 dni kiełkowania. Liczby, znalezione dla nasion i roślinek w różnym wieku, są prawie identyczne. W badanych więc przeze mnie okresach kiełkowania i w danych warunkach hodowli, azot nie był pobierany z zewnątrz, ani też na zewnątrz wydalan¹⁾.

Ogromne zmiany stwierdzamy natomiast w zawartości k w a s ó w t ł u s z c z o w y c h. Nasiona zawierają 55.6% kwasów tłuszczowych, 6-cio dniowe roślinki już tylko 21%. Jeśli kwasy tłuszczowe przeliczymy na tłuszcze, mnożąc przez współczynnik 1.046, to się okaże, że zawartość tłuszczów w nasionach wynosi 58.2%, zaś w 6-cio dniowych roślinkach 22% suchej wagi nasion. Przez 6 dni kiełkowania znikło więc 36.2% tłuszczów. Wynosi to 62.2% tłuszczów pierwotnie zawartych w nasionach, czyli blisko 2/3.

Wobec równoczesnego przyrostu ilości substancji organicznej o 1.96% (tab. I) wynika, że przez 6 dni kiełkowania w temp. 25°C roślinki wytworzyły 38.16% innych substancyj, prawdopodobnie węglowodanów, na miejsce zużytych tłuszczów. Ilość nowowytworzonych węglowodanów stanowiłaby wobec tego 105.4% ilości zużytych tłuszczów.

Wyniki moje są co do ilości zużytych tłuszczów i przyrostu ilości substancji suchej zgodne z wynikami innych autorów. Wszyscy stwierdzili znikanie znacznych ilości tłuszczów podczas kiełkowania. Przyrost suchej wagi we wczesnych okresach kiełkowania jest także zjawiskiem znanem oddawna. Już HELLRIGEL (55) znalazł u kiełkującego w ciemności rzepaku 1.15% przyrostu suchej wagi, największy przyrost — bo aż 4.76% — znalazł JEGOROW ('04) u *Cucurbita*.

Natomiast ilość wytworzonych węglowodanów, obliczona z moich wyników, wydać się może niezwykle duża w porównaniu z ilościami znalezionymi przez większość autorów. Tylko FRANKFURT ('97) i JEGOROW ('04), którzy obok celulozy i cukrów oznaczali hemicelulozy i pentozany, znaleźli przyrost ilości węglowodanów, zbliżony do obliczonego przeze mnie.

Przybliżona chociaż znajomość składu chemicznego nasion i roślinek służyć może po pierwsze, za sprawdzian wyników spalań, bowiem ciepło, spalania 1 g substancji suchej powinno być równe sumie ciepła spalania poszczególnych składników, po drugie zaś — dla należytej interpretacji wyników doświadczeń oddechowych, mających wykazać, czy obok prze-

¹⁾ Skontrolowałam także dane MILLERA ('10) o zawartości cukrów i skrobi w nasionach. Moje nasiona zawierały 4% cukru trzcinowego, skrobi nie było wcale, tak samo jak w nasionach MILLERA. Śladów cukrów redukujących, o których wspomina MILLER, nie zdołałam wykryć.

kształceń tłuszczów zachodzą inne jeszcze reakcje, związane z pobieraniem tlenu i wydzielaniem dwutlenku węgla.

Poniżej więc na zasadzie własnych oznaczeń kwasów tłuszczowych i azotu oraz — oznaczeń węglowodanów FRANKFURTA ('94), próbuję dać orjentacyjne zestawienie składu chemicznego nasion i roślinek słonecznika. W tym celu dla obliczenia ilości białek i tłuszczów mnożę ilość znalezionych kwasów tłuszczowych przez odpowiedni współczynnik (1.046), a ilość znalezionej azotu (tab. I) — przez współczynnik azotowy 5.5, ustalony dla białek nasion słonecznika przez OSBORNE' A i CAMPBELL A ('97) ¹⁾.

Skład chemiczny nasion słonecznika
w % substancji suchej nasion:

Białka (3.67×5.5)	20.2%
Tłuszcze (55.6×1.046)	58.2%
Popiół	3.9%
	82.3%
Węglowodany (FRANKFURT)	9.0%
Substancje nieoznaczone	8.7%
	100.0%

Skład chemiczny 6-cio dniowych roślinek da się obliczyć ze znacznie mniejszą jeszcze dokładnością. Nie znamy bowiem wystarczająco procesów chemicznych, które obok przemiany tłuszczowej i tłuszczowo-węglowodanowej, zachodzą podczas kiełkowania słoneczników; wiemy tylko, że są one ilościowo nieznaczne. Dokładne jakościowe i ilościowe analizy, które wykonał FRANKFURT ('94), wykazały raz jeszcze, że oprócz węglowodanów, żadne inne związki nie powstają w znaczniejszych ilościach a ogólna ilość tych związków prawie żadnej nie ulega zmianie. Natomiast według zgodnych danych FRANKFURTA ('94) i MILLERA ('10), 37% białek ulega hydrolizie, co pociągnąć za sobą musi pewne zmiany w ogólnej ilości związków azotowych. Nie uwzględniając tych zmian, popełnia się niewątpliwie pewien błąd, nie dający się oszacować.

Skład chemiczny 6-cio dniowych roślinek
w % substancji suchej nasion:

Białka (3.67×5.5)	20.2
Tłuszcze (21×1.046)	22.0
Popiół	5.4
	47.6
Węglowodany (obliczone $38.2 + 9$)	47.2
Substancje nieoznaczone	8.6
	103.4

¹⁾ Cytuję według MILLERA ('10), bo wspomnianej pracy nie udało mi się dostać.

Według tych zestawień, podczas sześciu dni kiełkowania skład chemiczny nasion uległ bardzo gruntownej przemianie: w nasionach tłuszcze stanowią 58.2% suchej wagi, w roślinkach pierwsze miejsce ilościowo zajmują węglowodany, wynosząc około 47% suchej wagi nasion, a blisko 44% substancji suchej roślinek.

Tym chemicznym zmianom powinno odpowiadać w dziedzinie energetyki znaczne obniżenie ciepła spalania, a w wymianie gazowej — zatrzymywanie dużych ilości tlenu w organizmie.

Ciepło spalania.

Dla poznania przemiany energetycznej kiełkujących nasion słoneczników rozporządzamy dwiema metodami: bezpośrednimi pomiarami kalorymetrycznymi i oznaczaniem ciepła spalania.

Pierwsza z tych metod nadaje się najlepiej dla poznania natężenia i przebiegu przemian energetycznych w poszczególnych okresach kiełkowania. Niestety, nie udało mi się, jak już wspomniałam, przewyciężyć trudności związanych z zastosowaniem jej do roślin¹⁾. Podaję więc poniżej tylko wyniki spalań.

Spalania wykonywano w bombie kalorymetrycznej BERTHELOTA systemu MAHLERA. Materiał spalał się gładko, tak że nie trzeba było dodawać żadnych substancji, ułatwiających spalanie, prócz nitki łączącej drucik platynowy między elektrodami z substancją, umieszczoną na dnie platynowego tygielka.

Do kultur brano po 40 nasion najstaranniej dobranych na wagę (największa różnica między pojedynczemi nasionami wynosiła 5 mg, t. j. < 10% wagi pojedynczego nasienia). Przeciętna waga przeliczona na 100 nasion wynosiła $5.2141 \text{ g} \pm 0.0138$, a największe odchylenia od przeciętnej wagi wyniosły < 1% (tab. II). Równolegle prowadzono kultury, przeznaczone do oznaczania tłuszczów, ponieważ ścisłe porównanie wyników spalań i oznaczeń tłuszczów ma dla tej pracy podstawowe znaczenie.

Materiał przeznaczony do spalań rozdrabniano i suszono w powyżej opisany sposób (str. 111), nie wykluczający całkowicie utleniania tłuszczów. Znalezione ciepła spalania mogłyby więc być ewentualnie nieco mniejsze od rzeczywistych. O ile jednak się przyjmie, według v. FÜRTHA ('03) i MILLERA ('12, por. str. 105), że wskaźnik jodowy podczas badanych przeze mnie okresów kiełkowania mało się zmienia, czyli że ilość nienasyconych kwasów tłuszczowych pozostaje mniej więcej ta sama, to błąd, pochodzący z utleniania tłuszczów, jednakowo obciąża wszystkie spalania.

¹⁾ Kiełkujące nasiona są nadzwyczaj wrażliwe na brak wody, o ile korzonki nie są należycie zanurzone w wodzie, przemiany chemiczne przebiegają całkiem nieprawidłowo. Tymczasem dodanie większej ilości wody do kalorymetru zmniejsza jego czułość.

Wyniki spalań przedstawione są na tabeli II. Spalano nasiona i 2, 4 i 6-cio dniowe roślinki. W pierwszych dwóch kolumnach tabeli podana jest sucha waga 100 nasion (waga świeżych nasion, mniej 3.7% wody) i sucha waga 100 roślinek. W następnych kolumnach tabeli (3—7) podane są szczegółowe dane, dotyczące spalań. W ostatnich dwóch kolumnach znajdujemy ciepło spalania przeliczone na 100 roślin i na 1 g suchej wagi nasion.

Tabela II.

Serja spalań № IV. — *Série de combustions № IV.*

Materiał <i>Matiériel</i>	1 Sucha waga 100 nasion <i>Poids sec de 100 graines</i> g	2 Sucha waga 100 roślin <i>Poids sec de 100 plantules</i> g	3 Ilość spalań <i>Nombre de combustions</i>	20 Ilość roślinek spalonych <i>Nombre de plantules brûlées</i>	5 Sucha waga roślinek spalonych <i>Substance sèche brûlée</i> g	6 Ciepło spalania substancji <i>Chaleur de combustion de la substance</i> g. kal	7 Ciepło spalania 1 g substancji <i>Chaleur de combustion par gramme de substance sèche</i> g. kal	8 Ciepło spalania 100 roślinek <i>Chaleur de combustion de 100 plantules</i> g. kal	9 Ciepło spalania obliczona na 1 g substancji suchej nasion <i>Chaleur de comb. par gram. de poids sec des graines</i> g. kal
Nasiona <i>Graines</i>	5.2206	—	4	32	1.6706	12246	7330 ± 0.09%	38269	7330
2-dniowe roślinki <i>Plantules de 2 jours</i>	5.1713	5.1072	4	26	1.3278	9568	7206 ± 2.44%	36800	7116
4-dniowe roślinki <i>Plantules de 4 jours</i>	5.2017	5.2843	4	27	1.4236	8767	6158 ± 0.57%	32470	6243
6-dniowe roślinki <i>Plantules de 6 jours</i>	5.2628	5.4428	4	21	1.1430	5830	5101 ± 2.51%	27762	5275

Podane w tab. I ciepło spalania 1 g substancji suchej jest średnią z 4 spalań. Przeciętny błąd tej średniej obliczony z odchyień w poszczególnych spalaniach, wynosi dla nasion mniej niż 0.1% i jest miarą zarówno błędów pomiarowych, jak i wahań wartości energetycznej nasion (spalane były całe nasiona). Znacznie większe przeciętne błędy średniej w innych spalaniach (do 2.5%), przypisać należy złemu wymieszanemu materiałowi.

Widzimy z danych tabeli II, że ciepło spalania 1 g substancji suchej nasion wynosi 7330 g. kal. Tak wysokie ciepło spalania jest spowodowane zawartością 58.2% tłuszczów w nasionach (tabl. I). Strata energii podczas pierwszych dwóch dni kiełkowania jest

niewielka, bo ciepło spalania 1 g substancji suchej 2-dniowych roślinek wynosi 7206 g. kal. Natomiast od 2-go dnia kiełkowania począwszy straty energii znacznie wzrastają: 1 g subst. suchej 6-cio dniowych roślinek ma ciepło spalania, wynoszące już tylko 5101 g. kal. Odpowiada ono, jak widzieliśmy, zawartości tłuszczów 22.0% (tabl. I).

Dla ściślejszej oceny strat energetycznych najdogodniejsze jest przeliczenie wyników na 1 g substancji suchej nasion, przy którym eliminuje się tak zmiany wagi roślinek podczas kiełkowania, jak i błędy, wynikające z nierównej wagi nasion. Przeliczenie to podane jest w ostatniej kolumnie tabl. II. Ciepła spalania 1 g nasion, wynoszącemu 7330 g. kal., odpowiada 5275 g. kal. u 6-cio dniowych roślinek. Strata energii wynosi więc 2055 g. kal., co w procentach równa się 28.01% pierwotnej energii nasion. Na poszczególne dwudniowe okresy kiełkowania straty energii rozłożone są jak następuje:

0—2 dni	214 g. kal.	2.92%
2—4 „	873 „ „	11.92%
4—6 „	968 „ „	13.19%

W drugim okresie ilość kaloryj straconych jest przeszło 4 razy, w trzecim $4\frac{1}{2}$ razy większa, aniżeli w pierwszym. Z liczb podanych wnosićby można, że przez całe 6 dni kiełkowania natężenie przemian energetycznych stale wzrasta. Zbyt długie bo 2-dniowe odstępy czasu między spalaniem sprawiają, że nie dają one dokładnego obrazu przebiegu procesów energetycznych. Przebieg doświadczeń oddechowych wykaże, że maksimum natężenia metabolizmu przypada na 4-ty dzień kiełkowania. Straty energetyczne między 2 a 4-tym dniem leżą więc na podnoszącym się, między 4-tym a 6-tym dniem — na opadającym ramieniu krzywej intensywności.

Spalania wykazały bardzo dużą zmienność ciepła spalania nasion. Ogromne różnice wykazują przedewszystkiem różne gatunki nasion (np. nasiona małych ogrodowych słoneczników w serji I). Różnice między ciepłem spalania jednego gatunku nasion pochodzących z różnych zbiorów, mogą też być dosyć znaczne, jak np. ciepła spalania w serji II, a III i IV.

		Sucha waga 100 nasion	Ciepło spalania 1 g. subst. such.	
Jeden gatunek,	{	Serja IV	5.2206 g	7330 g. kal.
jeden zbiór:		Serja III	5.446 „	7439 „
Inny zbiór:		Serja II	5.770 „	6954 „
Inny gatunek:		Serja I.	2.3597 „	6352 „

Najważniejszą jest jednak zmienność nasion tego samego gatunku i zbioru, z którą trzeba nieustannie liczyć się przy doświadczeniach. Naogół im większe, t. j. im bliżej brzegu tarczy wyrosłe, i im dojrzalsze nasiona — tym wyższe mają ciepła spalania. Np. różnica wagi 4.4% między nasionami z serji III i IV powoduje już różnicę 1.5% w ciepłe spalania substancji suchej nasion. Wykazuje to najlepiej, jak wielkie znaczenie ma dobór nasion dla zgodności wyników.

Wyniki próbnych seryj spalań, do których używałam trzech gatunków nasion, wypróbowując przytem różne metody prowadzenia kultur, nie są ściśle porównywalne z wynikami serji IV, dlatego nie podaję szczegółowych ich wyników. Straty energii były wszędzie mniej więcej tej samej wielkości. Największe straty energii wykazała serja III: po 4 dniach kiełkowania roślinki straciły 17% pierwotnej energii, ¹⁾ wobec 14.8% w serji IV-tej. W serji II-giej, przez 6 dni kiełkowania, roślinki straciły 27% energii, a przez ten sam czas w serji IV-ej — 28%. Zgodność tych dwóch ostatnich wyników jest ważna, ponieważ nasiona z innego zbioru, użyte do II serji spalań, służyły także do doświadczeń oddechowych.

Zgodność wyników spalań i analiz chemicznych sprawdzić można przez przybliżone obliczenie wartości kalorycznej związków, wchodzących w skład nasion słoneczników (str. 115).

W tym celu posługiwać się musimy ciepłem spalania, ustalonym przez różnych badaczy dla poszczególnych związków organicznych. Ścisłość tych oznaczeń, zwłaszcza gdy chodzi o białka roślinne ²⁾, wiele nieraz pozostawia do życzenia. Nie oznaczałam, niestety, ciepła spalania kwasów tłuszczowych wyizolowanych z nasion i roślinek słoneczników, więc i tutaj posługiwać się muszę wynikami innych badaczy ³⁾, w tym przypadku o wiele ściślej szemi. Przyjmuję następujące ciepła spalania dla 1 g substancji:

¹⁾ W serji tej spalano zbyt małe ilości substancji, dlatego wyniki jej nie są całkiem pewne.

²⁾ Ciepło spalania białek słoneczników nie było, o ile wiem, nigdy oznaczane. Ciepła spalania innych białek roślinnych wahają się od 5.48 do 5.99 kg. kal. Przyjmuję wartość średnią: 5.70 kg. kal.

³⁾ Ciepło spalania tłuszczów roślinnych waha się od 9.40 do 9.45 kg. kal. Ciepła spalania kwasów tłuszczowych i gliceryny, wchodzących w skład tłuszczów słonecznikowych:

1 g. mol kw. palmitynowego	2374.2 kg. kal
1 " " " oleinowego	2684.5 " "
1 " " " linolenowego	2631.2 " "
1 " " " gliceryny	397.3 " "

8087.2 kg. kal.

Białka	5700 g.	kal
Tłuszcze	9400 „	„
Glukoza	3760 „	„
Cukier trzcinowy	3962 „	„
Celuloza	4185 — 4200 „	„

Na zasadzie tych liczb i tego, co wiemy o składzie chemicznym nasion (str. 115), wartość energetyczna nasion wynosząca 7330 g. kal. byłaby rozdzielona, jak następuje, między poszczególne składniki:

Białka	0.202 g	(× 5700)	= 1151 g. kal
Tłuszcze	0.582 „	(× 9400)	= 5471 „ „
Popiół	0.039 „		—
	0.823 g		= 6622 g. kal
Węglowodany i nieoznaczone substancje	0.177 g		= 708 g. kal
	1.000 g		7330 g. kal

Ciepło spalania węglowodanów i nieoznaczonych substancyj wynosiłoby według tego zestawienia 4000 g. kal. Jest to wartość pośrednia między ciepłem spalania cukru trzcinowego i celulozy, dwóch głównych składników węglowodanowych nasion. Zgodność wyników spalań ze składem chemicznym nasion można wobec tego uznać za wystarczającą.

Porównanie ciepła spalania i składu chemicznego 6-ciu dniowych roślinek, jest o wiele mniej dokładne, ponieważ niepodobna ocenić wydajności kalorycznej wszystkich reakcyj, jakie podczas kiełkowania zachodzą.

O wydajności takich np. reakcyj, jak przechodzenie azotu białkowego w nukleinowy (FRANKFURT '94), nie wiadomo nic zgoła. Efekt kaloryczny hydrolizy białek jest, o ile wiadomo, bardzo słaby. Ponieważ jednak przyjąć możemy (FRANKFURT '94, MILLER '10), że podczas 6-ciu dni kiełkowania 37% azotu białkowego przechodzi w azot niebiałkowy, więc pewną choć niewielką część ciepła wydzielonego przypisać można hydrolizie białek. Pewien wpływ na ciepło spalania tłuszczów mogłoby mieć utlenianie nienasyconych kwasów tłuszczowych podczas kiełkowania. O ile sądzić można z niezbyt zgodnych wyników v. FÜRTHA ('03) i MILLERA ('12), wskaźnik jodowy kwasów tłuszczowych słonecznika podczas badanych przeze mnie okresów kiełkowania prawie się nie zmienia.

Dzieląc przez ciężar molarny cząsteczki tłuszczowej = 856, otrzymujemy $\frac{8087.2}{856} = 9.448$ kg. kal.

Jak z oznaczeń ciepła spalania myrystyny, lauriny oraz kwasu myrystynowego i laurynowego wynika, suma ciepła spalania składników jest tylko o jakie 0.1% wyższa od ciepła spalania tłuszczów. Zaokrąglając otrzymaną liczbę do 9.40 kg. kal. popełniam błąd < 0.5%.

Powyższe dane wzięte są z: LANDOLT-BÖRNSTEIN, Physikalisch-chemische Tabellen ('12) i z prac cytowanych przez niego autorów.

Pomijając te wszystkie reakcje (por. str. 105), obliczam ciepło spalania roślinek, tak jakgdyby żadne inne reakcje prócz reakcyj tłuszczów podczas kiełkowania nie zachodziły.

Ciepło spalania 6-cio dniowych roślinek
na 1 g suchej wagi nasion:

Białka	0.202 g	(× 5700)	1151 g. kal
Tłuszcze	0.220 "	(× 9400)	2068 "
Popiół	0.054 "		— "
	0.476 g		3219 g. kal
Węglowodany i nie- oznaczone substancje	0.558 "		2056 g. kal
	1.034 g		5275 g. kal

Ciepło spalania 1 g substancyj nieoznaczonych i węglowodanów wynosi tutaj 3684 g. kal., jest więc cokolwiek za niskie.

Z zestawień tych wynika, że wartość energetyczna zużytych tłuszczów ($0.362 \text{ g} \times 9400 \text{ g. kal} = 3403 \text{ g. kal}$) jest o wiele większa od ogólnych strat energetycznych (2055 g. kal). Prawie 40% energii tłuszczów zostają zatrzymane w organizmie, w formie nowowytworzonych substancyj. Ilościowo substancje te przewyższają ciężar zużytych tłuszczów, jak wynika z przyrostu ilości substancji organicznej, o 1.96% (tab. I), energetycznie są o wiele mniej wartościowe. Stąd pochodzi obniżenie ciepła spalania substancji suchej podczas kiełkowania z 7330 g. kal na 5101 g. kal, przy równoczesnej gruntownej zmianie w rozkładzie wartości energetycznej między poszczególne składniki. W nasionach 74.6% energii przypada na tłuszcze, a tylko około 9.7% na węglowodany, natomiast w 6-cio dniowych roślinkach wartość energetyczna tłuszczów stanowi już tylko 39%, wartość energetyczna węglowodanów i nieoznaczonych substancyj także około 39% całej energii potencjalnej roślinek.

Z porównania ubytku tłuszczów z ciepłem spalania widzimy więc (tab. I i II), że obok dominującej roli tłuszczów charakterystyczną cechą metabolizmu chemiczno-energetycznego kiełkujących słoneczników jest strata dużych ilości energii, połączona z przyrostem substancji organicznej. Straty energetyczne wyrażają się tu przede wszystkim w obniżeniu ciepła spalania substancji suchej, procesy zaś chemiczne są nie tylko spalaniem, ale w dużej mierze przekształceniem tłuszczów na węglowodany.

Jedynie dane, dotyczące ciepła spalania nasion tłuszczowych, jakie znajdujemy w literaturze, zawdzięczamy F. TERROINE'owi i jego współpracownikom¹⁾. Ciepła spalania nasion tłuszczowych oznaczone przez tego badacza są naogół zbliżone do moich. Ciepło spalania nasion *Arachis* wynosi 6756 do 7441 g. kal., a nasion lnu 6400 g. kal. Dla słoneczników TERROINE znalazł z małymi odchyleniami około 6740 g. kal., a więc niższą ode mnie wartość kaloryczną. Wobec wspomnianych (str. 118) różnic między ciepłem spalania różnych gatunków nasion słonecznika, ta odmiennosc wyników jest zupełnie zrozumiała.

TERROINE spalał roślinki zwykle tylko w dwóch lub trzech odległych od siebie stadjach rozwoju: słoneczniki zaś — tylko po 5 i 11 dniach kiełkowania. Ponieważ spalał osobno kotyledony, a osobno hypokotyle i korzenie, więc liczby jego wymagają zsumowania dla porównania z moimi. Okazuje się wtedy, że 5-dniowe roślinki od początku kiełkowania straciły przeciętnie 2.5% początkowej wagi suchej i 21.7% energii, 11-dniowe od początku kiełkowania — 1.85% suchej wagi i 19.8% energii. Ponieważ temperatura, w której hodowane były roślinki, nie jest podana, wolno przypuszczać, że powodem zwolnienia tempa rozwoju 11-dniowych roślinek była niższa temperatura. Wobec tego niepodobna z liczb autora wyciągać jakiegokolwiek wniosków co do intensywności i przebiegu procesów energetycznych.

Doświadczenia oddechowe.

Dla badania wymiany gazowej wybrano metodę długotrwałych doświadczeń. Poszczególne doświadczenia trwały około 24 godzin, a serje obejmowały cały badany okres kiełkowania. Jedne i te same roślinki przez cały czas doświadczenia rosły i rozwijały się w aparacie oddechowym. Stanowi to jedną z głównych zalet tej metody, wyklucza bowiem wszelkie błędy, pochodzące z indywidualnych różnic między roślinkami. Unika się przytem także drugiego, jeszcze poważniejszego źródła błędu, mianowicie zmiany warunków zewnętrznych w chwili rozpoczynania doświadczeń. Na zmiany takie, zwłaszcza na zmiany wilgotności, rośliny są nadzwyczaj wrażliwe²⁾.

Do doświadczeń używano aparatu oddechowego BIAŁASZEWICZA ('16). Ponieważ w tym aparacie doświadczenia odbywają się w zbiorniku zamkniętym, brano do doświadczeń taką ilość roślinek, aby zmiany składu atmosfery nie wpływały szkodliwie na procesy oddechowe.

Według zgodnych wyników STICHA ('91) i POURIEWITCHA ('05), wpływ składu atmosfery na iloraz oddechowy kiełkujących nasion zaznacza się

¹⁾ TERROINE, BONNET i JOESEL ('24), TERROINE, TRAUTMANN i BONNET ('26).

²⁾ Wobec tej wrażliwości roślin nie mogą porównywać ze swoimi wyników niektórych autorów, np. KIDDA, WESTA i BRIGGSA ('21), którzy odchylen spowodowanych brakiem wody nie uwzględniali.

dopiero wtedy, gdy zawartość tlenu w atmosferze spada do 4—5%. Według POURIEWITCZA przy 5.8% tlenu iloraz oddechowy młodych roślinek słonecznika jest zupełnie taki sam, jak w normalnej atmosferze. Natomiast według GODLEWSKIEGO ('82, dośw. IV) ilość tlenu, pobieranego przez kiełkującą nasioną tłuszczowca, zaczyna się zmniejszać, gdy zawartość jego w aparacie wynosi 9—10%

W większości moich doświadczeń ilości tlenu i dwutlenku węgla w aparacie były dalekie od szkodliwych koncentracji. W serji I (tab. II) tylko w doświadczeniach 4 i 5-tem ilości O_2 pobranego wynosiły blisko 13%, ilości CO_2 wydzielonego około 7% pierwotnej ilości powietrza w aparacie. Tylko w tych dwóch przypadkach możnaby podejrzewać, że skład atmosfery pod koniec doświadczeń wywarł jakiś szkodliwy wpływ na wymianę gazową.

Doświadczenia nie były prowadzone aseptycznie. Pleśni nigdy nie zauważono. Rozwój innych mikroorganizmów nie był jednak wykluczony, a udział ich w wymianie gazowej nie-daje się oszacować. Dla zorientowania się w wielkości tego źródła błędu po skończeniu drugiej serji doświadczeń wyjęłam roślinki z aparatu bez usuwania drobnych korzonków z piasku, poczem aparat zamknęłam z powrotem. Po 48 godz. zmierzylam zmiany zaszie w składzie powietrza. Mimo pomyślnych dla rozwoju mikroorganizmów warunków, ilość wydzielonego CO_2 stanowiła 2%, ilość pobranego O_2 — 1.4%, ilości gazów znalezionych w czasie ostatniego 20-godzinnego doświadczenia. W czasie samego doświadczenia udział mikroorganizmów w wymianie gazowej był więc prawdopodobnie nieznaczny. Jeśli chodzi o porównalność wyników doświadczeń oddechowych z wynikami innych doświadczeń, to zaznaczyć należy, że warunki zewnętrzne w aparacie oddechowym nie były identyczne z warunkami rozwoju w innych kulturach. Atmosfera w aparacie była całkowicie nasycona parą wodną, zaś w termostacie nasycenie wynosiło 70 do 80%. Temperatura była średnio o jaki 1° niższa. Dalej, serja I doświadczeń oddechowych robiona była na nasionach z innego zbioru; sprawdzono jednak, że strata energii tych nasion była prawie taka sama jak w IV-tej serji spalań (27% wobec 28%, por. str. 119).

Podaję tutaj wyniki I serji doświadczeń oddechowych (tab. III i rys. 3), jako najkompletniejszej ze wszystkich i ze wszechmiar typowej. W serji tej użyto do doświadczeń 10 wyłuskanych nasion słonecznika, czwartego dnia wyjęło 3 nasiona z powodu wzmoczonej intensywności oddychania. Nie wpłynęło to na poprawność wyników, ponieważ przy tak małej ilości nasion możliwy jest bardzo staranny ich dobór. Prawdopodobny błąd pomiarowy (0.15 cm^3) zaważyć może tylko na wynikach pierwszego dnia doświadczenia, podczas którego ilości gazów są najmniejsze. Błąd ten wynosiłby tu bowiem 4.0% względnie 3.7%. Serja I zawiera, niestety, jeden niepewny pomiar 6-go dnia kiełkowania. Ilości CO_2 znalezione tego dnia są stanowczo za małe (na tab. III ujęte w klamry), skutkiem czego i iloraz oddechowy jest tego dnia wyjątkowo niski. Ponieważ we wszystkich innych doświadczeniach w tym okresie kiełkowania ilość CO_2 z dnia na dzień bardzo powoli i równomiernie się zmniejszała, przypisuję zbyt małą ilość

znalezonego CO_2 przypadkowemu błędowi pomiarowemu i nie uwzględniam ani na rys. 3, ani w moich rozumowaniach.

Przeglądając liczby podane na tab. III i ich graficzne przedstawienie na rys. 3, widzimy, że krzywa wymiany gazowej jest krzywą jednowierzchołkową z maksimum, przypadającym na 4-ty dzień kiełkowania. Intensywność wymiany gazowej wzrasta przez pierwsze cztery dni kiełkowania, aby następnie powolniej opadać. Jeśli za miarę intensywności oddychania weźmiemy O_2 pobrany, to twierdzić możemy, że intensywność ta przez 4 dni wzrasta 18-krotnie. Ilość tlenu pobranego przez 100 roślin na godzinę wynosi pierwszego dnia 1.72 cm^3 , a czwartego 31.09 cm^3 ; siódmego dnia ilość ta wynosi już tylko 20.11 cm^3 .

Ilość CO_2 wydzielonego również wzrasta przez pierwsze 4 dni, ale wolniej bo z 1.60 cm^3 na 15.17 cm^3 , czyli mniej niż 10-krotnie. Skutkiem tego czwarty dzień kiełkowania jest dniem przełomowym nie tylko dla intensywności, ale i dla jakości wymiany gazowej. Dnia tego stosunek CO_2 wydzielonego do O_2 pobranego jest najniższy. Ilustrują to najlepiej ilorazy oddechowe: pierwszego dnia RQ jest bliski jedności, bo wynosi 0.928, spada już drugiego dnia na 0.721, a czwartego do 0.488, poczem zaczyna się podnosić i siódmego dnia osiąga wartość 0.644. Inne serje doświadczeń wykazały, że następnym dniem wartość ilorazu oddechowego dalej powoli wzrasta.

Z tab. II i rys. 3 wynika więc, że tak intensywność jak i charakter wymiany gazowej przez cały czas kiełkowania nieustannie zmieniają się. Tę samą zmienność, co 24-godzinne doświadczenia, wykazały i krótsze pomiary, uważać ją więc można za typową dla procesów oddechowych kiełkujących słoneczników. We wszystkich serjach doświadczeń oddechowych tak, jak w serji I, najniższy iloraz oddechowy schodził się zawsze z maksimum intensywności.

W serji I ten najniższy iloraz oddechowy wynosił 4-go dnia 0.488. W II serji w okresie maksimum wykonałam krótszy 6-godzinny pomiar i znalazłam iloraz oddechowy 0.380, najniższy, jaki mi się udało stwierdzić.

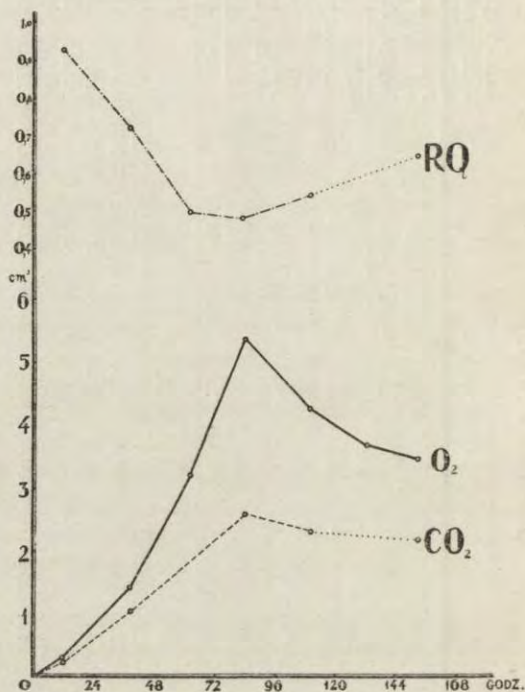
Porównanie znalezionych ilorazów oddechowych z teoretycznymi, prowadzi do ich interpretacji. Iloraz, znaleziony pierwszego dnia kiełkowania (0.928), wskazywałby na spalanie przede wszystkim cukrów obok niewielkiej ilości tłuszczów; prawdo-

Tabela III.

Doświadczenie oddechowe. Serja I.
Exchange gazeux. Série I.Świeża waga 100 nasion = 6.09 g.
Poids frais de 100 graines = 6.09 gr.Sucha waga 100 nasion = 5.77 g.
Poids sec de 100 graines = 5.77 gr.

№ do- świad- czenia	Ilość roślinek	Tempe- ratura	Początek doświadczenia	Koniec doświadczenia	Czas trwania do- świad- czenia	Czas średni od po- czątku kiełko- wania	Produkt- cja CO ₂ dégagé	Zużycie O ₂ absorbé	Produkt- cja CO ₂ dégagé	Zużycie O ₂ absorbé	Przez 1 gr. su- chej wagi nasion	
											cm ³	cm ³
№ de l'expé- rience	Nombre de plant.	Tempé- rature	Commencement de l'expérience	Fin de l'expérience	Durée de l'ex- périence	Temps moyen	Produkt- cja CO ₂ dégagé	Zużycie O ₂ absorbé	Produkt- cja CO ₂ dégagé	Zużycie O ₂ absorbé	Przez 100 roślin na godzinę	par 1 gr. de poids sec des graines en 1 heure
		°C			h.	h.	cm ³	cm ³	cm ³	cm ³	cm ³	cm ³
1	10	24.1 ⁰	9.III. 14h 50'	10.III. 14h 15'	23.5	11.7	3.76	4.05	0.928	1.72	1.60	0.277
2	10	23.4 ⁰	10.III. 15h 12'	11.III. 18h 52'	27.7	38.3	16.75	23.23	0.721	8.39	6.05	1.048
3	10	23.4 ⁰	11.III. 19h 15'	12.III. 14h 22'	19.1	62.0	17.92	35.62	0.503	18.65	9.38	1.626
4	7	24.4 ⁰	12.III. 15h 30'	13.III. 14h 30'	23.0	84.2	24.43	50.05	0.488	31.09	15.17	2.629
5	7	24.2 ⁰	13.III. 14h 50'	14.III. 18h 35'	27.7	110.1	26.44	48.50	0.545	25.00	13.63	2.362
6	7	24.4 ⁰	14.III. 19h 35'	15.III. 13h 50'	18.2	133.9	(11.16)	27.34	(0.408)	21.46	(8.76)	(1.518)
7	7	24.5 ⁰	15.III. 15h 5'	16.III. 14h 5'	23.0	153.7	20.86	32.37	0.644	20.10	12.95	2.244

podobnie na pierwsze potrzeby energetyczne roślina zużywa część małego zapasu cukru trzcinowego (4%), który zawierają nasiona. Znaleziony drugiego dnia kiełkowania iloraz oddechowy (0.721) odpowiada prawie zupełnie teoretycznemu ilorazowi spalania tłuszczów. W ciągu następných pięciu dni kiełkowania odbywają się widocznie obok spalania tłuszczów inne reakcje, po-



Rys. 3. Doświadczenia oddechowe. Serja I. CO₂ wydzielone i O₂ pobrane przez 1 g suchej wagi nasion na godzinę.

Fig. 3. Expériences respiratoires. Série I. O₂ et CO₂ par gramme de poids sec et heure.

legające na wiaźaniu tlenu, ilość bowiem tego ostatniego znacznie przewyższa ilość CO₂ wydzielonego (RQ = 0.488 — 0.644). Wielkie ilości tłuszczów, jakie znikają podczas kiełkowania (tab. II i str. 114) doprowadziły nas do wniosku, że tłuszcze w znacznej mierze przerabiane są na węglowodany. Pobieranie nadmiaru tlenu, stwierdzone w doświadczeniach oddechowych, jest w zupełnej zgodzie z tym wnioskiem, ponieważ przemiana tłuszczów na węglowodany musi być połączona z zatrzymywaniem tlenu w organizmie.

Dla porównania wyników spalań, robionych co 48 godz., z wynikami doświadczeń oddechowych, obliczamy ilości O_2 i CO_2 pobrane i wydzielone w ciągu 48 godzin oraz w ciągu całych 6 dni kiełkowania.

Przez 6-cio dniowy okres kiełkowania, czyli przez 144 godzin, doświadczenia trwały 139.2 godz., a przerwy między nimi 4.8 godz. (tab. III), co stanowi 3.3% całego czasu. Obliczając więc za pomocą interpolacji ilości gazów pobrane i wydzielone podczas przerw, popełnia się błąd minimalny. Większy błąd w interpolacji popełnia się, obliczając ilości gazów w pierwszym i drugim dwudniowym okresie kiełkowania, bo doświadczenie drugiego dnia skończyło się po 52, a nie po 48 godz. (tab. III).

Obliczone na 1 g suchej wagi nasion ilości O_2 i CO_2 wydzielone przez 48 godz. wynoszą:

	O_2		CO_2		RQ
	cm^3	mg	cm^3	mg	
0 — 48 godz.	38.7	55.3	30.8	57.5	0.795
48 — 96 „	202.8	289.8	100.8	199.3	0.497
96 — 144 „	196.1	280.2	97.3	192.4	0.496
przez 6 dni	437.6	625.3	228.9	449.2	0,523

Jak widzimy, charakter krzywej O_2 i CO_2 (rys. 3) zacierają się zupełnie po przeliczeniu wyników na 48-godzinne okresy: maksimum intensywności oddychania dopatrzeć się tu nie można. Natomiast wyniki doświadczeń oddechowych okazują się bardzo zbliżone do wyników spalań (por. tab. II i str. 36). Zbliżone, ale nie całkiem równoległe. W drugim dwudniowym okresie są np. ilości O_2 5.24 razy, w trzecim — 5.06 razy większe aniżeli w pierwszym. Ilość kaloryj wydzielonych wzrasta w tych okresach 4.08 i 4.52 razy, czyli nieco mniej niż ilości O_2 (por. str. 118). Pomijając nawet niedokładności w obliczaniu ilości O_2 i CO_2 , zupełna równoległość jest niemożliwa z teoretycznych względów. Według doświadczeń oddechowych w pierwszym okresie odbywają się tylko spalania, reakcje o wyższym współczynniku kalorycznym tlenu ¹⁾, w dwóch następnych okresach także prze-

¹⁾ Dla spalania tłuszczów: g. kal/mg O_2 = 3.26; g. kal/mg CO_2 = 3.32. Dla przerabiania tłuszczów na węglowodany: g. kal/mg O_2 = 2.61. Uzasadnienie tych współczynników poniżej na str. 59. Porównać także BERTHELOT, Chaleur animale.

kształdanie tłuszczów na węglowodany, reakcja o współczynniku niższym. Stąd wzrost ilości wydzielonych kaloryj jest mniejszy od wzrostu ilości pobranego tlenu.

Ogólnym stratom energetycznym, które na 1 g substancji suchej nasion wynoszą 2055 g. kal., odpowiada 625 mg. O₂ pobranego i 449 mg. CO₂ wydzielonego. Dla całego 6-cio dniowego okresu kiełkowania współczynnik kaloryczny CO₂ wynosi więc 4.58, współczynnik kaloryczny O₂ — 3.28. Pierwszy, bardzo wysoki, wskazuje, że znaczna część energii straconej pochodzi z reakcyj, nie połączonych z wydzielaniem CO₂, czyli — z przerabiania tłuszczów na węglowodany. Drugi, powinien więc być pośredni między współczynnikami dla spalania i przerabiania tłuszczów, jest tymczasem za wysoki. To odchylenie od teoretycznego współczynnika wskazuje, że część strat energetycznych przypisać trzeba jakimś innym beztlenowym reakcjom, zachodzącym w organizmie, po części może hydrolizie białek.

Wyniki moich doświadczeń oddechowych są naogół podobne do wyników dawniejszych autorów. Wymienić tu należy przedewszystkiem GODLEWSKIEGO ('82) oraz BONNIERA i MANGINA ('84), którzy bardzo gruntownie i wszechstronnie badali wymianę gazową kiełkujących nasion; GODLEWSKI znalazł dla nasion tłuszczowych ilorazy oddechowe wyższe od moich (dla *Linum* najniższy 0.557), BONNIER i MANGIN znacznie niższe (dla *Linum* najniższy 0.30). Różnice między wynikami tych autorów tłumaczyć można różnymi metodami oznaczania ilości gazów: błędy tych metod w przeciwnych kierunkach wpływały na wyniki ¹⁾. BONNIER i MANGIN stwierdził istnienie maksimum intensywności oddychania podczas kiełkowania nasion tłuszczowych. Krzywa współczynników oddechowych podana przez tych autorów dla *Linum*, jest zupełnie podobna do krzywej podanej przeze mnie na rys. 3. I tu i tam najniższy współczynnik oddechowy przypada na maksimum intensywności oddychania.

GODLEWSKI nie zajmuje się sprawą zmian intensywności oddychania podczas kiełkowania, których ocenę zresztą utrudnia niestała temperatura, w której robione były doświadczenia. Niemniej w trzech doświadczeniach, które sam autor wyróżnia jako najlepsze (dośw. VII, VIII, III), maksimum to występuje wyraźnie, jak również typowe zmiany wartości ilorazu oddechowego. Autor, interpretując swoje wyniki, odróżnia 3 okresy kiełkowania: I okres — to okres spalania węglowodanów, II okres — przy

¹⁾ Pomijam tu wyniki POURIEWITCHA ('05), według którego niskie temperatury wpływają na obniżenie współczynników oddechowych. Dla *Helianthus* w temp. 4 — 5° C znalazł on RQ = 0.15. FERNANDEZ ('23) na zasadzie bardzo licznych i metodycznie poprawnych doświadczeń przeczy bowiem wpływowi temperatury na ilorazy oddechowe.

$CO_2/O_2 = 0.55 - 0.66$, to okres głównie przerabiania tłuszczów na węglowodany, III okres przy wzrastających ilorazach oddechowych, to okres tworzenia celulozy z cukrów oraz spalania tychże na potrzeby energetyczne organizmu. Wyniki moje dają się łatwo podciągnąć pod ten szemat z wyraźnym jednak zastrzeżeniem, że te trzy okresy kiełkowania przechodzą stopniowo jeden w drugi.

Istnienie maksimum intensywności oddychania podczas kiełkowania uważać można za fakt całkowicie ustalony już od czasu badań BONNIER i MANGIN ('84). W ostatnich latach stwierdził jego istnienie dla nasion skrobiowych raz jeszcze FERNANDEZ ('23). Przebieg podobny do wymiany gazowej mieć musi i cały metabolizm chemiczno-energetyczny kiełkowania. Tymczasem w nielicznych tylko pracach chemicznych nad kiełkowaniem nasion tłuszczowych np. u MAQUENNE'A ('00) i DETMERA ('80) stwierdzić możemy istnienie maksimum intensywności przemian chemicznych. Z pomiarów zaś ciepła wydzielonego, czy ciepła spalania, jedynie w doświadczeniach BONNIERA ('93) występuje maksimum intensywności u wszystkich nasion, których wydzielanie ciepła autor mierzył. Jednym z powodów tego stanu rzeczy są niewątpliwie nieregularne lub zbyt duże odstępów czasu między doświadczeniami, czy analizami. Podczas kiełkowania słoneczników w temp. $25^{\circ}C$ odstępów dwudniowe, jak widzieliśmy, zacierają już istotny przebieg procesów metabolicznych. Odstępów czterodniowe mogłyby prawdopodobnie doprowadzić do zupełnie błędnego wniosku, że intensywność procesów chemiczno-energetycznych przez dłuższy czas pozostaje niezmienną.

Omówienie wyników.

Główne wyniki doświadczeń, podane już w poprzednich rozdziałach, są zestawione w tab. IV. Widzimy z danych tej tabeli, że ilość tłuszczów na 1 g substancji suchej, zmniejsza się przez 6 dni kiełkowania z 582 mg na 220 mg, a ilość substancji organicznej nieco wzrasta (19.6 mg). Równocześnie ciepło spalania substancji suchej spada z 7330 g. kal na 5275 g. kal, zaś wymiana gazowa wykazuje znaczną przewyżkę tlenu pobranego nad wydzielonym dwutlenkiem węgla: $437.6 \text{ cm}^3 O_2$ na $228.9 \text{ cm}^3 CO_2$ (względnie 625 mg O_2 na 449 mg CO_2). Samo porównanie ilości substancji organicznej z ilością tłuszczów wykazuje, że na miejsce zużytych tłuszczów powstać musiały inne jakieś substancje. Strata energii, równa 2055 g. kal na 362 mg tłuszczów, znacznie mniejsza od ich wartości energetycznej, dowodzi również, że część energii, zawartej w tłuszczach, została zatrzymana w organizmie w formie innych związków organicznych. Z dużego nadmiaru pobranego O_2 wypływa, że nowowytworzone substancje są o wiele bogatsze w tlen od tłuszczów.

Ze wszystkich tych faktów wyprowadzamy wniosek, że podczas kiełkowania słoneczników powstają węglowodany w ilościach bardzo znacznych, bo przewyższających ilości zużytych tłuszczów. Z drugiej strony, ilości wydzielonego CO_2 wskazują, że część tłuszczów zostaje spalona. Mielibyśmy więc do czynienia podczas kiełkowania słoneczników z dwiema reakcjami: spalaniem tłuszczów i przerabianiem tłuszczów na węglowodany.

Tabela IV.

Streszczenie wyników. — *Résumé des résultats obtenus.*

Na 1 g suchej wagi nasion:

Par gramme de poids sec des graines:

Materiał <i>Matériel</i>	Tab. I. Substancja organiczna <i>Substance organique</i> g	Tab. I. Tłuszcze (kw. tłuszczowe) $\times 1.046$ <i>Graisses</i> g	Tab. II. Ciepło spalania <i>Chaleur de combustion</i> g. kal.	Tab. III. O_2 pobrane O_2 <i>absorbé</i> cm^3	Tab. III. CO_2 wydzielone CO_2 <i>dégagé</i> cm^3	RQ.
Nasiona <i>Graines</i>	0.9607	0.582	7330			
2-dniowe roślinki <i>Plantules de 2 jours</i>	0.9471	—	7116	38.7	30.8	0.796
4-dniowe roślinki <i>Plantules de 4 jours</i>	0.9700	—	6243	202.8	100.8	0.497
6-dniowe roślinki <i>Plantules de 6 jours</i>	0.9803	0.220	5275	196.1	97.3	0.496
				437.6	228.9	

Rozumowania te są oparte na dowolnem założeniu, że, po pierwsze, inne substancje prócz węglowodanów nie powstają z tłuszczów, po drugie, że wszystkie inne reakcje, jakie poza reakcjami tłuszczów podczas kiełkowania zachodzą, są ilościowo nieznaczne.

W literaturze kiełkowania nasion tłuszczowych liczne do tej pory prowadzone poszukiwania pośrednich i pobocznych produktów przemiany tłuszczowo-węglowodanowej wykazują istotnie, że żadne substancje, prócz węglowodanów z tłuszczów, nie powstają i żadne nie ulegają znacznijszym ilościowym zmianom. To samo dla słoneczników znalazł FRANKFURT ('94). Autor ten, później zaś MILLER ('10), znaleźli jednak, że ciała białkowe ulegają gruntownej przemianie, bo 37% białek ulega podczas kiełkowania hydrolizie. Hydroliza ta, jakkolwiek małą jest jej wydajność kaloryczna, może być źródłem pewnej małej części wydzielonego ciepła.

Z drugiej strony, utlenianie nienasyconych kwasów tłuszczowych podczas kiełkowania mogłoby pochłaniać pewną ilość tlenu. Według KÖNIGA ('21) olej słonecznikowy zawiera trzy kwasy tłuszczowe: palmitynowy $\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2$, oleinowy $\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$ i linolenowy $\text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{O}_2$, a więc dwa kwasy tłuszcz-

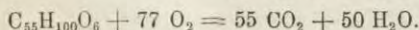
czowe nienasycone. O losie tych kwasów podczas kiełkowania trudno coś całkiem pewnego powiedzieć wobec niezbyt zgodnych wyników różnych autorów. Jak już było wspomniane, z prac v. FÜRTHA ('03) i MILLERA ('12) wynika, że podczas badanych okresów kiełkowania wskaźnik jodowy prawie się nie zmienia.

Z powyższego wypływa, że popełnia się niewielki stosunkowo błąd, opierając dalsze rozumowanie na przypuszczeniu, że inne reakcje prócz reakcyj tłuszczów nie zachodzą podczas kiełkowania.

Dla sformułowania chemicznego tych dwóch reakcyj (spalania tłuszczów i przerabiania tłuszczów na węglowodany) potrzebna jest znajomość składu chemicznego tłuszczów i węglowodanów słonecznikowych. Jeśli przyjmiemy (KÖNIG '21), że w tłuszczach nasion słonecznika wspomniane trzy kwasy tłuszczowe wchodzi w skład każdej cząsteczki, czyli że tłuszcz te są glicerydem palmityno-oleino-linolenowym, to ich skład atomowy byłby: $C_{55}H_{100}O_6$, a ich ciężar cząsteczkowy wynosiłby 856. Co do węglowodanów, to z prac FRANKFURTA ('94) nad słonecznikiem i IVANOWA ('12) nad *Cucurbita* wiemy, że podczas kiełkowania nasion tłuszczowych powstają: celulozy, hemi-celulozy, pentozany, cukry redukujące i małe ilości cukru trzcinowego. W poniżej podanych formułach obliczam schematycznie wszystkie węglowodany jako glukozę, ciepła spalania wyższych węglowodanów są bowiem zanadto niepewne, aby się nimi posługiwać. Popełniam jednak tem samem dosyć znaczny błąd w obliczeniach¹⁾.

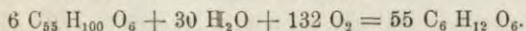
Biorąc pod uwagę tylko skład atomowy tłuszczów i glukozy oraz znane ciepła spalania tych substancyj, spalanie tłuszczów i przerabianie tłuszczów na węglowodany dadzą się sformułować w następujący sposób:

I. Spalanie tłuszczów.



Na 1 g tłuszczów wypada: 2.878 g O_2 ; 2.827 g CO_2 ; 9400 g. kal.

II. Przerabianie tłuszczów na glukozę.



Na 1 g tłuszczów wypada: 0.105 g H_2O ; 0.822 g O_2 ; 1.9276 g glukozy; 2152 g. kal.

(1.9276 \times [3760 g. kal = 7248 g. kal; 9400 — 7248 = 2152 g. kal).

Znając ilości tłuszczów zużytych, energii straconej, O_2 pobranego i CO_2 wydzielonego podczas kiełkowania, można na zasadzie powyższych równań wyliczyć: 1^o, z ilości tłuszczów zużytych i energii straconej — ilości O_2 i CO_2 , jakie im odpowiadają, 2^o, z wymiany gazowej naodwrot — ilości tłuszczów zużytych i energii straconej. Obliczenia te są kontrolą zgodności wyników, otrzymanych w doświadczeniach różnego typu. Jeśli bowiem wyniki uzyskane są porównywalne, a wnioski z nich wyprowadzone słuszne, to ilości znalezione i obliczone powinny być do siebie zbli-

¹⁾ Błąd ten dotyczy przede wszystkim ilości wytworzonych węglowodanów, ciepło hydrolizy węglowodanów jest bowiem bardzo niewielkie.

żone. Całkiem zgodne być one nie mogą, wobec pominięcia wszystkich innych reakcyj, które zachodzą w organizmie podczas kiełkowania.

A. Obliczenie ilości O_2 pobranego i CO_2 wydzielonego, z ilości tłuszczów zużytych i energii straconej.

Na 1 g suchej wagi nasion, przez 6 dni kiełkowania, znaleziono stratę 0.362 g tłuszczów i 2055 g. kal.

Znając ciepło spalania tłuszczów i ciepło przerabiania tłuszczów na glukozę (równanie I i II), łatwo z tych danych obliczyć stosunek ilościowy tłuszczów spalonych do tłuszczów przerobionych na węglowodany, a także odpowiadające tym reakcjom ilości O_2 pobranego i wydzielonego CO_2 , oraz glukozy wytworzonej.

(I) Tłuszcze spalone	176 mg	($\times 9400$) =	1654 g. kal		
(II) Tłuszcze przerobione na glukozę	186 mg	($\times 2152$) =	400 g. kal		
	362 mg		2054 g. kal		
Czemu odpowiada:	O_2	CO_2	Glukoza	Subst. org.	
	mg	mg	mg	mg	
(I) Na 176 mg tłuszczów spalonych	506	497	—	—176	
(II) Na 186 mg tłuszczów przerob.	153	—	358	+172	
Razem obliczono:	659 mg	497 mg*	358 mg	— 4 mg	
Znaleziono w doświadczeniach oddech.	625 mg	449 mg	—	+20 mg	
Różnica	+34 mg	+48 mg		—24 mg	
Różnica w % ilości znalezionych	+5.4%	+10.8%			

Obliczone ilości gazów są więc większe od znalezionych: O_2 o +5.4%, CO_2 o +10.8%. Według obliczenia ilość substancji organicznej zmniejszyła się o 4 mg, gdy w rzeczywistości wzrosła o 20 mg. Ta ostatnia różnica wynosi aż 2.4% całej ilości substancji suchej. Niezgodność ta tłumaczy się tem, że (według równań I i II) każdy miligram tłuszczów zaliczony do spalonych albo przerobionych, powoduje około dwóch miligramów różnicy w ilości glukozy i substancji organicznej.

B. Obliczenie ilości tłuszczów zużytych i ciepła wydzielonego z ilości O_2 pobranego i wydzielonego CO_2 .

Na 1 g substancji suchej nasion, przez 6 dni kiełkowania znaleziono: 625 mg O_2 pobranego i 449 mg CO_2 wydzielonego.

Ponieważ przyjęliśmy, że cała wymiana gazowa pochodzi z przemiany tłuszczowej, więc z ilości CO_2 wydzielonego (równ. I) obliczyć można ilość tłuszczów spalonych i O_2 na to spalanie zużytego oraz ilość ciepła wydzielonego; z nadmiaru zaś O_2 pobranego — ilość tłuszczów przerobionych na węglowodany, ilość wytworzonej glukozy i ciepło wydzielone przez tę reakcję.

Przyjmujemy, że cała wymiana gazowa pochodzi z reakcji tłuszczów.

(I) Tłuszcze spalane	458 mg O ₂	449 mg CO ₂
(II) Tłuszcze przerobione na węglowodany	167 mg O ₂	—
	625 mg O ₂	449 mg CO ₂

Czemu odpowiada:	g.kal:	tłuszcz.:	glukozy:	subst. suchej.:
	mg	mg	mg	mg
(I) Spalanie tłuszczów	1495	159	—	—159
(II) Przerabianie tłuszczów	437	203	+391	+188
Razem obliczono	1932	362	+391	+29
Znaleziono	2055	362	—	+20
Różnica	-123	0	—	+9
Różnica w % ilości znalez.	-6%	0		

Różnice między liczbami znalezionymi a obliczonymi są tu mniejsze, aniżeli w obliczeniu A. Liczby dotyczące ilości tłuszczów są identyczne, obliczone ilości kaloryj o 6% mniejsze od znalezionych. Co do substancji organicznej, obliczony przyrost jest o 9 mg, czyli o 0.9%, mniejszy od znalezionej ilości substancji organicznej.

Tabela V.

Zmiany chemiczne i energetyczne podczas kiełkowania.

Variations de la composition chimique et de la chaleur de combustion au cours de la germination.

- A. Obliczone z tłuszczów zużytych i ciepła spalania (str. 132).
 A. *Calculé d'après la quantité de graisses disparues et les pertes énergétiques.*
 C. Obliczone z wymiany gazowej (str. 133).
 C. *Calculé d'après l'échange gazeux.*

Godziny od początku kiełkowania	Substancja organiczna. <i>Substance organique</i>			Tłuszcze <i>Graisses</i>		Straty energet. <i>Pertes énergétiques</i>		O ₂ pobrane <i>O₂ absorbé</i>		CO ₂ wydzielone <i>CO₂ dégagé</i>	
	Znaleziono	Obliczono (B)	Obliczono (A)	Znaleziono	Obliczono (B)	Znaleziono	Obliczono (B)	Znaleziono	Obliczono (A)	Znaleziono	Obliczono (A)
	<i>Trouvé</i>	<i>Calculé</i>	<i>Calculé</i>	<i>Trouvé</i>	<i>Calculé</i>	<i>Trouvé</i>	<i>Calculé</i>	<i>Trouvé</i>	<i>Calculé</i>	<i>Trouvé</i>	<i>Calculé</i>
h.	mg	mg	mg	mg	mg	g. kal	g. kal	mg	mg	mg	mg
0 — 48	-13.6	-24				214	183	55.3		57.5	
48 — 96	+22.9	+27	-4	-362.0	-362	873	889	289.8	659	199.3	497
96 — 144	+10.3	+26				968	860	280.2		192.4	
0 — 144	+19.6	+29	-4	-362.0	-362	2055	1932	625.3	659	449.2	497

Na tabeli V-tej zestawione są liczby znalezione i obliczone. Naogół zgodność osiągnięta uważana być może za wystarczającą. Jeśli pominiemy przyrost substancji organicznej, to największe odchylenia między liczbami znalezionymi wynoszą: +10.8% dla CO₂ w obliczeniu A, i -6.0% w obliczeniu B, dla energii straconej.

Na te różnice składają się dwa szeregi przyczyn: po pierwsze, wszystkie błędy eksperymentalne i obliczeniowe, po drugie, pominięcie w obliczeniach wszystkich innych reakcyj prócz reakcyj tłuszczów. Wobec niemożności ocenienia wielkości błędów, należy być bardzo ostrożnym w wyciąganiu jakichkolwiek wniosków co do udziału innych reakcyj w wymianie gazowej i przemianie energetycznej. Kierunek odchyień: za duże ilości O_2 i CO_2 obliczone ze strat tłuszczów i energii, oraz za małe ilości ciepła wydzielonego obliczone z doświadczeń oddechowych, wskazują jednak, że jakieś reakcje, niemające wpływu na wymianę gazową, są źródłem pewnej, małej zresztą, części ciepła wydzielonego.

Pomijając w dalszych rozumowaniach i wnioskach, tak jak do tej pory, wszystkie inne reakcje, prócz reakcyj tłuszczów, możemy posługiwać się otrzymanymi w naszych obliczeniach liczbami, z wyraźnym tylko zastrzeżeniem, że są one obarczone błędem $\pm 10.8\%$, równym największemu odchyleniu między znalezionymi a obliczonymi liczbami.

Rozpatrzmy przedewszystkiem stosunek ilościowy tłuszczów spalonych do tłuszczów przerobionych na węglowodany¹⁾. Na 0.362 g tłuszczów zużytych około 56% (51%) zostało przerobionych na węglowodany, a około 44% spalonych. Ilościowo przerabianie tłuszczów dominuje więc nad spalaniem. Ponieważ 1 g tłuszczów przerobionych daje 1.9276 g glukozy (form. II), więc ilość wytworzonych węglowodanów przewyższa ilość zużytych tłuszczów. Stąd tak wybitna zmiana składu chemicznego w ciągu 6-ciu dni kielkowania.

Spalanie tłuszczów jest reakcją, pochłaniającą o wiele więcej tlenu. Jakkolwiek więc mniej niż połowa tłuszczów ulega spalaniu, większa część pobranego O_2 , bo jakie 73% (77%) idzie na spalanie tłuszczów, a tylko około 27% na wytwarzanie węglowodanów.

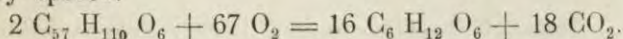
Jeszcze większa jest różnica między wydajnością energetyczną obu reakcyj. Spalanie 1 g tłuszczów daje 9400 g. kal, przerabianie na węglowodany tylko 2152 g. kal. Wobec tego na

¹⁾ Poniżej posługuję się liczbami z zestawienia B, t. j. obliczonymi z wymiany gazowej, ponieważ zestawienie to dało najmniejsze odchylenia od liczb eksperymentalnych. Obok podaję w nawiasach liczby z zestawienia A, obliczone ze strat tłuszczów i energii.

44% tłuszczów spalonych przypadająby aż 77% całej energii wyzwolonej przez reakcje tłuszczowe, zaś tylko 23% (20%) pochodziłoby z przerabiania tłuszczów na węglowodany.

Wszystko, co było dotąd powiedziane, odnosi się do sumy reakcyj chemicznych, jakie się odbywają kolejno w kiełkujących w temperaturze 25° C słonecznikach, przez 6-cio dniowy okres kiełkowania. Doświadczenia oddechowe (tab. III) wykazały jednak nieustanną zmienność tak intensywności, jak charakteru metabolizmu podczas kiełkowania. Kiełkowanie zaczyna się od spalania węglowodanów i tłuszczów, dopiero trzeciego dnia rozpoczyna się w znaczniejszej mierze przerabianie tłuszczów na węglowodany, a czwartego dnia, w chwili gdy metabolizm osiąga maksimum swego natężenia, największy procent tłuszczów zostaje przerabiany, najmniejszy — spalany. W serji I doświadczeń oddechowych RQ wynosi dnia tego 0.488. W innej serji najniższy przeze mnie znaleziony iloraz wynosił 0.380. Obliczywszy stosunek tłuszczów spalonych do tłuszczów przerobionych, jaki temu stosunkowi wydzielonego CO₂ do pobranego O₂ odpowiada, zabaczmy, że tutaj aż 66% tłuszczów było przerobionych na węglowodany, a tylko 34% spalonych. Efekt cieplny tych dwu reakcyj jest jednak tak różny, że nawet w tym krańcowym przypadku tylko 30% wyzwolonej energii pochodziłoby z przerabiania tłuszczów, 70% zaś z ich spalania.

Rozpatrzmy, czy otrzymane wyniki rzucić mogą jakiegokolwiek światło na przebieg reakcji, prowadzącej od tłuszczów do węglowodanów. Znamy tylko wyjściowe i końcowe jej produkty, a hipotezy fizjologiczne, dotyczące tej przemiany, są oparte na ilościach tłuszczów zużytych i wytworzonych węglowodanów, oraz O₂ pobranego i wydzielonego CO₂. Równania chemiczne, wyrażające te hipotezy, są skutkiem tego sumarycznymi wzorami i różnią się między sobą tylko ilością atomów węgla, przypisywanych wytworzonym węglowodanom i wydzielonemu CO₂. Ostatnio TERROINE ('26) dwie z tych hipotez, hipotezy ZUNTZA i CHAUVÉAU, dyskutuje w związku z kiełkowaniem nasion tłuszczowych. CHAUVÉAU przemianę tłuszczowo-węglowodanową formułuje w następujący sposób:



Formule tej odpowiada iloraz oddechowy 0.262. Na 57 atomów C, 48 przechodzi do węglowodanów, a 9 do CO₂. Według ZUNTZA

natomiast cały węgiel z tłuszczów przechodzi do węglowodanów. O ile więc w organizmie odbywa się równocześnie spalanie i przerabianie tłuszczów, to według formuły ZUNTZA byłyby to reakcje, przebiegające niezależnie od siebie, bo dotyczące dwóch różnych cząsteczek tłuszczów. Natomiast według formuły CHAUVEAU, o ile ją uważamy za formułę chemiczną, przerabianie na węglowodany i spalanie odbywają się kosztem jednej i tej samej cząsteczki tłuszczów.

Podczas kiełkowania nasion tłuszczowych spotykamy się z niestanną zmiennością stosunku ilościowego tłuszczów spalanych do tłuszczów przerabianych. Skłania to do przypuszczenia, że chodzi tu o dwie równocześnie przebiegające ale niezależne od siebie reakcje. Ponieważ jednak znalezione ilorazy oddechowe są wyższe od ilorazów, odpowiadających formule CHAUVEAU, więc wyniki nasze nie pozwalają na żadne wnioski co do wzoru chemicznego, według którego odbywa się przeróbka tłuszczów na węglowodany. Mogłaby się ona odbywać według formuły CHAUVEAU, czy według formuły ZUNTZA: w pierwszym przypadku większa, w drugim mniejsza ilość tłuszczów byłaby równocześnie spalana.

Istnieją poszlaki, że w kiełkujących słonecznikach reakcje te odbywają się w odmiennych częściach roślinek, że są miejscowo od siebie oddzielone. Mianowicie RHINE ('26) znalazł dla kotyledonów ilorazy oddechowe niższe (od 0.33 do 0.58), dla hipokotylów i korzeni — wyższe (od 0.70 do 0.90). Mówię tylko o poszlakach, bo doświadczenia, wykonane na częściach roślin, nie zawsze są miarodajne. Jednak wyniki MILLERA ('12), który znalazł, że kwasy tłuszczowe w hipokotylach i korzonkach mają zupełnie inne właściwości od kwasów tłuszczowych w kotyledonach, między innymi — o wiele niższy wskaźnik jodowy, wskazują także na możliwość innych reakcyj tych kwasów.

Czynnikiem, który mógłby normować stosunek tłuszczów spalanych do tłuszczów przerabianych na węglowodany jest natura chemiczna kwasów tłuszczowych. W myśl hipotezy MAQUENNA ('98), tylko nienasycone kwasy tłuszczowe mogą być przerabiane na węglowodany. Ponieważ przy najniższym znalezionym w naszych doświadczeniach ilorazie oddechowym (0.380), około $\frac{2}{3}$ tłuszczów zostaje przerobionych na węglowodany — według KÖNIGA zaś w skład oleju słonecznikowego wchodzi dwa

kwasy tłuszczowe nienasycone $C_{18}H_{34}O_2$ i $C_{18}H_{32}O_2$ i jeden nasycony $C_{16}H_{32}O_2$, — nie znajdujemy w naszych wynikach nic, co przeczyłoby hipotezie MAQUENNE'A. Dla potwierdzenia tej hipotezy potrzebna byłaby dokładna znajomość tak stosunku ilościowego tych kwasów w tłuszczach słonecznikowych, jak i zmian, którym tłuszcze podlegają podczas kiełkowania. Jak widzieliśmy, co do obu punktów panuje całkowita niejasność.

Mówiąc o czynnikach, mogących wpływać na stosunek ilościowy tłuszczów spalanych do przerabianych w różnych okresach kiełkowania, pamiętać należy o tak różnej energetycznej wydajności tych dwóch reakcyj. Reakcja, prowadząca od tłuszczów do węglowodanów, a więc czyniąca zadość budulcowym zapotrzebowaniom organizmu, jest energetycznie bardzo mało wydajna. Widzieliśmy, że w chwili, kiedy najbardziej dominuje, jest w stanie dostarczyć zaledwie 30% ogólnej ilości wyprodukowanej energii. Nasuwa się więc pytanie, czy zapotrzebowania energetyczne rozwijającego się organizmu nie są czynnikiem, regulującym stosunek tłuszczów spalanych do tłuszczów przerabianych. Pytanie to wychodzi z założenia, że energia wyzwolona podczas kiełkowania jest kiełkującym nasionom potrzebna na procesy wzrostowe i utrzymanie życia, a nie jest bezużytecznym produktem pobocznym. Tymczasem jedyny autor, który zajmuje się w ostatnich latach zagadnieniami energetyki kiełkowania, TERROINE ('26) doszedł do wniosku, że tylko energia powstałej z tłuszczów glukozy może być przez kiełkujące nasiona zużytkowana, reszta stanowi produkt odpadowy.

Kiełkujące nasiona tłuszczowe odznaczają się bardzo znaczną intensywnością metabolizmu chemiczno-energetycznego. Wyróża się to przede wszystkim stratą 28% pierwotnej energii w ciągu 6-ciu dni kiełkowania. Jeśli za miarę intensywności weźmiemy tlen pobrany, to w chwili największego natężenia przemian roślinki pobierają $5.4 \text{ cm}^3 \text{ O}_2$ na 1 g suchej wagi nasion. Inne warunki doświadczalne, przede wszystkim inna temperatura, nie pozwalają na dokładne porównanie moich wyników z wynikami innych autorów, przede wszystkim z wynikami GODLEWSKIEGO.

Sprawa intensywności metabolizmu kiełkujących nasion, łączy się z dwoma innymi zagadnieniami. Według GODLEWSKIEGO ('82), natężenie wymiany gazowej jest zależne od natury substancji zapasowych nasion: najintensywniej oddychają nasiona

tłuszczowe, dużo słabiej skrobiowe, najslabiej białkowe. Tę samą zależność znalazł IVANOW ('12) w obrębie nasion tłuszczowych: tutaj intensywność przemian chemicznych zależna jest od natury kwasów tłuszczowych. Wyniki dawniejszych autorów (np. FLEURY'EGO '65) zdają się całkowicie potwierdzać zapatrywania IVANOWA. Z porównania zaś wyników GODLEWSKIEGO z wynikami badań MAZÉ'GO ('00) nad wydajnością substancyj zapasowych różnych nasion, wynikałoby, że wydajność jest równoległa do intensywności metabolizmu i w taki sam sposób zależna od natury substancyj zapasowych. Chodzi tu o wydajność materjalną; MAZÉ oznaczał bowiem przyrost substancji suchej w rosnących częściach roślinek i straty teje w kotyledonach i bielmie. Inaczej według TERROINE'A ('26) rzecz miałaby się z wydajnością energetyczną. Według jego doświadczeń największą wydajność energetyczną wykazują nasiona skrobiowe, mniejszą tłuszczowe, najmniejszą białkowe.

Jakkolwiek istnienie maksimum intensywności procesów oddechowych i wydzielania ciepła (BONNIER) jest zjawiskiem znanem oddawna, mało zajmowano się jego interpretacją. Prawdopodobnie uważano wyczerpywanie się substancyj zapasowych za powód osłabienia procesów chemiczno-energetycznych.

W świetle, jakie na tę sprawę rzuca tak ciekawa, a tak przez autora niewyzyskana praca MILLERA ('10), zapatrywania takie okazują się niesłuszne. MILLER analizował osobno kotyledony a osobno hipokotyle i korzonki kielkujących nasion słoneczników w pięciu stadjach kielkowania. Stadja rozwoju, badane przez niego, dosyć dokładnie odpowiadają stadjom badanym przeze mnie, tak że możliwe jest porównanie wyników¹⁾. Otóż z analiz MILLERA wynika przedewszystkiem, że substancje zapasowe nasion w chwili, kiedy następuje przełom tak w intensywności, jak i w charakterze metabolizmu, dalekie są jeszcze od wyczerpania. Np. zawartość tłuszczów wynosi jeszcze trzydzieści parę procentów, choć w późniejszych okresach spada do dwunastu. Jeśli się bierze pod uwagę skład chemiczny całych roślinek, stadjum to niczem specjalnem nie odznacza się. Inaczej jest ze składem chemicznym hipokotylów i korzonków, czyli rosnących części

¹⁾ Z jednym wszakże zastrzeżeniem: MILLER hodował swoje roślinki na świetle w atmosferze pozbawionej CO₂, ja zaś w ciemności.

organizmu. Ogromna większość zapasów znajduje się jeszcze w kotyledonach, w hipokotylach i korzonkach, natomiast zawartość ekstraktu eterowego, który początkowo wynosił 47% suchej wagi, spada w tym momencie do 9.3%, aby potem mało się już zmieniać, a procent cukrów, który od początku kiełkowania wzrósł z 4.1% do 22.5%, od tego momentu zaczyna dość szybko spadać, w dwa dni później wynosi już tylko 18.6%. Załamaniu się krzywych wymiany gazowej w moich doświadczeniach (rys 3) odpowiada więc w doświadczeniach MILLERA załamanie krzywych procentowej zawartości ekstraktu eterowego i cukrów w rosnących częściach organizmu.

Nie ogólna więc ilość substancyj zapasowych w kiełkujących nasionach słonecznika, ale ich zawartość w rosnących częściach roślinek, zapewne decyduje o przełomie w intensywności i charakterze metabolizmu 4-go dnia kiełkowania (rys. 3).

W n i o s k i .

1°. Nasiona słonecznika, kiełkujące w ciemności w temperaturze 25° C, tracą na 1 g suchej wagi nasion, w ciągu 6 dni kiełkowania 0.362 g tłuszczów z ogólnej ilości 0.582 g, które zawierały początkowo. Ilość substancji organicznej wzrasta przytem nieznacznie (1.96%): stąd wynika, że zużyte tłuszcze zastąpione zostały przez inne nowowytworzone substancje (tab. I).

2°. Straty energetyczne, oznaczane drogą spalań, wynoszą w tym czasie 28% energii potencjalnej nasion. Ciepło spalania 1 g substancji suchej nasion spada bowiem z 7330 na 5275 g. kal. Straty te stanowią tylko około 60% wartości energetycznej zużytych tłuszczów (tab. II).

3°. Doświadczenia oddechowe wykazują, że w ciągu tego samego okresu kiełkowania 1 g suchej wagi nasion pobiera 437 cm³ O₂ i wydziela 288.9 cm³ CO₂. Iloraz oddechowy wynosi dla 6-cio dniowego okresu 0.523, znaczna więc ilość pobranego tlenu zostaje zatrzymana w organizmie (tab. III).

4°. Jeśli przyjmijemy, że podczas kiełkowania z tłuszczów powstają węglowodany, to porównanie ubytku tłuszczów i strat energetycznych z natężeniem wymiany gazowej, doprowadza nas do następujących wniosków:

a) około 93% energii straconej pochodzi z reakcyj, jakim

ulegają tłuszczem, około 7% z innych procesów chemicznych (częściowo — z przemian białkowych);

b) około 44% zużytych tłuszczów ulega całkowitemu spalaniu, a około 56% przekształceniu na węglowodany;

c) efekt energetyczny tych dwóch reakcyj jest jednak tak różny (2152 i 9400 g. kal), że tylko 23% wyzwolonej przez nie energii pochodzi z przerabiania tłuszczów na węglowodany, a 77% ze spalania tłuszczów.

5°. Intensywność i jakość wymiany gazowej zmienia się nieustannie przez czas trwania kiełkowania, wykazując maksimum natężenia oraz najniższe ilorazy oddechowe 4-go dnia kiełkowania. Ilość O_2 pobieranego na godzinę wzrasta przez pierwsze 4 dni 18-krotnie, ilość CO_2 9.5-krotnie, następnie zaś oba procesy powoli słabną. Iloraz oddechowy, wynoszący 0.928 pierwszego dnia kiełkowania, spada do 0.488 czwartego, aby wzrosnąć 7-go dnia do 0.644. Zmienna wartość stosunku CO_2/O_2 wskazuje, że i stosunek ilościowy dwóch reakcyj tłuszczów, t. j. spalania i przerabiania na węglowodany, nie jest stały, lecz ulega podczas kiełkowania słoneczników ciągłym zmianom.

Piśmiennictwo.

Białaszewicz K. 1916. Przyrząd do badania wymiany gazowej u zwierząt niższych. Sprawozd. Tow. Nauk. Warsz. 9. **Bonnier et Mangin.** 1884. Recherches sur la respiration des tissus sans chlorophylle. Ann. d. sc. nat. Botanique. VI série. 18 (293). **Bonnier G.** 1893. Recherches sur la chaleur animale. Ann. d. sc. nat. Botanique. VII série. 18 (1). **Detmer W.** 1880. Vergleichende Physiologie des Keimungsprozesses. Jena. **Doyer L. C.** 1915. Energie-Umsetzungen während der Keimung von Weizenkörnern. Recueil d. trav. bot. néerl. 12 (372). **Fernandes D. S.** 1923. Aërobe und anaërobe Atmung bei Keimlingen von *Pisum sativum*. Recueil des trav. bot. néerl. 20 (107). **Fleury G.** 1865. Recherches chimiques sur la germination. Ann. de Chimie et de Physique. 4 (38). **Frankfurt S.** 1894. Über die Zusammensetzung der Samen von *Cannabis sativa* und *Helianthus annuus*. Land. Versuchs-Stationen. 43 (143). **Fürth O. v.** 1904. Über das Verhalten des Fettes bei der Keimung oelhaltiger Samen. Beitr. chem. Physiol. u. Path. 4 (431). **Godlewski E.** 1882. Beiträge zur Kenntnis der Pflanzenatmung. Jahrb. f. wiss. Bot. 13 (491). **Hellriegel H.** 1855. Beitrag zur Keimungsgeschichte der ölgebenden Samen. Journ. f. prakt. Chemie. 64 (94). **Ivanow S.** 1912. Über die Umwandlung des Oels in der Pflanze. Jahrb. f. wiss. Bot. 50 (395). **Jegorow U.** 1904. Über Stoffmetamorphose von *Cucurbita maxima*. Ann. de l'Inst. agron. Moscou, 10 und Bot. Centr ('06) 101

(597) **Kidd F., C. West and G. E. Briggs.** 1921. A quantitative analysis of the growth of *Helianthus annuus*. Part I. The respiration of the plant and of its parts through the life cycle. Proc. of the Roy. Soc. London. Sér. B. **92** (368). **König J.** 1921. Chemische Zusammensetzung der menschlichen Nahrungs- und Genussmittel. Berlin. **König J.** 1923. Die Untersuchung landwirtschaftlich wichtiger Stoffe. Berlin. **Kumagawa M. und K. Suto.** 1908. Ein neues Verfahren zur quantitativen Bestimmung des Fettes und der unverseifbaren Substanzen. Bioch. Zeitschr. **8** (212). **Laskowsky N.** 1874. Über einige chemische Vorgänge bei der Keimung der Kürbissamen. Landw. Versuchsst. **17** (219). **Leclerc du Sablon.** 1893. Sur la germination des graines oléagineuses. C. R. Acad. Sc. **117** (524). **Leclerc du Sablon.** 1894. Sur la germination de graines oléagineuses. C. R. Acad. Sc. **119** (610). **Leclerc du Sablon.** 1895. Recherches sur la germination des graines oléagineuses. Revue gén. de bot. **7** (145, 205, 253). **Leclerc du Sablon.** 1897. Sur la germination des amandes. Revue gén. de bot. **9** (1). **Maquenne A.** 1898. Sur les changements de composition qu'éprouvent les graines oléagineuses au cours de la germination. C. R. Acad. Sc. **127** (625). **Mazé P.** 1900. Recherches sur la digestion des réserves dans les graines et leur assimilation par les plantules. C. R. Acad. Sc. **130** (424). **Mazé P.** 1902. Sur la transformation des matières grasses en sucres dans les graines oléagineuses en voie de germination. C. R. Acad. Sc. **124** (309). **Miller E. C.** 1910. A physiological study of the germination of *Helianthus annuus*. Annals of Botany. **24** (693). **Miller E. C.** 1912. A physiological study of the germination of *Helianthus annuus*. II. The oily reserve. Annals of Botany. **26** (895). **Müntz A.** 1871. Sur la germination des graines oléagineuses. Ann. de Chimie et de Physique. **22** (472). **Peters E.** 1861. Zur Keimungsgeschichte der Kürbissamen. Landw. Versuchsst. **3** (1). **Pouriewitch K.** 1905. Influence de la température sur la respiration des plantes. Ann. d. sc. nat. Bot. IX Série. **1** (1). **Reid M. E.** 1926. Growth of seedling in relation to composition of seed. Botanical Gazette. **81**. **Rhine J. B.** 1926. Translocation of fats as such in germinating fatty seeds. Botanical Gazette. **82**. (155). **Sachs J.** 1859. Über das Auftreten der Stärke bei der Keimung oelhaltiger Samen. Bot. Zeitung. (177, 185). **Saussure T. de.** 1882. Über das Keimen der Oelsamereien. Frorieps Notizen. **24** (24). **Schmidt R. H.** 1891. Über die Aufnahme und Verarbeitung von fetten Oelen in den Pflanzen. Flora. **74** (300). **Stich C.** 1891. Die Athmung der Pflanzen bei verminderter Sauerstoffspannung und bei Verletzungen. Flora. (1). **Terroine E. F.** 1920. Sur la formation des graisses au cours de la maturation des graines et des fruits oléagineux et sur l'utilisation des graisses au cours de la germination. Paris, Masson. **Terroine E. F., R. Bonnet et P. H. Joessel.** 1924. L'énergie de croissance. II. La germination. Bull. de la Soc. de Chimie Biol. **6** (357). **Terroine E. F., S. Trautmann et R. Bonnet.** 1926. Loi bioénergétique quantitative de la formation des hydrates de carbone aux dépens des graisses et des protéiques chez les végétaux. Ann. de Physiol. **4** (172).

Faint, illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the page.

[Prace Instytutu im. Nenckiego. № 71*].

Wł. Niemierko.

Wpływ pracy na zawartość tłuszczów w mięśniu żaby.

Einfluss der Muskeltätigkeit auf den Fettgehalt des Froschmuskels.

Rękopis nadesłany w dniu 25. I. 1929 r.

Es scheint keinem Zweifel zu unterliegen, dass die Fette, als Energiequelle, eine bedeutende Rolle im tierischen Organismus spielen; leider sind unsere Kenntnisse von der Art und Weise der Beteiligung der Fette an der Muskeltätigkeit immer noch sehr unvollkommen.

So bleibt, z. B., noch nicht entschieden die Frage, ob Fette im Organismus erst nach Umwandlung in Kohlehydrate, oder unmittelbar oxydiert sein können; ferner wissen wir auch nicht, ob eine Oxydation der Fette im Muskelgewebe stattfinden kann.

Die Litteraturangaben über die Rolle der Fette in den sich im Muskel vollziehenden chemischen Vorgängen sind spärlich und die veröffentlichten Resultate der Untersuchungen einander widersprechend.

LAFON ('12) spricht, z. B., von einer Verminderung der Fettmenge in einem gereizten Kaninchenmuskel. PALAZZOLO ('13) findet in den isolierten, gereizten Frosch-Gastrocnemien kleinere Fettmengen, als in den nicht gereizten; dagegen WIENFIELD ('15) konnte nie eine Verminderung der Fettmenge nach der Reizung isolierter Froschmuskeln nachweisen; und CUTHBERTSON ('25) fand in den *in situ* gereizten Muskeln einer Katze dieselben Fettmengen, wie in den nicht gereizten.

Der Verfasser hat sich vorgenommen, den Anteil der Fette bei der Muskelarbeit nocheinmal zu prüfen und die bisjetzt existierenden Widersprüche zwischen den Resultaten der Untersu-

*) Z Zakładu Fizjologii Instytutu im. Nenckiego.

chungen womöglich aufzuklären. Er hat seine Untersuchungen an Froschmuskeln (Gastrocnemien) ausgeführt.

Zunächst beschreibt der Verfasser die von ihm angewandte, zur Fettbestimmung dienende Methode; dieselbe bestand in der Vereinigung der Extractionsmethode von KUMAGAWA-SUTO mit der Oxydationsmethode BANG's. Mit Hilfe dieser Methode konnte der Verfasser die Fettmengen in den einzelnen Frosch-Gastrocnemien bequem bestimmen (Tab. I, II, III). Der Fettgehalt der symmetrischen Gastrocnemien in einem und demselben Frosche wurde als sehr ähnlich gefunden (Tab. IV, V); dagegen, die individuellen Unterschiede im Fettgehalte erwiesen sich bei verschiedenen Fröschen als sehr bedeutend. (Tab. IV, V). Der durchschnittliche Fettgehalt in den Muskeln beträgt bei den Herbstfröschen 0.74%; während des Winterhungerns nimmt er allmählich ab und sinkt im Juni bis auf 0.30% nieder (Tab. VI).

Die mechanische Zerstörung des Muskelgewebes (Tab. VII), sowie auch die Wärmestarre (Tab. VIII) scheinen keinen Einfluss auf den Fettgehalt des Muskels auszuüben.

Nach einer erschöpfender Reizung der glykogenreichen isolierten Muskeln der Herbstfrösche blieb der Fettgehalt unverändert (Tab. IX); aber, nach einer erschöpfender Reizung der glykogenarmen isolierten Gastrocnemien der im Herbst gefangenen und bis Frühjahr im Laboratorium gehungerten Frösche fand der Verfasser — in einer Hälfte der Versuche — eine Verminderung des Fettgehaltes, die 12% bis 31% betrug (Tab. X).

Dasselbe Resultat erhielt der Verfasser bei der Reizung der Gastrocnemien *in situ*. Die Versuche waren bis zu einer weitgehender Muskeln-Erschöpfung geführt. Die Muskeln verloren während dieser Versuche 60 bis 94% ihres Glykogengehaltes. Der Fettgehalt der Muskeln blieb in der einen Hälfte der Versuche unverändert, in der anderen aber konnte der Verfasser eine Abnahme des Fettgehaltes erweisen, die 12% bis 26% ausmachte (Tab. XI).

Der Verfasser deutet die Resultate seiner Versuche in dem Sinne, dass der Froschmuskel in erster Linie die leichter oxydierbaren Kohlehydrate verbrenne und Fette erst beim Fehlen derselben oxydiere.

Die erwähnten Widersprüche zwischen den Resultaten der Untersuchungen PALAZZOLO's ('13) und WIENFIELD's ('15) versucht

der Verfasser einstweilen auf die Weise zu erklären, dass die in den genannten Untersuchungen in Rede kommenden Muskeln, wahrscheinlich, bis zu einem verschiedenen Erschöpfungsgrade gereizt würden.

Nie ulega wątpliwości, że tłuszcze jako źródło energii mają w organizmie bardzo doniosłe znaczenie. Większość badań, przeprowadzonych nad wymianą gazową całego organizmu, przemawia za tem, że udział tłuszczów w pracy jest dość znaczny. Aczkolwiek według niektórych autorów (BENEDICT i CATHCART '13; HILL '24; FURUSAWA, HILL, LONG i LUPTON '25) praca odbywa się przeważnie kosztem węglowodanów, tłuszcze natomiast biorą udział bądź tylko w pracy bardzo natężonej, bądź też głównie w procesach wypoczynkowych, mamy jednak szereg badań (ANDERSON i LUSK '17, HENDERSON i HOWARD '25, RAPPORT i RALL '28), z których wynika, że głównym źródłem energii w pracy są tłuszcze; organizm, znajdujący się w stanie głodu lub też otrzymujący pokarm obfity w tłuszcze, pracuje niemal wyłącznie kosztem tych ostatnich.

Jeżelibyśmy jednak chcieli postawić pytanie co do mechanizmu udziału tłuszczów w pracy, nie byłibyśmy w stanie odpowiedzieć na to nic konkretnego. Dotychczas jeszcze nie jest rozstrzygnięty stary spór szkoły CHAUVEAU i szkoły ZUNTZA o to, czy tłuszcze, dostarczając energii, powinny ulec poprzednio przekształceniu na węglowodany, czy też mogą spalać się bezpośrednio, przechodząc przez sobie właściwe stany przemian cząsteczkowych. Nie wiemy również, czy spalanie tłuszczów może się odbywać wewnątrz samego mięśnia.

Prac, dotyczących udziału tłuszczów w procesach chemicznych, odbywających się w mięśniach, istnieje bardzo niewiele, wyniki zaś odnośnych badań są rozbieżne.

W r. 1912 LAFON stwierdził zmniejszenie się ilości tłuszczów w drażnionym mięśni królika, w porównaniu z mięśniem spożywającym. Zmniejszenie to było bardzo znaczne, wynosiło bowiem około 40% początkowej ich zawartości. W r. 1913 PALAZZOLO ogłosił pracę nad zachowaniem się tłuszczów w drażnionych izolowanych mięśniach żaby. Średnie zawartości tłuszczów w mięśniach drażnionych były niższe (20 — 25%), niż w mięśniach kontrolnych. WIENFIELDOWI ('15) natomiast, który badania swoje przeprowadzał również na izolowanych mięśniach żaby, nie udało się w żadnym doświadczeniu stwierdzić zmniejszenia się ilości tłuszczów po pracy. Mamy wreszcie pracę CUTHBERTSOHNA ('25), który drażniąc mięśnie kota *in situ*, w żadnym z czterech przeprowadzonych doświadczeń nie stwierdził różnicy w ilości tłuszczów w mięśniach drażnionych w porównaniu z mięśniami kontrolnymi.

Praca niniejsza została podjęta w celu ponownego zbadania zachowania się tłuszczów w mięśniach drażnionych i wyjaśnienia rozbieżności wyników w badaniach dotychczasowych.

Jako materiał do doświadczeń wybrane zostały żaby głównie ze względu na to, że obiekt ten tak wielostronnie badany był pod względem przemiany węglowodanowej, w latach zaś ostatnich — również z punktu widzenia przemiany azotowej.

W celu uzyskania bardziej przejrzystych wyników, przeprowadzono doświadczenia na mięśniach pojedynczych, masowe bowiem doświadczenia, jakie znajdujemy w powyżej cytowanych pracach PALAZZOLO i WIENFIELDA, zawsze są połączone z szeregiem niejasności.

I. M e t o d y k a .

Do doświadczeń służyły mięśnie łydkowe (*m. gastrocnemius*) żab wodnych (*Rana esculenta*). Wszystkie doświadczenia przeprowadzone były na żabach, zebranych w październiku. Do chwili rozpoczęcia doświadczenia żaby przebywały w piwnicy.

Przy oznaczaniu tłuszczów posługiwałem się metodą KUMAGAWA-SUTO, przy której stosowaniu można było w tej samej próbce oznaczać również i glikogen. Ze względu na małe ilości tłuszczów, znajdujących w pojedynczych mięśniach żaby, metoda uległa pewnym zmianom, z których najważniejszą było spalanie otrzymywanych kwasów tłuszczowych według BANGA ('18), stosowane zamiast oznaczenia wagowego, to ostatnie bowiem

wobec ilości kwasów tłuszczowych, nie przekraczających kilku miligramów, przedstawiało znaczne trudności ¹⁾.

Analizy wykonywano w sposób następujący:

Mięśnie wrzucano do próbek z gorącym 60% ługiem potasowym (1 cm³ ługu — na 1 g mięśnia). Po dwugodzinnym ogrzewaniu na łaźni wodnej, hydrolizat rozcieńczano równą objętością wody i przelewano do małego rozdzielacza. Ciecz tę zakwaszono 3 cm³ stężonego kwasu solnego i wyklócano z 10 cm³ eteru etylowego. Po zlaniu kwaśnego roztworu wodnego i roztworu eterowego, osad pozostały na granicy roztworów, rozpusz-

Tabela I.

Spalanie czystego kwasu oleinowego według metody Banga w obecności 2 cm³ n/l K₂Cr₂O₇ i 10 cm³ stężonego H₂SO₄.

Verbrennung der reinen Oleinsäure nach Bang bei Einwirkung von 2 cm³ n/l K₂Cr₂O₇ u. 10 cm³ konz. H₂SO₄.

№ kolejny analizy № der Analyse	Ilość kwasu oleinowego wzięta do analizy <i>Menge der gebrauchten Oleinsäure</i>	Zużyta ilość n/l K ₂ Cr ₂ O ₇ <i>Verbrauchte Menge n/l K₂Cr₂O₇</i>	Obliczona ilość n/10 K ₂ Cr ₂ O ₇ na 1 mg kwasu oleinowego <i>Berechnete Menge n/10 K₂Cr₂O₇ auf 1mg der Oleinsäure</i>
	mg	cm ³	cm ³
1	2.14	0.495	2.31
2	2.14	0.51	2.38
3	2.14	0.48	2.24
4	4.28	0.97	2.27
5	4.28	1.00	2.34
6	4.28	0.975	2.28
7	5.36	1.20	2.24
8	5.36	1.26	2.35
9	5.36	1.27	2.37
10	6.43	1.51	2.35
11	6.43	1.47	2.29
		Przeciętnie: <i>Durchschnittlich:</i>	2.32

czano w 1 cm³ n/l KOH, dolewano 10 cm³ eteru i zakwaszono, wlewając do rozdzielacza odtłuszczonej poprzednio hydrolizat. Jeszcze raz wyklócano i łączono razem obydwa roztwory eterowe. Po odparowaniu eteru pozostałość rozpuszczano w 10 cm³ eteru absolutnego, sączono przez azbest, znów odparowywano eter i suszono przez kilka godzin w suszarce próżniowej, w temperaturze 40°. Po rozpuszczeniu pozostałości stałej w 10 cm³ eteru naftowego (punkt wrzenia około 40°) i przesączeniu przez azbest, w otrzymanym roztworze oznaczano kwasy tłuszczowe według BANGA (18), używając ze względu na większe ilości substancji zamiast 1/10 normalnego

¹⁾ Metoda KUMAGAWA-SUTO, w połączeniu z metodą BANGA w zastosowaniu do mikro-analizy po raz pierwszy została opracowana przez WASILEWSKĄ (23). Nasz sposób postępowania nieco się od powyższego różni.

roztworu dwuchromianu potasu — roztworu jednonormalnego. We wszystkich oznaczeniach brano 2 cm³ n/1 K₂Cr₂O₇ i 10 cm³ stężonego H₂SO₄.

Jak wykazuje tabela I, spalanie kilkumiligramowych ilości kwasu oleinowego (od 2.14 do 6.42 mg) daje w powyższych warunkach stosunkowo niewielkie odchylenia. Średni współczynnik spalania (ilość cm³ n/10 K₂Cr₂O₇, zużytych na 1 mg substancji) wynosi 2.32.

W celu ustalenia wielkości współczynnika spalania kwasów tłuszczowych, znajdujących się w mięśniach żaby, shydrolizowano kilkadziesiąt gramów mięśni i z otrzymanych według KUMAGAWA-SUTO kwasów tłuszczowych przygotowano roztwór benzolowy. Spalając próbki tego roztworu, można było z ilości zużytego dwuchromianu obliczyć współczynnik spalania

Tabela II.

Spalanie otrzymanych z mięśni żaby kwasów tłuszczowych w obecności 2 cm³ n/1 K₂Cr₂O₇ i 10 cm³ stężonego H₂SO₄.
(Oznaczenie współczynnika spalania).

*Verbrennung der aus Froschmuskeln erhaltenen Fettsäuren bei Einwirkung von 2 cm³ n/1 K₂Cr₂O₇ u. 10 cm³ konz. H₂SO₄.
(Bestimmung des Verbrennungskoeffizienten).*

№ kolejny analizy	Ilość kwasów tłuszczowych wzięta do analizy	Zużyta ilość n/1 K ₂ Cr ₂ O ₇	Obliczona ilość n/10 K ₂ Cr ₂ O ₇ na 1 mg kwasów tłuszczowych
№ der Analyse	Menge der gebrauchten Fettsäuren	Verbrauchte Menge n/1 K ₂ Cr ₂ O ₇	Berechnete Menge n/10 K ₂ Cr ₂ O ₇ auf 1 mg der Fettsäuren
	mg	cm ³	cm ³
1	1.55	0.363	2.34
2	1.55	0.363	2.34
3	1.55	0.352	2.27
4	3.01	0.694	2.30
5	3.01	0.683	2.27
6	3.01	0.730	2.42
7	4.66	1.072	2.30
8	4.66	1.056	2.27
9	2.81	0.663	2.36
10	2.81	0.663	2.36
11	2.81	0.673	2.39
12	4.21	0.983	2.33
13	4.21	0.983	2.33
14	4.21	0.973	2.31
		Przeciętnie: Durchschnitt:.	2.33

Rezultaty tych spalań podane są w tabeli II. Widzimy, że średni współczynnik spalania kwasów tłuszczowych z mięśni żaby wynosi 2.33, tyle więc mniej więcej, co i dla kwasu oleinowego.

W celu sprawdzenia dokładności metody, brano próbki roztworu benzolowego, który służył do oznaczania współczynnika spalań, i przeprowadzono zawarte w nich kwasy tłuszczowe przez wszystkie czynności, stosowane w czasie wyodrębniania ich z tkanki mięśniowej (ogrzewanie z tu-

giem, zakwaszenie, ekstrahowanie i t. d.). Po ostatecznym spalaniu dwuchromianem uzyskano wyniki, podane w tabeli III.

Tabela III.

Sprawdzanie dokładności ekstrahowania i spalania kwasów tłuszczowych.

Prüfung der Genauigkeit beim Extrahieren u. Verbrennen der Fettsäuren.

№ kolejny analizy № der Analyse	Ilość kwasów tłuszczowych wzięta do analizy <i>Menge der gebrauchten Fettsäuren</i>	Znaleziono <i>Gefunden</i>	
	mg	mg	%
1	1.55	1.49	95
2	1.55	1.58	102
3	3.11	3.36	108
4	3.11	3.29	106
5	3.11	3.29	106
6	4.66	4.87	105
7	4.66	4.60	99
8	4.66	5.00	107
		Przeciętnie: <i>Durchschnitt.:</i>	103.5

Do oznaczenia glikogenu stosowałem metodę PRZYŁĘCKIEGO (18). W przypadku jednoczesnego oznaczania w mięśniach glikogenu i kwasów tłuszczowych, te ostatnie ekstrahowałem z alkoholowego roztworu ługu, pozostałego po strąceniu i oddzieleniu glikogenu.

Otrzymywaną z glikogenu glukozę oznaczałem według HAGEDORNA i JENSENA (23). Glikogen podawałem wszędzie w ilościach glukozy.

II. Zawartość kwasów tłuszczowych w mięśniach normalnych.

Przystępując do badania udziału tłuszczów w przemianach mięśniowych i chcąc badania te przeprowadzić na pojedynczych mięśniach, musiałem przedewszystkiem ustalić, czy mięśnie symetryczne zawierają jednakowe ilości tłuszczów. Przeprowadzone analizy prawych i lewych mięśni łydkowych żaby dały następujące rezultaty (tabela IV i V).

Największa różnica w zawartości kwasów tłuszczowych pomiędzy mięśniami symetrycznymi dochodzi do 11% (tabela IV, analiza № 11), średnio zaś wynosi około 4%.

Jeżeli różnice te porównamy z wahaniami, jakie otrzymaliśmy w analizach, mających na celu ustalenie wielkości błędu, związanego z wyodrębnianiem tłuszczów (tabela III), to przekonamy się, że są one mniej więcej tej samej wielkości.

Wnioskujemy więc, że symetryczne mięśnie łydkowe żaby zawierają prawie jednakowe ilości procentowe kwasów tłuszczowych.

Widzimy natomiast, że jednakowe mięśnie różnych osobników zawierać mogą nieraz bardzo różne ilości kwasów tłuszczowych. Mięśnie żab, analizowanych w tym samym nawet okre-

Tabela IV.

Zawartość kwasów tłuszczowych w symetrycznych mięśniach łydkowych żaby. (Analizy wykonano na żabach jesiennych świeżo złowionych).

Fettgehalt in den symmetrischen Gastrocnemien des Frosches. (Versuchsobject: frisch gefangene Herbstfrösche).

№ analizy der Analyse	Data Datum	Ciężar mięśnia Gewicht		Znaleziona ilość kwasów tłuszczowych w mięśniu Gefundene Menge der Fettsäuren		Zawartość względna kwasów tłuszczowych w mięśniu Prozengehalt der Fettsäuren		
		prawego d. rechten Muskels	lewego d. linken Muskels	prawym im rechten Muskel	lewym im linken Muskel	a prawym im rechten Muskel %	b lewym im linken Muskel %	$\frac{b-a}{a} \cdot 100$ wzgl. różn. Relative Differenz
		g	g	mg	mg			
1	1.X	0.430	0.415	6.8	7.0	1.58	1.69	+ 6
2	1.X	1.030	1.058	8.5	8.2	0.83	0.78	- 6
3	7.X	0.780	0.770	8.9	8.1	1.14	1.06	- 8
4	7.X	0.885	0.850	5.8	5.1	0.66	0.60	- 9
5	11.X	0.790	0.845	6.2	6.8	0.79	0.81	+ 3
6	11.X	0.742	0.755	5.0	5.1	0.67	0.67	0
7	15.X	0.644	0.595	3.4	3.2	0.53	0.54	+ 2
8	15.X	0.862	0.838	5.1	4.8	0.59	0.57	- 3
9	24.X	1.020	1.000	7.4	7.6	0.73	0.76	+ 5
10	24.X	0.635	0.570	3.6	3.2	0.57	0.56	- 2
11	3.XI	0.554	0.610	4.9	4.7	0.88	0.79	- 11
12	9.XI	0.560	0.537	2.9	2.8	0.52	0.52	0
13	9.XI	0.722	0.720	4.7	5.2	0.65	0.72	+ 9
14	15.XI	0.524	0.510	4.0	4.0	0.76	0.79	+ 4
15	15.XI	0.920	0.930	3.8	4.1	0.42	0.44	+ 5
16	19.XI	0.865	0.852	6.2	5.9	0.72	0.69	- 4
17	19.XI	0.826	0.841	3.9	4.1	0.47	0.49	+ 4
Przeciętnie: Durchschnitt:						0.737	0.734	- 0.4

sie roku, zawierają procentowe ilości tłuszczów, które różnią się pomiędzy sobą parokrotnie. Tak, na przykład, widzimy (tabela IV), że największa procentowa zawartość kwasów tłuszczowych w okresie październik-listopad wynosi 1.69% (analiza № 1), najmniejsza zaś 0.44% (analiza № 15).

Wnioskujemy więc, że indywidualne różnice w procentowej zawartości kwasów tłuszczowych pomiędzy różnymi żabami są bardzo znaczne.

Tabela V.

Zawartość kwasów tłuszczowych w symetrycznych mięśniach łydkowych żaby. (Analizy wykonano na żabach, które przezimowały w piwnicy).

Fettgehalt in den symmetrischen Gastrocnemien des Frösches. (Versuchsobject: im Herbst gefangene u. bis Frühjahr im Laboratorium gehungerte Frösche).

№ analizy No der Analyse	Data Datum	Ciężar mięśnia Gewicht		Znaleziona ilość kwasów tłuszczowych w mięśniu Gefundene Menge der Fettsäuren		Zawartość względna kwasów tłuszczowych w mięśniu Prozentgehalt der Fettsäuren		
		prawego <i>d. rechten Muskels</i>	lewego <i>d. linken Muskels</i>	prawym <i>im rechten Muskel</i>	lewym <i>im linken Muskel</i>	a prawym <i>im rechten Muskel</i>	b lewym <i>im linken Muskel</i>	$\frac{b-a}{a} \cdot 100$ względna różnica Relative Differenz
		g	g	mg	mg	%	%	%
1	11.V	1.000	1.010	3.78	3.82	0.378	0.380	0
2	11.V	0.800	0.800	3.05	2.95	0.381	0.368	- 3
3	19.V	0.690	0.680	2.78	2.71	0.403	0.396	- 2
4	19.V	0.800	0.800	3.46	3.50	0.433	0.438	+ 1
5	24.V	0.670	0.660	2.78	2.66	0.415	0.403	- 2
6	24.V	0.750	0.760	2.46	2.41	0.328	0.317	- 3
7	6.VI	0.504	0.522	1.98	2.05	0.393	0.393	0
8	6.VI	0.581	0.610	2.00	2.05	0.344	0.338	- 2
9	20.VI	0.630	0.630	1.39	1.45	0.221	0.230	+ 4
10	20.VI	0.400	0.385	1.00	1.05	0.250	0.273	+ 9
Przeciętnie: Durchschnitt:.						0.355	0.354	0.3

Tabela VI.

Procentowa zawartość kwasów tłuszczowych w mięśniach łydkowych żaby podczas głodu zimowego.

Prozentgehalt an Fettsäuren in den Gastrocnemien der hungernden Frösche.

Żaby świeżo złowione <i>Frisch gefangene Frösche</i>	Ż a b y g ł o d z o n e <i>H u n g e r n d e F r ö s c h e</i>						
	Październik. Listo- pad <i>October. November</i>	Styczeń <i>Januar</i>	Luty <i>Februar</i>	Marzec <i>März</i>	Kwiecień <i>April</i>	Maj <i>Mai</i>	Czerwiec <i>Juni</i>
	1.58	0.63	0.71	0.65	0.46	0.38	0.39
	0.83	0.37	0.73	0.68	0.52	0.38	0.34
	1.14	0.43	0.46	0.58	0.46	0.40	0.22
	0.66	0.60	0.16	0.57	—	0.43	0.25
	0.79	0.62	0.55	0.58	—	0.42	—
	0.67	0.48	0.40	0.50	—	0.33	—
	0.53	0.87	0.51	0.57	—	—	—
	0.59	—	0.62	0.60	—	—	—
	0.73	—	0.62	0.37	—	—	—
	0.57	—	0.63	0.45	—	—	—
	0.88	—	0.65	0.31	—	—	—
	0.52	—	0.43	—	—	—	—
	0.65	—	0.39	—	—	—	—
	0.76	—	0.56	—	—	—	—
	0.42	—	0.55	—	—	—	—
	0.72	—	0.64	—	—	—	—
	0.47	—	—	—	—	—	—
Przeciętnie: Durchschnitt:.	0.74	0.57	0.54	0.53	0.48	0.39	0.30

Procentowe zawartości kwasów tłuszczowych w mięśniach świeżo zebranych żab jesiennych (tabela IV) są większe, niż w mięśniach żab, które przezimowały w pracowni i przez cały czas znajdowały się w stanie głodu (tabela V).

Spadek procentowej zawartości kwasów tłuszczowych podczas okresu zimowego, w którym zwierzęta przechowywane w piwnicy (w temperaturze 5° do 10°) nie pobierały pokarmu, podany jest w tabeli VI.

Widzimy, że mięśnie łydkowe żaby zawierają na jesieni średnio 0.74% kwasów tłuszczowych; ilość ta podczas głodu zimowego spada równomiernie i dochodzi w czerwcu do 0.30%.

III. Uszkodzenie struktury mięśnia.

Wiadomo, że uszkodzenie struktury mięśnia powoduje rozkład węglowodanów i tworzenie się kwasu mlekowego (FLETCHER i HOPKINS '06), jak również rozkład ciał azotowych i powstawa-

Tabela VII.

Zawartość kwasów tłuszczowych w mięśniach rozartych. (Doświadczenia wykonano na żabach świeżo złowionych).

Fettsäuren-Gehalt in zerriebenen Gastrocnemien. (Versuchsmaterial: frisch gefangene Sommerfrösche).

№ d. doświadczenia	Data Datum	Ciężar mięśni Gewicht		Znaleziona ilość kwasów tłuszczow. w mięśniach Gefundene Menge der Fettsäuren		Zawartość względna kwasów tłuszczowych w mięśniach Prozentgehalt der Fettsäuren			
		kontrol- nych Kontroll- Muskeln	wziętych do rozrarcia zum Zerrei- ben bestim- mte Muskeln	kontrol- nych Kontroll- Muskeln	rozartych zerriebene Muskeln	a kontrol- nych Kontroll- Muskeln	b rozartych zerriebene Muskeln	b - a . 100	
								względna różnica Relative Differenz	%
g	g	mg	mg	%	%	%			
1 ¹⁾	26.V	5.86	5.85	31.3	31.5	0.534	0.538	+ 0.7	
2 ²⁾	29.V	4.88	5.04	24.4	26.7	0.500	0.530	+ 6.0	
					Przeciętnie: Durchschnitt:		0.517	0.534	+ 3.4

¹⁾ Mięśnie z 6 żab.

²⁾ Mięśnie z 6 żab.

Uwaga: Kwasy tłuszczowe oznaczono wagowo.

nie amonjaku (PARNAS '28, CHRZĄSZCZEWSKI i MOZOŁOWSKI '28). Znajdujemy więc tu te same procesy chemiczne, jakie odbywają się w mięśniu podczas pracy. Wydawało się wobec tego ciekawym zbadanie, czy rozrarcie mięśni na miazgę powoduje również zmiany w ilości zawartych w nich tłuszczów.

Jak widać z tabeli VII, badania te dały wynik ujemny. Mięśnie roztarte zawierały bowiem takie same procentowe ilości kwasów tłuszczowych, co mięśnie nieuszkodzone (symetryczne).

IV. Tęzec ciepły mięśnia.

Doświadczenia nad wpływem tęzca ciepłego na zawartość kwasów tłuszczowych w mięśniach żaby wykonane były w sposób następujący. Mięśnie po odpreparowaniu i zważeniu zanurzone były w roztworze RINGERA i ogrzewane do 38 — 40°. Przez cały czas trwania doświadczenia roztwór był obficie zaopatrywany w tlen. Tęzec następował po 2 — 3 godzinach. Mięśnie kontrolne natychmiast po odpreparowaniu i zważeniu były wrzucane do gorącego roztworu ługu potasowego i analizowane po skończonem doświadczeniu jednocześnie z mięśniami doświadczalnemi.

Tabela VIII.

Zawartość kwasów tłuszczowych w mięśniach tydkowych żaby, wprowadzonych w stan tęzca ciepłego.

Gehalt an Fettsäuren in den in Wärmestarre gebrachten Gastrocnemien des Frosches.

№ doświadczenia d. Versuchs	Data Datum	Ciężar mięśni Gewicht		Znaleziona ilość kwasów tłuszczow. w mięśniach Gefundene Menge der Fettsäuren		Zawartość względna kwasów tłuszczowych w mięśniach Prozentgehalt der Fettsäuren		
		kontrol- nych Kontroll- Muskeln	wprowadzo- nych w stan tęzca in Starre gebrachte Muskeln	kontrol- nych Kontroll- Muskeln	stężałych in Starre gebrachte Muskeln	a kontrol- nych Kontroll- Muskeln	b stężałych in Starre gebrachte Muskeln	b - a a względna różnica Relative Differenz
		g	g	mg	mg	%	%	%
1	10.I	0.72	0.75	6.2	6.4	0.87	0.86	- 1.3
2	25.I	1.18	1.09	7.4	6.6	0.63	0.61	- 3
3	10.II	0.60	0.62	4.2	4.3	0.71	0.69	- 3
4	20.II	0.82	0.83	6.0	6.0	0.73	0.72	- 1.5
5 ¹⁾	22.II	5.52	5.63	26.6	27.8	0.48	0.49	+ 2
6 ²⁾	27.II	4.48	4.52	25.0	25.6	0.56	0.57	+ 2
Przeciętnie: Durchschnitt:						0.663	0.659	- 0.7

¹⁾ Mięśnie z 8 żab. Kwasy tłuszczowe oznaczono wagowo.

²⁾ Mięśnie z 7 żab. " " " "

Widzimy z liczb tabeli VIII, w której podane są wyniki tych badań, że tęzec ciepły nie wywiera żadnego wpływu na zawartość kwasów tłuszczowych w mięśniach żaby.

V. Mięśnie w stanie pracy.

W badaniach nad udziałem tłuszczów w pracy mięśniowej przeprowadziłem dwa typy doświadczeń. W pierwszym typie były drażnione mięśnie izolowane, w drugim natomiast — mięśnie *in situ*, t. j. znajdujące się w organizmie o nienaruszonym krwio-biegu. Drażnienia odbywały się zapomocą podniet pojedynczych. Dla mięśni izolowanych podniety dawane były co 9 sek., w przypadku zaś drażnienia mięśni *in situ* — co 5 sek. Skurcze mięśni notowane były na walcu kimografu. W miarę męczenia się mięśnia zwiększano siłę podniet w tym celu, aby mięśnie przez cały czas trwania doświadczenia kurczyły się maksymalnie. Wszystkie doświadczenia trwały do całkowitego wyczerpania mięśnia; innemi słowy, doświadczenie przerywano wówczas, gdy mięsień na naj-silniejsze podniety reagował już ledwie widocznymi skurczami. Czas trwania doświadczeń wahał się od 20 do 92 godzin. Mięśnie kontrolne zaraz po odpreparowaniu i zważeniu były wrzucane do gorącego ługu potasowego i analizowane jednocześnie z mięśniami doświadczalnemi.

a) Mięśnie izolowane.

Mięśnie drażnione umieszczane były w roztworze RINGERA z obfitym dopływem tlenu. Naczynie, w którym znajdował się mięsień, jak również cała aparatura i sposób drażnienia były te same, jakie stosował i szczegółowo opisał w pracy swojej WOJTCZAK ('24). Roztwór RINGERA, celem usuwania produktów przemiany, był podczas doświadczenia kilkakrotnie zmieniany. Skurcze odbywały się izometrycznie, drażnienie było bezpośrednie.

Wykonane zostały dwie serje doświadczeń: jedna w okresie czasu październik-grudzień na żabach świeżo złowionych, druga w okresie marzec-kwiecień na żabach, które przezimowały w pracowni.

W tabeli IX przytoczone są dane analiz z pierwszej serji. Widzimy, że tylko w jednym doświadczeniu (№ 10) mamy zmniejszenie się po pracy ilości kwasów tłuszczowych o 13% w porównaniu z mięśniem kontrolnym. Jeżeli zwrócimy uwagę na doświadczenia № 7 i 9, w których drażnione mięśnie zawierają o 10 i 14.5%

T a b e l a IX.

Zachowanie się kwasów tłuszczowych i glikogenu w izolowanych mięśniach rydkowych zaby, drażnionych prądem indukcyjnym.
(Doświadczenia wykonane na żabach jesiennych świeżo złowionych).

*Fettsäuren- u. Glykogen-Gehalt in den gereizten, isolierten Frosch-Gastrocnemien.
(Versuchsmaterial: Herbstfrösche).*

№ doświadczenia	Data	Czas trwania doświadczenia	Liczba skurczów	Zahl d. Zuckungen	Ciężar mięśnia		Znaleziona ilość						Zawartość względna			
					Gewicht		Fettsäuren		Glykogen		Fettsäuren		Glykogen		Relative Differenz	
					g	g	w mięśniu kontrolnym	w mięśniu drażnionym	w mięśniu kontrolnym	w mięśniu drażnionym	w mięśniu kontrolnym	w mięśniu drażnionym	a,	b,	$\frac{b-a}{a} \cdot 100$	$\frac{b-a}{a} \cdot 100$
		Kontroll-Muskel	Gereizter Muskel	Kontroll-Muskel	Gereizter Muskel	Kontroll-Muskel	Gereizter Muskel	Kontroll-Muskel	Gereizter Muskel	Kontroll-Muskel	Gereizter Muskel	Kontroll-Muskel	Gereizter Muskel	Kwasy tłuszczowe	Glykogen	
				mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	o/o	o/o	o/o	o/o	
1	4X	52	20,800	0,87	0,93	3,99	4,08	5,68	2,55	0,439	0,557	0,272	—	—	—	—
2	4X	52	20,800	1,02	1,03	5,86	6,14	13,50	8,85	0,574	0,596	0,781	+	+	+	+
3	17X	42	16,800	0,68	0,68	2,74	2,83	—	—	0,403	0,416	—	+	+	—	—
4	17X	42	16,800	0,65	0,69	4,45	4,87	—	—	0,685	0,707	—	+	+	—	—
5	20X	40	16,800	0,96	0,96	6,83	6,65	8,40	7,50	0,715	0,696	0,785	+	+	—	—
6	3XI	42	16,800	0,72	0,75	3,40	3,40	—	—	0,472	0,453	—	—	—	—	—
7	3XI	42	16,800	1,19	1,25	6,21	7,28	—	—	0,522	0,582	—	+	+	—	—
8	10XI	45	18,000	1,11	1,14	4,71	4,71	12,95	8,75	0,434	0,413	0,77	—	—	—	—
9	14XI	50	20,000	0,62	0,69	3,63	4,70	—	—	0,586	0,681	0,97	+	+	—	—
10	18XI	54	21,600	0,53	0,52	3,10	2,64	8,58	5,08	0,582	0,506	0,97	+	+	—	—
11	22XI	38	15,200	1,13	1,13	4,20	4,30	—	—	0,372	0,381	—	+	+	—	—
12	2XII	40	16,000	0,99	1,00	4,30	4,45	—	—	0,434	0,455	—	+	+	—	—
										Przebieganie: Durchschnitt.:		0,519		+ 1,4		

więcej kwasów tłuszczowych niż kontrolne, będziemy skłonni uważać wszystkie te trzy różnice za indywidualne odchylenia. (Spotykaliśmy się nieraz z podobnymi odchyleniami, badając zawartość kwasów tłuszczowych w normalnych mięśniach symetrycznych). Reszta doświadczeń z tabeli IX nie wykazuje wahań, które przekraczałyby błędy doświadczenia; średnie procentowe zawartości kwasów tłuszczowych w mięśniach drażnionych i kontrolnych różnią się zaledwie o 1.2%.

Tabela X.

Zachowanie się kwasów tłuszczowych w izolowanych mięśniach łydkowych żaby drażnionych prądem indukcyjnym. (Doświadczenia wykonano na żabach, które przezimowały w piwnicy). *Fettsäuren-Gehalt in den gereizten, isolierten Frosch-Gastrocnemien. (Versuchsmaterial: im Herbst gefangene u. bis Frühjahr im Laboratorium gehungerte Frösche).*

№ doświadczenia d. Versuchs	Data Datum	Czas trwania doświadczenia Versuchs-Dauer h	Liczba skurczów Zahl d. Zuckungen	Ciężar mięśnia Gewicht		Znaleziona ilość kwasów tłuszczowych w mięśniu Gefundene Menge d. Fettsäuren		Zawartość względna kwasów tłuszczowych w mięśniu Prozentgehalt d. Fettsäuren		
				kontrolnego Kontroll-Muskel	drażnionego Gereizter Muskel	kontrolnym Kontroll-Muskel	drażnionym Gereizter Muskel	a kontrolnym Kontroll-Muskel	b drażnionym Gereizter Muskel	$\frac{b-a}{a} \cdot 100$ względna różnica Relative Differenz
				g	g	mg	mg	%	%	
1	6.III	28	11200	1.060	1.025	6.10	4.06	0.575	0.396	-31
2	17.III	20	8000	0.915	0.945	4.55	4.91	0.498	0.520	+4
3	17.III	20	8000	0.735	0.755	4.18	4.18	0.569	0.554	-3
4	2.VI	23	9200	0.640	0.650	3.79	3.12	0.592	0.480	-19
5	2.VI	23	9200	1.200	1.290	5.51	5.11	0.459	0.405	-12
6	12.VI	24	9600	0.970	1.010	5.00	4.95	0.515	0.490	-2
7	12.VI	24	9600	1.020	1.070	4.68	5.56	0.456	0.519	+11
8	20.VI	25	10000	1.010	1.020	5.71	5.55	0.565	0.545	-3
9	26.VI	26	10400	0.336	0.317	1.16	0.90	0.366	0.270	-26
Przeciętnie: Durchschnitt:								0.511	0.464	-9

W doświadczeniach № 1, 2, 5, 8 i 10 oznaczano również glikogen. We wszystkich tych doświadczeniach znajdujemy znaczne zmniejszenie się ilości tego związku po pracy. Wynosi ono bowiem od 12 do 51%, co wskazuje na daleko idące wyczerpanie mięśnia.

Przystępujemy do omawiania wyników drugiej serji doświadczeń. Różni się ona od pierwszej tem, że przeprowadzona została na żabach, które przez szereg miesięcy przebywały w stanie głodu w pracowni. W tabeli X przytoczone są dane analiz tej serji.

Widzimy, że z dziewięciu doświadczeń w czterech znajdujemy w mięśniach drażnionych o 12, 19, 26 i 31% mniejsze ilości

kwasów tłuszczowych, niż w mięśniach kontrolnych. Różnice takie przekraczają nie tylko błędy doświadczenia, ale również wszystkie przytoczone w analizach mięśni symetrycznych odchylenia indywidualne. Średnie zawartości kwasów tłuszczowych w mięśniach kontrolnych i drażnionych w całej tej serii wykazują po pracy ubytek tłuszczów, wynoszący 9%. Porównyując różnice te z różnicami średnich zawartości, podanymi w tabelach IV, V, VII, VIII i IX, jesteśmy skłonni do przypuszczenia, że udało się nam w doświadczeniach przytoczonych w tabeli X stwierdzić zmniejszenie się ilości tłuszczów po pracy.

Wszystkie mięśnie doprowadzone były do całkowitego wyczerpania, zmniejszenie się zaś ilości kwasów tłuszczowych znajdujemy za ledwie tylko w połowie doświadczeń. Przypuszczamy wobec tego, że tłuszcze zaczynają znikać dopiero w chwili bardzo daleko posuniętego wyczerpania mięśnia.

Porównyując doświadczenia pierwszej i drugiej serii (tabela IX i X), pierwszej z nich, wykonanej na żabach jesiennych, obficie zaopatrzonych w glikogen, drugiej natomiast — na żabach przez dłuższy czas głodzonych, a przeto ubogich w glikogen (ATHANASIU '99), sądzimy, że znikanie tłuszczów w drażnionych mięśniach żab głodzonych można wytłumaczyć w ten sposób, że mięśnie, zawierające już na początku drażnienia małe ilości glikogenu, łatwiej można doprowadzić do pewnego minimum zawartości węglowodanów, po którego osiągnięciu praca zaczyna odbywać się kosztem tłuszczów. Możliwą jest rzeczą, że izolowany mięsień, obficie zaopatrzony w glikogen, dlatego trudno jest doprowadzić do stanu, w którym zaczynają utleniać się tłuszcze, że jeszcze przed wyczerpaniem zapasów węglowodanowych zostaje on zahamowany w swych czynnościach wskutek gromadzenia się produktów przemiany. Jesteśmy zatem tego zdania, że tłuszcze zaczynają spalać się dopiero wtedy, gdy zapasy glikogenu w znacznym już stopniu zostaną zużyte.

b) Praca mięśni *in situ*.

Badając udział tłuszczów w pracy mięśni izolowanych, doszliśmy do wniosku, że spalanie tłuszczów następuje dopiero po dostatecznym zużyciu węglowodanów. Takie rozwiązanie sprawy nie przesądzało jednak możliwości udziału tłuszczów w pracy

mięśnia, zawierającego normalne ilości glikogenu, lecz drażniącego *in situ*.

Biorąc pod uwagę mniejsze od jedności ilorazy oddechowe, jakie otrzymano dla całej żaby (DOLK i POSTMA '27) w przeciwieństwie do mięśni izolowanych, i wiedząc, że mięśnie stanowią znaczny odsetek wagi ciała zwierzęcia (około 40%, po wyłączeniu szkieletu), można było przypuszczać (HIMWICH i CASTLE '27), że procesy chemiczne w mięśniach *in situ* różnią się od tych, jakie spotykamy w mięśniach izolowanych. Krwiobieg, usuwając szkodliwe produkty przemiany, mógłby stwarzać warunki, ułatwiające utlenienie tłuszczów w mięśniach.

Dlatego też uważałem za rzecz konieczną uzupełnić te badania doświadczeniami, przeprowadzonymi na żabie żywej.

Doświadczenia wykone były w sposób następujący:

Jedną tylną nogę żaby mocno ścisnąłem jedwabną nitką powyżej kolana, odcinałem nogę i odpreparowywałem mięsień łydkowy, który służył jako kontrolny. (Mięsień ten był natychmiast wrzucany do gorącego roztworu ługu i analizowany po skończonym doświadczeniu jednocześnie z mięśniem doświadczalnym). Po dokonanych zabiegach żabę umocowywałem na deseczce, łączyłem jedną elektrodę induktora ze skórą w okolicy kolana nogi nietkniętej, drugą w okolicy ścięgna Achillesa i drażniłem prądem indukcyjnym. Mięsień łydkowy kurcząc się wyprostowywał stopę, i ruchy te za pomocą miografu izometrycznego, połączonego drucikiem ze ścięgnem Achillesa, notowane były na walcu. Drażnienia odbywały się co 5 sek., częstsze bowiem drażnienia powodowały zbyt szybkie męczenie się mięśnia.

We wszystkich doświadczeniach oznaczany był, oprócz kwasów tłuszczowych, glikogen.

Wyniki analiz podane są w tabeli XI.

W liczbach przytoczonych uderza nas przede wszystkim stopień redukcji ilości glikogenu. Po skończonych doświadczeniach mięśnie zawierały od 6 do 40% początkowej ilości tego związku. W doświadczeniach № 3 i 4 drażnione mięśnie prawie zupełnie pozbawione były glikogenu, ilość jego bowiem wynosiła zaledwie 0.04% wagi mięśnia. Nie wiadomo, jak wielką była ogólna ilość spalonych w mięśniach węglowodanów, bo nie wiemy, jaka ilość tych związków mogła być dostarczona mięśniom drogą krwiobiegu.

T a b e l a X I.

Zachowanie się kwasów tłuszczowych i glikogenu w mięśniach tydkowych żaby, drażnionych prądem indukcyjnym *in situ*.
Fettsäuren- u. Glykogen-Gehalt in den in situ gereizten Frosch-Gastrocnemien.

Lp. d. Versuch	Data Datum	h Versuchs-Dauer	Liczba skurczów Zahl d. Zuckungen	Ciężar mięśnia Gewicht		Znaleziona ilość Gefundene Menge						Zawartość względna Prozentgehalt				
				kontrol- nego Kontroll- Muskel	g	kwasów tłuszczowych Fettsäuren		glikogenu Glykogen		kwasów tłuszczowych Fettsäuren		glikogenu Glykogen		względna różnica Relative Differenz	$\frac{b-a}{a} \cdot 100$ kwas tłuszczowe Fettsäuren	$\frac{b-a}{a} \cdot 100$ glikogen Glykogen
						w mięśni kontrolnym Kontroll- Muskel	w mięśni drażnionym Gereizter Muskel	w mięśni kontrolnym Kontroll- Muskel	w mięśni drażnionym Gereizter Muskel	w mięśni kontrolnym Kontroll- Muskel	w mięśni drażnionym Gereizter Muskel	a, w mięśni kontrolnym Kontroll- Muskel	b, w mięśni drażnionym Gereizter Muskel			
				mg	mg	mg	mg	mg	mg	%	%	%	%			
1	17.I	24	17.000	0.928	0.876	5.53	5.37	9.30	3.52	0.596	0.613	1.00	0.40	+ 3	- 60	
2	20.I	45	33.000	0.868	0.946	5.34	4.63	7.08	1.17	0.616	0.490	0.815	0.124	-20	- 85	
3	26.I	24	17.000	0.693	0.781	3.35	3.91	3.55	0.28	0.483	0.501	0.512	0.040	+ 4	- 92	
4	1.II	92	65.000	0.690	0.810	3.15	2.74	5.00	0.34	0.456	0.338	0.725	0.042	-26	- 94	
5	10.II	22	15.000	0.784	0.751	1.22	0.98	6.85	1.06	0.155	0.130	0.875	0.159	-16	- 82	
6	22.II	22	15.000	1.013	1.071	5.53	5.93	8.95	2.24	0.546	0.553	0.858	0.207	-1.5	- 76	
7	25.II	26	18.000	0.992	1.044	3.95	3.65	7.50	1.01	0.398	0.350	0.756	0.097	-12	- 87	
										Przeciętnie: Durchschnitt:.		0.464	0.425	0.792	0.150	- 8.8

Co się zaś tyczy tłuszczów, to widzimy w doświadczeniach № 2, 4, 5, i 7 zmniejszenie się po pracy ilości kwasów tłuszczowych o 20, 26, 16 i 12%, w doświadczeniach natomiast № 1, 3 i 6 ilość kwasów tłuszczowych w mięśniach kontrolnych i drażnionych jest niemal identyczna.

Ponieważ wszystkie doświadczenia doprowadzone były do całkowitego wyczerpania mięśni (por. str. 154), w trzech zaś z siedmiu doświadczeń ilość kwasów tłuszczowych po pracy wcale nie uległa zmianie, sądzimy, że w mięśniach drażnionych *in situ*, tak samo jak w mięśniach izolowanych, tłuszcze zaczynają się spalać dopiero w chwili daleko posuniętego wyczerpania, gdy zapasy glikogenu w znacznym stopniu zostaną już zużyte.

Zawartości glikogenu znajdowane w drażnionych mięśniach nie dają jednak pod tym względem zupełnie jednolitego obrazu. Naprzykład, w doświadczeniu № 3 mięsień zawierał po pracy zaledwie minimalne ilości tego związku (0.04%), a mimo to tłuszcze wcale nie były naruszone. Można to tłumaczyć w ten sposób, że mięsień pracował w tym przypadku kosztem węglowodanów, dostarczanych zapomocą krwiobiegu; byłoby to możliwe, gdyby naprzykład żaba z doświadczenia № 3 zawierała większe zapasy glikogenu w wątrobie.

VI. Omówienie wyników.

Wyniki badań naszych wskazują na bardzo bierne zachowanie się tłuszczów w mięśniach żaby. W podanych powyżej warunkach doświadczenia nie udało się nam stwierdzić zmniejszenia się ilości kwasów tłuszczowych ani po roztarciu mięśnia, ani w mięśniu, wprowadzonym w stan tężca cieplnego, ani też po wyczerpującym drażnieniu mięśnia izolowanego, obficie zaopatrzonego w glikogen. Dopiero drażniąc mięsień *in situ* lub też drażniąc mięsień izolowany o znacznie wyczerpanych wskutek głodu zwierzęcia zapasach glikogenu, mogliśmy w połowie doświadczeń stwierdzić ubytek tłuszczów, wahający się od 12 do 30%. Tłumaczymy to sobie w ten sposób, że w obecności węglowodanów mięśnie pracują kosztem tych ostatnich, dopiero w stanie daleko idącego wyczerpania mięśni, gdy zapasy węglowodanów przypuszczalnie w znacznym już stopniu zostaną zużyte, zaczynają spalać się tłuszcze.

Niewątpliwą zatem jest rzeczą, że węglowodany nie są jedyną substancją, której kosztem może się odbywać praca mięśni.

OLMSTED i HARVEY ('27) i OLMSTED i COULTHARD ('28), zastrzykując żabom insulinę, otrzymywali mięśnie prawie zupełnie pozbawione glikogenu. Krzywa pracy tych mięśni niczem się nie różniła od krzywej, otrzymanej dla mięśni zwierząt kontrolnych. Źródłem energii w tym przypadku były przypuszczalnie tłuszcze, aczkolwiek nie jest również wykluczony udział substancyj azotowych.

Węglowodany w porównaniu z tłuszczami znacznie łatwiej podlegają oksydacji. Fakt, że mięsień czerpie energję ze spalania przede wszystkim węglowodanów, jest przeto łatwo zrozumiały. Utlenienie tłuszczów, związków chemicznie bardzo biernych, powinno wymagać znacznie dłuższego okresu czasu. Utlenienie to musi być z konieczności bardzo powolne i przechodzić przez szereg faz pośrednich.

Ciekawe są z tego punktu widzenia badania BLOORA ('25), w których autor wykazał, że w mięśniach bardziej aktywnych większy odsetek tłuszczów przypada na kwasy nienasycone, niż w mięśniach mniej aktywnych.

Według LUSKA ('25) proces spalania tłuszczów można przedstawić sobie jako „wybuchowe“ powstawanie kwasu octowego, występujące wskutek β -utlenienia wyższych kwasów tłuszczowych.

W świetle badań naszych możemy do pewnego stopnia wytłumaczyć rozbieżności w wynikach badań PALAZZOLO ('13) i WIENFIELDA ('15). PALAZZOLO mianowicie znajdował zmniejszenie się ilości tłuszczów po pracy, WIENFIELD natomiast takiego zmniejszania się nigdy nie mógł stwierdzić. Różnice te polegają przypuszczalnie na różnym stopniu wyczerpania mięśni i różnym stopniu zawartości w nich glikogenu.

PALAZZOLO ograniczył się do jakościowych prób na glikogen; w drażnionych mięśniach żab letnich nie mógł on stwierdzić obecności glikogenu. Znikanie tłuszczów w mięśniach bezglikogenowych jest w zgodzie z naszym zapatrywaniem na udział tłuszczów w pracy mięśni żaby. Nie możemy natomiast pogodzić z naszymi rezultatami wyników badań PALAZZOLO, który stwierdził zmniejszenie się ilości tłuszczów również w drażnionych izolowanych mięśniach żab zimowych, w których glikogen po pracy był jeszcze obecny (próby jakościowe). Rozbieżności z wynikami naszych badań są tem bardziej dla nas niezrozumiałe, że

czas trwania doświadczeń był u PALAZZOLO bez porównania krótszy niż u nas, wynosił bowiem zaledwie kilkadziesiąt minut, gdy w naszych doświadczeniach dochodził do 54 godzin.

Brak zmniejszenia się ilości tłuszczów w doświadczeniach WIENFIELD'a możemy wytłumaczyć nie tyle mniejszym stopniem wyczerpania mięśni, ile raczej tą okolicznością, że doświadczenia były robione masowo, i wobec stwierdzonych przez nas bardzo dużych indywidualnych różnic w procentowej zawartości tłuszczów (do 300%), małe zmiany w ilości tłuszczów po pracy dzięki temu mogły zginąć bez śladu ¹⁾.

Pozostają nam jeszcze do omówienia w kilku słowach dane, dotyczące zachowania się tłuszczów w mięśniach zwierząt stałocieplnych.

LAFON ('12) na podstawie badań nad mięśniami królika i konia (w tym ostatnim przypadku oznaczał tłuszcze w krwi dopływającej i odpływającej z mięśnia) wnioskuje o bezpośrednim spalaniu się tłuszczów podczas pracy. PALAZZOLO ('13) w cytowanej już pracy przeprowadził kilka doświadczeń na mięśniach jeża i we wszystkich znajdował znikanie tłuszczów po pracy. Ujemną odpowiedź daje jedna jedyna tylko praca CUTHBERTSONA ('25), wykonana na mięśniach kota. (W przypadku mięśni żaby ujemną odpowiedź co do udziału tłuszczów — przynajmniej dla pracy krótkotrwałej — daje, drogą coprawda pośrednią i nie mówiąc o tem wyraźnie, cały szereg prac wykonanych w pracowniach MEYERHOFA, HILLA, EMBDENA i PARNASA).

W roku 1927 ukazała się praca HIMWICHA i CASTLE'A ('27) nad ilorazem oddechowym spoczywającego *in situ* mięśnia psa. Ze względu na precyzyjną metodykę praca ta ma duże znaczenie. Oznaczony przez autorów iloraz oddechowy wynosił 0.7 i wskazywał na przemiany tłuszczowe.

¹⁾ W doświadczeniach WIENFIELDA nie jest dla nas zupełnie jasną zgodność w zawartości tłuszczów w mięśniach kontrolnych i drażnionych, jaką znajduje w każdym doświadczeniu, przy dużej różnicy w procentowej zawartości tłuszczów w różnych doświadczeniach. Fakt ten nie zgadza się z okolicznością, że do kontrolnych doświadczeń nie były brane mięśnie symetryczne; dlatego też kontrolne mięśnie z jednego doświadczenia powinny służyć do wszystkich innych doświadczeń, jak to też ma miejsce w pracy PALAZZOLO.

Jesteśmy tego zdania, że w mięśniach zwierząt stałocieplnych udział tłuszczów powinien przejawiać się w większym stopniu, niż w mięśniach zwierząt zmiennocieplnych. Nasuwa się przypuszczenie, że wyższa temperatura ciała zwierząt stałocieplnych w znacznym stopniu przyspiesza proces utleniania tłuszczów, powodując większy udział tłuszczów w czynnościach mięśnia i większą łatwość stwierdzenia tego udziału w warunkach doświadczenia.

VII. Streszczenie.

1°. Odpowiednio zmodyfikowana metoda ekstrahowania KUMAGAWA-SUTO w połączeniu z metodą spalania BANGA pozwala na ilościowe oznaczenie kwasów tłuszczowych w pojedynczych mięśniach żaby.

2°. Symetryczne mięśnie łydkowe żaby zawierają bardzo zbliżone do siebie ilości kwasów tłuszczowych.

3°. Indywidualne różnice w zawartości kwasów tłuszczowych w mięśniach łydkowych różnych żab dochodzą do 300%.

4°. Podczas zimy zawartość kwasów tłuszczowych u żab trzymanyh w pracowni spada równomiernie. Średnia zawartość wynosi na jesieni 0.74%, w czerwcu — 0.30%.

5°. Zniszczenie struktury i roztarcie mięśnia na miazgę nie zmienia zawartości kwasów tłuszczowych.

6°. Tężec ciepły nie zmienia zawartości kwasów tłuszczowych.

7°. Tłuszcze zachowują się w mięśniach żaby bardzo biernie i zaczynają brać udział w pracy mięśnia przypuszczalnie dopiero wówczas, gdy zapasy glikogenu w znacznym już stopniu zostaną zużyte.

Piśmiennictwo.

- Anderson R. J. and G. Lusk. 1917. Animal calorimetry. Journ. biol. Chem. 32 (421). Athanasiu J. 1899. Über den Gehalt des Froschkörpers an Glykogen in den verschiedenen Jahreszeiten. Arch. f. d. ges. Physiol. 74 (561). Bang I. 1918. Verfahren zur titrimetrischen Mikrobestimmung der Lipoidstoffe. Bioch. Zeitschr. 91 (86). Benedict and Cathcart. 1913. Publ. Carn. Inst. Wash. 187. Cyt. wedł. Rapport and Ralli, 1928. Bloor W. R. 1927. Distribution of unsaturated fatty acids in tissues. I. Voluntary muscle of beef. Journ. biol. Chem. 72 (327). Chrząszczewski St. i Wł. Mozołowski.

1928. Badania nad wzajemną zależnością powstawania kwasu mlekowego i amonjaku w mięśniach płazów. (Untersuchungen über den Zusammenhang der Milchsäurebildung und Ammoniakbildung im Amphibienmuskel). *Acta Biol. Exper.* **2** (47). **Cuthbertson D. P.** 1925. The determination of phosphorus and fat in the resting and fatigued muscle of cat. *Bioch. Journ.* **14** (896). **Dolk N. E.** und **N. Postma** 1927. Über die Haut- und die Lungenatmung von *Rana temporaria*. *Zeitschr. f. vergl. Physiol.* **5** (417). **Fletcher W. M.** and **F. G. Hopkins**. 1907. Lactic acid in amphibian muscle. *Journ. of Physiol.* **35** (247). **Furusawa, Hill, Long and Lupton**. 1926. *Proc. Roy. Soc. B.* **99** (167). *Cyt. wedł. Rapport and Ralli* ('28). **Hagedorn H. C.** und **B. N. Jensen**. 1923. Zur Mikrobestimmung des Blutzuckers mittels Ferricyanid. *Bioch. Zeitschr.* **135** (46). **Henderson Y.** and **W. H. Howard**. 1925. The maximum of human power, and the fuel of muscular work. *Amer. Journ. Physiol.* **72** (220). **Hill A. V.** 1924. *Science N. S.* **60** (505). *Cyt. wedł. Rapport and Ralli* ('28). **Himwich H. E.** and **W. B. Castle**. 1927. Studies in the metabolism of muscle. I. The respiratory quotient of resting muscle. *Amer. Journ. Physiol.* **83** (92). **Lafon G.** 1912. Sur la consommation des graisses dans l'organisme animal. *C. R. Ac. Sc.* **156** (1248). **Lusk G.** 1925. Die Energiequelle bei der Muskelarbeit. *Bioch. Zeitschr.* **156** (334). **Olmsted J. M. D.** and **I. M. Harvey**. 1927. The glycogen content of frog's muscle after injection of insulin and its relation to contraction. *Amer. Journ. Physiol.* **80** (643). **Palazzolo**. 1913. Ricerche sul consumo del grasso muscolare en la contrazione. *Arch. di Fisiol.* **11** (558). **Parnas J. K.** 1928. Badania nad powstawaniem amonjaku i zależnością tej sprawy od czynności i stanu mięśni. (Untersuchungen über die Ammoniakbildung und über den Zusammenhang dieses Vorganges mit Funktion und Zustandsänderung des Muskels). *Acta Biol. Exper.* **1.** № 3. **Przyłęcki St. J.** 1918. O sposobie ilościowego oznaczania glikogenu w drobnych ilościach tkanki. (Une méthode quantitative pour déterminer le glycogène dans les petites quantités de tissus). *Sprawozd. Tow. Nauk. Warsz.* **11** (773). *Rapport D.* and *E. P. Ralli*. 1928. The nature of the foodstuffs oxidised to provide energy in muscular work. I. In the normal animal. *Amer. Journ. Physiol.* **83** (450). **Wasilewska J.** 1923. Sur la modification et l'application de la microméthode de Bang du dosage des acides gras. *Trav. Inst. Nencki.* **2** № 23. **Wienfield**. 1915. The fate of fatty acids in the survival processes of muscle. *Journ. of Physiol.* **44** (171). **Wojtczak A.** 1927. Badania nad przepuszczalnością mięśni dla elektrolitów w stanie pracy i spoczynku. (Recherches sur le perméabilité des muscles pour les électrolytes pendant le travail et le repos). *Trav. Inst. Nencki.* **4,** № 58.

[Zakład Psychogenetyczny Uniwersytetu Jagiellońskiego*]

R. J. Wojtusiak.

O reagowaniu na światło normalnych i oślepionych larw toniaka (*Acilius*).

Über Lichtreaktionen normaler und geblendeter Acilius-Larven.

Rękopis nadestany w dniu 10. III. 1929 r.

Die wichtigsten Ergebnisse vorliegender Arbeit lassen sich in folgende Punkte zusammenfassen:

1°. Die Larven des Furchenschwimmers *Acilius* LEACH. sind sehr stark positiv phototaktisch. Auch der sogenannte „Licht-rückenreflex“ lässt sich bei ihnen stets nachweisen.

2°. Die Larven schwimmen in der Regel in schiefer Lage, wobei der Rücken der Lichtquelle zugekehrt und das Hinterleibsende in der Schwimmrichtung nach vorn gegen das Licht vorgedrängt wird, so dass der Kopf und der Vorderteil des Körpers nach rückwärts gerichtet sind. Seltener schwimmen die Larven mit dem Kopfe gegen das Licht bei ähnlicher, schräger Körper-einstellung.

3°. Die Schrägeinstellung des Körpers und die Art des Schwimmens hängen von der Richtung der aktiven Beinbewegung und von der Haltung des Hinterleibes ab; bei dorsalwärts bogenförmig gekrümmtem Hinterleib schwimmt die Larve mit dem Hinterleibsende voran, bei gerade gestrecktem mit dem Kopfe.

4°. Bei der Aufwärtsbewegung, um den Luftvorrat in den Tracheen zu erneuern, wird das Hinterleibsende stets nach oben, gegen den Wasserspiegel gerichtet. Wenn eine Larve mit dem Kopfe voran nach oben steigt, dann dreht sie sich, in die Nähe der Oberfläche angelangt, um die Querachse und erreicht den Wasser-

*) Kierownikowi zakładu, Panu Prof. Dr. T. GARBOWSKIEMU za ceną pomocy wskazówki składam w tem miejscu najserdeczniejsze podziękowanie.

spiegel, wie vorhin, mit dem Hinterleibsende, wo die mächtig als Luftbehälter entwickelten Tracheenstämme durch ein offenes Stigmenpaar ausmünden. Das Verhalten der Tiere entspricht somit genau der Morphologie ihres Tracheensystems und der Atmungsweise.

Sehr interessant ist der Umstand, dass eine einfache seitliche Beschattung einer Wasserschichte des Aquariums für die aufwärts schwimmenden, luftbedürftigen Larven ein fast unübersehbares Hindernis darstellt, welches sie zu wiederholten Rückzugs- und Umkehrversuchen zwingt.

5^o. Sowohl der scharf ausgeprägte Lichtrückenreflex, wie auch die Körperhaltung beim Schwimmen, sowie die Art der Fortbewegung werden nicht ausschliesslich durch die Funktion der Augen ausgelöst und bedingt. Bei geblendeten Exemplaren, deren Augen durch Auftragen einer dicken undurchsichtigen Lackschichte und durch eine aufgestülpte Schutzkappe ausser Funktion gesetzt wurden, bleiben sowohl die Haltungsweise des Körpers beim Schwimmen und der Lichtrückenreflex, wie die allgemeine Raumorientierungsfähigkeit unverändert bestehen.

Charakterystyka morfologiczna.

Larwy rozpowszechnionego w naszych wodach chrząszcza toniaka (*Acilius* LEACH.) najprawdopodobniej z gatunku *sulcatus* L. — o doprowadzeniu ich do zapoczwarczenia w zwykłych akwarjach nie mogło być mowy — charakteryzują się ciałem wrzecionowatym, rozszerzonym w środkowej części, zwężonym na obu końcach (rys. 1). W przekroju jest ciało szersze niż wysokie, strona grzbietowa silnie wypukła, brzuszna spłaszczona, co nadaje mu charakter budowy łódkowatej. U hodowanych okazów, o długości ciała 25 — 32 mm, największa szerokość, przypadająca na 3 — 4 pierścien odwłokowy, wynosi około 4.5 mm.

Głowa łopatkowato spłaszczone, odsiężona bardzo wyraźnie od wydłużonego w rodzaj szyi i cienkiego przedtułowia, ma kształt sferycznego trójkąta, osadzonego szczytem, a podstawą zwróconego ku przodowi; jest znacznie dłuższa aniżeli szeroka. Po bokach głowy, ku przodowi, leżą lśniące czarne, wypukłe organy wzrokowe, złożone z 6 par przyoczek, uderzających swym układem i skulpturą (rys. 2). W układzie tym możemy wyróżnić trzy grupy po 2 przyoczka: dwie górne, przednią i tylną oraz jedną dolną. Wszystkie mają pozór rur teleskopowych, wychodzących z wnętrza ciała ukośnie, pod różnym kątem, ku powierzchni i zamkniętych wypukłymi soczewkami. Oglądając głowę z boku, widzimy dwa wielkie, najsilniej rozwinięte i najdłuższe przyoczka, których osie optyczne, mniej więcej równoległe, względnie rozchylone pod bardzo małym kątem, zwrócone są ku grzbietowi i ku przodowi. Części ich, łamiące i przewodzące promienie świetlne, zakończone są dwiema prawie półkulisto wypukłymi szklistymi soczewkami, osadzonymi na pagórkowatych, walcowatych wzniesieniach. Następna grupa boczno-grzbietowa, złożona z 2 dalszych par małych przyoczek, przesunięta jest ku tyłowi za wspomnianą i nieco na boki głowy; wyższe oczko leży bardziej ku przodowi, niższe ku tyłowi; osie obu zwracają się na boki. Przyoczka trzeciej, wentralnej grupy są dość od siebie oddalone, leżą poniżej przyoczek dużych. Jedno z nich, tylne, zwraca się osiá mniej więcej wprost ku dołowi, ós drugiego, przedniego, przebiega ukośnie ku przodowi, z lekkim przechyleniem wentralnem. Jak z powyższego wynika, optyczne osie przyoczek zwrócone są pod różnymi kątami i w różnych płaszczyznach, tak że obejmują wszystkie kierunki pola widzenia i umożliwiają wszechstronną orjentację, jak tego wymaga drapieżny sposób życia larw pływaków. Cała okolica, zajęta przez przyoczka, zabarwiona jest intensywnie dość jednostajnie rozmieszczonym czarnym pigmentem i tworzy w najszerszym miejscu głowy parę bocznych plam czarnych, silnie lśniących, o nieregularnych konturach i charakterystycznej, groniastej skulpturze, wynikającej z ukośnego przebiegu poszczególnych, wypukłych przyoczek. W całości robią wrażenie pary oczu, złożonych z grona nielicznych wielkich ommatydów. Na linii środkowej głowy, poza połową długości, znajduje się poprzeczna grzbietowa plamka rombowa oraz dwie plamki jaśniejsze brunatne po bokach tyłogłowia, które również dobrze odcinają się od ogólnej płowo-bronzonej barwy głowy. Części pyszczkowe larwy



Rys. 1. Widok larwy toniaka zgóry.

Fig. 1. *Acilius-Larve, Dorsalsicht.*

należą do typu gryzących, z potężnie rozwiniętymi sierpowatymi żuwaczkami ssąciami.

Przedtułowiu, stosunkowo bardzo wydłużone — tak że stosunek do reszty tułowia i odwłoku wynosi około 1:4 — jest w przedniej swej części, blisko środka, nieco bocznie spłaszczone, tworząc rodzaj szyjki, na której ruchomo osadzona głowa może się swobodnie zginać. Układ ten przypomina morfologicznie wielbłądki (*Raphidiidae*) z rzędu sieciarek.

Nogi, cienkie i długie, zaopatrzone są na udach, piszczelach i stopach z obu stron rzędami włosków, rozszerzającymi je w rodzaj wiosłek.



Rys. 2. Widok głowy z boku z ciemno zabarwioną grupą przyoczek.

Fig. 2. Seitenansicht des Kopfes mit dem stark pigmentierten Ocellenkomplex.

Ostatnie dwa człony odwłoku, 7 i 8-my, dłuższe od innych, obsadzone są z obu stron szeregiem włosków. Ostatni zaś posiada 2 czułki odwłokowe (*cerci*), opatrzone na końcu kilkoma szczecinkami.

Przez całą długość ciała larwy przebiega w linii środkowej grzbietu ciemna linja. Podobnie ciemno obrzeżony jest każdy poszczególny pierścień wzdłuż tylnej krawędzi. Przetchniki odwłokowe widoczne są po bokach wszystkich członów (z wyjątkiem ostatniego) jako wyraźne, czarne punkty; u larw są one zamknięte.

Larwy toniaka znajdują się w dużej ilości w stawkach i małych zbiornikach wodnych okolic Krakowa. Wobec nadzwyczajnej wrażliwości larw tych na światło, skorzystałem z obfitego materiału, jakim rozporządził Zakład Psychogenetyczny na wiosnę 1928, aby poczynić szereg doświadczeń i spostrzeżeń nad ich reakcjami fotycznymi, będącymi przedmiotem niniejszej publikacji.

Zachowanie się larw normalnych.

Larwy, świeżo przeniesione w słojach z normalnego środowiska do pracowni, okazują w akwariach silną dążność ku światłu; tak ułożenie ciała, jakoteż sposób pływania, są przytem bardzo charakterystyczne. Zwierzę zwraca się stale grzbietem ku światłu; wykazując typowy „Lichtrückenreflex“ niemieckich autorów. Wygiąwszy łukowato odwłok ku górze, jak to zwykły czynić młode modliszki, płynie larwa, zwracając koniec odwłoku wprzód i w górę (rys. 3 c). Ciało w czasie tego ruchu przybiera zatem

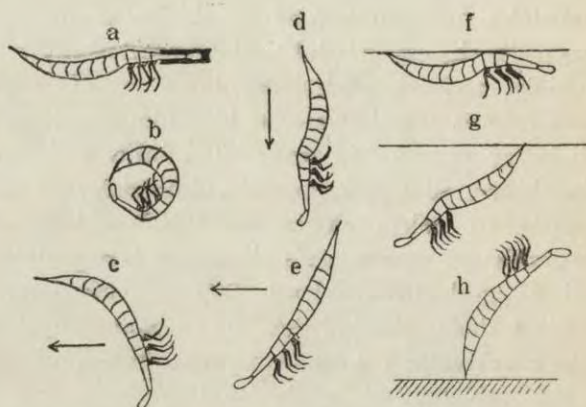
pozycję skośną, t. zn. część przednia skierowana jest wtył i ku dołowi, tylna w górę i w kierunku pływnięcia. Obok tego najzwyczajniejszego ułożenia ciała i sposobu pływnięcia ku światłu istnieje drugi, znacznie rzadziej występujący typ ruchu, w innej pozycji. I tu zwraca się larwa grzbietem ku światłu, oraz wygina głowę ponad oś ciała, nie zakrzywia jednak odwłoku w górę (rys. 3 e). Położenie ciała jest w tym przypadku o tyle odmienne, że owad płynie głową naprzód, zaś tylną częścią zwrócony jest ukośnie w górę. Pozycja więc larwy podczas ruchu zależałaby od ułożenia odwłoku przy odpowiednio skierowanym ruchu nóg. W obu przypadkach, czy odwłok jest wyprostowany, czy kabłąkowato wygięty, zwierzę, pochylone głową na dół, zwraca ją — a zatem swe organa wzrokowe — w kierunku pływnięcia.

Jeżeli larwy przebywają przez kilka dni w większym akwarjum, ustają objawy silnego z początku fototaktyzmu i zwierzęta rozpraszają się po całym akwarjum. Pomimo tego stwierdzić można, że grzbietem zwracają się pływające larwy stale w stronę okna, czyli że grzbietowy odruch fotyczny nie uległ zmianie. Jeżeli natomiast siądą gdziekolwiek, np. na zanurzonych w wodzie roślinach, to przybierają położenie najrozmaitsze, przyczem często odwracają się grzbietem od źródła światła.

Od czasu do czasu wypływać musi larwa na powierzchnię wody dla zaczerpnięcia powietrza. Jako owady tyłodyszne (*opisthopterygii*), wznoszą się one w górę końcem ciała, gdzie potężne boczne pnie tchawkowe otwierają się za pomocą pary przetchlinek. Podczas oddychania układają się larwy równolegle lub ukośnie (rys. 3 f, g) do powierzchni wody, wygiąwszy odwłok w górę w lekkim kabłąku, tułów zaś i głowę przechylając nieco ku dołowi. Obok opisanego sposobu podpływania ku powierzchni, może larwa jednak wypływać też głową w górę a odwłokiem na dół, poczem dopiero tuż pod powierzchnią obraca się odpowiednio, aby zetknąć przetchlinki z powietrzem. Pierwszy sposób wypływania ma miejsce znacznie częściej aniżeli drugi. Płynąc odwłokiem w górę, wykonywa owad tylko od czasu do czasu nieliczne ruchy nóżkami, natomiast przy wypływaniu głową w górę nogi larwy są w ustawicznym ruchu. Łatwo zrozumieć, że częstszym, „naturalniejszym“ jest wypływanie odwłokiem w górę, dostosowane do opisthopterygicznego typu systemu oddechowego, zaś ruchy posiłkowe nóg ograniczone są wtedy do minimum; gdy przeciwnie, przy wypły-

waniu głową wiosłowanie nogami staje się nieodzownem. Nasuwałoby się też przypuszczenie, że wypływanie odwłokiem w górę przy nieznacznym posługiwaniu się nogami jest uwarunkowane różnym ciężarem gatunkowym obu końców ciała. Nie jest to wykluczone, nie należy jednak, jak zobaczymy poniżej, upatrywać w tem jedynej przyczyny.

Opadanie na dno odbywa się zawsze jednakowo, głową w dół, odwłokiem w górę (rys. 3 d).



Rys. 3. Położenie ciała larw w ruchu. a. Okaz oślepiony nieprzezrystą nasadką (w przekroju schematycznym). b. Okaz skrzywiony pierścieniowato. c, e. Okazy w ruchu poziomym ku światłu. d. Okaz płynący w dół. f, i g. Okazy czerpiące powietrze. h. Położenie ciała przy oświetleniu akwarjum od spodu.

Fig. 3. Körperhaltung der Larven in Bewegung. a. Ein geblendetes Exemplar mit aufgestülpter Kappe (in schematischem Längsschnitt). b. Eine ringförmig gekrümmte Larve (Reinigungsreflex, ausgelöst durch störende Fremdkörper am Hinterleibsende). c, e. Wagrecht gegen das Licht schwimmende Larven. d. Absinken der Larve bei Beleuchtung von unten. f, g. Larven am Wasserspiegel beim Schöpfen der Luft. h. Körperhaltung am Boden des Aquariums bei Beleuchtung von unten.

Obok rozproszonego światła dziennego, posługiwałem się przy obserwacjach także żarówkami elektrycznymi o sile 25 — 150 W. Przy bocznym oświetleniu akwarjów żarówką, larwy, dopłynąwszy do ściany oświetlonej, układają się równolegle do niej, grzbietem ku lampie a głową w dół, lub też zatrzymują się przez pewien czas prostopadle do ściany lub nieco ukośnie, dotykając jej końcem odwłoku, później zaś układają się do niej równolegle. Orientacje te, podobnie jak zachowanie się larwy w innych przypadkach, zdają się zależeć od fizjologicznego stanu zwierząt,

albowiem świeżo złowione larwy układają się w akwarjum czasem najpierw pionowo do ściany, i to wszystkie bez wyjątku, niekiedy zaś orjentują się odrazu poziomo.

Zupełnie podobne wyniki, jak przy bocznem oświetleniu akwarjów, można otrzymać, oświetlając je od spodu. W takich razach zaczynają larwy płynąć, zwróciwszy się grzbietem ku światłu, przeważnie w pozycji ukośnej, t. j. kierując koniec odwłoku w stronę źródła światła, a więc ku dołowi (rys. 3 h). Jasny stąd wniosek, że wypływanie na powierzchnię odwłokiem wgórę, jak to się dzieje przy oświetleniu górnem lub bocznem, nie może zależeć wyłącznie od różnicy ciężaru gatunkowego obu końców ciała; naówczas bowiem larwy opadałyby głową wdół skierowaną. Nie ulega natomiast wątpliwości, że pozycja ciała, utrzymywana przez zwierzę w czasie ruchu, zależy od ułożenia odwłoku, z tem zaś wiąże się nierozłącznie ruch nóg w odpowiednim kierunku.

Na oświetlonem zdołu dnie akwarjum układają się larwy zupełnie podobnie jak przy oświetleniu ścian bocznych, a więc grzbietem ku światłu, wdół, nogami wgórę.

Bardzo ciekawe jest zachowanie się larw, gdy kierowane wpływem światła, znajdują się przy ścianie lub na dnie akwarjum. Nienawykłe do tego rodzaju przejrzystych zapor, zaczynają mianowicie wykonywać gwałtowne ruchy, uderzając w ścianę głową i odwłokiem. Ruchy te łatwo zrozumieć, jeżeli weźmiemy pod uwagę zachowanie się larw pływających swobodnie. Często bowiem zgina larwa ciało kabłąkowato ku stronie brzusznej i chwytając szczękami koniec odwłoku (rys. 3 b), przez co powstaje zamknięty pierścień; owad usuwa w ten sposób jakiś dolegający mu przedmiot, uczepony przypadkowo do końca ciała. Mamy tu więc do czynienia z odruchem „czyszczenia się”, wywołanym podrażnieniem dotykowem. Odruchy takie łatwo można wywoływać sztucznie przez dotknięcie igielką odwłoku, głównie zaś — włosków na przedostatnim i ostatnim pierścieniu lub przysadek (*cerci*). Otóż larwa, dosięgnąwszy pod wpływem światła ściany czy dna akwarjum, uderza o nie końcem odwłoku, wskutek czego powstaje wspomniany odruch, zgięcie ciała w kabłąk i uderzenie głową i odwłokiem o ścianę.

Dalszem, nadzwyczajnie ciekawem zjawiskiem jest wpływ cienia rzucanego na wodę, który przy silnym fototaktyzmie larw toniaka, stanowi dla nich przeszkodę prawie nieprzewycięzoną.

Jeżeli w chwili, gdy zwierzęta, przyciągnięte światłem lampy 50-świecowej, umieszczonej pod spodem, znajdują się na dnie akwarjum, przysłoniemy jedną ścianę naczynia wąskim (około 3 cm) paskiem czarnego papieru, przyłożonym z zewnątrz poziomo w połowie wysokości zbiornika, a następnie ustawimy żarówkę tak, aby oświetlała tę ścianę z boku — wszystko oczywiście w zaciemnionej pracowni, — zaczynają larwy natychmiast płynąć ku światłu i wznosić się ukośnie w górę, z chwilą jednak, gdy dopłyną do miejsca zaciemnionego czarnym papierem, zatrzymują się nagle i nie mogą wydostać się poza obręb światła, mimo tego, że górna część akwarjum, nad czarnym paskiem papieru, jest równie jak dolna dobrze oświetlona. W tym przypadku zwierzęta, napotkawszy na niespodzianą przeszkodę, opuszczają się nieco wdół, aby po chwili, wzniosłszy się znów w górę dla nabrania powietrza, natrafić na tę samą optyczną zaporę. Powtarza się to kilka, a nawet kilkanaście razy z rzędu, w coraz krótszych odstępach czasu. Gdy która z larw, skutkiem gwałtowniejszego ruchu, znajdzie się przypadkiem w cieniu, wypływa wtedy z niego albo ponownie wdół, aby powtarzać te same ruchy, albo wreszcie przebywa szczęśliwie pas cienia i wypływa na powierzchnię.

Zachowanie się okazów oślepionych.

Następna serja doświadczeń miała posłużyć do stwierdzenia czy zachowanie się larwy wobec światła oraz sposób płynięcia ku niemu, a w szczególności wyżej wspomniany odruch grzbietowy, zależą wyłącznie od oczu, czy też mogą występować także u okazów, pozbawionych wzroku.

Podobne zagadnienia były już niejednokrotnie poruszane w literaturze; kwestja pozostała jednak dotychczas otwartą. Z prac odnoszących się do członkonogów wymienić należy przede wszystkim dawniejsze doświadczenia V. GRABERA ('83) z oślepieniami karakonami (K. persak, *Blattella germanica* L.), które wykazały, że zachowuje się u nich zdolność rozróżniania światła. A. M. BANTA ('10) stwierdził tę samą zdolność u równonogów amerykańskich (*Isopoda*) ze zmarniałemi oczami, G. KAULBERSZ ('13) u oślepionych okazów ośliczki wodnej (*Asellus aquaticus* L.); ANNE-MARIE MÜLLER ('25) u lądowych stonóg — jak u oślepionych pro-sionków (*Porcellio*) — nie zdołała dostrzec żadnej wrażliwości

światelnej powierzchni ciała („Hautlichtsinn“). U oślepionych rozwielitek (*Daphnia magna* STRAUS) mogłem sam stwierdzić również niezależność orientacji fitycznej od obecności oczu ¹⁾. Na szczególną uwagę zasługują obserwacje FR. ALVERDESA ('26) nad oślepieniami garnelowatemi, a zwłaszcza nad larwami jętki rozdzielnicy [(*Cloëon*) ALVERDES ('27)], z których widać, że po oślepieniu tracą te zwierzęta zdolność odruchu grzbietowego.

Metoda, którą posługiwałem się w doświadczeniach, polegała na tem, że zalepiałem larwom nietylko oczy lecz całą głowę wraz z częścią przedtułowia gęstym czarnym lakierem. Aby być całkiem pewnym, że światło przez tę warstwę nie przenika, nasadzałem nadto larwom wąskie rurki z czarnego papieru wypełnione w całości lakierem (rys. 3 a). W tym przypadku wykluczonym było przenikanie choćby najśłabszego światła do oczu.

Z takimi larwami powtórzone zostały wszystkie poprzednie doświadczenia. Po oświetleniu akwarjum z boku zwierzęta zaczynały płynąć ku stronie oświetlonej, zwrócone grzbietem ku światłu. Stosunek położenia ciała do kierunku ruchu pozostawał taki sam, jak u larw normalnych, t. j. ciało leżało ukośnie i niemal zawsze, a przynajmniej w przeważnej części, zwracały się one końcem odwłoku do światła. Zupełnie podobne wyniki otrzymałem, oświetlając akwarja od spodu. Wszystkie larwy natychmiast zwracały się wdół, również w tych samych pozycjach. Przy ścianie lub na dnie następowały znane już ruchy, spowodowane zaporą odczuta dotykowo.

Można byłoby jednak przypuścić, że dążenie do światła oślepionych larw nie zależy wcale od światła, lecz od temperatury wody, która mogłaby się podwyższać po stronie oświetlonej. Aby uniknąć tej możliwości, robiłem doświadczenia kontrolne, polegające na tem, że gdy po oświetleniu akwarjum z jednego boku zgromadziły się larwy po odwrotnej stronie, zapalałem drugą lampę ze strony przeciwnej, gasząc równocześnie pierwszą, lub wprost przenosiłem tę samą lampę na przeciwną stronę. Jeżeliby więc na kierunek ruchu larw miała wpływ temperatura, to larwy, po zaświeceniu lampy z drugiej strony, powinnyby pozostać po stronie poprzednio oświetlonej, w strefie wody cieplejszej, gdzie były już zgromadzone. Tymczasem wynik doświadczeń był wprost odwrotny:

¹⁾ Por. też pracę H. SCHULZA '28.

larwy dążyły natychmiast ku światłu nowemu, a więc na ich kierunek wpływało jedynie światło.

Z doświadczeń tych wynika więc jasno, że t. zw. „Licht-rückenreflex“, oraz pozycja i sposób pływnięcia larw naszego pływaka nie zależą wyłącznie od oczu, lecz że może tu wchodzić w grę wrażliwość fotyczna powierzchni ciała.

Streszczenie wyników.

1°. Larwy toniaka (*Acilius*) objawiają silny fototaktyzm dodatni, wykazując przytem stale fotyczną wrażliwość grzbietu („Licht-rückenreflex“ niemieckich autorów).

2°. Larwa płynie w przeważnej części przypadków w położeniu ukośnem, zwracając się grzbietem ku światłu i kierując koniec odwłoku naprzód w kierunku ruchu, tak że przednia część ciała i głowa pozostają w tyle; rzadziej płyną larwy głową ku światłu, przy zachowaniu podobnego położenia ukośnego.

3°. Ukośne ułożenie ciała, oraz sposób pływnięcia zależą od kierunku ruchu nóg i od ułożenia odwłoku.

4°. Larwa wypływa stale końcem odwłoku wgórze, ku powierzchni wody, dla zaczerpnięcia powietrza. Jeżeli zaś płynie głową naprzód, to blisko powierzchni wykonywa obrót ciałem o kąt rozwarty, naokoło osi poprzecznej ciała, i dosięga powierzchni, jak poprzednio, końcem odwłoku, gdzie leży para otwartych przetchlinek dwu głównych pni tchawkowych.

5°. Tak „Licht-rückenreflex“ jak sposób pływnięcia ku światłu nie zależą od oczu, nie ulegają bowiem zmianie u larw oślepionych.

Piśmiennictwo.

- Alverdes F. 1926. Stato-, Photo- und Tangoreaktionen bei zwei Garneelenarten. Zeitschr. f. vergl. Physiol. 4 (699). Alverdes F. 1927. Die Raumorientierung der *Cloëon*-Larven. Dito. 5 (598). Banta A. M. 1910. A comparison of the reactions of a species of surface isopods with those of a subterranean species. Part. I. Exp. with light. Journ. exp. Zool. 8 (243). Graber V. 1883. Fundamentalversuche über die Helligkeits- und Farbensensibilität augenloser und geblendeter Tiere. Sitz.-Ber. d. math.-naturwiss. Kl. d. K. K. Akad. Wien. 87. Abteil. I (201). Kaulbersz G. 1913. Biologische Beobachtungen an *Asellus aquaticus* nebst einigen Bemerkungen über *Gammarus* und *Niphargus*. Zool. Jhrb. Abt. allgem. Zool. 33 (287). Müller Annemarie. 1925. Über Lichtreaktionen von Landasseln. Zeitschr. f. vergl. Physiol. 3 (113). Schulz H. 1928. Über die Bedeutung des Lichtes im Leben niederer Krebse (Nach Versuchen an Daphniden). Zeitschr. f. vergl. Physiol. 7 (488).

[Zakład Fizjologiczny Uniwersytetu Jana Kazimierza]

I. Jaburek.

Badania nad stosunkami czasowemi mitoz w tkance rosnącej.
Über die zeitlichen Verhältnisse der Mitosen im wachsenden Gewebe.

Rękopis nadesłany w dniu 1. III. 1929 r.

Unsere an keimenden Zwiebelwurzeln angestellten Untersuchungen gaben folgende Ergebnisse:

1°. Die Zeitdauer einer Mitose lässt sich aus folgender, allgemeine Geltung besitzenden Formel errechnen: $t = \frac{2MT}{K}$; unter M ist die Gesamtanzahl der im fixierten Gewebe enthaltenen mitotischen Figuren zu verstehen, unter K die Anzahl der in der Zeit T durch mitotische Teilungen neu entstehenden Zellen, (Fig. 1). Die Zählung der neu entstandenen Zellen gestaltet sich an einer keimenden Wurzel einfach. Es werden die Zellen in dem in der Zeit T gewachsenen Wurzelabschnitt *m* (Fig. 2) gezählt.

2°. Die Brauchbarkeit dieser Formel setzt eine gleichmässige mitotische Tätigkeit des Gewebes voraus. Eine daraufhin angestellte Prüfung der Wurzelspitze zeigte, dass ein periodisches Auftreten der Zellteilungen in ihr nicht stattfindet, dass vielmehr die in ihr verlaufenden Mitosen regelmässig auf grössere Zeitabschnitte verteilt sind. Dies folgt aus der grossen Baständigkeit des prozentuellen Verhältnisses der einzelnen mitotischen Stadien zueinander, die die Konstruktion einer mitotischen Welle nicht zulässt.

3°. Die Zeitdauer einer Mitose variiert in weiten Grenzen und ist für eine jede Wurzel individuell bestimmt. Sie betrug für 6 Wurzeln, von denen je 4 und 2 in denselben äusseren Verhältnissen gewachsen waren, folgende Werte: 212, 265, 295 und 593 Minuten, sowie 336 und 385 Minuten. Die zeitliche Länge der einzelnen mitotischen Stadien ist zur Länge der ganzen Mi-

tose proportional und zeigt konstante prozentuelle Werte, die der Häufigkeit des Auftretens der einzelnen Stadien im fixierten Präparat entsprechen. Nähere Angaben sind aus der Tabelle I—II zu entnehmen.

4°. Die Anzahl der im fixierten Präparat angetroffenen mitotischen Figuren steht in keinem für immer definierbaren Verhältniss zur mitotischen Leistung des Gewebes. Es zeigte sich nämlich, dass eben solche Wurzelspitzen die meisten Mitosen aufwiesen, die eine verhältnismässig träge mitotische Tätigkeit entwickelt hatten, was sich in der geringen Anzahl der neuentstandenen Zellen sowie in der langen Dauer des mitotischen Prozesses ausdrückte. An Wurzeln, deren Zellen sich energisch teilten, war die Anzahl der gezählten Mitosen geringer, was eben aus ihrer beträchtlich kürzeren Dauer nach oben angegebener Formel hervorgeht. Eine Prüfung von Teilungsreizen ohne Berücksichtigung der zeitlichen Längen der Mitosen ist unstatthaft.

5°. Es wurde die Bemerkung gemacht, dass Wurzeln mit hohen mitotischen Potenzen langsamer wachsen, als solche mit geringen. Weitere Untersuchungen darüber sind im Gange.

Poszukiwania tu przedstawione miały na celu możliwie dokładne uchwycenie podziału mitotycznego jądra komórkowego oraz jego poszczególnych faz pod względem czasu ich trwania. W kwestji tej wypowiada GURWITSCH (Das Problem der Zellteilung physiologisch betrachtet, 1926) zapatrywanie, że przeciętny czas trwania podziału mitotycznego może wynosić dla obiektów najbardziej przestudjowanych około 2 do 3 godzin. Bezpośrednia obserwacja podziału komórkowego, możliwa tylko na obiektach szczególnie się do tego nadających, nie może dostarczyć danych dokładniejszych, gdyż fazy podziałowe takie, jak faza kłębka lub dwukłębka, w których nie dokonał się jeszcze, względnie już zanikł proces wytworzenia się pojedynczych chromosomów w ich

definitywnej postaci lub charakterystycznych figur gwiazdy, nie różnią się prawie w preparacie żywym od jądra w stanie spoczynku. A zawodzi już zupełnie bezpośrednia obserwacja tam, gdzie chodzi o ujęcie czasowych długości tych najdelikatniejszych zmian przejściowych w układzie koloidowym plazmy komórkowej, które są podstawowym założeniem procesu mitotycznego, a polegają na powolnym przechodzeniu solu koloidowego karjoplazmy w żel, jako wstęp do profazy, i następnie, po już dokonanym podziale chromosomów, na przemianie wtórnej tegoż samego żelu koloidowego w pierwotny sol, jako wyraz ostatecznego powrotu obu jąder potomnych do fazy spoczynkowej. Te zmiany w wewnętrznej strukturze substancji jądrowej, których zaczątków szukać należy w niedostrzegalnych submikronach plazmy, wykazuje preparat histologiczny w granicach o wiele rozleglejszych, aniżeli obserwacja *in vivo*. Możliwie dokładnego wyjaśnienia stosunków czasowych w procesie mitotycznym, ważnego ze względu na dalej otwierające się możliwości doświadczalnego ujęcia przedmiotu, należało zatem oczekiwać przede wszystkim ze strony preparatów ustalonych i barwionych, sporządzonych z nadającego się ku temu materiału i przy zastosowaniu odpowiedniej metodyki. Ta zaś wychodziła z założeń niżej podanych.

Ilość figur mitotycznych (M) napotkanych w pewnej chwili w jakimś kompleksie komórek, a chwilą tą jest dla preparatu histologicznego chwila ustalenia tkanki, znajduje się ostatecznie, pomijając wszelkie warunki wewnętrzne i zewnętrzne życia komórkowego, w prostej zależności od dwóch momentów: 1^o, od liczby komórek (k), rozpoczynających podział w jednostce czasu i 2^o, od czasu trwania jednej mitozy (t), czyli $M = t \cdot k$, z czego otrzymujemy poszukiwany czas trwania jednej mitozy

$$t = \frac{M}{k} \quad (1)$$

Przypuśćmy np., że mamy do czynienia z tkanką, w której co godzinę rozpoczyna się jeden podział mitotyczny, trwający również 60 minut. Przeglądając uważnie preparaty z takiej tkanki, musielibyśmy stale zauważyć jedną figurę podziałową w tem lub owem stadjum. Gdyby się w tej tkance przedłużył czas trwania mitozy do 120 minut lub gdyby czas trwania pozostał ten sam, ale zdwoiła się liczba komórek, rozpoczynających podział w jednej

godzinie, wtedy musiałyby się także zdwoić liczba figur mitotycznych w preparatach z tej samej tkanki według podanego wzoru (1).

Do obliczenia czasu trwania mitozy z ustalonych preparatów są nam zatem potrzebne: 1^o, liczba figur mitotycznych i 2^o, ilość komórek, rozpoczynających podział w jednostce czasu. Pierwszą możemy policzyć na skrawkach preparatu pod mikroskopem, dla otrzymania drugiej musimy znowu stosować drogę pośrednią: ilość komórek, rozpoczynających podział w jednostce czasu, równa się połowie ilości komórek kończących podział w tym samym czasie, gdyż z jednego podziału powstają dwie komórki. Innymi słowy — ilość komórek, rozpoczynających w jednostce czasu mitozę (k), równa się połowie ilości komórek w tym samym czasie nowopowstających (K), $k = \frac{K}{2}$. W pewnym określonym, a dowolnie przez nas obieranym czasie (T) wynosi $k = \frac{K}{2} : T$, czyli

$$k = \frac{K}{2T} \quad (2)$$

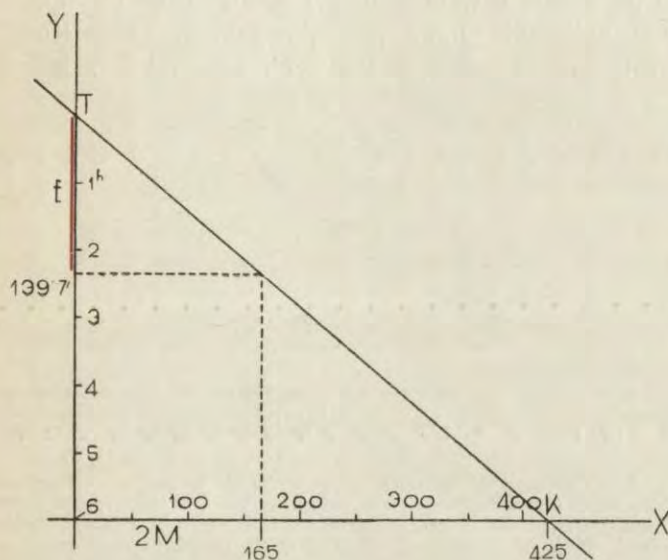
Przez podstawienie wzoru drugiego we wzór pierwszy otrzymamy poszukiwany czas trwania jednej mitozy:

$$t = \frac{2MT}{K} \quad (3)$$

Analogicznie obliczamy czas trwania poszczególnych faz mitotycznych. Jeśli chodzi np. o stadium kłębka, wówczas wstawiamy do wzoru zamiast M ilość napotkanych kłębków Sp (spirema), gdy zaś obliczamy czas trwania fazy gwiazd potomnych uwzględniamy ilość D (diaster) i t. d.

Określona tym sposobem zależność czasu trwania jednej mitozy (t) od ilości w danej chwili obecnych figur mitotycznych (M), od czasu obranego (T) i od ilości nowopowstałych komórek (K) można wykreślić jak na rys. 1. Na osi odciętych znaczymy ilość nowopowstałych komórek (np. 425), na osi rzędnych czas, w którym ta ilość powstała (np. 6 godzin) i łączymy obydwie otrzymane punkty prostą TK . Następnie nanosimy znowu na oś x podwójną ilość napotkanych mitoz (np. 165) i rzutujemy odcinek $2M$ równoległe do osi x . W miejscu zetknięcia się z prostą TK znaczy nam ten odcinek na osi rzędnych czas trwania jednej mitozy, t. j. $2^h 19' 42''$ (139.7').

Praktyczne zużytkowanie tego teoretycznego wywodu trafia o tyle na pewne trudności, że wymaga materiału, któryby nam mógł dać ściśle wartości potrzebne dla wzoru (3). Materiał taki winien wykazywać figury mitotyczne w ilości dostatecznej i łatwo obliczalnej, dalej winien, co może najtrudniejsze do osiągnięcia, pozwolić na dokładne obliczenie nowopowstających komórek. Prócz tego, to zaś jest założeniem całego wyżej przedstawionego rozu-



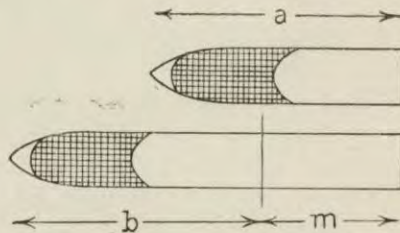
Rys. 1. Wykres, przedstawiający sposób obliczenia czasu trwania jednej mitozy (t) z ilości figur mitotycznych (M) i komórek (K), powstałych w znanym czasie (T). $2 M = 165$, $K = 425$, $T = 6$ godzin; $t = 139.7$ minut.

Fig. 1. Ein Diagramm, welches die Berechnung der Dauer einer Kernteilung (t) aus der Anzahl der mitotischen Figuren (M), und der in einer bestimmten Zeit (T) neuentstandenen Zellen (K) darstellt. $2 M = 165$, $K = 425$, $T = 6$ Stunden; $t = 139.7$ Minuten.

mowania, winny być w danej tkance ilości komórek rozpoczynających (i kończących) podział w jednostce czasu wzdłuż jakiegoś dłuższego czasokresu równomiernie rozdzielone. Rzecz bowiem jasna, że występowanie tych ilości w wielkościach narastających lub opadających, lub wogóle różnych w różnych czasach, musiałyby wpływać w sposób nie dający się kontrolować na rezultat i obalić wartość otrzymanych wyników.

Najodpowiedniejszą do tych celów tkanką wydały mi się młode korzonki cebul, które prócz tego przedstawiają materiał

o tyle ważny, że dokonywano na nich całego szeregu doświadczeń (wpływy zewnętrzne na proces mitotyczny, narkoza, promienie mitogenetyczne i t. d.), dla których badania niniejsze mogłyby przedstawiać pewną wartość. Wymienione korzonki obfitują w bardzo liczne figury karjokinetyczne, zamknięte w dużych komórkach i zgrupowane na ich wolnych końcach, co niezmiernie ułatwia z natury rzeczy żmudne ich liczenie pod mikroskopem, a nadto pozwalają w sposób równie prosty, choć nie mniej ścisły jak samo obliczanie figur podziałowych, na określenie ilości w jednostce czasu nowopowstających komórek. Z właściwościami



Rys. 2. Przedstawia sposób obliczania nowopowstających komórek (K) w korzonku cebuli. m = przyrost w czasie T . Ilość jąder komórkowych w m = równa się ilości komórek nowopowstałych w tym samym czasie w części zakreślonej korzonka.

Fig. 2. Veranschaulicht auf schematische Weise die Zählung der neuentstandenen Zellen (K) in einer keimenden Zwiebelwurzel. m = Längenzuwachs der Zwiebelwurzel in der Zeit T . Die Anzahl der Zellkerne in m ist der Anzahl der während derselben Zeit im schraffierten Wurzelteil entstandenen Zellen gleich.

wzrostu takiego korzonka, będącego sumą wzrostu wymiarów komórkowych i wzrostu przez nowotworzenie komórek, który odbywa się tylko w kierunku podłużnym, nigdy zaś poprzecznym, wynika, że możemy poprostu odjąć długość danego, dobrze już wyklutego korzonka od jego długości w znanym czasie T późniejszym, ażeby otrzymać jego przyrost. Ilość zaś jąder komórkowych, zawarta w tym przyroście, obliczona następnie na zabarwionych skrawkach pod mikroskopem, musi się równać ilości komórek powstałych w czasie T . Jak wynika z rys. 2, przedstawiającego ten sam korzonek w różnych punktach czasu, (mitozy odbywają się tylko w zakreślonej części u wolnego końca, tam też powstają wszystkie nowe komórki), można istotnie a identyfikować z b , zaś ilość nowowytworzonych komórek zrównać z ilością komórek w m .

Obecnie należy poświęcić kilka słów omówieniu kwestji stałych ilości komórek, rozpoczynających podział w jednostce czasu w odniesieniu do rosnącego korzonka cebuli. KARSTEN (Zschr. Bot. 7. 1915 i 10. 1918) znalazł w końcówkach korzonkowych o każdej porze dnia w przybliżeniu te same ilości podziałów jądra komórkowego, a także STALFELT (Svensk. bot. Tidskr. 14. 1920) nie mógł wykazać poważniejszych różnic w korzonkach grochu, co świadczy o zupełnie równomiernym rozsianiu mitoz wzdłuż kilkogodzinnych okresów. GURWITSCH (jak wyżej) natomiast jest zdania, że mitozy, odbywające się w korzonkach cebuli, nie następują po sobie w równych odstępach czasu, lecz falami wzrastającymi i opadającymi. Przypuszczenia swe opiera wymieniony autor nie na fakcie bezwzględnego zwiększania lub zmniejszania się ilości w pewnych chwilach spotykanych mitoz, lecz na tem, że stosunek ilościowy poszczególnych stadij karjokinetycznych do siebie może się wahać w różnych korzonkach w granicach dochodzących do 20%. Względne zwiększenie się ilości faz początkowych wobec faz końcowych miałyby według wspomnianego autora dowodzić, że fala mitotyczna dopiero co się rozpoczęła, takie same zaś względne zmniejszenie się miałyby uprawniać do twierdzenia, że ma się ona ku końcowi. Bliższe zbadanie tych stosunków nie pozwala jednak przychylić się do przytoczonych zapatrywań. Okażę to w sposób następujący:

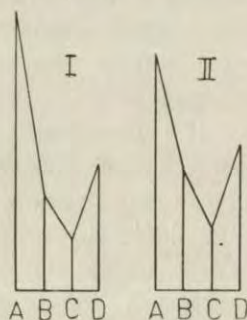
1°. Falowe narastanie i zmniejszanie się ilości podziałów, przypadających na jednostkę czasu, musiałyby się przedewszystkiem wyrazić — przyjmując czasy trwania mitoz w jednym korzonku za równe — w równoległe się wahających bezwzględnych ilościach napotkanych mitoz, czego atoli stwierdzić nie zdołano (KARSTEN, STALFELT). Choćbyśmy jednak dla wytłumaczenia tej sprzeczności przypuścili nawet falowy charakter podziału tak szczególny, w którym w miarę opadania jednej fali już równocześnie narasta druga nowa, przez co bezwzględne ilości mitoz nie ulegają zmianie, znajdziemy, że i taki układ nie jest możliwy z następujących względów:

2°. Zwiększanie lub zmniejszanie się ilości faz początkowych w stosunku do faz końcowych mogłyby dowodzić istnienia jakiejś fali dopiero wtedy, gdyby ono było wyraźne i gdyby stosunki ilościowe innych faz pozostawały w zgodzie z postulatami, jakie taka hipotetyczna fala przynosi. Notowane przez

GURWITSCHA różnice 20%-owe są istotnie nieznacznymi zmianami, gdyż oznaczają tylko względną przewagę jednej fazy nad drugą. W ilościach bezwzględnych przeważa stale faza początkowa nad końcową, a odchylenia nawet 40%-owe na niekorzyść profazy nie są zdolne znieść tej wyraźnej przewagi. Zestawmy stosunek ilościowy poszczególnych stadjów karjokinetycznych w jednym jakimś badanym korzonku i zmienmy otrzymane wartości w ten sposób, by różnice wynosiły okragło 20% i z tem, by zesumowana ilość wszystkich faz była jednaka. Otrzymamy wówczas np. (liczby rzeczywiste z kilkunastu skrawków jednego korzonka):

	I.	II.
A. stadjum kłębka	2042 —	20% = 1634
B. stadjum gwiazdy	702 +	+ 20% = 854
C. stadjum dwugwiazdy	378 +	+ 20% = 461
D. stadjum dwukłębka	876 +	+ 20% = 1049
	<hr/> 3998	<hr/> 3998

Tem samem wyczerpalibyśmy granice spotykanych maksymalnych zmian, przyjmując dowolnie, że stadjum kłębka wystąpiło pod I. w swem największem nasileniu i odtąd poczęło ilościowo



Rys. 3. Wahania stosunku ilościowego poszczególnych faz mitotycznych względem siebie, przedstawione graficznie. A = kłębki, B = gwiazdy, C = dwugwiazdy, D = dwukłębki. I ilości rzeczywiste, II te same ilości z uwzględnieniem maksymalnej 20%-owej, względnej przewagi faz B, C, D, nad fazą A.

Fig. 3. Die gegenseitigen Schwankungen des Mengenverhältnisses der einzelnen mitotischen Stadien graphisch dargestellt. A = Spirema, B = Monaster, C = Diaster, D = Dispirema. I wirkliche Werte, II dieselben Werte mit Berücksichtigung des maximalen 20%-igen, relativen Übergewichtes der Stadien B, C, D, über das Stadium A.

maleć. Pozostałe trzy fazy natomiast uzyskują swe maksimum pod II. Z tych liczbowych danych ułożono odpowiedni wykres na rys. 3. Przedstawiając wahania ilościowe różnych faz w postaci

różnych długości pionowych odcinków widzimy, że ogólny charakter krzywej I nie doznał zmiany pod II.

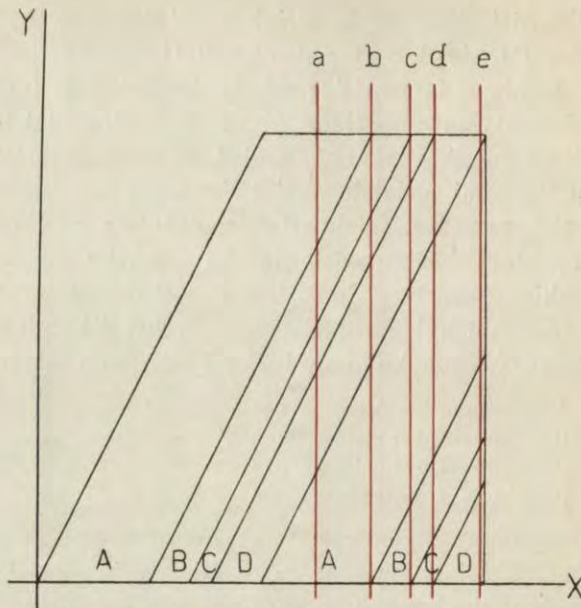
Twierdzenie o falowości mitoz w korzonkach (cebuli) jest nie tylko niemożliwe, lecz wręcz niemożliwe także i z następujących rozważań. Stała i bezwzględna przewaga ilości kłębków nad innymi figurami podziałowymi świadczy o tym, że czas trwania tej fazy przewyższa stale i bezwzględnie czas trwania faz pozostałych, który się przedstawia dla każdej fazy w tym stosunku, w jakim pozostają do siebie napotkane ilości tych faz. Pomijamy teraz odchylenia dochodzące do 20% jako niezasadnicze i przyjmujemy według kolumny I wyżej podanego zestawienia dla

A. stadjum kłębka	2042	jednostek	czasowych
B. stadjum dwukłębka	702	"	"
C. stadjum gwiazdy	378	"	"
D. stadjum dwugwiazdy	876	"	"

W ten sposób uzyskane względne długości czasowe dla każdej z faz nanosimy (rys. 4) na oś odciętych, na osi zaś rzędnych znaczymy ilość mitoz, przypadających na jednostkę czasu. Jeśli ta ilość jest stała, wówczas otrzymamy przez połączenie uzyskanych punktów linie proste. Płaszczyzny A, B, C, D między temi prostymi zawarte przedstawiają pola odpowiednich faz karjokinetycznych. Gdy w jakimkolwiek punkcie czasu oznaczonego w wykresie czerwonymi linjami a, b, c, d, e ustalimy taki korzonek i zestawimy ilości poszczególnych faz, ilości te będą zawsze równe i będą się miały do siebie tak, jak się mają do siebie długości przecięcia poszczególnych pól karjokinetycznych A, B, C, D czyli jak 2042 : 702 : 378 : 876 albo w zaokrągleniu jak 40 : 14 : 8 : 18.

Wykres ten nie uwzględnia żadnych wahań, odbiega zatem od rzeczywistości o 20%, w której takie właśnie wahania spotykamy.

Jeżeli sporządzimy wykres analogiczny według zapatrywań GURWITSCHA, to znaczy — z uwzględnieniem jakiejś suponowanej fali mitotycznej, musimy otrzymać coś w tym rodzaju, jak przedstawiono na rys. 5. Jak na poprzednim wykresie, znaczone i tu na osi odciętych względne długości czasowe poszczególnych faz karjokinetycznych, zaś na osi rzędnych względne ilości w jednostce czasu rozpoczynanych mitoz, ale w ten sposób, by przez złączenie odpowiednich punktów powstała krzywa, odpowiadająca w mowie będącej fali. Czerwone linje a, b, c, d, e oznaczają punkty czasowe, w których korzonek i mitozy utrwalono. Dłu-



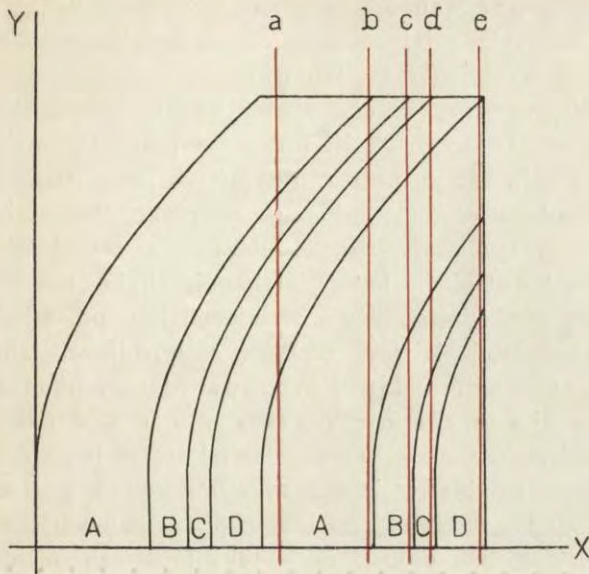
Rys. 4. Wykres, przedstawiający zależność stosunku ilościowego poszczególnych faz mitotycznych od stałych ilości komórek, rozpoczynających podział w jednostce czasu. A = kłębki, B = gwiazdy, C = dwugwiazdy, D = dwukłębki, a, b, c, d, e rozmaite punkty czasowe, w których ustalamy tkankę. Długości przecięcia pól karjokinetycznych A, B, C, D pozostają do siebie w stosunku stałym.

Fig. 4. Ein Diagramm, welches die Abhängigkeit des konstanten Mengenverhältnisses der einzelnen mitotischen Stadien von der konstanten Anzahl der in der Zeiteinheit beginnenden Mitosen darstellt. A = Spirema, B — Monaster, C = Diaster, D — Dispirema. a, b, c, d, e verschiedene Zeitpunkte der Gewebsfixierung. Die Schnittlängen der kariokinetischen Felder A, B, C, D verbleiben in einem konstanten Verhältniss zu einander.

gości przecięcia poszczególnych pól karjokinetycznych A, B, C, D, które były na poprzednim wykresie zawsze stałe, mają się tu do siebie (w zaokrągleniu):

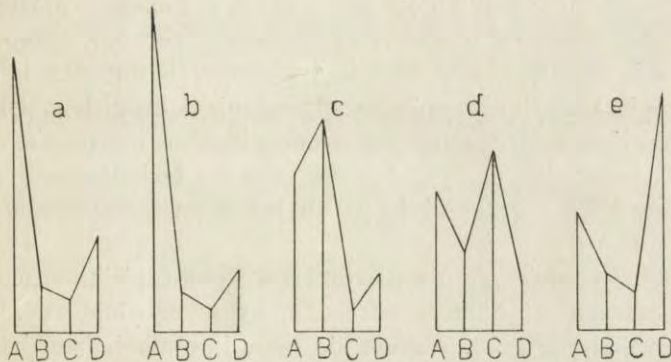
w punkcie a	jak	49	:	8	:	6	:	17
"	b	58	:	7	:	4	:	11
"	c	28	:	38	:	4	:	10
"	d	25	:	14	:	32	:	9
"	e	21	:	10	:	7	:	42

czyli inaczej, jak na rys. 6. a — e. Porównywując dane cyfrowe, widzimy dla kłębków wahania między 21 a 58, co czyni 176%, dla figur gwiazdy pojedynczej wahania między 7 a 38, co czyni 443%, dla figur dwugwiazdy wahania między 4 a 32, co czyni 700% i dla dwukłębków wahania między 9 a 42, co czyni 366%.



Rys. 5. Zob. rys. 4. Zmienność w ilościach komórek rozpoczynających podział w jednostce czasu wyraża się krzywą (fala). Długości przecięcia poszczególnych pól karjokinetycznych A, B, C, D są w rozmaitych punktach czasu a, b, c, d, e rozmaite. Zob. rys. 6.

Fig. 5. Siehe Fig. 4. Die Unbeständigkeit der in einer Zeiteinheit eine Teilung beginnenden Zellenanzahl ist durch einen Bogen (Welle) ausgedrückt. Die Schnittlängen der einzelnen kariokinetychen Felder A, B, C, D sind in verschiedenen Zeitpunkten a, b, c, d, e verschieden. Siehe Fig. 6.



Rys. 6. Zob. rys. 5 i 3. Stosunki ilościowe poszczególnych faz mitotycznych zależnie od chwili ustalenia (a, b, c, d, e) przy falowym charakterze nasilenia mitotycznych tkanki A = kłębki, B = gwiazdy, C = dwugwiazdy, D = dwukłębki.

Fig. 6. Siehe Fig. 5 u. 3. Von Zeitpunkt der Gewebefixierung (a, b, c, d, e) abhängige Mengenverhältnisse der einzelnen mitotischen Stadien bei der Annahme einer mitotischen Welle. A = Spirema, B = Monaster, C = Diaster, D = Dispirema.

Jeśli zważymy, że wahania rzeczywiste wynoszą 20%, wtedy staje się jasne, że wykres ten odbiega od rzeczywistości o kilkaset %, dochodząc nawet do (700 — 20) 680%.

Zapatrywanie, wyrażone w tej kwestji przez GURWITSCHA, nie da się zatem utrzymać. Na podstawie przedstawionych tu wyników mamy wszelkie prawo przyjąć, że ilości poszczególnych stadiów mitotycznych, przypadające na różne jednostki czasu, są w wielkiem przybliżeniu równe. Różnica w wysokości 20% nie pozwala na konstrukcję fali mitotycznej, chyba tak niskiej, że praktycznie nie odbiega ona zupełnie od linii prostej. Zdaje mi się, że powstawanie jej jest zupełnie przypadkowe i nie zależy od jakichś momentów, kierujących wzrostem korzonka czy podziałami w nim się dokonywującymi.

Przebieg doświadczeń przedstawiał się w ten sposób: zwycajną cebulę jadalną umieszczano w miejscu wilgotnem o temperaturze 20° C, w którym po kilkunastu godzinach poczęły wyrastać pierwsze korzonki. Skoro taki korzonek wykuł się na kilka mm, wtedy odmierzano jego długość, licząc od podstawy cebuli do szczytu korzonka zapomocą precyzyjnej śruby mikrometrycznej i powiększającego okularu z dokładnością dochodzącą do setnych mm, oraz notowano czas, w którym dokonano pomiaru. Po kilku godzinach (4 do 18) odcinano korzonek tuż u podstawy i odmierzano ponownie jego długość oraz notowano czas drugiego pomiaru. Do pomiarów brano tylko korzonki rosnące zupełnie prosto; korzonki, które wśród wzrostu wykrzywiały się, odrzucano. Dla otrzymania materiału w możliwie tych samych warunkach, dokonano pierwszych pomiarów przed południem, drugich po południu (światło). Korzonki rosnące przez noc zbierano oddzielnie. Ustalano w kwasie pikrynowym + kwas octowy; technika parafinowa. Serja skrawków o grubości 10 μ . Na jedną serję przypadało około 100 skrawków.

Na preparacie gotowym odmierzano pod szkiełkiem nakrywkowym jeszcze raz długość korzonka, by uwzględnić ewentualny błąd, powstały przez kurczenie się tkanki w alkoholach i termostacie. Poprawki były minimalne lub wogóle ich nie było, gdyż materiał ulegał wybitniejszemu kurczeniu się tylko w kierunku poprzecznym, co pozostawało oczywiście bez wpływu na wynik.

Celem ułatwienia dokładnego liczenia tak figur mitotycznych, jak i nowopowstałych komórek, oraz, aby otrzymać pewność, że

przy liczeniu każda komórka raz tylko była liczona a żadnej nie opuszczono, stosowałem przysłony wkładane do okularów. Przy liczeniu mitoz posługiwałem się imersją Zeissa $\frac{1}{12}$ " i okularem II z przysłoną o kwadratowym wycięciu. Stolik mikroskopu z preparatem przesuwało wzdłuż boków kwadratowego wycięcia w ten sposób, że nie opuszczono ani jednego miejsca w preparacie; liczby uzyskane z wszystkich kwadratów dodawano do siebie. Przy liczeniu nowopowstałych komórek używałem obiektywu Zeissa A i okularu IV. Przy tym zestawieniu szkieł mieściła się dobrze cała szerokość skrawka w polu widzenia, przyczem jądra komórek występowały wcale wyraźnie. Do okularu wkładano przysłonę o wycięciu szlicowym, układając je wpoprzek korzonka. W wycięciu tem umieszczano koniec skrawka, odpowiadający miejscu odcięcia korzonka, i przesuwało go pod mikroskopem, licząc równocześnie ilość zaobserwowanych jąder komórkowych aż do granicy przyrostu. Tę zaś odczytywano z podziałki milimetrowej i noniusza mikroskopu.

Segregując poszczególne stadja karjokinetyczne, nie opierałem się na powszechnie przyjętym podziale procesu mitotycznego na profazę, metafazę, anafazę i telofazę z tego względu, że w obręb profazy wciąga się jeszcze figurę gwiazdy macierzystej, podczas gdy metafaza polega tylko na podłużnem rozszczepieniu chromosomów, co się nie zgadzało z mojem dążeniem do uchwycenia pod mikroskopem figur najbardziej charakterystycznych. Oprócz tego pragnąłem odmierzyć długości czasowe samej przemiany stanu koloidowego plazmy, na co przyjęty podział nie zezwalał.

W szeregu przemian karjokinetycznych podkreśliłem przeto następujące stadja:

1^o. Stadjum przejścia solu koloidowego karjoplazmy w żel; od faz najwcześniejszych, t. j. od najślabiej zaznaczonych, aż do pojawienia się wyraźnego kłęбка. W skrócie: sol — żel.

2^o. Stadjum kłęбка zbitego i luźnego (spirema); czas powstawania nitki chromatynowej.

3^o. Stadjum gwiazdy macierzystej (monaster); od chwili pojawienia się oddzielnych chromosomów aż do pojawienia się gwiazdy pojedynczej.

4^o. Stadjum gwiazd potomnych (diaster); od chwili pojawienia się dwugwiazdy, aż do czasu zlania się oddzielnych chromosomów w jedną całość.

5°. Stadjum dwukłębka (dispirema); od chwili zniknięcia pojedynczych chromosomów aż do dokonania się podziału ciała komórkowego i utworzenia dwóch jąder.

6°. Stadjum przejścia żelu koloidowego karjoplazmy w sol; od chwili utworzenia dwóch wyraźnych jąder aż do ostatnich dostrzegalnych zmian. W skrócie: żel — sol.

Badania, przeprowadzone przeze mnie na dwóch grupach korzonków, z których jedna rosła przez dzień, a druga przez noc, oraz na kilku korzonkach kontrolnych były o tyle w wynikach swych niespodziewane, że ujawniły bardzo znaczne wahania w długościach czasowych procesu mitotycznego w rozmaitych korzonkach, pochodzących z tej samej cebuli. I tak znaleziono w grupie czterech korzonków (I—IV), rosnących przez dzień, następujące wartości dla czasu trwania jednej mitozy, wyrażone w minutach:

I: 212' II: 265' III: 295' IV: 593',

zaś w grupie dwóch korzonków (V—VI), rosnących przez noc:
V: 336' VI: 385'.

Jak zatem widać, przeciętny czas trwania mitozy waha się zależnie od korzonka między trzema i pół (I), a blisko dziesięcioma (IV) godzinami.

W następującej tabeli podaję dokładne zestawienie pomiarów i obliczenia poszczególnych stadjów mitotycznych. Przedstawia ona (tabela I) sumaryczne zestawienie otrzymanych wartości dla korzonków I—IV, rosnących przez dzień, i korzonków V—VI, które rosły przez noc i w ciągu podwójnej ilości godzin.

Zwrómy się do dokładniejszej analizy wyników dla korzonków I—IV z tabeli I. Korzonki te pochodziły z tej samej cebuli i rosły jednocześnie w najzupełniej jednakowych warunkach zewnętrznych. Długość ich wynosiła w czasie pierwszego pomiaru około godz. 9-tej przed południem 3.06, 5.71, 3.95 i 4.81 mm, zaś w czasie drugiego pomiaru, t. j. około godz. 4-tej po południu tego samego dnia, 6.18, 9.06, 7.42 i 8.85 mm, co daje dla odpowiednich korzonków następujące przyrosty: 3.12, 3.35, 3.47 i 4.04 mm. W przyrostach tych znaleziono, obliczając skrawek za skrawkiem 39,490, 33,950, 30,440 i 17,260 komórek, które powstały w czasie 400 (w przypadku korzonka IV—405) minut, jakie upłynęły między pomiarem pierwszym a drugim.

Najintensywniejsza czynność podziałowa komórek odbywała się zatem w korzonku I. Powstało tam 39,490 nowych komórek czyli dokonało się w nim w czasie 400 minut 19,745 podziałów, najsłabsza zaś była czynność w korzonku IV, w którym w ciągu 405 minut zanotowano 8.630 dokonanych mitoz. Wartości dla korzonków II i III leżą pomiędzy powyższymi krańcowymi liczbami, a mianowicie 16,975 i 15,220 dokonanych podziałów w ciągu 6 godzin i 40 minut. Energia mitotyczna komórek a raczej całej tkanki, jak z powyższego widać, bardzo różnaita w rozmaitych korzon-

Tabela I.

Zestawienie pomiarów i obliczeń dla 6 korzonków.
Zusammenstellung der an 6 Wurzeln vorgenommenen Berechnungen.

№ korzonka № der Wurzel	Godzina Die Stunde		4 T w minutach T in Minuten	Długość korzon. w czasie Die Wurzellänge zur Zeit		7 Przyrost w mm Längenzuwachs in mm	W korzonku znaleziono: Es befanden sich in der Wurzelspitze:						14 Razem M M (zusammen)	15 Komórki nowopowstałe Neuentstandene Zellen	16 Czas trwania mitozy w min. Dauerd. Zellteilung in Min.		
	1-go pomiaru der 1. Messung	2-go pomiaru der 2. Messung		1-go pomiaru der 1. Messung	2-go pomiaru der 2. Messung		Sol — Żel	Sol — Gel	Kłębki Spirema	Gwiaźdz Monaster	Dwugwiazdy Diaster	Dwukłębki Dispirema				Żel — Sol	Gel — Sol
I.	9.10	15.50	400	3.06	6.18	3.12	768	4782	1671	965	1014	1267	10,467	39,490	212.04		
II.	9.20	16.00	400	5.71	9.06	3.35	1159	4803	1725	932	1184	1443	11,246	33,950	265.01		
III.	9.30	16.10	400	3.95	7.42	3.47	1050	4601	1769	988	1293	1482	11,183	30,440	295.21		
IV.	9.40	16.25	405	4.81	8.85	4.04	1068	5354	1893	1174	1532	1621	12,642	17,260	593.28		
V.	19.05	8.25	800	2.42	9.82	7.40	931	4752	1320	794	912	936	9,645	45,820	336.79		
VI.	19.15	8 05	770	2.35	9.63	7.28	1028	4211	1316	1093	1154	1750	10,552	42,180	385.24		

kach tej samej cebuli, w identycznych warunkach zewnętrznych, wyraża się w swej różnorodności także jeszcze niestałością przeciętnego czasu trwania jednej mitozy. Ten średni czas trwania, obliczony ze wzoru (3), wynosił dla komórek korzonka I, który okazał się nam już pod względem mitotycznym jako najbardziej czynny, tylko 210 minut; zaś dla komórek korzonka IV, pod tym względem najsłabszego, wynosił on aż 593 minuty; dla korzonków II i III, znaleziono znowu długości pośrednie, stojące w zgodzie z ich intensywnością mitotyczną, a mianowicie 256 i 294 minut.

Najbardziej zajmującą rzeczą w tych wynikach jest natomiast sprawa obliczonych ilości figur mitotycznych w chwili ustalenia tkanki i kwestja szybkości wzrostu korzonków. Jak widać z tabeli I,

obliczono dla korzonków I—IV następujące ilości w rozmaitych stadkach utrwalonych figur mitotycznych: 10,467, 11,246, 11,183 i 12,642. Ilości te różnią się od siebie względnie nieznacznie, lecz są one wyraźnie większe tam, gdzie czynność podziałowa jest słabsza, jak wypada z porównania korzonka I z II lub III z IV. W korzonkach II i III, bardzo podobnych do siebie pod względem siły mitotycznej, stosunek ten jest w słabym zresztą stopniu odwrotny. Bezpośrednim a doniosłym wnioskiem z tego faktu jest to, że nie możemy orzekać li tylko na podstawie ilości napotkanych figur podziałowych o sile bodźca mitotycznego. Przeciwnie, jak okazują niniejsze spostrzeżenia, mogą zachodzić w tkance rosnącej tego rodzaju stosunki, w których tylko w średnim nasileniu odbywające się mitozy z powodu bardzo leniwego ich przebiegu jakgdyby gromadzą się w ilości zwiększonej i pozorują większą intensywność mitotyczną danej tkanki. Energji podziałowej komórek, czy siły bodźca podziałowego w jakiejś tkance nie można zatem inaczej określać, jak tylko przez równoczesne uwzględnianie stosunku ilości nowopowstających komórek do czasu, w jakim te komórki powstały, t. j. z uwzględnieniem ilorazu $\frac{K}{T}$.

W świetle tych wyników mogłoby się wydawać, że rozważania poprzednie, w których starałem się wykazać, iż przypuszczenia GURWITSCHA co do falowości mitoz w korzonkach cebuli nie są uzasadnione, również są niesłuszne. Wszak ewentualne falowe nasilenia czynności mitotycznej tkanki, wyrażające się zasadniczo w zwiększonej ilości mitoz rozpoczynających (i kończących) podział w jednostce czasu, nie koniecznie muszą znaleźć swój wyraz w zwiększonej ilości napotkanych figur mitotycznych z powodu jakgdyby wyrównywująco działającego przyspieszenia poszczególnych akcji karjokinetycznych; przeciwnie, nasilenia te mogłyby nawet, jak wyżej wykazano z powodu pewnego rodzaju nieproporcji tego przyspieszenia, pozorować spadek w intensywności podziałów. Istotnie, przyznać wypada, że w tych kwestjach z zakresu mikrofizjologii tkanek rosnących trudno o sprawdzian bezpośredni; ale mając na uwadze, że i z tych faktów nie można wysnuć argumentu, przemawiającego za rzeczową falowością oraz że przeciwko niej przytoczone wykresy (rys. 3 i 5) także przy uwzględnieniu różnic czasowych w procesie mitotycznym na sile nie tracą, należy ją odrzucić jak poprzednio.

Jeszcze jedną niezmiernie ciekawą kwestją jest sprawa szybkości wzrostu korzonka w stosunku do jego energii mitotycznej. Okazuje się bowiem z tabeli I, że w czasie 400 minut urosł najmniej korzonek I, najbardziej korzonek IV, podczas gdy korzonki II i III wykazały pośrednie ilości wzrostu w tym samym sensie, jak korzonki I i IV, t. j., że urosły w stosunku odwrotnie proporcjonalnym do ich siły podziałowej. Komentowanie tego faktu byłoby jeszcze ze względu na szczupłość materiału porównawczego przedwczesne. Można jednak myśleć o jakimś wzajemnie dopełniającym się stosunku energii wzrostu do energii podziałowej komórek, co może wyjaśniać rozpoczęte w tym kierunku dalsze badania.

Wracając do przeciętnego czasu trwania jednej mitozy w omawianych korzonkach I—IV, który wahał się w granicach 215, 265, 295 i 593 minut zależnie od korzonka, poddamy obecnie dokładniejszemu zbadaniu stosunki czasowe rozmaitych okresów mitotycznych. Przeliczając odpowiednie wartości z tabeli II na wartości procentowe, otrzymamy:

Tabela II.

Ilości procentowe poszczególnych faz mitotycznych w korzonkach I—IV.
Die prozentuellen Mengen der einzelnen mitotischen Stadien in den Wurzeln I—IV.

1	2	3	4	5	6	7
L. korzonka № der Wurzel	Sol — Żel Sol — Gel	Kłębki Spirema	Gwiazdy Monaster	Dwugwiazdy Diaster	Dwukłębki Dispirema	Żel — Sol Gel — Sol
I.	7.34%	45.69%	15.96%	9.21%	9.69%	12.10%
II.	10.31%	42.70%	15.34%	8.29%	10.53%	12.83%
III.	9.38%	41.14%	15.81%	8.83%	11.56%	13.28%
IV.	8.45%	42.35%	14.97%	9.25%	12.12%	12.82%
Przeciętnie: <i>Durchschnittlich:</i>	8.87%	42.97%	15.52%	8.90%	10.97%	12.76%

Jak zatem widać, stosunek długości czasowych poszczególnych faz podziałowych do siebie jest w wielkiej mierze stały, a te przeciętne długości wynoszą dla fazy sol-żel 8.87%, dla stadium kłębka 42.97%, gwiazdy 15.52%, dwugwiazdy 8.90%, dwukłębka 10.97% i dla fazy żel-sol 12.76%. Skrócenie lub wydłużenie akcji karjokinetycznej odbywa się zatem równomiernie kosztem wszystkich faz. Dla mitozy, trwającej 5 godzin (jak w przybliżeniu w korzonku III), otrzymalibyśmy, uwzględniając zaokrąglone

przeciętne wartości procentowe dla czasu trwania każdej z faz, następujące wielkości:

A	{	a) stadjum sol-żel	27 minut	}	202 minuty
		b) stadjum kłębka	129 „		
		c) stadjum gwiazdy	46 „		
B	{	d) stadjum dwugwiazdy	27 minut	}	98 minut
		e) stadjum dwukłębka	33 „		
		f) stadjum żel-sol	38 „		

Porównyując czasy tych faz między sobą, widzimy, że pierwsze trzy (A) trwają okrągło dwa razy tak długo, jak trzy pozostałe (B), stanowiące odwrócenie pierwszego okresu mitozy. Szczególnie wybitnie występuje ta przewaga w fazie kłębków w stosunku do fazy dwukłębków, a mianowicie w przybliżeniu jak 4 : 1; słabiej znaczy się ona w fazie gwiazd nad fazą dwugwiazd, bo około 5 : 3. W fazach sol-żel i żel-sol spotykamy wielkości odwrotne, t. j. przewagę tej ostatniej fazy nad pierwszą. Odpowiadałoby to stosunkom w układach koloidowych, gdzie krzepnienie solu zwykle krócej trwa, aniżeli rozpuszczenie żelu.

Przechodząc obecnie do omawiania wyników, otrzymanych w korzonkach V i VI (tabela II), rosnących przez noc i przez podwójną ilość godzin niż poprzednie, wypada przedewszystkiem zaznaczyć, że wyniki te są zupełnie zgodne z poprzednimi i że odmienne nieco warunki wzrostu pozostały bez widocznego wpływu. Długość tych korzonków wynosiła w czasie ich pierwszego pomiaru około godz. 19-tej 2.42 i 2.35 mm, zaś w czasie drugiego pomiaru około godz. 8-mej następnego dnia 9.82 i 9.63 mm, co daje następujące przyrosty: 7.40 i 7.28 mm. W przyrostach tych znaleziono 45,820 i 42,180 komórek, które powstały w ciągu 800, względnie 770 minut między pomiarem pierwszym a drugim. Intensywniejsza czynność podziałowa odbywała się zatem w korzonku V, w którym odbyło się 22,910 podziałów wobec tylko 21,090 podziałów w korzonku VI. Uwzględniając różnicę 30-minutową w czasie wzrostu, należałoby do tej ostatniej ilości dodać jeszcze około 840 podziałów. Przeciętny czas trwania jednej mitozy obliczony z tych danych wynosi dla korzonka V 336 minut, zaś dla korzonka VI — 385 minut. Jak zatem widać, wyraża się także w tych dwóch korzonkach energia mitotyczna tkanki tylko ilością nowopowstających komórek i czasem trwania podziału ko-

mórkowego, a nie bezwzględną ilością napotkanych figur mitotycznych w tkance ustalonej.

Ilości poszczególnych faz występują w korzonkach V i VI w podobnym składzie procentowym jak w poprzednich, a mianowicie spotykamy faz sol-żel 9.65% i 9.74%, kłębków 49.27% i 39.90%, gwiazd 13.68% i 12.47%, dwugwiazd 8.24% i 10.36%, dwukłębków 9.45% i 10.93% oraz faz żel-sól 9.70% i 16.59%.

W korzonkach kontrolnych, krajanych częściowo, nie otrzymano wyników, odbiegających od przedstawionych.

Zbierając wyniki przedstawionych tu badań stwierdzamy, że:

1°. Czas trwania mitozy da się określić według ogólnej wartości posiadającego wzoru $t = \frac{2MT}{K}$, w którym M oznacza ilość figur mitotycznych, obliczoną w tkance utrwalonej, K ilość komórek, powstałych w czasie T przez podział mitotyczny (rys. 1).

2°. Założenie wzoru powyższego, że podziały odbywają się w tkance równomiernie jest słuszne dla korzonków cebuli. Stałość ilości procentowych poszczególnych faz w preparatach utrwalonych nie pozwala na wykreślenie jakiegokolwiek fali mitotycznej (rys. 3 — 6).

3°. Czas trwania mitozy jest dla różnych korzonków różny i wynosił w warunkach identycznych 212, 265, 295 i 593 minut, wzgl. 336 i 385 minut. Długości czasowe poszczególnych faz są stałe w stosunku do całego czasu trwania mitozy (tabela I — II).

4°. Ilość figur mitotycznych w tkance utrwalonej nie stoi w stosunku dającym się określić do wydajności mitotycznej tkanki żywej. Tkanka uboga w figury podziałowe mogła być za życia mitotycznie bardzo czynną, obfitująca w mitozy leniwszą, co wynika z zaobserwowanego faktu, że w miarę podniesienia się intensywności podziałowej tkanki skraca się bardzo znacznie długość procesu mitotycznego w komórce.

5°. Zauważono, że szybkość wzrostu tych samych tkanek stoi w stosunku odwrotnie proporcjonalnym do siły mitotycznej ich komórek.

JWP. Prof. Dr. A. BECKOWI składam serdeczne podziękowanie za zachętę do pracy i za wszelkie ułatwienia w jej wykonaniu.

[Zakład Morfologii Doświadczalnej Instytutu im. Nenckiego]

Jan Dembowski.

Ruchy pionowe *Paramecium caudatum*.

II. Wpływ niektórych warunków zewnętrznych.

Vertikalbewegungen von Paramecium caudatum.

II. Einfluss einiger Aussenbedingungen.

Rękopis nadesłany w dniu 3.IV.1929 r.

Die Bewegungen von Einzeltieren wurden in engen vertikal stehenden, oben offenen Röhren, die mit Leitungswasser gefüllt waren, beobachtet. Das Rohr wurde in 20 Abschnitte geteilt, der Nullpunkt der Skala lag oben. In der Tabelle I sind die Bewegungen von 30 Einzeltieren während der 15 Minuten Beobachtung zusammengestellt worden. Die Lage des Infusors wurde jede 15 Sekunden bestimmt. Die beiden vertikalen Stäbe der Tabelle enthalten Zahlen, welche zeigen, wie oft sich das Tier im oberen Rohrteil, zwischen den Teilstrichen 0—5 der Skala, und wie oft unten, zwischen 15—20 eingefunden hatte. Aus der Tabelle ist zu ersehen, dass sich die Tiere im Ganzen 2.22 Mal öfter oben, als unten befanden. Die durchschnittliche Bewegungsgeschwindigkeit in mittleren Rohrteilen war in den beiden Schwimmrichtungen ungefähr gleich, wie es die Tabelle II anzeigt. An den beiden Rohrenden war jedoch die Geschwindigkeit verschieden, indem sie oben 0.853 Einheiten, unten 2.182 Einheiten der Skala betrug (Tabelle III). Wird das Rohr verkehrt gestellt, also mit dem offenen Ende nach unten, so überwiegt das untere Rohrende, jedoch in einer merklich geringeren Masse, als in der Tabelle I (Tabelle IV). Es findet hier eine Interferenz zwischen der Gravitationswirkung und der Einwirkung der freien Flüssigkeitsoberfläche statt. Tabelle V zeigt die Bewegungen von 20 Tieren im vertikalen, mit Gummistöpsel verschlossenen Rohr.

Bei den beiden Lagen des Vertikalrohres überwog stets die Anzahl der am oberen Rohrende angetroffenen Tiere. Um den eventuellen anziehenden Einfluss des Stöpsels auszuschalten wurde das Rohr jede 5 Minuten um 180° gedreht. In der Tabelle VI sind 10 derartige Versuche mit je 10 Tieren zusammengestellt worden. Die obere Zahl eines jeden Zahlenpaares bedeutet die Anzahl Individuen, die innerhalb 20 Minuten der Beobachtung am oberen Rohrende angetroffen wurden, die untere Zahl bezieht sich ebenso auf das untere Rohrende. Auch hier überwiegt stets das obere Rohrende. Tabelle VII enthält eine ähnliche Zusammenstellung, aber das Rohr wurde in diesem Falle mit Kulturflüssigkeit gefüllt. Jetzt ist ein geringes Überwiegen des unteren Rohrendes zu bemerken.

Aus diesen Versuchen wird geschlossen, dass sich die Tiere während einiger Zeit häufiger oben, als unten zu befinden pflegen, was sich aus der geringeren Bewegungsgeschwindigkeit oben erklärt. Dasselbe Prinzip erklärt auch das Zustandekommen der gewöhnlichen negativ geotropischen Ansammlungen, wodurch die Annahme einer gegenseitigen Einwirkung der Tiere einer Kultur überflüssig wird.

Wird eine Portion Paramäzieren 1 — 2 Minuten lang kräftig mit Luft geschüttelt, so steigert sich sehr bedeutend die geotropische Reaktion (Fig 1: *b* bedeutet hier die Kontrolle). Kontrollexperimente zeigten, dass die mechanische Reizung an sich für die geotropische Reaktion belanglos ist, das Resultat somit einer Veränderung der Flüssigkeit selbst zuzuschreiben wäre.

Der Sauerstoff übt keine ausgesprochene Wirkung auf den Geotropismus von *Paramecium* aus, wobei zu bemerken ist, dass eine Ansammlung von Infusorien an der freien Flüssigkeitsoberfläche, die stets nach einigen Stunden eintritt, mit dem Geotropismus nichts zu tun hat. Dieselbe wird ohne Rücksicht auf die Lage des offenen Rohrendes gebildet (Fig. 3). Ein der Kultur während 2 Minuten zugeführte Strom der Luft, des Stickstoffs oder des Wasserstoffs steigert in gleichem Masse den Geotropismus.

Wird durch die Kultur CO_2 während 5 bis 10 Sekunden geleitet, so steigert sich etwas die geotropische Reaktion, jedoch verschwindet dieselbe nach einer Sättigung der Flüssigkeit mit Kohlendioxyd.

pH der Flüssigkeit ist von grossem Einfluss auf den Geotropismus. Fig. 6 zeigt das Verhalten der Infusorien in verschiedenen Essigsäurelösungen.

In der Besprechung der Ergebnisse wird die unerwartet hohe Mannigfaltigkeit der Vertikalbewegungen des *Paramecium* hervorgehoben. Es konnten zumindestens 7 Arten derselben unterschieden werden. Von diesen verdient nur die einheitliche Zwangsbewegung nach oben den Namen des Geotropismus. In Übereinstimmung mit der früheren Arbeit konnte wahrscheinlich gemacht werden, dass die Reaktion mit dem konstanten Überwiegen des Hinterendes des Tieres zusammenhängt. Infolge der Reizung stellt das Infusor die Tätigkeit seiner Cilien für einige Sekunden ein, wodurch die schwerere Hinterhälfte des Körpers das Tier in die Vertikallage bringt. Wird die Cilienbewegung wiederaufgenommen, so sorgen die Rotationen für die Beibehaltung der vertikalen Bahn. Der Geotropismus bildet eine künstliche Erscheinung, in normalen Kulturen ist derselbe nicht vorhanden. Die normalen, so mannigfaltigen Vertikalbewegungen aber können erst nach einer erschöpfenden Erkenntnis der Lebensbedingungen eines *Paramecium* erklärt werden.

W wąskiem pionowo stojącym naczyniu, zawierającym kulturę *Paramecium*, już po krótkim czasie tworzy się u góry skupienie geotropiczne, czyli ruch wymoczków ku górze musi przeważać nad ich ruchem ku dołowi. W rzeczywistości bezpośrednio obserwacja ruchu w środkowych częściach naczynia nie daje pod tym względem żadnych punktów zaczepienia. Jak na to pierwszy zwrócił uwagę KOEHLER ('22) ¹⁾, obydwa kierunki ruchu: ku górze i ku dołowi, występują jednakowo często. KOEHLER obserwował *Paramecia* pojedyncze w rurkach o 8 cm długości i 300 μ średnicy wewnętrznej, zamkniętych na obu końcach korkami z plastyliny. W rurce takiej, stojącej pionowo, wymoczek całymi godzinami, a nawet dniami pływa bezustanku w górę i w dół, nie zatrzymując się nigdzie. W jednej obserwacji pierwot-

¹⁾ Über die Geotaxis von *Paramecium*. Arch. f. Protistenk. Bd. 45, p. 1

niak w ciągu godziny 16 razy przebył całą długość rurki w jednym kierunku i 16 razy w przeciwnym. Przeciętna szybkość ruchu wyniosła 0.08 cm/sek. ku górze i 0.077 cm/sek. ku dołowi, a więc była w obu kierunkach prawie jednakowa. Zupełnie podobny wynik dały obserwacje niewielkiej liczby wymoczków (10 do 40) w rurkach o 3 mm średnicy wewnętrznej. Ruch i tym razem był bezkierunkowy i nie zanotowano przytem powstawania skupień geotropicznych. Reakcja geotropiczna występuje tylko w kulturach masowych, wnioskuje KOEHLER.

Przyczyna wskazanej różnicy zachowania się osobników pojedynczych, a wymoczków kultury masowej leży, zdaniem KOEHLERA, w produkcji kwasu węglowego przez kulturę. Przez kulturę wymoczków w otwartej próbówce autor ten przepuszczał w ciągu 1—5 minut pęcherzyki CO₂. Probówka zawierała 2—5 cm³ cieczy z pierwotniakami. Następnie kulturą taką napełniał rurkę 6—12 cm długości i 3 mm średnicy wewnętrznej, możliwie unikając wstrząsów, poczem rurkę zamykał hermetycznie i ustawiał pionowo. Zawsze ruchy wymoczków były silnie zwolnione, ale wszystkie osobniki unosiły się w górę, płynąc równoległe i nie uderzając o ścianki rurki. Po 5—15 minutach wszystkie bez wyjątku osobniki zbierały się u samej góry rurki, gdzie tworzyły gęste, prawie nieruchome skupienie. W skupieniu geotropicznym *Paramaecia* pozostawały aż do swego uduszenia.

Po 15—25 sekundach przepuszczania CO₂ ciecz jest już nasycona gazem, a jednak dwutlenek należy doprowadzać w dalszym ciągu, aby otrzymać powyższy wynik. Jeśli CO₂ działa za długo, to pojawia się silna skłonność do tigmotropizmu. Dla każdej kultury czas gazowania należy dobrać empirycznie, ale doświadczenie udaje się zawsze. Jeśli wymoczki, wykonywujące pod wpływem CO₂ ruch równoległy ku górze, przelać do innego naczynia i przewietrzyć, to po 1—15 minutach odzyskują one poprzednią szybkość ruchu i ruch ich staje się znowu bezkierunkowy.

Analogiczne przepuszczanie przez kulturę tlenu absolutnie nie daje tego wyniku: wymoczki nie wykazują żadnej kierunkowości ruchu i wogóle nie różnią się od kontrolnych.

Jeśli po nasyceniu środowiska dwutlenkiem węgla przenieść pojedynczego osobnika do pionowej rurki, zamkniętej na obu końcach, to wymoczek skierowuje się ku górze i nie powraca już do dolnych części rurki. *Paramaecium*, izolowane z kultury, nasyconej czystym tlenem lub wietrzoną, wykonywa w tych warunkach ruch bezkierunkowy.

Z obserwacji powyższych wnioskuje KOEHLER:

1^o. Zwiększona zawartość tlenu wzmaga szybkość ruchu, zwiększona zawartość CO₂ zmniejsza ją.

2^o. Przy dużej zawartości tlenu wymoczki pojedyncze absolutnie nie wykazują reakcji geotropicznej.

3^o. Przy dużej zawartości CO₂ *Paramaecium* pojedyncze wykonywa ruch kierunkowy ku górze.

4^o. „Zum Zustandekommen der negativ geotaktischen Einstellung ist eine gewisse Kohlensäurekonzentration unerlässlich“ (l. c. st. 34). CO₂ stanowi bodziec dodatkowy (Begleitreiz), działający na podobieństwo sensybilizatora.

Ciekawe te obserwacje rzucają nowe światło na zjawiska geotropizmu, nie dają jednak odpowiedzi na sformułowane na wstępie pytanie. W przypadku dużej liczby wymoczków w rurce charakter ruchu musi być inny, niż w przypadku osobników pojedynczych, gdyż w kulturze masowej tworzy się skupienie geotropiczne, a więc tak czy inaczej kierunek ruchu ku górze musi przeważać. A jednak ruch jest stale bezkierunkowy. Jeśli CO_2 jest czynnikiem miarodajnym, to obecność znacznej jego ilości w kulturze masowej powinna spowodować ruch równoległy ku górze, czego kultura jednak nie wykazuje. Według KOEHLERA, gdy *Paramaecia* kultury masowej zbyt krótko przebywały w środowisku nasyconym CO_2 , zjawisko stawało się niewyraźne. Tylko niektóre osobniki płyną przytem w górę, „während die Mehrzahl ungerichtet und mit kaum verminderter Geschwindigkeit durcheinanderschwimmt“ (l. c. str. 30). Ten sam obraz obserwuje się w każdej kulturze, bez wszelkich zabiegów eksperymentalnych. Zjawisko ruchu równoległego występuje dopiero po długotrwałem (1—5 minut) nasycaniu środowiska dwutlenkiem węgla, gdy koncentracja jego w cieczy jest o wiele wyższa, niż w zwykłej kulturze. Dla zjawiska KOEHLERA charakterystyczna jest właśnie olbrzymia przewaga kierunku ruchu ku górze nad kierunkiem ku dołowi, czem się tłumaczy powstawanie skupień geotropicznych. Natomiast w zwykłej kulturze również tworzą się skupienia, ale kierunkowość ruchu, tak typowa dla działania CO_2 , jest całkowicie nieobecna. Wobec tego wpływ CO_2 na ruch pionowy *Paramaecium* nie tłumaczy zwykłej reakcji geotropicznej.

Wskazana sprzeczność pobudziła mnie do podjęcia na nowo obserwacji KOEHLERA nad ruchem osobników pojedynczych oraz małej ich liczby w rurce pionowej.

Obserwacje ilościowe nad ruchem niewielkiej liczby osobników.

Średnica wewnętrzna rurki 300 μ , jak w wielu obserwacjach cytowanego autora, jest niewiele większa od długości ciała *Paramaecium*, wobec czego wymoczek przy zmianach kierunku ruchu musiał ustawicznie uderzać o ścianki. Komplikuje to bardzo zjawisko, gdyż wprowadza nowy bodziec, nader trudno dający się kontrolować. Dlatego też umieszczałem *Paramaecia* w rurkach o średnicy 2—3 mm. Rurkę taką, zatopioną na jednym końcu,

napelniałem cieczą kultury i wpuszczałem do niej od góry jednego pierwotniaka, lub większą ich liczbę, pozostawiając rurkę otwartą. Obok pionowo stojącej rurki umieszczałem skalę, podzieloną na 20 części (zero skali znajdowało się u góry). Co 15, niekiedy co 30 sekund, odbijanych przez metronom, notowałem, w którym miejscu skali znajduje się wymoczek.

1°. Kultura *Paramaecium*, doprowadzona na wirówce do wody wodociągowej i pozostawiona w niej w ciągu 2 — 14 godzin. W szkiełku zegarkowym, zawierającym zaledwie kilka osob-

Tabela I.

Paramaecia pojedyncze w rurce pionowej otwartej.
Einzeltiere im vertikalen offenen Rohr.

№	0 — 5	15 — 20	R	№	0 — 5	15 — 20	R
1	13	32	5	16	25	10	7
2	36	8	4	17	50	3	2
3	23	20	5	18	38	8	5
4	25	11	5	19	35	10	6
5	33	9	3	20	23	12	6
6	60	0	0	21	13	17	9
7	25	11	8	22	15	28	3
8	34	8	6	23	22	13	7
9	32	11	6	24	9	46	1
10	35	10	6	25	19	6	4
11	27	13	7	26	25	20	7
12	28	14	6	27	30	10	9
13	13	39	3	28	47	4	4
14	27	11	8	29	42	4	4
15	51	3	2	30	32	9	6

$$\Sigma (0 - 5) = 887$$

$$\Sigma (15 - 20) = 400$$

$$887 : 400 = 2.22.$$

ników *Paramaecium* na 15 — 20 cm³ wody, wymoczki pozostawały przez czas dłuższy przed każdą próbą. Następnie rurkę 150 mm długości, 2 mm średnicy wewnętrznej, zalutowaną na jednym końcu, napelniałem wodą ze szkiełka i wpuszczałem do niej jednego wymoczka. Położenie wymoczka notowano co 15 sekund w ciągu 15 minut, uzyskując dla każdego osobnika 60 zapisów. Wszystkiego w ten sposób obserwowałem 30 osobników. Rurka była otwarta, jej wylot znajdował się na gorze.

Nie mając możliwości przytoczyć tu wszystkich otrzymanych liczb, podaję ich zestawienie w tabeli I. Dla każdego z 30 osob-

ników podaje, ile razy w ciągu 15 minut obserwacji znajdował się u góry rurki, pomiędzy podziałkami 0 — 5 skali, a ile razy u dołu, pomiędzy podziałkami 15 — 20. Ostatnia rubryka pionowa (R) wskazuje, ile razy dany osobnik w ciągu obserwacji przepłynął przez całą długość rurki.

Z 30 osobników tabeli tylko 5 przebywało nieco więcej w dolnej części rurki (№№ 1, 13, 21, 22 i 24), wszystkie inne wykazały mniej lub więcej wyraźną przewagę góry. Przypadki skrajne zdarzają się oczywiście w obu kierunkach. Wymoczek № 6 przez cały czas obserwacji uporczywie pozostawał na górze, nie przekraczając z reguły 3-ej podziałki skali, i tylko raz jeden dopłynął do 5-ej. Natomiast № 24 przez krótki czas tylko pozostawał u góry, potem zaś skierował się ku dołowi, gdzie wolno pływał w obrębie 19 — 20 podziałek. Tak odrębne zachowanie się tych kilku osobników musiało posiadać swoją specjalną przyczynę. W pracy poprzedniej wykazałem ('28), iż jednym ze środków orientacji *Paramaecium* w ruchach pionowych jest nierównomierny rozkład ciężaru w ciele. Zgodnie z tem, w niektórych przypadkach badanie mikroskopowe osobnika po skończonej obserwacji w rurce wykazało jakąś strukturalną przyczynę odrębności ruchów. Np. wymoczek № 6 miał tylny koniec ciała szczelnie wypełniony kryształkami fosforanu wapniowego, w daleko większym stopniu, niż jakikolwiek inny. Niepomierne obciążenie tylnej połowy ciała przesunęło środek ciężkości w tył, powodując tem skierowanie się przodu ku górze. Tem się tłumaczy przebywanie tego osobnika u góry. № 24 był zniekształcony: miał kształt maczugowaty, przód ciała był silnie zgrubiały. I w tym przypadku przesunięcie środka ciężkości ku przodowi stanowi dostateczną przyczynę pozostawania osobnika przeważnie w pobliżu dna. Wiadomości nasze z dziedziny patologii *Paramaecium* są jeszcze bardzo skąpe, nie mniej w wielu razach samo badanie anatomiczne pozwala przewidzieć ogólny charakter ruchów.

Dla całej tabeli I wypada, iż wymoczek 2.22 razy częściej napotymano u góry rurki, niż u dołu.

Jak wskazują szczegółowe zapisy położenia wymoczek w rurce w ciągu 15 minut obserwacji, szybkość ruchu w środkowych częściach rurki, pomiędzy podziałkami 5 — 15 skali, jest mniej więcej jednakowa w obu kierunkach. Wynika to z tabeli II. Liczby w obu kolumnach pionowych oznaczają ilość podziałek

skali, przebytych w ciągu 15 sekund. Jedna podziałka równa się 7.5 mm. Każda liczba jest przeciętną dla całej obserwacji 15-to minutowej. W jednostkach absolutnych, przeciętna szybkość ruchu w górę wynosiła 0.187 cm/sek., ku dołowi 0.183 cm/sek. Różnica jest tego samego porządku, co w obserwacjach KOEHLERA (0.08 cm/sek. i 0.077 cm/sek.). Absolutna szybkość w moich próbach była przeszło dwa razy większa, niż w próbach KOEHLERA, co się tłumaczy pozostawaniem moich wymoczków w wodzie wodociągowej, obfitującej w tlen, gdy KOEHLER obserwował je w środowisku kultury. Zgodność z wynikami cytowanego autora dotyczy także i przewagi szybkości ruchu ku górze nad szybkością ku dołowi.

Tabela II.

Szybkość ruchu w środkowej części rurki.
Bewegungsgeschwindigkeit im mittleren Rohrteil.

№	Na dół	Do góry	№	Na dół	Do góry
	<i>Nach unten</i>	<i>Nach oben</i>		<i>Nach unten</i>	<i>Nach oben</i>
1	4.1	2.6	16	3.4	4.0
2	2.6	2.5	17	4.8	4.3
3	4.5	4.2	18	3.5	3.6
4	2.5	3.9	19	3.5	4.0
5	3.0	3.7	20	3.6	3.3
6	—	—	21	4.2	3.5
7	3.8	4.1	22	2.9	1.5
8	3.4	3.6	23	3.3	2.8
9	3.3	4.3	24	2.8	—
10	3.4	3.5	25	2.3	3.4
11	3.8	4.3	26	4.5	4.1
12	3.6	4.5	27	4.4	4.4
13	4.0	4.3	28	4.4	4.8
14	4.3	3.4	29	4.3	4.8
15	3.7	4.0	30	4.1	3.2

Na dół (*nach unten*) **3.66**

Do góry (*nach oben*) **3.74**

Tak minimalna przewaga szybkości ku górze nie zdoła oczywiście wytłumaczyć powstawania skupień geotropicznych, ani też faktu częstszego przebywania wymoczków tabeli I w górnych częściach rurki. Dalsze wyzyskanie przytoczonych obserwacji daje w tym kierunku pewne wskazówki. W tabeli III zestawiam przeciętną szybkość ruchu 30 osobników tabeli I, ale na obu końcach rurki, bezpośrednio po odbiciu się wymocзка od

powierzchni cieczy, względnie od dna. Wielkość zerowa dla szybkości ruchu oznacza tu, iż po odbiciu się od dna lub powierzchni wymoczek w ciągu 15 sekund nie przekroczył najbliższej podziałki skali. Poza to, tabela jest skonstruowana na wzór tabeli II. Z 30 osobników tabeli, tylko wymoczki №№ 1, 5, 13, 20 i 26 wykazały większą szybkość ruchu po odbiciu od powierzchni, dla wszystkich innych szybkość ta jest wyraźnie mniejsza, niż po odbiciu się od dna. Przeciętnie szybkość ruchu

Tabela III.

Szybkość ruchu na obu końcach rurki.
Bewegungsgeschwindigkeit an den beiden Rohrenden.

№	Góra <i>Oben</i>	Dół <i>Unten</i>	№	Góra <i>Oben</i>	Dół <i>Unten</i>
1	1.0	0	16	1.3	3.0
2	0.5	1.0	17	0.9	4.0
3	1.8	2.3	18	1.2	3.5
4	0	2.3	19	1.1	2.0
5	1.8	1.0	20	2.3	1.0
6	0.8	—	21	0.7	2.3
7	1.0	2.0	22	0	0.7
8	0.8	2.0	23	1.2	3.0
9	1.6	2.0	24	0.5	0.5
10	0.4	2.0	25	0.5	—
11	0.8	2.7	26	1.8	1.7
12	0	2.0	27	0.8	4.0
13	1.0	0.6	28	0	3.0
14	0.6	3.0	29	0.9	5.0
15	0	2.0	30	0.3	2.5

Góra (*oben*) **0.853**

Dół (*unten*) **2.182.**

u góry jest 2.6 razy mniejsza, niż u dołu. Fakt ten wynika zresztą z bezpośredniej obserwacji. Po zderzeniu się z dnem rurki *Paramaecium* natychmiast odbija się i płynie w górę. Krótkotrwałe zatrzymanie zachodzi tylko w wyjątkowych przypadkach. Natomiast koło powierzchni cieczy zatrzymanie się w ciągu paru sekund jest regułą, zaś bardzo rzadko następuje natychmiastowe odbicie. W ten prosty sposób można wytłumaczyć, dlaczego w tabeli I, pomimo jednakowej szybkości ruchu w obu kierunkach w środkowych częściach rurki, wymoczek przeszedł dwa razy częściej można spotkać u góry rurki, niż u dołu.

2°. We wszystkich tego rodzaju obserwacjach nadzwyczajna wrażliwość *Paramaecium* na wpływy chemiczne i podniety dotykowe powoduje wielką trudność w uniknięciu błędów doświadczalnych. W przytoczonych próbach, prócz jednostronnego działania grawitacji, należało uwzględnić jednostronne działanie wolnej powierzchni cieczy, której własności chemiczne i dotykowe są zupełnie inne, niż własności dna rurki. W następującej

Tabela IV.

Wymoczki pojedyncze w rurce otwartej u dołu.
Einzeltiere im vertikalen unten offenen Rohr.

№	0 — 5	15 — 20
1	13	14
2	20	11
3	32	5
4	15	13
5	6	29
6	10	28
7	5	35
8	14	13
9	11	24
10	27	8
11	15	20
12	4	49
13	8	36
14	8	38
15	31	11

$$\Sigma (0 - 5) = 219$$

$$\Sigma (15 - 20) = 334$$

$$219 : 334 = 0.656.$$

próbie w analogiczny sposób obserwowałem 15 osobników *Paramaecium* w ciągu 15 minut. Rurki były te same i tak samo otwarte. Jedyna różnica polegała na tem, że wylot rurki, wraz z wolną powierzchnią cieczy, znajdował się na dole, zamiast na górze. Wynik podaje tabela IV, zbudowana na wzór tabeli I. I tym razem występują duże różnice indywidualne: wymoczek № 3 przebywał przeważnie na górze, № 12 prawie stale na dole. Wynik ogólny jest odwrotny do poprzedniego, bowiem wymoczki wyraźnie częściej pozostawały na dole, niż na górze. Wynikałoby stąd, iż nie grawitacja, lecz jakieś właściwości otwartego końca rurki wpływają na *Paramaecia* przyciągająco, czyli przewaga góry w tabeli I nie jest wcale geotropizmem. Zgadza się z tem fakt bezkierunkowości ruchu w kulturach masowych. Jednakowa częstotliwość ruchu ku górze i ku dołowi wskazuje, iż pierwotniaki bynajmniej nie podążają specjalnie ku górze. Że zaś zatrzymują się u góry, tworząc skupienie, zależy tylko od właściwości górnego końca rurki.

Jednakże przewaga wylotu w tabeli IV jest wyraźnie mniejsza, niż w tabeli I, wynosi bowiem 1.53, zamiast 2.22. Obok niewątpliwego działania przyciągającego wolnej powierzchni cieczy, jest więc i pewien wpływ grawitacji.

3°. Aby zwiększyć wydajność metody, dalsze próby wykonałem w rurkach większych, o 5 mm średnicy wewnętrznej i 205 mm długości. Rurki były zalutowane na jednym końcu, koniec przeciwny zamykałem szczelnie korkiem gumowym, bez

pęcherzyków powietrza. Rurki zawierały za każdym razem 20 osobników *Paramaecium*. W odległości 2 cm od każdego końca rurka posiadała rysę poprzeczną. Co 30 sekund notowano, ile wymoczków znajduje się na obu końcach rurki, w obrębie tych 2 cm. Z 8 podobnych prób, w 4 korek znajdował się u góry, w 4 u dołu. W tabeli V kolumny pionowe zawierają sumy wymoczków, które znajdowały się w ciągu 10 minut obserwacji w obrębie górnych lub dolnych 2 cm rurki. Każda liczba jest więc wynikiem 20 oznaczeń, dokonanych w ciągu 10 minut. W rurkach o wylocie u góry przewaga liczebności wymoczków

Tabela V.

Ruch 20 osobników w rurce pionowej zamkniętej.
Bewegung von 20 Tieren im verschlossenen Rohr.

№	Korek u góry <i>Stöpsel oben</i>		Korek u dołu <i>Stöpsel unten</i>	
	Góra <i>Oben</i>	Dół <i>Unten</i>	Góra <i>Oben</i>	Dół <i>Unten</i>
1	45	21	58	36
2	73	23	107	32
3	117	35	77	85
4	79	56	69	66
	314	135	311	219
	$\frac{314}{135} = 2.33.$		$\frac{311}{219} = 1.42.$	

w górnej części rurki wyraziła się wielkością 2.33; gdy korek znajdował się na dole, przewaga ta wynosiła 1.42, a więc znowu była znacznie mniejsza. W obu razach w żadnej z 3 rurek tabeli na dole nie było więcej osobników, niż na górze. Zgodnie z wynikami tabeli I i IV, widzimy tu wyraźne przeciwdziałanie sobie dwóch czynników: wpływu grawitacji i wpływu przyciągającego niezalutowanego końca rurki. Gdy ten ostatni jest otwarty, jak w doświadczeniach tabeli IV, jego wpływ przyciągający jest silniejszy, jednak nie zanika i po zamknięciu go korkiem gumowym.

4^o. Doświadczenia kontrolne w podobnych rurkach, ale leżących poziomo, dały wyniki nieobliczalne. Np. w rurkach zamkniętych na jednym końcu korkiem gumowym i zatopionych na drugim otrzymano w ciągu 10 minut 122 osobniki bliżej wylotu na 24 bliżej dna, w innej próbie 110 koło wylotu na 27 koło dna, w trzeciej próbie 94 koło wylotu na 78 koło dna. Wyłą-

czenie wpływu grawitacji może dać wolnemu, niezalutowanemu końcowi rurki bardzo znaczną przewagę. Nawet rurka ucięta z obu końców i zamknięta na obu jednakowymi korkami gumowymi nie daje bezwzględnej gwarancji równości warunków. W jednej takiej próbie, przy użyciu rurki poziomej, zanotowano 47 osobników koło jednego końca, zaś 88 koło drugiego.

5°. W celu wyłączenia tego poważnego źródła błędów wykonałem kilka dalszych prób kontrolnych. 20 wymoczków umieściłem w rurce 205 mm długiej o przekroju wewnętrznym 5 mm, zamkniętej korkami gumowymi na obu końcach. Staranne wymycie rurki i wygotowanie oraz długotrwałe wymoczenie korków rozumie się samo przez się. Pod korkami, jak i poprzednio, nie było pęcherzyków powietrza. Rurka ustawiona pionowo. Co 30 sekund notowano liczbę wymoczków na obu końcach w ciągu godziny. Jednocześnie co 5 minut odwracano rurkę o 180°, poprzednim dolnym końcem ku górze i odwrotnie. Tym razem ewentualna przewaga jednego końca rurki nad drugim działała symetrycznie na ruchy wymoczków, a więc nie powinna była wpłynąć na jednostronne działanie grawitacji. Dla kolejnych okresów pięciominutowych otrzymałem następujące liczby:

Góra:	57	51	54	52	48	46	36	43	44	45	42	46
Dół:	35	29	37	32	27	25	32	34	24	35	20	15

Wszystkiego było u góry 564 wymoczeki, u dołu 345, co odpowiada stosunkowi 1.64.

W innej próbie w ciągu pół godziny otrzymałem:

Góra:	47	39	44	47	43	18
Dół:	22	57	18	16	15	17

Łącznie było u góry 238 osobników, u dołu 145. Stosunek tych liczb wynosi również 1.64. Z przytoczonych 18 zapisów, tylko w jednym przypadku liczba wymoczków u dołu rurki przeważała nad ich liczbą u góry, w 17-tu zaś istniała wyraźna przewaga góry.

Zestawienie wszystkich prób dotychczasowych daje znaczną zgodność wyników, wobec czego, pomimo istnienia poważnych źródeł błędów, fakt przewagi górnej części rurki nad dolną nie ulega wątpliwości. W rurce pionowej, napełnionej wodą wodociągową, wymoczek częściej przebywa u góry rurki, niż u dołu, niezależnie od właściwości chemicznych lub dotykowych obu jej końców.

6°. Stosując tę samą metodę odwracania rurki co 5 minut, otrzymałem podobny wynik i dla rurki węższej, używanej w poprzednich doświadczeniach. Rurka o wymiarach 150 na 2 mm zawierała 10 wymoczków w wodzie wodociągowej i była zamknięta na obu końcach korkami z plastyliny. Tabela VI podaje wynik 10 takich obserwacyj. Z dwóch liczb każdej kratki tabeli górna oznacza sumę osobników, zarejestrowanych w ciągu 5 minut u góry rurki, dolna — liczbę osobników, napotkanych u dołu. Co 5 minut rurka była odwracana o 180°. Z przytoczonych w tabeli 40 oznaczeń tylko w 4 przypadkach liczba osobników u góry była mniejsza, niż u dołu. Dla całej tabeli otrzymujemy 1699 wymoczków u góry i 1104 u dołu, czemu odpowiada stosunek 1.54.

Fakt przewagi górnej części rurki w przypadku osobników pojedynczych, lub też niewielkiej ich liczby w rurce pozwala zrozumieć powstawanie skupień geotropicznych w kulturach masowych. Po wlaniu takiej kultury do rurki pionowej bardzo rzadko tylko udaje się zupełnie uniknąć reakcji geotropicznej.

Jednocześnie, o ile wymoczek nie był specjalnie drażniony, powstające skupienia są nietrwałe, rozpraszają się po kilku lub kilkunastu minutach. W czasie tworzenia się skupień można w środkowych częściach rurki z łatwością obserwować zjawisko ruchu bezkierunkowego, o jednakowej częstotliwości i jednakowej szybkości ruchu w obydwu kierunkach. Skupienie górne zaś tworzy się dlatego, iż każdy wymoczek, po zetknięciu się z powierzchnią cieczy, względnie z powierzchnią korka gumowego, pozostaje w pobliżu niej w ciągu paru sekund, gdy od dna odbija się natychmiastowo. Obecność korka gumowego osłabia znacznie

Tabela VI.

Ruch 10 osobników w rurce odwracanej co 5 minut.

10 Individuen, das Rohr jede 5 Minuten umgedreht.

№	Minuty obserwacji				Σ
	Minuten der Beobachtung				
	0—5	5—10	10—15	15—20	
1	57	51	54	52	214
	35	29	37	32	133
2	47	39	44	47	177
	22	57	18	16	113
3	32	36	31	29	128
	22	16	25	25	88
4	53	57	55	50	215
	35	28	25	27	115
5	33	30	30	33	126
	30	26	28	27	111
6	28	47	35	40	150
	29	18	28	25	100
7	35	40	39	31	145
	14	18	27	14	73
8	37	43	41	38	159
	30	23	24	42	119
9	44	53	47	51	195
	25	28	29	23	105
10	36	49	50	55	190
	41	33	33	35	147

Góra (oben) 1699.

Dół (unten) 1104.

1699 : 1104 = 1.54.

zjawisko, jednak bynajmniej go nie znosi. Przy dużej liczbie wymoczków w rurce zjawisko nabiera wyrazistości i sprawia wrażenie trwałych skupień, jakkolwiek w rzeczywistości idzie o ciągły ruch i ustawiczną zmianę osobników. Pomiędzy zachowaniem się osobników pojedynczych, a wymoczków kultury masowej niema

Tabela VII.

Ruch 10 wymoczków w środowisku kultury.

Bewegungen von 10 Tieren im Kulturmedium.

№	Minuty obserwacji				Σ
	Minuten der Beobachtung				
	0—5	5—10	10—15	15—20	
1	36	0	36	0	72
	1	40	0	45	86
2	17	13	5	3	38
	35	13	1	5	54
3	15	32	39	6	92
	15	30	13	52	110
4	54	0	52	0	106
	0	71	0	74	145
5	36	0	29	0	65
	1	33	0	37	71
6	38	19	4	13	74
	24	37	15	2	78
7	55	2	61	6	124
	3	59	4	66	132
8	0	13	16	3	32
	27	5	7	28	67
9	43	5	48	21	117
	2	75	19	57	153
10	17	77	11	87	192
	91	11	82	17	201

Góra (oben) 912.
Dół (unten) 1097. $912:1097 = 0.83.$

Jak poprzednio, położenie wymoczków notowano co 30 sekund. Tabela VII, skonstruowana na wzór tabeli VI, podaje wynik 10 takich prób. We wszystkich przypadkach (rubryka Σ) widzimy nieznaczną przewagę dołu rurki. Łącznie w górnej części rurki zanotowano 912 osobników, w dolnej 1097, co daje stosunek 0.83. Z tabeli jasno wynika odrębność zachowania się wymoczków w stosunku do prób poprzednich. W rurkach № № 1, 4, 5, 7 i 10 wymocзки przebywały przeważnie w pobliżu jednego końca rurki, niezależnie od jego kolejnego położenia na górze i na dole, czyli wykazały bardzo małą ruchliwość. Naogół wynik jest dość

żadnej zasadniczej różnicy, wobec czego hipoteza oddziaływania wymoczków na siebie i pobudzania się wzajemnego do reakcji geotropicznej staje się zbędna.

7°. Wszystkie próby i wnioski poprzednie dotyczą ruchów *Paramecium*, przeniesionych do wody wodociągowej. W tych warunkach ruch jest szybki i reakcja geotropiczna wyraźna, jakkolwiek niezbyt trwała. Inaczej zachowuje się wymoczek w środowisku kultury. Tu ruchy są o wiele powolniejsze, mają inny charakter, reakcja geotropiczna jest niewyraźna i trwa krótko. Dlatego też i obserwacja 10 osobników w rurce pionowej, napelnionej środowiskiem kultury, daje nieco odmienny wynik. Rurka 150 na 2 mm była zamknięta na obu końcach korkami z plastyliny i odwracana co 5 minut o 180°.

jednolity i nie pozostawia wątpliwości co do przewagi dołu rurki nad górą.

Uwidocznione w tabeli VII zachowanie się wymoczków w środowisku kultury nie stoi w żadnej sprzeczności z ich zachowaniem się w masie. W tych ostatnich warunkach zachodzi wprawdzie reakcja geotropiczna, jednak bardzo nietrwała i po kilku minutach często tworzy się nawet nieznaczne skupienie u dołu. Ten sam wynik otrzymamy z tabeli VII, jeśli uwzględnimy zachowanie się wymoczków tylko w ciągu pierwszych 5 minut obserwacji. Zsumowanie odnośnych liczb daje dla górnej części rurki 311 osobników, dla dolnej 199. Stosunek tych liczb wynosi 1.56, a więc bardzo dobrze zgadza się z wynikami prób poprzednich.

Z dotychczasowej serii prób możemy wysnuć wniosek, iż zachowanie się pojedynczych wymoczków w rurkach pionowych, lub też niewielkiej ich liczby (10 — 20) nie różni się od ich zachowania się w kulturach masowych. W obu przypadkach ruch w środkowych częściach rurki jest bezkierunkowy, skupienie zaś geotropiczne tworzy się dzięki temu, że u góry *Paramaecia* pozostają w ciągu paru sekund po zderzeniu się z wolną powierzchnią cieczy lub z powierzchnią korka, od dna natomiast odbijają się natychmiastowo. Hipoteza o wzajemnym oddziaływaniu na siebie osobników kultury masowej i pobudzaniu się wzajemnym do reakcji geotropicznej jest zbędna.

Wpływ wstrząsów mechanicznych.

W kulturze masowej, pozostającej przez czas dłuższy w spoczynku, reakcja geotropiczna jest zwykle nieobecna. Wprawdzie, gdy chodzi o kultury gęste, wymoczki tworzą pierścień geotropiczny na ściankach naczynia, w odległości kilku milimetrów od powierzchni, jednak dotyczy to zawsze tylko części osobników kultury. Większość pozostaje rozproszona na wszystkich poziomach, jest również dużo wymoczków na dnie, pomiędzy cząstkami detritu. Wiele typowych zmian w charakterze ruchów pionowych zależy najwyraźniej od stosunków pokarmowych. Gdy dodać świeżej pożywki, znaczna część bakterij opada na dno naczynia. *Paramaecia* podążają za nimi i tworzą gęste skupienia w pobliżu dna. Nieco później, gdy ciecz kultury staje się bardziej przezro-

czysta, wymoczki unoszą się wgórę i znaczna ich część osiada tigmotropicznie na ściankach. Jeszcze później, gdy pokarm zostaje mniej lub więcej wyczerpany, *Paramaecia* rozpraszają się w całym naczyniu. Wreszcie, w ostatnich fazach życia kultury, pierwotniaki skupiają się znowu koło dna. Badania ilościowe nad topograficznym rozmieszczeniem bakterij w naczyniu w różnych fazach rozwoju kultury mogłyby wyjaśnić wiele szczegółów zachowania się *Paramaecium*.

Jeśli za pomocą pipetki wessać porcję wymoczków ze środkowej części naczynia hodowlanego lub ze ścianki i wlać ją do pionowej rurki, to natychmiast występuje dość wyraźny ruch kierunkowy ku górze i powstaje skupienie geotropiczne, które nigdy nie obejmuje zresztą wszystkich osobników rurki i jest bardzo nietrwałe. Jeśli wymoczki wsysać i wlewać do rurki bardzo ostrożnie, możliwie unikając wstrząsów, to geotropizm jest niewyraźny, czasem nawet zupełnie nieobecny. Powstaje przypuszczenie, iż podrażnienie mechaniczne przy przenoszeniu wzmagają lub nawet wywołują reakcję.

8°. W zwykłej próbówce chemicznej, pojemności 10 cm³, umieszczałem 4 cm³ kultury *Paramaecium*, zamykałem próbkę korkiem i silnie wstrząsałem w ciągu 1 — 2 minut. Natychmiast potem wlewałem kulturę do pionowych rurek o średnicy wewnętrznej 5 mm, zatopionych u dołu i otwartych u góry. Wstrząsanie powoduje pewne zwolnienie ruchów wymoczków. Jednocześnie wszystkie lub prawie wszystkie osobniki rurki skierowują przód ciała wprost ku górze i rozpoczynają niezwykle jednolity ruch kierunkowy, bez zderzania się ze ściankami rurki. W ciągu paru minut prawie wszystkie zawarte w rurce osobniki wchodziły w skład skupienia górnego, które niebawem osiada nieruchomo na ściankach, bezpośrednio pod błonką powierzchniową cieczy i w menisku. W pozostałych częściach rurki zaledwie można spotkać pojedyncze osobniki. Jeśli rurkę lekko wstrząsnąć, to skupienie odrywa się od ścianki i zaczyna biernie opadać, jednak po przebyciu najwyższej paru centymetrów wymoczki znowu skierowują się wgórę i tworzą nowe skupienie tigmotropiczne. Ten stan może trwać wiele godzin. Eksperyment wykonywałem setki razy i zawsze jego wynik był niezawodny. Wstrząsanie wymoczków z powietrzem ogromnie wzmagają reakcję geotropiczną, wywołując bardzo jednolity ruch kierunkowy.

Reakcję doskonale można wyzyskać do celów praktycznych: dla zgęszczania kultur w zastępstwie wirowania. Do kolby pojemności 500 cm³ wlewamy kulturę *Paramecium*, pozostawiając w kolbie trochę wolnej przestrzeni, zamykamy korkiem i silnie wstrząsamy w ciągu 1 — 2 minut. Następnie dopełniamy kolbę tą samą cieczą kultury (również wstrząsaną!) aż do wierzchu szyjki. Ciecz pieni się silnie, unoszą się w niej masy drobnych pęcherzyków powietrza. Po paru minutach, gdy ciecz się rozjaśni, można widzieć olbrzymie ilości pierwotniaków, zgodnie wykonywujących ruch równoległy ku górze i zbierających się u góry szyjki kolby. Po dwukrotnej takiej operacji można zebrać prawie wszystkie wymoczki z kolby w kilkunastu cm³ cieczy. Gdy szyjka zawiera już dużo wymoczków, całe ich masy zaczynają biernie opadać ku dołowi, aby za chwilę znów unieść się wgórze. Skupienie geotropiczne nie jest trwałe: po około 15 minutach *Paramecia* powracają do kolby. Tigmotropizm jest słaby, co się prawdopodobnie tłumaczy mniejszą stosunkowo powierzchnią ścianki w szyjce kolby, niż w rurce o przekroju 5 mm.

Czynniki zjawiska są złożone. Prócz wstrząsów mechanicznych, należy uwzględnić nasycenie cieczy tlenem

oraz obecność masy drobnych pęcherzyków powietrza, które unosząc się wgórze, mogą podrażniać lub wprost popychać wymoczki.

9°. Kulturę wymoczków zgęszczałem silnie przez wirowanie i pozostawiałem w spoczynku w ciągu 2 — 14 godzin. Podczas wirowania zawarte w protoplazmie ciężkie ziarenka zostają odsunięte przeważnie ku tyłowi ciała, co wpływa wzmagająco na reakcję geotropiczną. Jednak już w ciągu 30 minut ziarenka rozpraszają się znowu w komórce i wpływ wirowania zanika.

W próbówce pojemności 10 cm³ umieszczałem 4 cm³ odwirowanej cieczy kultury, bez wymoczków, zamykałem korkiem



Rys. 1. a — *Paramecia* wstrząsane z powietrzem w ciągu 2 minut: w 30 sekund po zaprzestaniu wstrząsów i w 15 minut. b — wymoczki kontrolne: w 30 sekund po wlewu do rurki i w 15 minut.

Fig. 2. a — *Paramecia* 2 Minuten mit Luft geschüttelt: 30 Sekunden und 15 Minuten nach dem Schütteln. b — Kontrolltiere, nach 30 Sekunden und nach 15 Minuten.

i wstrząsałem silnie w ciągu 2 minut. Zaraz potem dodawałem 6 kropel zgęszczonej kultury *Paramaecium* i wlewałem wszystko do pionowych rurek. Odrazu występuje przytem żywy ruch wymoczków, co zależy oczywiście od nasycenia cieczy tlenem. Jednocześnie pierwotniaki tłumnie podążają ku górze, gdzie tworzą skupienie geotropiczne i dość słaby pierścień tigmotropiczny w pobliżu powierzchni. Po 5 — 10 minutach wymoczki rozpraszają się w całej rurce. Reakcja geotropiczna jest w tym przypadku znacznie słabsza, niż przy wstrząsaniu samych wymoczków z powietrzem, i dużo mniej trwała. Jednak jest ona wyraźnie silniejsza, niż w próbach kontrolnych, w których ciecz kultury nie była poddawana wstrząsom. Jeśli ciecz kultury wstrząsać z powietrzem przez 5 minut i potem dodać do niej wymoczków, to reakcja staje się jeszcze silniejsza. Nawet po upływie godziny różni się ona znacznie od reakcji w próbie kontrolnej. Jeszcze bardziej wzmacnia się reakcja, gdy ciecz wstrząsać przez 10 minut. Nie mniej we wszystkich układach doświadczenia reakcja geotropiczna pozostaje słabsza i mniej trwała, niż w doświadczeniach poprzednich (8). Zjawisko tigmotropizmu koło powierzchni cieczy często nie występuje wcale.

W próbach tego typu zostało wyłączone mechaniczne podrażnianie wymoczków, pozostało natomiast to samo nasycenie cieczy tlenem i ta sama obecność unoszących się wgórę pęcherzyków powietrza. To ostatnie nie gra zresztą żadnej roli, jak można się przekonać z bezpośredniej obserwacji. Ruch równoległy, zwłaszcza w naczyniach większych, rozpoczyna się znacznie później, niż powinienby się rozpocząć, gdyby unoszące się pęcherzyki miały nań wpływ.

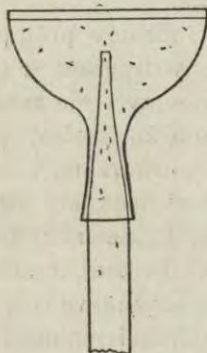
10°. Dla wyłączenia czynnika nasycania cieczy tlenem, przy zachowaniu wstrząsów mechanicznych, zastosowano następujący układ doświadczenia. W próbówce znajduje się kilkanaście kulek szklanych o średnicy 2 — 3 mm. Próbkę napelniałem kulturą wymoczków aż do wierzchu i zamykałem szczelnie korkiem gumowym, nie pozostawiając pod nim pęcherzyków powietrza. Próbkę wstrząsałem silnie w ciągu 1 minuty, poczem natychmiast umieszczałem wymoczki w rurkach obserwacyjnych. W tych warunkach stosunki tlenowe nie uległy zmianie, natomiast ciężkie perełki szklane silnie mieszały ciecz i podrażniały pierwotniaki. Szybkość ruchu wymoczków została nieznacznie wzmożona, ale reakcja geotropiczna pozostała niezmieniona i niczem nie różniła

się od reakcji w próbie kontrolnej. Wstrząsanie w ciągu 2 minut daje trochę silniejszy geotropizm, jednakże już po paru minutach następuje zupełne rozproszenie, a nawet część wymoczków opada na dno. Wstrząsy w ciągu 5 minut dają podobny obraz, przy nieco zmniejszonej szybkości ruchu. Wreszcie wstrząsanie w ciągu 10 minut powoduje znaczne zwolnienie ruchów wymoczków oraz silną skłonność do tigmotropizmu. *Paramaecia* w rurce nieruchomieją prawie zupełnie, przytwierdzając się do ścianek. Powstaje kilka lub kilkanaście skupień tigmotropicznych na wszystkich poziomach rurki, ale geotropizm zanika zupełnie.

Zestawienie wyników powyższych trzech rodzajów prób pozwala na pewną analizę zjawiska. Wymoczki, wstrząsane z powietrzem, wykazują bardzo silny geotropizm ujemny i nie mniej silny tigmotropizm, występujący zawsze w pobliżu wolnej powierzchni cieczy. Wstrząsanie samej cieczy z powietrzem, z następnym dodaniem wymoczków, powoduje dość jednolity ruch geotropiczny, ale znacznie słabszy tigmotropizm. Ponieważ w tym ostatnim przypadku wstrząsy mechaniczne, jako bodziec, zostały wyłączone, a jednocześnie zanikł tigmotropizm, można wnosić, iż wzmożenie tigmotropizmu zachodzi wskutek podrażnienia mechanicznego. Samo wstrząsanie wymoczków, z wyłączeniem zmian stosunków tlenowych, może bardzo zwiększyć reakcję tigmotropiczną, zwalniając jednocześnie ruch i niszcząc geotropizm. W przypadku wstrząsania samej cieczy z powietrzem, bez wymoczków, równoległy jednolity ruch ku górze jest bardzo wyraźny, może niewiele słabszy, niż w próbach typu 8, gdzie wstrząsano z powietrzem same *Paramaecia*. Zresztą stopień nasycenia tlenem był w próbach typu 9 nieco mniejszy, niż w próbach 8, gdyż do 4 cm³ cieczy wstrząsanej dodawano 6 kropel kultury niewstrząsanej. Ale w próbach 8, na skutek bodźca mechanicznego, występował silny tigmotropizm, który stwarzał u góry rodzaj pułapki. Wymoczek, który osiadł tigmotropicznie koło powierzchni cieczy, nie powraca już do dolnych części rurki. Mniejsza trwałość reakcji, a raczej mniejsza trwałość skupienia górnego nie dowodzi więc słabszego geotropizmu, lecz dowodzi słabszego tigmotropizmu.

11°. Słuszności tego ostatniego przypuszczenia można udowodnić doświadczalnie. Rurkę o średnicy 5 mm wyciągałem na jednym końcu, zwążając ją do około 1 mm średnicy wewnętrznej.

Na zwężoną część rurki wkładano rodzaj lejka, dokładnie dotarłego do rurki. Układ wzajemny części widoczny jest na rys. 2. Rurka miała 20 cm długości, jej dolny koniec był zamknięty korkiem gumowym. Ciecz kultury, bez wymoczków, wstrząsałem z powietrzem w ciągu 2 minut, następnie dodawałem do niej kilka kropel zgęszczonej kultury. Wszystko zostało wlane do rurki, którą zamknięto korkiem. Po włożeniu lejka na górny koniec rurki, cały lejek napelniono tą samą wstrząsaną cieczą kultury. Całe urządzenie stanowi rodzaj pułapki. Wymoczek, który przez



Rys. 2. Pułapka na *Pararamaecia*. Górna część przyrządu.

Fig. 2. Eine *Pararamaecien-falle*. Oberer Teil des Apparates.

ciężką rurkę wpłynął do lejka, nie wróci już do rurki. W ciągu 2 minut wszystkie wymoczki rurki zebrały się w lejku, czyli wszystkie wykonywały ruch geotropiczny.

W wyniku wstrząsy mechaniczne znacznie wzmagają reakcję tigmotropiczną, ale wpływają bardzo mało na geotropizm.

Co się tyczy tigmotropizmu, to jego wzmożenie często idzie w parze ze zmniejszeniem szybkości ruchów, co czyni prawdopodobnym związek przyczynowy obu zjawisk. Jednak samo zjawisko tigmotropizmu jest złożone. Osiadanie wymoczków na ściance zachodzi przede wszystkim w pobliżu powierzchni cieczy. Jeśli, jak w doświadczeniu 10, tigmotropizm może wystąpić

i w dowolnym miejscu rurki, to zawsze tworzą się przytem mniejsze lub większe skupienia tigmotropiczne, niema zaś osiadania osobników pojedynczych. Fakty te wskazują, że sprowadzenie tigmotropizmu li tylko do osłabionej działalności aparatu ruchowego wymoczka nie wystarcza. Osłabienie takie prowadzi do osiadania na ściankach tylko w określonych punktach, więc zjawisko komplikuje się przypuszczalnie przez wpływy chemotropiczne.

Wpływ tlenu.

Według KOEHLERA nasycanie środowiska tlenem wzmagają znacznie ogólną szybkość ruchów, ale nie wpływa wcale na geotropizm. Poprzednie wyniki prób wstrząsania cieczy kultury z tlenem zdają się temu zaprzeczać. Wstrząsy bardzo znacznie

wzmagają reakcję geotropiczną, jednak czynnikiem działającym było tu nasycenie cieczy tlenem. W równym stopniu zaprzeczają temu zjawiska zachowania się *Paramaecium* w dobrze prosperujących kulturach masowych. Jak wykazali GUTMANÓWNA ('15) oraz BŁĘDOWSKI i ZWEIBAUM ('15), kultury wymoczków w okresie swego rozkwitu są nadzwyczaj ubogie w tlen. Ponieważ osobniki takich kultur mają dążność do osiadania na ściankach w pobliżu powierzchni, staje się bardzo prawdopodobne, że pierwotniaki wyszukują optymalne stężenie tlenu i niem kierują się w ruchach geotropicznych.

Jednak podobne samorzutne osiadanie wymoczków w pobliżu powierzchni nie ma wcale związku z geotropizmem, bowiem zachodzi w tej samej postaci w otwartych rurkach, zupełnie niezależnie od ich położenia w przestrzeni. We wszelkich próbach, gdzie wymoczki znajdują się w rurkach otwartych, po przemięciu podrażnienia i po zaniku różnych modyfikacji reakcji geotropicznej, prędzej czy później wymoczki osiadają nieruchomo w pobliżu wylotu, wszystko jedno, czy wylot leży na górze, czy na dole czy też z boku, jak w rurkach poziomych. Podkreślę ponadto inny charakter samego osiadania. W doświadczeniach ze wstrząsaniem *Paramaecia* osiadały tigmotropicznie zawsze w bezpośredniej bliskości wolnej powierzchni (rys. 1a). Natomiast skupienia tigmotropiczne, które się tworzą po dłuższym czasie w kulturach masowych lub w rurkach, zawsze znajdują się w odległości kilku milimetrów od powierzchni (rys. 3). Należy więc ściśle odróżnić reakcję natychmiastową, która jest bardzo zmienna i zależna od wielu warunków, od reakcji ostatecznej, występującej zawsze i we wszystkich próbach, jakkolwiek nieraz dopiero po upływie paru godzin, i trwającej bez zmiany niekiedy w ciągu wielu dni. Pierścień tigmotropiczny w naczyniach większych może zależeć w swem powstawaniu od określonego stężenia tlenu w cieczy, ale jego utworzenie się nie ma nic wspólnego z geotropizmem.

Następujące próby przedsięwziąłem w celu zbadania wpływu tlenu na reakcję geotropiczną.

12°. Jeśli do cieczy kultury z wymoczkami dodać równą objętość wody wodociągowej o temperaturze pokojowej i mieszaninę wlać do rurek pionowych otwartych, to występuje odrazu znaczne wzmożenie szybkości ruchu i energiczna reakcja geo-

tropiczna. Wymoczki wykonywują dość jednolity równoległy ruch ku górze, nie uderzając o ścianki, i tworzą koło powierzchni cieczy gęste skupienie. Skupienie to jest nietrwałe: po kilku lub kilkunastu minutach następuje równomierne rozpraszanie się pierwotniaków w całej rurce. W przypadku tym brak wszelkiego tigmotropizmu. Po dalszych paru lub kilku godzinach *Paramaecia* zbierają się masowo w pobliżu wylotu rurki, tym razem w odległości kilku milimetrów od powierzchni, i osiadają nieruchomo na ściankach. Dodanie wody wodociągowej powoduje bardzo znaczne zwiększenie zawartości tlenu w cieczy, w związku z czym następuje silne wzmoczenie szybkości ruchów i reakcja geotropiczna.

A priori, wpływ tlenu może być rozumiany dwojako. Może chodzić o potrzebę tlenową organizmu i aktywne podążanie ku optymalnemu stężeniu tlenu, czyli o „tlenotropizm“, może zaś zająć nasycenie komórki tlenem, w związku z czym sposób reagowania na bodźce ulega zmianie. Ta pierwsza możliwość wydaje się mało prawdopodobna. Wymoczek, który przebywał w środowisku kultury, nader ubogiem w tlen, i nie wykazywał żadnego geotropizmu, przeniesiony do wody wodociągowej mógł tylko zmniejszyć swe potrzeby tlenowe, nie zwiększyć. Tlenotropizm może wystąpić jedynie w przypadku braku tlenu, ale nie w przypadku jego nadmiaru. Ostateczne skupienie się wymoczków koło wylotu rurki może istotnie być tlenotropizmem, ale występuje ono zawsze po dłuższym czasie, gdy zawartość tlenu w rurce zmniejszy się znacznie. Sprawom tym poświęciłem dużo uwagi.

13°. Wykonałem potrójną próbę. W jednej rurce znajdowały się wymoczki, wzięte wprost z kultury, możliwie bez wstrząsów, i pozostające w środowisku kultury. W drugiej rurce była zwykła woda wodociągowa, do której dodano parę kropel zgęszczonej kultury *Paramaecium*. Trzecia rurka różniła się od drugiej tem tylko, że woda w niej była świeżo przegotowana i ochłodzona. Rurki o wymiarach 150 na 2 mm były otwarte, ustawione pionowo, wylotem ku górze. W rurce pierwszej ruchy pierwotniaków były wolne, początkowo zaszła dość niewyraźna reakcja geotropiczna, ale po kilku dalszych minutach wymoczki rozprzyszyły się równomiernie. W drugiej rurce ruchy były żywe i reakcja geotropiczna wyraźna. W trzeciej rurce, zawierającej wodę przegotowaną, ruchy są nieco wolniejsze, ale zachodzi ta sama reakcja geotropiczna. Po 5 minutach stan w rurek 2 i 3 jest

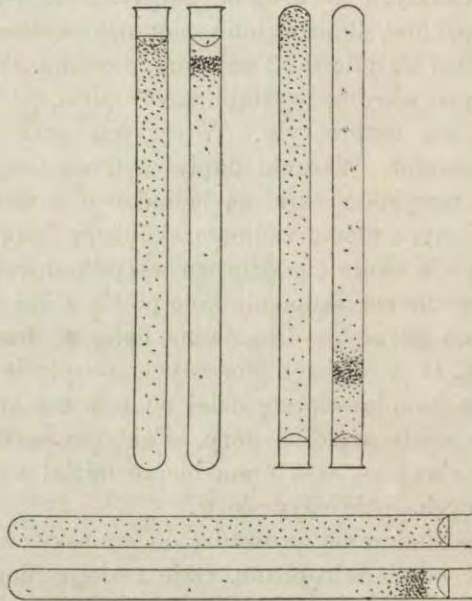
identyczny. Po 15 minutach we wszystkich trzech rurkach nastąpiło jednakowe rozproszenie. Po 2 godzinach we wszystkich rurkach *Paramaecia* osiadły nieruchomo koło wylotu. Kilkakrotne powtórzenie tego doświadczenia nigdy nie wykazało wyraźnej różnicy pomiędzy wodą przegotowaną a nieprzegotowaną, o ile chodzi o geotropizm. Jednak różnica w zawartości tlenu musiała być duża, co się zresztą wyraziło w niejednakowej szybkości ruchów. Tlenotropizm powinienby wystąpić silniej w wodzie przegotowanej.

14°. Z dziewięciu jednakowych rurek, zatopionych na jednym końcu i otwartych na drugim, napełnionych wprost z gęstej kultury *Paramaecium*, 3 ustawiono pionowo wylotem ku górze, 3 pionowo wylotem ku dołowi i 3 położono poziomo. We wszystkich rurkach pionowych wkrótce wystąpił geotropizm, po 5 — 10 minutach wymoczki się rozproszyły. W rurkach poziomych odrazu następuje rozproszenie. Warunki dopływu tlenu wszędzie są jednakowe, gdyż wszystkie rurki są jednakowo otwarte, a jednak w rurkach poziomych niema żadnego skupienia koło wylotu. Jak zwykle, po upływie około 4 godzin we wszystkich rurkach tworzy się podobne nieruchome skupienie koło powierzchni cieczy: w jednych rurkach na górze, w drugich na dole, w trzecich z boku. Zwracam uwagę, iż w rurkach pionowych o wylocie na dole ostateczne skupienie znajdowało się dalej od powierzchni cieczy, niż w takich, które miały wylot u góry. Fakt ten wskazuje na złożony charakter zjawiska, w którym bierze udział kilka częściowo przeciwdziałających sobie czynników.

Wynik doświadczenia prowadzi do wniosku, że geotropizm należy oddzielić od tlenotropizmu. Obie reakcje mogą współdziałać ze sobą w pewnych warunkach, ale mogą i w widomy sposób przeciwdziałać sobie.

15°. Nie mniej wyraźnie wynika to z następującej próby. Rurka szklana o średnicy 5 mm i 20 cm długości, zatopiona na jednym końcu, posiadała w połowie długości otwór w ścianie bocznej, o średnicy około 3 mm. Rurkę zamykałem szczelnie korkiem gumowym i zapomocą pipetki napełniałem ją przez boczny otwór kulturą wymoczków. Aby uniknąć parowania cieczy przez otwór boczny, co pociąga za sobą powstawanie w rurce pęcherzyków powietrza, wstawiałem ją do komory wilgotnej. Rurkę ustawiałem pionowo, wylotem ku górze. Odrazu wystąpiła

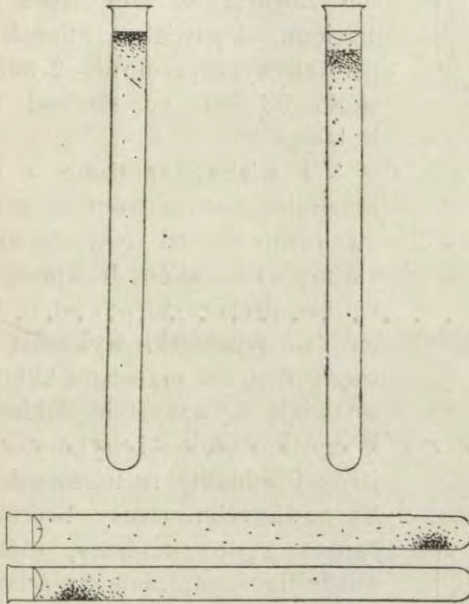
typowa reakcja geotropiczna i znaczna część wymoczków skupiła się u góry, po paru godzinach zaś większość zebrała się w bezpośrednim sąsiedztwie otworu bocznego, gdzie utworzyła gęste nieruchome skupienie. Stan taki może trwać wiele dni. Pierwsza reakcja jest tu geotropizmem, jakkolwiek źródło dopływu tlenu znajduje się we środku rurki. Doświadczenie daje dokładnie ten sam wynik, jeśli komorę wilgotną, do której wstawiono rurkę, napęlnić czystym azotem, zamiast powietrza. Dlaczego azot w tym przypadku może zastąpić tlen, sprawę tę postaram się wyjaśnić później.



Rys. 3. Rurki napełnione wprost z kultury: w 5 minut i w 4 godziny.
Röhrchen mit Paramaeciumkultur gefüllt, nach 5 Minuten und nach 4 Stunden.

16°. Następujące doświadczenia w rurkach poziomych i pionowych stanowią pewną modyfikację. Przed wlaniem do rurki kultura była tu silnie wstrząsana z powietrzem w ciągu 2 minut, aby możliwie zwiększyć reakcję geotropiczną. W tych warunkach w rurce pionowej już po paru minutach występuje gęste, ostro odgraniczone skupienie tigmotropiczne koło samej powierzchni cieczy. W rurce poziomej powstaje podobne skupienie, ale w pobliżu zatopionego końca rurki i na jej ścianie dolnej (rys. 4).

Następnego dnia w obu rurkach skupienie znajduje się koło wylotu, jednak znowu w rurce poziomej większość osobników osiadła na dolnej ścianie rurki. Często w rurkach poziomych tworzą się przytem dwa skupienia: jedno koło ślepego końca rurki, drugie w połowie jej długości, zawsze na ścianie dolnej. Ostateczna reakcja jednak we wszystkich przypadkach jest ta sama: polega na gromadzeniu się wymoczków koło wylotu.

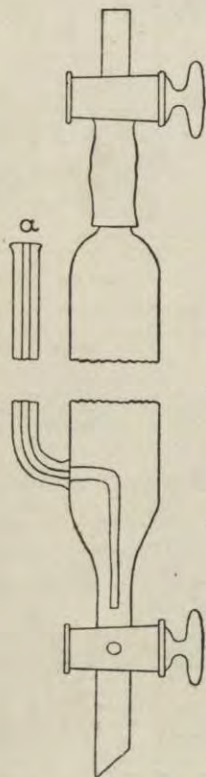


Rys. 4. Kultura, wstrząsana z powietrzem w ciągu 2 minut. Zachowanie się wymoczków w rurce pionowej w 5 minut po zaprzestaniu wstrząsów i w 24 godziny.

Kultur 2 Minuten mit Luft geschüttelt. Verhalten im vertikalen und horizontalen Rohr, 5 Minuten und 24 Stunden nach dem Schütteln.

17°. Następne próby, najliczniejsze ze wszystkich, dotyczą przepuszczania pęcherzyków gazu przez kulturę *Paramecium*. Skonstruowałem w tym celu przyrządek, którego budowa widoczna jest na rys. 5. Rura o średnicy 22 mm i długości 34 cm jest zakończona u dołu kranem. Przez ściankę boczną u samego dołu przechodzi cienka rurka, średnicy 2 mm, zagięta i zakończona tuż nad kranem. Ku górze rurka boczna przebiega równolegle do rury głównej, aż do jej góry. Wreszcie — na górny ko-

niec rury, po wlaniu do niej kultury wymoczków, wciąga się rurka gumowa, połączona z kranem. Gaz doprowadza się w punkcie *a*. Jego pęcherzyki przez dolny otwór rurki wąskiej wchodzą do cieczy. Jeśli w trakcie gazowania zamknąć kran górny, to gaz będzie jeszcze chwilę dopływał do rury, zwiększając w niej ciśnienie. Gdy teraz dopływ gazu odłączyć, ciśnienie wewnętrzne wpędzi ciecz do rurki bocznej, aż do jej wierzchu. W ten sposób zawarta w rurce ciecz pozostaje oddzielona od powietrza atmosferycznego słupem cieczy o przekroju 2 mm i wysokości około 33 cm, co stanowi wystarczającą izolację.



Rys. 5. Przyrząd do przepuszczania gazu przez kulturę.

Fig. 5. Apparat zum Durchgasen der Kultur.

Powietrze sprężone w zbiorniku, po przejściu przez roztwór ługu sodowego, celem uwolnienia go od CO_2 , doprowadzałem do kultury wymoczków. Jeśli przepuszczać przez kulturę pęcherzyki powietrza w ciągu 2 minut, to wymocзки wykazują bardzo ożywiony ruch i w przeciągu kilkunastu sekund ustawiają się wszystkie dokładnie pionowo. Wszystkie osobniki wykonywują niezwykle jasny i jednolity ruch równoległy ku górze. Na powierzchni cieczy tworzy się wkrótce bardzo gęste skupienie, które niebawem osiada tigmotropicznie na ściankach. Otrzymuje się dokładnie ten sam obraz, co przy wstrząsaniu kultury z powietrzem, z tą tylko różnicą, iż w danym razie reakcja przebiega nierównie prędzej. I to doświadczenie jest niezawodne. Każda kultura, w wodzie wodociągowej czy w środowisku hodowlanym, wykonywa jednolity ruch równoległy i tworzy skupienie tigmotropiczne.

18°. Gdy przez kulturę przepuszczać w ten sam sposób czysty azot w ciągu 2 minut, otrzymuje się identyczny obraz: ruch równoległy i silne skupienie geotropiczne z wyraźną skłonnością do tigmotropizmu. Wobec tego możliwość zastąpienia tlenu przez azot, z którą już spotkaliśmy się przedtem, staje się nie-

zrozumiała. Azot kupny, z którym miałem do czynienia, zawierał 1.2% tlenu. Jednak z pewnością nie tu leży przyczyna jednakowego zachowania się wymoczków w doświadczeniach 17 i 18. Jeśli bowiem wymoczki przebywały w zwykłej wodzie wodociągowej, obfitującej w tlen, i nie wykazywały żadnego geotropizmu, po przepuszczeniu zaś azotu zaczęły wykonywać jednolity ruch równoległy, to zabieg nasz znacznie zmniejszył zawartość tlenu w wodzie, nie zaś ją zwiększył. Według KOEHLERA, nasycenie cieczy czystym tlenem nie wzmaga wcale geotropizmu i wogóle nie zmienia w niczem zachowania się *Paramaecium*. Natomiast azot, zawierający zaledwie 1.2% tlenu, wywołuje bardzo silny geotropizm. Wodór, otrzymany z czystego cynku i rozcieńczonego HCl, przemyty w dwóch płóczkach z wodą, daje ten sam efekt, co azot. Wobec tych faktów i zgodnie z wnioskiem KOEHLERA udział tlenu w zjawiskach geotropizmu staje się nader nieprawdopodobny.

Muszę zaznaczyć, iż wodór daje ten wynik jedynie w opisanym aparacie. Jeśli natomiast postępować metodą KOEHLERA, przepuszczając gaz przez ciecz w otwartej próbówce i następnie ciecz wlewać do rurki, to geotropizm staje się niewyraźny i zaledwie różny od kontroli. Zależy to oczywiście od lotności gazu, który w czasie manipulacyj przenoszenia mógł zniknąć z cieczy.

19°. Szereg prób dotyczył geotropizmu w rurkach pionowych, otwartych i zamkniętych szczelnie korkami gumowymi. Rurki napełniano wprost z kultury. W obu rodzajach rurek odrazu występuje jednakowy słaby geotropizm, który w ciągu najbliższych minut przechodzi w zupełne rozproszenie. Po 3—4 godzinach rurki obu rodzajów nie wykazują żadnej różnicy w zachowaniu się wymoczków. Aby ewentualną różnicę możliwie zaakcentować, użyłem do napełniania rurek kultury bardzo silnie skoncentrowanej. I w tym przypadku jednak reakcja początkowa była ściśle ta sama w rurkach otwartych i zamkniętych. Po upływie półtorej godziny w rurkach zamkniętych utworzyło się gęste skupienie pod korkiem, połączone z tigmotropizmem. W otwartych wymoczki były dość równomiernie rozproszone, z niewielką przewagą liczebności w pobliżu dna. Po 6 godzinach również i w rurkach otwartych *Paramaecia* skupiły się koło wylotu. Więc i tym razem, pomimo obecności olbrzymiej stosunkowo ilości pierwotniaków w rurce, reakcja początkowa była niezależna od tego,

czy ciecz miała bezpośrednią styczność z tlenem atmosferycznym, czy nie. Reakcja natychmiastowa jest geotropizmem, ale nie jest tlenotropizmem. Reakcja ostateczna jest, być może, tlenotropizmem, ale nie ma nic wspólnego z geotropizmem.

Powracając do sformułowanych powyżej dwóch możliwości, w przypadku reakcji natychmiastowej rolę tlenu, jako czynnika, wywołującego ruch kierunkowy ku źródłu jego dopływu, możemy z wszelką pewnością wyłączyć. Kierunkowość ruchu geotropicznego zależy od grawitacji, nie od jednostronnego dopływu tlenu. Umacnia nas w tym przekonaniu ciekawy fakt, że, jak mogłem stwierdzić, wymocзки zdolne są odróżnić nachylenie rurki poziomej, odbiegające zaledwie o 10° od poziomej płaszczyzny. Nawet tak nieznaczne przechylenie może spowodować widoczną przewagę ruchu ku końcowi wyższemu rurki, niezależnie od tego, czy znajduje się tam dno, czy też otwarty wylot. Próba dotyczy oczywiście wymoczków, sztucznie pobudzonych do ruchu kierunkowego.

Druga możliwość polegałaby na nasyceniu ustroju tlenem, jako bodźcu dodatkowym lub sensybilizatorze względem działania grawitacji. Jeśli kierunkowość ruchu geotropicznego zależy tylko od grawitacji, to zdolność wymocзка do wykonywania takiego ruchu może zależeć od nasycenia tlenem. Zestawienie wyników poprzednich doświadczeń prowadzi w tym względzie do wniosków sprzecznych. W normalnej kulturze masowej niema tlenu, niema też i geotropizmu. Dość jednak wessać kulturę do pipetki i wlać ją do rurki, aby wystąpił geotropizm. W trakcie tych manipulacyj ciecz kultury styka się na dużej powierzchni z tlenem atmosferycznym, którego zawartość musi w niej wzrosnąć. Silne wzmoczenie reakcji geotropicznej na skutek wstrząsania cieczy kultury z powietrzem jest równoległe do nasycenia jej tlenem. Woda wodociągowa dostarcza środowisku kultury tlen, a jednocześnie wzmaga geotropizm. Podobnie wyniki prób z przepuszczaniem pęcherzyków powietrza przez kulturę wyraźnie przemawiają na korzyść udziału tlenu w zjawiskach geotropizmu. Z drugiej strony geotropizm w wodzie przegotowanej jest ten sam, co w nieprzegotowanej, jakkolwiek ilość tlenu rozpuszczonego jest o wiele mniejsza, co się też wyraża w zwolnieniu ruchów pierwotniaków. Przepuszczanie azotu i wodoru przez kulturę wzmaga geotropizm w tym samym stopniu, co przepuszczanie powietrza. Daje rów-

niez do myślenia ten fakt, iż znaczne zwiększenie reakcji geotropicznej przy wstrząsaniu z powietrzem samej cieczy kultury, bez wymoczków, daje dopiero 10-minutowe wstrząsanie, jakkolwiek już po upływie najwyżej 1 minuty ciecz jest nasycona tlenem.

Jak widzimy, jedne fakty wyraźnie przemawiają za udziałem tlenu w zjawiskach geotropizmu, inne nie mniej wyraźnie mu zaprzeczają. Jak zawsze w podobnych przypadkach, przyczyną sprzeczności jest obecność jakiegoś innego czynnika, którego nie wzięto się w rachubę. Czynnikiem takim jest dwutlenek węgla.

Wpływ dwutlenku węgłowego.

Gęsta masowa kultura *Paramaecium* prawie nie zawiera tlenu, ale zawiera stosunkowo znaczne ilości dwutlenku węgla i innych lotnych produktów rozpadu. Według BARRATTA ('05) ilość CO_2 , produkowanego przez *Paramaecium aurelia* w ciągu doby dochodzi do 5.3% masy plazmatycznej wymocзка. Według pomiarów GUTMANÓWNY ('15), w kulturach *Colpidium* zawartość CO_2 waha się tylko nieznacznie w różnych stadjach rozwoju kultury i wynosi przeciętnie 24.08 mg na 100 cm^3 cieczy. Uwzględnienie roli CO_2 daje możliwość usunięcia wymienionych poprzednio sprzeczności. W zwykłej kulturze, posiadającej dużą wolną powierzchnię cieczy, musi istnieć spadek stężenia CO_2 ku górze. Wobec tego osiadanie wymoczków w pierścieniu tigmotropicznym może być równie dobrze poszukiwaniem optymalnego stężenia tlenu, jak i optymalnego stężenia dwutlenku węgla. Wstrząsanie cieczy kultury z powietrzem nietylko nasycy ją tlenem, ale i usuwa z niej nadmiar dwutlenku węgla. Jeśli, jak w doświadczeniu 9, ciecz kultury bez wymoczków trzeba było wstrząsać przez 10 minut, aby otrzymać wybitne wzmoczenie reakcji geotropicznej, to tembardziej przemawia to za wpływem miarodajnym nadmiaru CO_2 . Już bowiem po 1 minucie ciecz jest nasycona tlenem, ale trzeba znacznie dłuższego czasu, aby w ten sposób uwolnić ją od dwutlenku węgla. Wstrząsanie cieczy zawierającej wymoczkę już po 2 minutach daje bardzo silny geotropizm. W tym przypadku pierwotniaki, rzucane i miotane na wszystkie strony w środowisku, nasyconem tlenem, z pewnością łatwiej mogą uwolnić się od nadmiaru CO_2 w ich organizmie, niż wymoczkę, poruszającą się tylko siłą rzęsek, chociażby

zawartość CO_2 w środowisku była nieco większa. Dodanie wody wodociągowej do cieczy kultury nie tylko zwiększa zawartość tlenu, ale jednocześnie zmniejsza zawartość dwutlenku węgla. Woda wodociągowa przegotowana zawiera bardzo mało tlenu, ale dodana do cieczy kultury w tym samym stopniu rozcieńcza CO_2 , co i woda nieprzegotowana. Dlatego też i reakcja geotropiczna w obu razach jest ta sama. W rurce z otworem bocznym wymoczkki skupiały się po pewnym czasie koło otworu, niezależnie od tego, czy rurka pozostawała w atmosferze powietrza, czy azotu. Bowiem otwór był nie tylko źródłem dopływu tlenu, ale i miejscem odpływu CO_2 i ta jego rola pozostała jednakowa zarówno dla powietrza, jak azotu. Staje się wreszcie zrozumiałą jednakowy wpływ powietrza, azotu i wodoru, przepuszczanych przez kulturę, na reakcję geotropiczną. Zawsze chodziło o usunięcie z cieczy dwutlenku węglowego, który wpływa hamująco na reakcję geotropiczną. Uwzględnienie roli CO_2 w zjawiskach geotropizmu daje możliwość jednolitego wytłumaczenia wszystkich zaobserwowanych zjawisk. Tlen nie wpływa wcale na ruchy geotropiczne, zaś bodźcem dodatkowym jest usunięcie z cieczy dwutlenku węglowego.

Hipoteza ta niewątpliwie lepiej harmonizuje z faktami, niż uzależnianie geotropizmu od tlenotropizmu oraz nasycenia ustroju tlenem. Jednak nie tu jeszcze leży kres. Nie jest i ona wolna od poważnych sprzeczności. Przeczy przedewszystkiem danym KOEHLERA, który otrzymywał bardzo wyraźny, jednolity geotropizm ujemny po nasycaniu kultury dwutlenkiem węgla w ciągu 1—5 minut. W metodyce tego autora tkwi jedna nieścisłość, o której już wspominałem przedtem. KOEHLER nasycał dwutlenkiem kulturę, znajdującą się w otwartej próbówce i następnie przelewał ją do rurki pionowej. Podczas tych przenosin zawartość CO_2 w cieczy mogła zmniejszyć się znacznie. W jakim stopniu, tego niepodobna ustalić. Powtarzając doświadczenia KOEHLERA w moim aparacie, otrzymałem też nieco inne wyniki.

20°. Kulturę wymoczków doprowadzałem na wirówce do wody wodociągowej, poczem pozostawiałem ją w spokoju w ciągu 2—14 godzin. Do aparatu wlewałem za pomocą lejka około 60 cm^3 kultury i zakładałem kran górny. Przed właściwym doświadczeniem pierwotniaki pozostawały w ciągu 15—30 minut w aparacie, aż rozproszy się skupienie geotropiczne. Z czystego marmuru przy pomocy rozcieńczonego HCl otrzymywałem CO_2 , który

przemywałem w dwóch płóczkach z wodą i doprowadzałem do aparatu. Ruch wymoczków był obserwowany w samym aparacie bez jakichkolwiek przenosin.

Przepuszczanie dwutlenku przez kulturę w ciągu 1 sekundy nie daje wyraźnego wyniku. Wymoczki skierowują się wprawdzie ku górze, jednak ruch ich nie jest bardziej jednolity, niż był natychmiast po wlaniu kultury do aparatu. Szybkość ruchu również pozostała niezmieniona. Po 5-sekundowym doprowadzaniu CO₂ ruchy *Paramaecium* zostają silnie zwolnione. Po kilkunastu lub kilkudziesięciu sekundach wymoczki skierowują się wgórze, wykonywując dość jednolity ruch kierunkowy. Wkrótce też powstaje skupienie górne, dość słabo zaakcentowane. Reakcja jest bardzo znacznie słabsza od tej, jaką się otrzymuje po doprowadzeniu do kultury powietrza, azotu lub wodoru. W stosunku do kontroli jest niewiele wyraźniejsza. Przepuszczanie CO₂ w ciągu 10 sekund daje podobny efekt, ale szybkość ruchów zmniejsza się jeszcze bardziej. Działanie CO₂ w ciągu 15 sekund, prócz znacznego bardzo osłabienia ruchów, powoduje tylko rozproszenie, bez wszelkiego geotropizmu ujemnego. Raczej nawet geotropizm przechodzi w niewyraźnie dodatni. W każdym razie w górnych warstwach cieczy liczba wymoczków jest mniejsza. Jeszcze dłuższe przepuszczanie CO₂ nie daje już żadnej różnicy, co zgadza się z obserwacją KOEHLERA, iż po 15 — 25 sekundach ciecz jest nasycona dwutlenkiem.

W pewnych granicach zniszczenie reakcji geotropicznej przez doprowadzenie CO₂ jest odwracalne. Jeśli przez kulturę gazowaną przepuszczać powietrze, to wymoczki powracają do normalnej ruchliwości i normalnego geotropizmu. Czas wietrzenia jest ściśle zależny od czasu działania CO₂ i od jego stężenia. Jeśli po 15 sekundach przepuszczania CO₂ wietrzyć kulturę przez 2 minuty, to *Paramaecia* powracają do normy. Po 1-minutowym działaniu dwutlenku trzeba już wietrzyć kulturę w ciągu 5 minut.

I w tym ostatnim przypadku powrót pierwotniaków do normy zależy nie od doprowadzenia tlenu, lecz od usunięcia dwutlenku węglowego, bowiem wietrzenie kultury zapomocą azotu daje dokładnie ten sam wynik, co zastosowanie prądu powietrza.

Inny wynik otrzymuje się, jeśli postępować metodą KOEHLERA: doprowadzać CO₂ do kultury w naczyniu otwartym i potem przelewać ciecz do pionowej rurki. W tym razie nawet po 1-mi-

nutowem działaniu CO_2 nieraz można widzieć wolny ruch równoległy i powstawanie dość jednolitych skupień geotropicznych. Doświadczenia moje jakościowo potwierdzają dane KOEHLERA, wykazują tylko niezbędność pewnego przesunięcia ich. Dzięki zastosowaniu nie dość dokładnej metody, autor ten operował niższymi stężeniami CO_2 , niż przypuszczał. Prawdziwe nasycenie cieczy dwutlenkiem węgla niszczy geotropizm.

Jednak otrzymane przeze mnie wyniki nie usuwają sprzeczności. Szereg faktów wskazuje, że geotropizm zachodzi wskutek usunięcia dwutlenku węgla, a jednocześnie jego doprowadzenie w pewnej ilości wzmacnia reakcję geotropiczną. W czystej wodzie wodociągowej, w której tylko co umieszczono *Paramaecia*, stężenie CO_2 jest minimalne, a jednak przepuszczanie przez nią powietrza ogromnie wzmacnia geotropizm. Sprzeczność jest oczywista i dlatego też zachodzi pytanie: jaki jest stosunek ruchu kierunkowego przy wysokim stężeniu CO_2 , które się otrzymuje po 5 — 10-sekundowym doprowadzeniu go do cieczy, do zwykłej reakcji geotropicznej? Odpowiedź na to mogą dać tylko pomiary zawartości CO_2 . Ze względów praktycznych wybrałem tu drogę uboczną. O stężeniu CO_2 można sądzić z kwasowości środowiska, więc też pomiary pH kultury powinny dać w tej mierze pewne wskazówki.

Wpływ kwasowości środowiska.

Stężenie jonów wodorowych oznaczałem metodą kolorymetryczną, posługując się aparatem, zbudowanym według wskazówek BRESSLAU ('25). Od klasycznej metody MICHAELISA różni się metoda BRESSLAU głównie zastosowaniem bardzo rozcieńczonych roztworów indykatorów nitrofenolowych, przez co zmniejsza się błąd kwasowy. Ścisłość oznaczeń leżała około 0.1 pH.

21°. Przedewszystkiem wlewałem do mego aparaciku gazowego wodę wodociągową, przepuszczałem przez nią CO_2 i mierzyłem pH. W dwóch próbach otrzymałem bardzo zgodne wyniki.

CO_2 w ciągu:	1 sek.	5 sek.	10 sek.	15 sek.	90 sek.	180 sek.
pH:	6.6	6.1	5.4	5.3	5.2	5.2

Istotnie więc po mniej więcej 15 sekundach ciecz jest już nasycona dwutlenkiem i dalsze jej dawki nie zmieniają kwasowości.

22°. Druga próba miała na celu stwierdzenie, jak prędko można usunąć CO_2 z cieczy zapomocą wietrzenia. Wodę wodociągową nasycam dwutlenkiem w ciągu 1 minuty, następnie przepuszczałem przez nią powietrze i w określonych odstępach czasu mierzyłem pH. Woda wodociągowa wyjściowa miała $\text{pH} = 7.3$. Po nasyceniu jej dwutlenkiem węgla pH wyniosło 5.2. Po przepuszczaniu powietrza w ciągu 30 sekund pH było 5.6. Jedna minuta wietrzenia daje $\text{pH} = 6.2$. Po 2 minutach wietrzenia pH jest 7.3, czyli po tym czasie cały dwutlenek jest usunięty.

23°. Kulturę wymoczków doprowadzałem do czystej wody wodociągowej, której pH wynosi 7.2 — 7.3. Nawet bardzo gęsta kultura, pozostająca w tym środowisku przez parę godzin, wykazuje w dalszym ciągu pH od 7.2 do 7.3. Metoda kolorymetryczna nie jest dość ścisła, aby uchwycić tę minimalną ilość CO_2 , jaką produkują wymoczki. A jednak jeśli wlać taką kulturę do pionowej rurki, to natychmiast wystąpi typowa reakcja geotropiczna. Jak widzieliśmy, po 1-sekundowym doprowadzaniu CO_2 do wody pH spada do 6.6, czyli dwutlenku w cieczy jest wówczas o wiele więcej, niż w kulturze, doprowadzonej do wody wodociągowej. Mimo to właśnie w tej ostatniej zachodzi geotropizm, gdy stężenie CO_2 , odpowiadające $\text{pH} = 6.6$ nie wpływa wyraźnie na reakcję geotropiczną. Niepodobna uniknąć wniosku, że ruch równoległy wskutek doprowadzania CO_2 i zwykły geotropizm zależą od różnych przyczyn.

24°. Pomiary pH , zastosowane początkowo do oznaczenia względnej ilości CO_2 w cieczy, nasunęły myśl, iż kwasowość środowiska sama przez się mogłaby stanowić przyczynę powstawania skupień geotropicznych. Przygotowałem szereg roztworów kwasu octowego w wodzie wodociągowej i oznaczyłem ich pH . Wynik był następujący:

Kwas octowy:	$1/40\%$	$1/50\%$	$1/80\%$	$1/100\%$	$1/200\%$	$1/300\%$	$1/400\%$	$1/500\%$
pH :	4.6	5.0	5.3	5.9	6.6	6.8	6.9	7.1

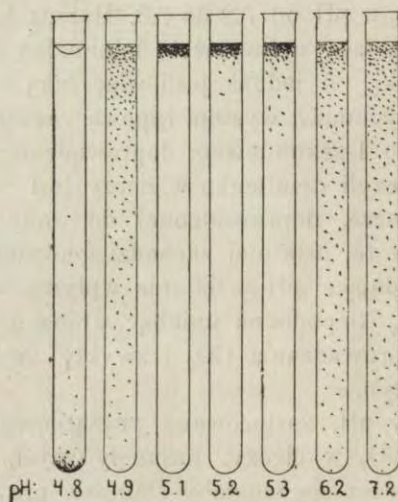
Następnie badałem wpływ tych roztworów na reakcję geotropiczną. W praktyce używałem tych roztworów w stężeniu dwukrotnym, dodając do nich za każdym razem równą objętość wody wodociągowej, gdy chodziło o pomiary, lub kultury, gdy chodziło o reakcję geotropiczną. W $\text{pH} = 4.6$ wkrótce wszystkie wymoczki giną. Geotropizmu niema. W 5.0 i 5.3 ruchy *Paramaecium* są dość żywe i zachodzi niezbyt jednolity geotropizm. Po dłuż-

szym czasie (30 — 60 minut) skupienie górne ostrzej odcina się od reszty rurki i powstaje pierścień tigmotropiczny koło samej powierzchni cieczy i w menisku. Reakcja w pozostałych roztworach niczem nie różniła się od kontroli.

25^o. Zastosowałem serję roztworów bardziej zróżnicowaną:

Kwas octowy:	1/40%	1/50%	1/60%	1/70%	1/80%	1/90%	1/100%
pH:	4.6	4.9	5.0	5.1	5.3	5.6	6.0

Po 30 minutach wszystkie wymoczki, umieszczone w pH 4.6 giną. W 4.9 zachodzi geotropizm, jednak mało wyraźny. Ruchy są dość wolne. Po dalszych 2 godzinach i w tej porcji wszystkie wymoczki zginęły. W 5.0, 5.1 i 5.3 zachodzi nadzwyczaj



Rys. 6. Wpływ różnych koncentracji kwasu octowego na ruchy pionowe. Obraz po 30 minutach.

Einfluss verschiedener Essigsäurelösungen auf den Geotropismus. Das Bild nach 30 Minuten.

czaj jednolita reakcja. Po 30 minutach wszystkie osobniki wchodzą w skład skupienia górnego, które ma postać ostro odgraniczonego pierścienia. Wymoczki pozostają nieruchomo przytwierdzone do ścianek. Najjaskrawsza reakcja zachodzi w pH = 5.1, w 5.3 już zaczyna trochę się zacierać. Skupienie w 5.1 jest nawet bardziej jednolite, niż w poprzednich próbach z wstrząsaniem lub przepuszczaniem powietrza, i jest bardzo trwałe. W 6.0 reakcja nie różni się od próby kontrolnej. Z wielu możliwych stężeń

jonów wodorowych, w granicach pH od 4.6 do 7.3, tylko stężenia pomiędzy 5.1 i 5.3 powodują silne wzmożenie reakcji geotropicznej i tigmotropicznej. *Paramaecium* jest widocznie o wiele czulszym indykátorem, niż metoda kolorymetryczna. Wahnięciu pH od 4.9 do 5.0 odpowiada olbrzymi skok reakcji, od zera do maksimum. Byłoby rzeczą bardzo ciekawą zbadać te stosunki metodą ściślejszą, oznaczając pH przejściowe. Środki, jakimi rozporządzam, na to nie pozwoliły.

Kwasowość cieczy w stężeniu $1/70 - 1/80,0$ kwasu octowego jest bardzo bliska kwasowości cieczy przy jej całkowitem nasyceniu dwutlenkiem węgla. Jednak efekt geotropiczny jest zupełnie inny, bowiem dla kwasu octowego otrzymujemy maksimum reakcji, gdy w dwutlenku geotropizm został zniszczony. Kwasowość na pewno odgrywa swoją ważną rolę w zjawisku, ale i specyficzny chemizm użytych substancyj również ma swoje znaczenie.

26°. Zwykłą wodę wodociągową nasycam dwutlenkiem węgla w ciągu 2 minut, doprowadzając jej pH do 5.2. Następnie dodawałem do niej kilka kropel zgęszczonej kultury *Paramaecium*. Tym razem wystąpiła w całej pełni reakcja KOEHLERA: pomimo wolnych ruchów, wymoczki wykonywują jednolity ruch równoległy i tworzą gęste skupienie tigmotropiczne. Przez dodanie kultury pH cieczy wzrastało najwyżej do 5.4, a jednak już ta różnica wystarcza, aby wybitnie zmienić charakter reakcji geotropicznej. Przypominam, iż, o ile chodzi o CO_2 , przy $\text{pH} = 5.2$ geotropizm jest nieobecny.

Dyskusja.

Opisane doświadczenia wykazują niespodziewaną złożoność ruchów pionowych *Paramaecium*. Możemy teraz sprecyzować różne ich rodzaje.

1°. Ruch wymoczków i ich osiadanie w pierścieniu tigmotropicznym w pobliżu wolnej powierzchni cieczy jest jedną z bardzo pospolitych form ruchu pionowego. W dużych naczyniach hodowlanych zjawisko to występuje stale w pewnych fazach rozwoju kultury, charakteryzujących się dość znaczną jeszcze obfitością pokarmu. Tylko mała stosunkowo część wszystkich zawartych w naczyniu osobników bierze udział w utworzeniu pierścienia. Pierścień tigmotropiczny jest najczęściej bardzo wąski, szerokości

2 — 3 mm, przebiega równoległe do powierzchni cieczy, w odległości paru milimetrów od niej. W tym okresie większość wymoczków przebywa naogół w górnych warstwach naczynia, jakkolwiek nie brak ich na wszystkich poziomach cieczy, nie wyłączając dna. Jeśli zebrać osiadłe w pierścieniu wymoczki za pomocą pipetki, to już po niewielu minutach tworzy się drugi taki sam pierścień, dokładnie na tym samym poziomie. Osobniki, tworzące ten drugi pierścień, i przedtem przebywały w pobliżu powierzchni, jednak nie osiadały na ściance, gdyż miejsce było zajęte. Istotnie, w samym pierścieniu wymoczki siedzą tak gęsto, że zupełnie pokrywają powierzchnię szkła. Osiadanie na ściance musi być oczywiście poprzedzone przez zderzenie się z nią. Ciekawe jednak, że tylko na ściśle określonym poziomie: w odległości 3 — 5 mm od powierzchni, zderzenie takie prowadzi do reakcji tigmotropicznej dodatniej. Na wszystkich innych poziomach następuje odbicie i wymoczek powraca do cieczy. Również i zderzenie się z wymoczkami, już osiadłymi w pierścieniu, prawdopodobnie powoduje odbicie. Warunki zjawiska są bardzo skomplikowane i zmienne. Tigmotropizm zostaje wyzwolony wskutek jakiegoś wpływu powierzchni, przyczem działanie to powinno posiadać dość określone natężenie. Grawitacja nie bierze udziału w zjawisku, gdyż analogiczne skupienia tigmotropiczne powstają w otwartych rurkach, niezależnie od położenia ich wylotu na górze, na dole lub też zboku. Jedynie gdy wylot rurki leży na dole, skupienie dolne jest odsunięte od powierzchni nieco więcej, niż gdy wylot znajduje się na górze (rys. 3). Zachodzi rodzaj interferencji pomiędzy wpływem powierzchni, a działaniem grawitacji. Z tych dwóch wpływów powierzchnia przeważa. Całe to zjawisko nie jest geotropizmem, ani też wogóle nie stanowi żadnego prostego tropizmu, gdyż brak mu jednolitości. Być może idzie o kilka różnorodnych tropizmów o różnym natężeniu, działających jednocześnie.

2°. Jeśli przelać kulturę do pionowej rurki, to występuje zjawisko niejednolitego ruchu równoległego i tworzy się skupienie górne, trwające przez kilka do kilkunastu minut. Pierwsza reakcja większości osobników polega na skierowaniu się wprost ku górze. Wtedy kierunek ruchu ku górze wyraźnie dominuje nad wszystkimi innymi i dlatego powstaje skupienie geotropiczne. Ale po paru dalszych minutach ruch staje się typowo bezkierunkowy.

Jeśli skupienie górne mimo to utrzymuje się przez czas jakiś, to tylko dzięki temu, iż po zderzeniu się z powierzchnią wymoczki zatrzymują się na chwilę, gdy od dna odbijają się natychmiastowo. Wreszcie, — następuje rozproszenie.

Równoległe do tych trzech faz zjawiska ulega zmianie sam charakter ruchów indywidualnych. W pierwszej fazie ruch jest równoległy, charakteryzuje się prostolinjowym kierunkiem ku górze, bez zderzeń ze ścianką rurki. Wymoczki wykonywują przytem zwykle rotacje dookoła osi podłużnej ciała. W drugiej fazie, fazie ruchu bezkierunkowego, ruch jest typowo „kątowy“: droga wymoczka składa się z odcinków prostych, zmiana kierunku zachodzi tylko wskutek zderzenia się z przeszkodą, kąt odbicia jest stały i wynosi około 70° (DEMBOWSKI '23). Wreszcie w trzeciej fazie, fazie rozproszenia, ruch indywidualny staje się nieprawidłowy. Wymoczki pływają znacznie wolniej, niż przedtem, droga ich jest często krzywolinjowa, zmiany kierunku ruchu zachodzą niejednokrotnie w środkowych częściach rurki, nie wskutek zderzenia, bardzo pospolicie można obserwować cofanie się wymoczka i jego ruch wsteczny, rotacja dookoła osi podłużnej jest nieprawidłowa i często ulega zawieszeniu. Jeśli kierunek ruchu w pierwszej fazie reakcji jest nadany przez grawitację, to już w następnej chwili przyczyny różnorodnych kierunków stają się niezmiernie zawiłe i niema żadnej możliwości sprowadzenia ich do jakiejś prostej zasady.

3°. Wstrząsanie wymoczków z powietrzem daje powolną wprawdzie, ale bardzo jednolitą reakcję geotropiczną, połączoną z silnym i trwałym tigmotropizmem. To samo zjawisko zachodzi wskutek przepuszczania przez kulturę powietrza, azotu, wodoru po dodaniu zgęszczonej kultury do cieczy silnie aerowanej. Od poprzedniej różni się reakcja swoją trwałością i jednolitością. Jednolitość stanowi oczywiście różnicę ilościową tylko, co się jednak tyczy trwałości skupienia górnego, to zależy ona od wystąpienia silnej reakcji tigmotropicznej. Ta ostatnia może wiązać się z osłabieniem ruchu rzęskowego, jak w przypadku wstrząsania kultury z powietrzem, ale może równie dobrze iść w parze z bardzo znacznym jego wzmożeniem, co występuje najbardziej w próbach z przepuszczaniem powietrza. Tigmotropizm charakteryzuje się bynajmniej nie zwolnieniem ruchu rzęskowego, lecz zmienioną reakcją wymoczka na zderzenie. W danym przypadku

tigmotropizm nosi wyraźnie inny charakter, niż np. w zwykłych kulturach masowych. Bowiem skupienie górne tworzy się tu bezpośrednio koło powierzchni cieczy, gdy w kulturach masowych pierścień tigmotropiczny zawsze jest odsunięty od powierzchni. Zjawisko tigmotropizmu jest równie skomplikowane i zależne od wielu czynników, jak i ruchy pionowe.

4°. Krótkotrwałe przepuszczanie dwutlenku węgla daje dość jednolity ruch równoległy ku górze. Bardzo jasno występuje ta reakcja, gdy do wody, nasyconej CO_2 , dodać kilka kropel zgęszczonej kultury. Ruch wymoczków, jakkolwiek dużo wolniejszy, jest w zasadzie taki sam, jak np. po przepuszczaniu powietrza. Czynniki jego jednak wydają się różne, bowiem w poprzednich próbach chodziło właśnie o usunięcie CO_2 , gdy w danym razie mamy wybitne zwiększenie jego koncentracji. W zjawiskach geotropizmu zwykłego, zachodzącego w każdej kulturze po wlaniu jej do rurki pionowej, obecność CO_2 na pewno nie jest miarodajną przyczyną reakcji, bowiem jego stężenie jest bardzo znacznie niższe od minimalnego stężenia CO_2 , które w doświadczeniu 21 wywoływało ruch geotropiczny. Zresztą, jak widzieliśmy w doświadczeniu 22, wietrzenie nasyconej dwutlenkiem kultury w ciągu 2 minut usuwa z cieczy cały CO_2 . Przypomnę, iż we wszystkich doświadczeniach z przepuszczaniem powietrza prąd jego przechodził przez roztwór ługu. Zupełnie różne przyczyny mogą wywołać podobną reakcję.

5°. Kwas octowy w stężeniu $\frac{1}{70}$ — $\frac{1}{80}\%$ wywołuje bardzo jednolitą i trwałą reakcję. I znowu zjawisko jest zasadniczo podobne, ale jego czynniki są inne. W próbach przepuszczania powietrza, azotu i wodoru niema mowy o zakwaszaniu cieczy przez prąd gazu, co wielokrotnie sprawdzałem. A jednak zachodziła przytem jednolita reakcja geotropiczna.

6°. Jeśli pionowa otwarta rurka zawiera bardzo silnie zgęszczoną kulturę *Paramaecium*, to po pewnym czasie znaczna część wymoczków opada na dno. Po upływie godziny lub więcej, skupienie dolne zaczyna bardzo powoli unosić się wgórze, przy czem wymoczki pozostają w ciągłym kontakcie ze ścianką rurki. Skupienie przybiera kształt szerokiego pierścienia, o ostro zarysowanej granicy górnej, który w ciągu paru godzin stopniowo wpełza wgórze, tworząc wreszcie typowy pierścień tigmotropiczny poniżej powierzchni. Podobne zjawisko można zaobserwować po

silnem wirowaniu wymoczków. Początkowo wymoczki wykazują silnie wzmożony i jednolity ruch geotropiczny, później jednak opadają na dno próbówki, skąd opisanym sposobem stopniowo unoszą się w górę. Czynniki tego szczególnego ruchu pozostają narazie nieznanne.

7°. Wreszcie wypada wspomnieć o zjawiskach geotropizmu dodatniego. Jednakże ruch pierwotniaków ku dołowi jest czemś tak zmiennem, niejednolitem i zależnem od tylu najróżnorodniejszych czynników, że, zdaniem mojem, najnieślusniej nosi miano geotropizmu. Z ruchem równoległym ku górze nie ma on nic wspólnego.

Z wyszczególnienia tego wynika przede wszystkim, że zasadniczo podobna reakcja może zachodzić wskutek działania czynników bardzo różnej jakości. Przez analogję z ontogenezą można sądzić, iż *Paramaecium* jest mechanizmem, nastawionym na ruch ku górze i że bardzo różne przyczyny, nieraz nic ze sobą nie mające wspólnego, mogą wywołać ten sam efekt. Warunkiem zasadniczym, wszędzie obecnym, jest grawitacja. Ale reakcja wymoczka na grawitację jest w wysokim stopniu zmienna. Muszą istnieć jakieś bodźce dodatkowe, które decydują o takim czy innym stosunku wymoczka do stałego czynnika grawitacji. Przejrzymy wysunięte poprzednio próby interpretacji.

Według KOEHLERA, bodźcem dodatkowym jest obecność w cieczy kultury dwutlenku węgla. Pogląd ten jest słuszny tylko w jednym przypadku: gdy idzie o przepuszczanie CO_2 przez kulturę (doświadczenia 20 i 26). Tak wiele różnorodnych faktów mu zaprzecza, że czynnik ten na pewno nie jest przyczyną uniwersalną i może wytłumaczyć tylko drobną część zaobserwowanych faktów.

Wymoczki podążają ku źródłu dopływu tlenu. Zachowanie się wymoczków w wodzie wodociągowej, ich ruch w rurkach zamkniętych i odwróconych, ruch po przepuszczaniu powietrza, azotu i wodoru, wszystko to stanowczo wyłącza tlenotropizm, jako przyczynę ruchów geotropicznych.

Geotropizm zachodzi wskutek nasycenia ustroju tlenem. Jednak w środowisku nader ubogiem w tlen (azot, wodór) może zachodzić silna reakcja geotropiczna, gdy odwrotnie, w cieczy zawierającej dużo tlenu, np. w zwykłej

wodzie wodociągowej, geotropizm jest nietrwały, nie większy, niż w wodzie przegotowanej.

Przyczyną ruchów geotropicznych jest usunięcie z cieczy dwutlenku węgla. Możliwość ta bardzo dobrze tłumaczy wiele faktów, jednak znowu nie stanowi zasady powszechnej. Wzmoczenie ruchów geotropicznych w środowisku obfitującym w CO_2 zaprzecza jej. Świeża woda wodociągowa zawiera bardzo mało CO_2 (jej pH nie zmienia się wyraźnie po 2-minutowem przepuszczaniu powietrza), a jednak jej przewietrzenie ogromnie wzmacnia reakcję geotropiczną. I ta możliwość nie tłumaczy więc wszystkich faktów.

Przyczyną ruchów geotropicznych jest określona kwasowość cieczy, działająca jako bodziec dodatkowy. Znowuż jest to zasada bardzo specjalna, słuszna tylko dla niewielu przypadków, nie zdoła jednak wytłumaczyć całokształtu opisanych zjawisk.

W próbie odnalezienia jakiejś zasady, wspólnej wszystkim podanym w pracy niniejszej faktom, wyjdziemy z wysoce zastanawiającego zjawiska ruchu równoległego ku górze. Wymoczki płyną przytem, nie zderzając się wcale ze ściankami rurki, ich droga jest doskonałą linią prostą. Sam fakt prostolinjowości ruchu jest dla *Paramaecium* zrozumiały, bowiem wymoczek wykonywa regularne rotacje dookoła osi podłużnej ciała, a więc każde odchylenie od kierunku ruchu zostaje natychmiast skorygowane przez równe mu odchylenie w kierunku przeciwnym. Gdyby się udało odnaleźć przyczynę ustawiania się wymoczka pionowo, przednim końcem ku górze, jego dalsze zachowanie się byłoby jasne. W pracy poprzedniej wykazałem ('28), iż u normalnego *Paramaecium* środek ciężkości ciała jest przesunięty ku tyłowi. Przewaga tylnego końca jest bardzo nieznaczna i w zwykłych warunkach, wobec szybkich ruchów zwierzęcia, nie wpływa w uchwytny sposób na kierunkowość ruchu. Wpływa natomiast wybitnie, gdy jeden z końców ciała został sztucznie obciążony. Wpływa również, gdy wymoczek z tych czy innych powodów zawiesi na chwilę ruch rzęsek. Wówczas cięższa tylna połowa powoduje przechylenie ciała pierwotniaka. Obserwując *Paramaecium* w środowisku kultury, gdzie ruchy są wolne, zapomocą mikroskopu poziomego, dość często można widzieć takie wstrzymanie ruchu rzęsek, trwające przez parę sekund zaledwie. Jednak-

że jeśli wymoczek w chwili obserwacji znajdował się w położeniu poziomem, te parę sekund wystarczają, aby tył ciała wyraźnie przechylił się ku dołowi. Wszelkie podrażnienie, które wywołuje ruch równoległy, działa nie odrazu. Po przerwaniu dopływu gazu, przemija co najmniej 10, niekiedy 20 i więcej sekund, zanim wymoczek ustawi się pionowo. Prądy wody, wywołane w rurze aparatu przez gazowanie, ustają znacznie wcześniej, nie one więc powodują bezkierunkowość ruchów przed ustawieniem się pionowym. W tym razie prosta hipoteza może wytłumaczyć zachowanie się wymoczków, wykonywujących ruch równoległy. Jeśli na skutek różnorodnych podniet wymoczek zawiesza działalność swych rzęsek, lub osłabia ją znacznie, i jeśli po przeminięciu podrażnienia stan ten trwa przez kilka lub kilkanaście sekund, to przewaga tylnego końca ciała może wystarczyć dla ustawienia wymoczek w położeniu dokładnie pionowym. Natychmiast potem zaczyna działać mechanizm rzęskowy i regularna rotacja dba o to, aby pierwotniak w swoim ruchu nie odchylił się od pionu. Jeśli rurkę, w której zachodzi ruch równoległy, przechylić trochę, to wymoczek zachowują pionowy kierunek ruchu, ale zderzają się ze ścianką. Następuje typowe odbicie, poczem droga wymoczek staje się zygzakiem, od jednej ścianki rurki do drugiej, z zachowaniem stałego kąta odbicia. Innymi słowy, *Paramaecia* wykonywują tu zwykły ruch „kątowy“. Jak mogłem wykazać w pracy wcześniejszej ('23), *Paramaecia*, przeniesione z kultury do małego płaskiego naczynia, przez kilka minut wykonywują ruch nieprawidłowy, scharakteryzowany powyżej (str. 231). Jednak po pewnym czasie, zwłaszcza zaś po przewietrzeniu kultury lub po dodaniu do niej wody wodociągowej, ruch staje się ruchem „kątowym“, odznaczającym się swoją zdecydowaną prostoliniowością oraz stałością kątów odbicia po zderzeniach. Ruch równoległy nie jest więc jakąś specjalną formą ruchu indywidualnego, lecz jest zwykłym ruchem „kątowym“. Wymoczek, wykonywujący ruch geotropiczny, nie płynie „w górę“, lecz płynie przed siebie, jego rzeczywisty kierunek zależy jedynie od ustawienia się w początkowej fazie reakcji. Przechylenie rurki wprowadza bodziec dodatkowy, gdyż wymoczek musi zderzyć się ze ścianką, co spowoduje odbicie i zniweczy całą równoległość ruchu.

Z tego stanowiska jednakowe działanie czynników bardzo różnej jakości staje się zrozumiałe. Bowiem prawdziwy czynnik

zjawiska pozostaje zawsze ten sam, polega on na podrażnieniu zwierzęcia i na związanem z tem chwilowem wstrzymaniem lub osłabieniem ruchu rzęskowego. Jak można sądzić z porównania wszystkich opisanych prób, właściwem podrażnieniem jest tu zawsze zmiana środowiska. Paruminutowe gazowanie cieczy z pewnością zmienia znacznie jej własności fizyko-chemiczne, podobnie jak wstrząsanie cieczy z powietrzem. Dodanie wody wodociągowej, przegotowanej lub nie, ma ten sam skutek. Słabe stężenie CO_2 również jest zmianą środowiska, podrażniającą pierwotniaki, gdy stężenia większe oddziałują toksycznie. Podobnie i kwasowość w pewnych granicach działa analogicznie. Ze wszystkich podanych prób tylko w jednej czynnik zmiany środowiska był nieobecny: w próbach wstrząsania wymoczków z perłami szklanymi w naczyniu zamkniętem. To też i geotropizm w tych warunkach nie wystąpił wcale. Istotnie więc wskazany czynnik pozwala usystematyzować wszystkie fakty, bez jakichkolwiek poważniejszych sprzeczności.

Zarazem hipoteza nasza prowadzi do ważnego wniosku. Wszelki tropizm oznacza reakcję przymusową, jednakową dla wszystkich osobników i tylko w tem znaczeniu pojęcie ma określony sens. Wśród różnorodnych ruchów pionowych wymoczek tylko jednolity równoległy ruch ku górze zasługuje na miano geotropizmu w ścisłym tego słowa znaczeniu. Geotropizm ten jest zjawiskiem sztucznym. Wieloma sposobami można zmusić wymoczek do wykonywania ruchu równoległego, który przebiega tak stale i prawidłowo, że musi polegać na jakichś prostych mechanizmach ciała. Stałość reakcji dowodzi braku interferencji jej czynników, co jest możliwe jedynie w przypadku czynników prostych. Czynnikiem zasadniczym geotropizmu wymoczek jest przesunięcie środka ciężkości jego ciała ku tyłowi, czynnikiem dodatkowym jest spowodowane przez sztuczne warunki chwilowe wstrzymanie lub osłabienie ruchu rzęskowego. Klasyczna teoria mechaniczna geotropizmu znajduje w tem zachowaniu się wymoczek swoje potwierdzenie.

Ale w normalnem życiu kultury, jak zapewne i w zwykłych warunkach życiowych *Paramecium*, geotropizm jest nieobecny. Istnieje natomiast wielka różnorodność ruchów pionowych, nie mających nic wspólnego z geotropizmem, i zależnych przede-

wszystkiem od czynników biologicznych, istnieje nader zawiła i zmienna reakcja tigmotropiczna, związana z określonymi wpływami powierzchni. Istota ruchów pionowych sama w sobie nie może stanowić problemu. Bowiem wytłumaczyć wszystkie te ruchy można tylko przez wszechstronne poznanie warunków życiowych *Paramecium*.

Od tego jesteśmy jeszcze bardzo dalecy. Jako najpierwsze, narzucające się czynniki ruchów pionowych można wymienić sprawy odżywiania i sprawy oddychania. Ścisłe badania nad rozmieszczeniem i liczebnością bakterij w różnych okresach życia i rozwoju kultury wyjaśnią z pewnością wiele szczegółów zachowania się wymocзка. Sprawy oddechowe, jakkolwiek poświęcono im całą literaturę, pozostają niewyjaśnione. Faktem jest, że gęsta żywotna kultura pierwotniaków nie zawiera tlenu (GUTMANÓWNA '15, BŁĘDOWSKI i ZWEIBAUM '15), oraz że w warunkach całkowicie beztlenowych *Paramecia* mogą żyć i poruszać się normalnie przez wiele dni (LOEB i HARDESTY '95, PÜTTER '05). Z drugiej strony pomiary pobieralności tlenu przez wymocзки (BŁĘDOWSKI i ZWEIBAUM '15, GROBICKA i WASILEWSKA '25, KALMUS '28) wskazują na wysoką potrzebę tlenową wymocзка. Najbardziej rozpowszechnione mniemanie, iż *Paramecium* jest fakultatywnym anoksybiontem i że w pewnych warunkach może skierowywać swoje przemiany chemiczne na drogę beztlenową, wydaje się mało prawdopodobne. Zbyt wielka jest rozpiętość możliwości wymocзка. *Paramecium* może obejść się całkowicie bez tlenu, a jednocześnie pobiera tlen w ilościach, odpowiadających przemianie gazowej zwierząt stałocieplnych, czyli dwa skrajne typy przemiany gazowej byłyby urzeczywistnione w jednym organizmie. Kwestja jest otwarta, zaś jej zbadanie zapomocą nowoczesnych metod biochemicznych rzuciłoby światło i na istotę ruchów pionowych.

Streszczenie.

W wąskich rurkach pionowych, otwartych lub zamkniętych, napełnionych wodą wodociągową, pojedyncze osobniki *Paramecium* wykonywują ruch bezkierunkowy, o jednakowej częstotliwości i jednakowej szybkości w kierunku ku górze i ku dołowi. Jednak po zderzeniu się z powierzchnią cieczy wymoczek zwalnia ruch na przeciąg paru sekund, od dna zaś odbija się natychmia-

stowo. Dlatego też przeciętnie wymoczka nieco częściej można spotkać u góry rurki, niż u dołu. Takie same jest zachowanie się niewielkiej liczby wymoczków (10 — 20) w rurce.

W ten sposób tłumaczy się powstawanie skupień geotropicznych w kulturze masowej. Niema żadnej zasadniczej różnicy pomiędzy zachowaniem się osobników pojedynczych, a zachowaniem się osobników kultury masowej.

Wstrząsanie kultury z powietrzem przez 1 — 2 minuty powoduje zwolnienie ruchów, ale bardzo wyraźny i jednolity ruch kierunkowy ku górze. Koło samej powierzchni cieczy wymoczki tworzą gęste i trwałe skupienie tigmotropiczne. Jednakże samo podrażnienie mechaniczne nie wpływa na geotropizm, wzmagając tylko reakcję tigmotropiczną. Wobec tego zwiększony geotropizm należy przypisać zmianie właściwości cieczy kultury.

Stosunki tlenowe nie wpływają wyraźnie na reakcję geotropiczną. *Paramaecia* nie podążają ku źródłu dopływu tlenu i nasycenie komórki tlenem również nie tłumaczy wszystkich ruchów geotropicznych.

Krótkotrwałe przepuszczanie CO_2 przez ciecz kultury (1—10 sekund) nieznacznie zwiększa reakcję geotropiczną, 15 to-sekundowe doprowadzanie nasycza ciecz dwutlenkiem i powoduje zupełny zanik geotropizmu.

Kwas octowy w stężeniu $1/70$ — $1/80\%$ (pH 5.1 do 5.3) powoduje bardzo silny i jednolity geotropizm, połączony z tigmotropizmem. Inne stężenia kwasu są albo śmiertelne, albo geotropicznie obojętne. Kwasowość roztworu CO_2 , powodującego wzmożenie geotropizmu, wynosi pH 5.4 do 6.1.

Ruchy pionowe *Paramaecium* są bardzo różnorodne. Z różnych ich typów tylko jednolity równoległy ruch ku górze zasługuje na miano geotropizmu.

Geotropizm ujemny *Paramaecium* można wytłumaczyć przewagą ciężaru tylnej połowy ciała wymoczka. Wszystkie czynniki, wywołujące geotropizm, wiążą się ze zmianą środowiska, działającego jako podrażnienie. Wskutek działania tej podniety wymoczek zawiesza lub zwalnia na przebieg kilku sekund działalność swych rzęsek i w ciągu tej przerwy przewaga ciężaru tylnego końca ciała powoduje ustawienie się wymoczka dokładnie pionowo. Od tej chwili zaczyna działać normalny mechanizm rzęskowy i re-

gularna rotacja dookoła podłużnej osi ciała zachowuje dokładną prostolinjowość ruchu.

Geotropizm w ścisłym tego słowa znaczeniu jest zjawiskiem sztucznym, występującym tylko w specjalnych warunkach, w zwykłej kulturze nieobecnych. Jego przebieg jest stały i regularny, zjawisko daje się sprowadzić do prostych czynników. Natomiast wytłumaczyć całokształt ruchów pionowych *Paramecium* można jedynie po wyczerpującym poznaniu warunków życiowych wymoczka. Sprawy pokarmowe i oddechowe wysuwają się tu na pierwszy plan.

Piśmiennictwo.

Barratt Wakelin J. O. 1905. Die Kohlensäureproduktion von *Paramecium aurelia*. Zeitschr. f. allg. Physiol. 5 (66). Błądowski R. i J. Zweibaum. 1915. Doświadczenia nad pochłanianiem tlenu przez *Colpidium colpoda*. Sprawozd. Tow. Nauk. Warsz. Rok VIII, zes. 4 (251). Bouine J. H. 1921. Hydrogen-ion concentration of protozoan cultures. Biolog. Bull. 41 (70). Bresslau E. 1925. Ein einfacher, für hydrobiologische, zoologische und botanische Zwecke geeigneter Apparat zur Messung der Wasserstoffionenkonzentration. Arch. f. Hydrobiol. 15 (585). Budgett S. P. 1898. On the similarity of structural changes produced by lack of oxygen and certain poisons. Americ. Journ. of Physiol. 1 (210). Dembowski J. 1923. Obserwacje nad ruchem *Paramecium caudatum* w kroplach różnego kształtu geometrycznego. Prace Zakł. Biol. Inst. Nenckiego. 1 (1). Dembowski J. 1928. Ruchy pionowe *Paramecium caudatum*. I. Względne położenie środka ciężkości w ciele wymoczka. Acta Biol. Experim. 3 (19). Efimoff W. W., N. J. Nekrassow und A. W. Efimoff. 1928. Die Einwirkung des Oxydationspotenzials und der H-Ionenkonzentration auf die Vermehrung der Protozoen und Abwechslung ihrer Arten. Biochem. Zeitschr. 197 (105). Fine M. S. 1912. Chemical properties of hay infusions with special reference to the titratable acidity and its relation to the protozoan sequence. Journ. of Exper. Zool. 12 (265). Fox H. M. 1925. The effect of light on the vertical movement of aquatic organisms. Proc. of the Cambridge Philos. Soc. Biol. Se. 1 (219). Grobicka J. i J. Wasilewska. 1925. Próba analizy chemicznej ilościowej wymoczka *Paramecium caudatum*. Prace Inst. Nenckiego. 3 (1). Gutmanówna L. 1915. Przyczynek do badań nad ilością gazów w hodowli pierwotniaków. Sprawozd. Tow. Nauk. Warsz., rocznik VIII, zes. 1 (73). Jacobs M. H. 1912. Studies on the physiological characters of species. I. The effects of carbon dioxide on various protozoa. Journ. Experim. Zool. 12 (519). Kalmus H. 1927. Das Kapillar-Respirometer: Eine neue Versuchsanordnung zur Messung des Gaswechsels von Mikroorganismen. Vorl. Mitt. Biolog. Zentralbl. 47 (595). Kalmus H. 1928. Untersuchungen über die Atmung von *Paramecium caudatum*. Zeitschr. f. vergl. Physiol. 7 (314).

Loeb J. und J. Hardesty. 1895. Über die Localisation der Athmung in der Zelle. Arch. f. ges. Physiol. **61** (583). **Lund E. I.** 1921. Quantitative studies on intracellular respiration. V. The nature of the action of KCN on paramaecium and planaria, with an experimental test of criticism, and certain explanations offered by Child and others. Americ. Journ. of Physiol. **57** (336). **Mędrkiewiczówna H.** 1921. Wpływ wielkości powierzchni cieczy na rozwój kultur wymoczków (*Colpidium colpoda* Ehrbg.). Prace Zakł. Fizjol. Inst. Nenckiego. **1** (1). **Morea L.** 1927. Influence de la concentration en ions H sur la culture de quelques Infusoires. C. R. Soc. Biol. **97** (49). **Peters A.** 1906. Chemical studies on the cell and its medium. I. Methods for the study of liquid culture media. Americ. Journ. of Physiol. **17**. **Peters A.** 1907. II. Some chemico-biological relations in liquid culture media. Ibid. **18**. **Prowazek S.** 1903. Studien zur Biologie der Zelle. Zeitschr. f. allg. Physiol. **2**. **Pütter A.** 1905. Die Atmung der Protozoen. Zeitschr. f. allg. Physiol. **5** (566). **Singh Pruthi H.** 1927. On the hydrogen-ion concentration of hay infusions, with special reference to its influence on the protozoan sequence. Brit. Journ. of Exper. Biol. **4** (292). **Vieweger T.** 1912. Recherches sur la sensibilité des Infusoires (alcalioxytaxisme, les réflexes locomoteurs, l'action des sels). Archives de Biol. **27** (723). **Vieweger T.** 1922. Działanie produktów przemiany materji w hodowlach wymoczków. Prace Zakł. Fizjol. Inst. Nenckiego. **I** (1). **Viewegerowa J. i T. Vieweger.** 1921. Badanie czynników rozwoju kultur *Colpidium colpoda* Ehrbg. III. Wpływ ilości pokarmu i głód. Ibid. **Wachendorff T.** 1911. Der Gaswechsel von *Colpidium colpoda*. Zeitschr. f. allg. Physiol. **13** (105). **Woodruff L. L.** 1912. Observations on the origin and sequence of the protozoan fauna of hay infusions. Journ. of Experim. Zool. **12** (205). **Zweibaum J.** 1921. Ricerche sperimentali sulla coniugazione degli infusori. I. Influenza della coniugazione sull'assorbimento dell'O₂ nel *Paramaecium caudatum*. Arch. f. Protistenk. **44** (99).

[Pracownia Chemiczno-Fizjologiczna Kasy Chorych M. Lwowa].

A. Mokłowska.

Badania nad składem chemicznym hemolimfy gąsienicy wilczomlecza (*Deilephila euphorbiae*).

*Recherches sur la composition chimique du sang chez la chenille du *Deilephila euphorbiae*.*

Rękopis nadesłany w dniu 17. IV. 1929 r.

Le but de nos recherches était d'étudier la composition chimique du sang chez la chenille du *Deilephila euphorbiae* à l'aide des méthodes de la chimie clinique.

Les résultats du dosage de l'azote total, de l'azote protéique et non-protéique se trouvent mis en parallèle dans le tableau I (voir le texte polonais).

Le taux de l'azote total (1180 mgr. %) ne diffère presque point de celui que l'on trouve dans le sang des Mammifères; cependant la quantité d'azote protéique se montrant — dans l'hémolymph — amoindrie de 30%, le taux de l'azote non-protéique se présente dix fois plus élevé (355 mgr. %) que celui chez les Mammifères.

L'azote non-protéique se compose, en une partie prépondérante, d'acides aminés (170 mgr. %).

Le taux de l'acide urique subit des variations considérables. En appliquant la méthode directe (FOLIN), nous avons pu trouver la valeur moyenne, soit 20 mgr. %; après la précipitation au lactate d'argent on n'en obtenait que 16 mgr. %.

La faculté réductrice du filtrat frais du sang déprotéinisé correspond à 127 mgr. % de glucose; plus tard cette faculté s'amoindrit sensiblement; et pourtant il nous paraît bien douteux que cette réduction serait due à la présence de la glucose, puisque toute la quantité d'oxydule de cuivre reste dans la solution.

En sels minéraux nous avons trouvé les quantités suivantes: Ca — 41.25 mgr.%, Mg — 43.3 mgr.%, Fe — 5.8 mgr.%; et puis: Cl (comme NaCl) — 80.0 mgr.% et des phosphates, comme P, — 12.05 mgr.%. Le poids spécifique du sang est 1.031.

Le niveau d'azote protéique ne subit aucun changement durant le jeûne, qui accompagne la transformation en nymphe, et le taux de l'acide urique s'abaisse au point à ne pas présenter que des traces. On a donc affaire avec un cas de l'abaissement du métabolisme protéique.

Lorsqu'on soumet à jeûne une chenille mûre au moment, où elle n'a pas encore cessé de se nourrir, le taux de la protéine dans le sang diminue après 4—5 jours de moitié, tandis que le taux élevé de l'acide urique se maintient et ceux de l'azote non-protéique, de même que de l'azote aminé, restent sans changement. Ces différences: entre l'état de jeûne physiologique et celui de jeûne expérimental, ont été confirmées par des déterminations réfractométriques: dans le sang d'une chenille mûre se nourrissant encore on a noté 61.5 (index 1.351) et pendant sa transformation en nymphe — 65 (index 1.352), tandis qu'à l'état de jeûne ce chiffre tombait à 46 (index 1.345).

Praca niniejsza miała na celu oznaczenie szeregu składników hemolimfy gąsienicy wilczomlecza (*Deilephila euphorbiae*) przy zastosowaniu metod, używanych dla celów djagnostyki lekarskiej. Wielki postęp metodyki tych badań w latach ostatnich pozwala przestać na małej ilości materiału i wykonać dokładne oznaczenia ilościowe tam, gdzie dawniej musieliśmy się zadowolić próbą jakościową. W odniesieniu do hemolimfy owadów metody te znalazły dotąd szersze zastosowanie jedynie w pracy BISHOPA, BRIGGSA i RONZONIEGO ('25), w której autorowie badali skład chemiczny hemolimfy larw i poczwarek pszczoły. Zważywszy znaczne rozbieżności, spotykane między owadami nawet tych samych

rzędów, jak wilczomleczek i jedwabnik (HELLER '26), i szereg specjalnych przystosowań u pszczoły, trudno było a priori sądzić cokolwiek o ważności tych wyników dla owadów wogóle.

Materiał i metody.

Masowy [pojaw gąsienic wilczomlecza zaczyna się w początkach sierpnia i trwa do połowy września. Z powodu krótkości tego okresu musiałam ograniczyć zamierzony zakres badania: odpadło oznaczanie ciał tłuszczowych, cholesteryny, sodu i potasu. Oznaczałam ciężar właściwy, azot całkowity, białkowy i niebiałkowy, azot kwasów aminowych, kwas moczowy, cukier (wzgl. ciała redukujące), wapń, magnez, żelazo, fosforany i chlorki.

Hemolimfę otrzymywałam, nacinając odnoże 1. lub 2. pary brzusznej równoległe do osi długiej ciała. Dorosła gąsienica daje z łatwością 0.5 — 1.0 cm³ hemolimfy, ranka goi się szybko i zazwyczaj zapoczwarczenie przebiega normalnie.

Azot całkowity oznaczałam metodą PARNASA-WAGNERA ('21) w 0.1 cm³ hemolimfy, odmierzając pipetą na 0.1 cm³ o jednym znaku. Azot niebiałkowy oznaczałam tą samą metodą w 0.8 — 1.2 cm³ przesączu po odbiałczeniu kwasem wolframowym według FOLINA ('19). Celem oznaczenia azotu białkowego spalałam w pierwszych doświadczeniach sączek wraz z osadem, otrzymanym przy odbiałczeniu, rozcieńczałam do 30 cm³ i brałam do destylacji według PARNASA-WAGNERA jednorazowo 10 cm³. Ponieważ jednak spalanie większych ilości białka trwało zbyt długo, rozpuszczałam w następnych doświadczeniach osad na sączku w 3% ługu sodowym, rozcieńczałam w kolbecie miarowej do 50 cm³ i brałam do spalania taką ilość otrzymanego roztworu, jaka zawierała w przybliżeniu 0.5 mg azotu. Do oznaczania azotu aminowego posługiwałam się metodą kolorymetryczną, podaną dla krwi przez FOLINA ('22). Oznaczanie kwasu moczowego przeprowadzałam według metody FOLINA ('23). Cukier oznaczałam metodą FOLINA-WU ('20), jednak, co do interpretacji wyników, mam zastrzeżenia, które omówię poniżej.

Wapń określałam metodą DE WAARDA (Chem. Kal. 1928), zaś magnez według przepisu, podanego przez PINCUSSENA (Mikromethodik, str. 95), podobnie żelazo (str. 99) i fosforany (str. 83). Chlorki oznaczałam według VOLHARDA w 10 cm³ przesączu (odbiałczenie kwasem wolframowym według FOLINA) przy pomocy płynów N/100.

Wartości, podane dla ciężaru właściwego, otrzymałam w następujący sposób: pipetą 2- lub 3-centymetrową odmierzalam hemolimfę do naczynia wagowego i ważyłam. Następnie tą samą pipetą po przepłókaniu odmierzalam wodę i ważyłam powtórnie. Dzieląc ciężar hemolimfy przez ciężar wody otrzymujemy ciężar właściwy.

Współczynnik załamania oznaczałam przy pomocy refraktometru PULFRICH-ZEISSA, z zastosowaniem pomocniczego pryzmatu do małych ilości płynu.

Doświadczenia.

Doświadczenie 1-sze. 18.VIII.1927. Nacięto 3 gąsienice dorosłe, jeszcze żerujące, otrzymując 2.2 cm³ hemolimfy. Oznaczono: azot całkowity: 1175 mg%, azot białkowy 825 mg%, azot niebiałkowy 358.4 mg%, ciała redukujące w ilości odpowiadającej 132 mg% glukozy, kwas moczowy (bez strącania jako moczan srebra) 13.3 mg%, azot kwasów aminowych 181.6 mg%, wapń 41.6 mg%, fosforany 12.05 mg%, zaś ciężar właściwy wynosił 1.032.

Doświadczenie 2-gie. 1.VIII.1928. Gąsienica po ostatnim linieniu, żeruje. Otrzymuję 0.6 cm³ hemolimfy. Zapoczwarcza się 18.VIII., samica. Oznaczono: kwas moczowy metodą bezpośrednią — 18.4 mg%, ciała redukujące w ilości odpowiadającej 136 mg% glukozy, azot niebiałkowy: 389 mg%.

Doświadczenie 3-cie. 2.VIII.1928. Gąsienica dorosła, żeruje. Otrzymuję tylko 0.185 cm³ hemolimfy skutkiem zbyt słabego nacięcia. Zapoczwarcza się 18.VIII., samiec. Azot niebiałkowy: 397.6 mg%, azot białkowy 808 mg%.

Doświadczenie 4-te. 7.VIII.1928. Dwie gąsienice po ostatniej wylince, pozbawione od 4.VIII. pokarmu, dają 0.87 cm³ hemolimfy. Po nacięciu żerują, jedna z nich zapoczwarcza się 19.VIII, samiec, druga ginie. Azot niebiałkowy: 374 mg%, azot białkowy: 408 mg%, kwas moczowy bez strącania: 16 mg%, ciała redukujące odpowiadają 136.4 mg% glukozy.

Doświadczenie 5-te. 20.VIII. Dwie gąsienice zupełnie wyrośnięte, tuż przed zapoczwarczeniem, jednak jeszcze żerują i hemolimfa nie ciemnieje na powietrzu: otrzymano 2.1 cm³. Jedna z nich zapoczwarcza się 28.VIII. (samiec), druga ginie. Oznaczono ciężar właściwy: 1.040. Cukier (wzgl. ciała redukujące) 119 mg%, to samo oznaczenie, wykonane po 24 godz.: 81.6 mg%, azot całkowity: 1158 mg%, azot białkowy: 827 mg%, kwas moczowy bezpośrednio 28.2 mg%, po strąceniu mleczanem srebra 23.2 mg%, w refraktometrze odczytano podziałkę 46, czyli współczynnik załamania odpowiada 1.3450.

Doświadczenie 6-te. 21.VIII. Gąsienica głodzona od 18.VIII daje 0.35 cm³ hemolimfy. Ginie przed zapoczwarczeniem. Azot białkowy: 523 mg%, azot niebiałkowy: 362 mg%, kwas moczowy bez strącania: 25.0 mg%, po strąceniu 18.7 mg%.

Doświadczenie 7-me. 24.VIII. Gąsienica zaprzestała żerowania, biega, hemolimfa nie ciemnieje. Otrzymano hemolimfy 1.0 cm³, gąsienica zapoczwarcza się bez dalszego żerowania 29.VIII. (samiec). Oznaczyłam azot niebiałkowy: 335 mg%, azot białkowy: 804 mg%, kwas moczowy bez strącania 4.7 mg%, po strąceniu ledwie ślady, ciała redukujące odpowiadają 137.8 mg% glukozy.

Doświadczenie 8-me. 29.VIII. Nacinam 15 dużych, żerujących gąsienic, otrzymując 8.0 cm³ hemolimfy. Dwie gąsienice wykazują hemolimfę

wybitnie zieloną. Po nacięciu żerują wszystkie do 7 — 9. IX, poczem 10 zapoczwarcza się, 5 ginie w trakcie zapoczwarczenia. Zapoczwarczone wylęgają się wszystkie między 20 stycznia a 15 marca 1929, 3 samce i 7 samice. Korzystając z większej ilości płynu, oznaczyłam ilość kropeł, która wypływa z 3-centymetrowej pipety kroplowej RONY i MICHAELISA: 97, 96, 95, 97, 95 i 97 kropli, przeciętnie 96 kropeł. W podobnych warunkach dała woda przeciętnie 92 krople. Ciężar właściwy wynosi 1.022, azot całkowity 11.4 mg%, azot niebiałkowy 318 mg%, azot białkowy 835 mg%, kwas moczowy bezpośrednio 22.1 mg%, po strąceniu 17.1 mg%, azot kwasów aminowych 166 mg%.

Doświadczenie 9-te. 3.IX. Nacinam 20 gąsienic, z których jedna daje hemolimfę ciemniejącą na powietrzu (początek zapoczwarczenia). Po nacięciu były gąsienice trzymane na wolnym powietrzu, gdzie przeważnie wyginęły, prawdopodobnie z powodu zimna i dżdżystej pogody. Otrzymałam 10 cm³ hemolimfy. Ciężar właściwy: 1.032. Pipeta kroplowa RONY — MICHAELISA daje średnio 91 kropli. Azot całkowity: 1170 mg%, azot niebiałkowy 338 mg%, ciała redukujące odpowiadają 120 mg% glukozy, po 24-godzinnym staniu przesącza 95.2 mg%, kwas moczowy bezpośrednio 20 mg%, azot kwasów aminowych 167 mg%, chlorki 48.6 mg%, żelazo 5.85 mg%. Azot osadu, wypadającego z hemolimfy już po kilku minutach: 43 mg%.

Doświadczenie 10-te. 6.IX. 8 gąsienic dorosłych żerujących daje 4 cm³ hemolimfy. Zawartość wapnia: 40.9 mg%, magnezu: 43.5 mg%, żelaza: 5.7 mg%.

Doświadczenie 11-te. 8.IX. 5 gąsienic daje 2 cm³ hemolimfy. Azot całkowity: 1162 mg%, azot niebiałkowy: 342.5 mg%, ciężar właściwy 1.028.

Doświadczenie 12-te. 14.IX. Gąsienica nie żeruje, biega przed zapoczwarczeniem. Otrzymałam 0.6 cm³ hemolimfy. Azot niebiałkowy: 370 mg%. Azot kwasów aminowych 164 mg%, cukier (wzgl. ciała redukujące) 56 mg%. Odczytanie refraktometru: 65 kresek podziałki, co odpowiada współczynniki załamania: 1.35205.

Doświadczenie 13-te. 14.IX. Z dorosłej, żerującej gąsienicy wzięto kroplę hemolimfy do oznaczenia refraktometrycznego. Odczytano 61.5 kresek podziałki, co odpowiada współczynniki: 1.35075.

Omówienie wyników.

I. Gąsienica dorosła, żerująca.

Azot całkowity, białkowy i niebiałkowy (tab. I). Zawartość azotu całkowitego hemolimfy waha się około 1180 mgr. %, a więc jest zbliżona do ilości, odpowiadającej zawartości w krwi ssaków. Kiedy jednak w krwi ssaków przeszło 97% azotu przypada na białko, to u wilczomlecza udział ten

wynosi tylko 70%. Zawartość azotu niebiałkowego jest więc dziesięciokrotnie wyższa, niż u ssaków.

Z pośród składników azotu niebiałkowego wysuwają się na pierwszy plan kwasy aminowe, dochodząc do 48.4% jego wartości, a 14.5% azotu całkowitego. W krwi człowieka azot

Tabela I.

Azot całkowity, białkowy, niebiałkowy i aminowy.
L'azote total, protéique, non-protéique et aminé.

№	Dośw.	N całkow.	N białkowy	N niebiał-	N aminowy
	<i>Expér.</i>	<i>N total</i>	<i>N protéique</i>	<i>kowy</i>	<i>N (NH₃)</i>
	№	mg %	mg %	<i>non-protéique</i>	<i>N (NH₃)</i>
				mg %	mg %
1	1	1175	825	358.4	181.6
2	2	—	—	380.0	—
3	3	1205.6 *)	808	397.6	—
4	5	1158	827	331.6 *)	—
5	8	1194	835	318	166.0
6	9	1170	832 *)	338	167.0
7	11	1162	819.5 *)	342.5	—
*) obliczone <i>calculé</i>		1177.4 mg%	824.4 mg%	353.7 mg%	171.5 mg%

kwasów aminowych stanowi około 20% azotu niebiałkowego, ale tylko 0.7—0.8% azotu całkowitego. Mamy tu więc do czynienia z daleko posuniętym rozpadem białka już u gąsienicy. Ta okoliczność tłumaczy do pewnego stopnia, dlaczego w okresie poczwarkowym nie wykazano (HELLER '24) zwiększenia proteolizy w porównaniu z gąsienicą.

Tabela II.

Zawartość kwasu moczowego.
Quantité d'acide urique.

№	Dośw.	Metoda bezpośrednia	M. pośrednia
	<i>Expér.</i>	<i>Méthode directe</i>	
	№		
1	5	28.2 mg%	23.2 mg%
2	6	25.0 "	18.7 "
3	7	4.7 "	ślady — <i>traces</i>
4	8	22.1 "	17.1 mg%

Dalszą zróżnicowaną frakcją azotową jest kwas moczowy, który tu stanowi końcowy produkt przemiany białkowej. Bezpośrednia metoda kolorymetryczna oznaczania kwasu moczowego wykazuje oprócz tego ciała także różne fenole. W krwi ludzkiej

kwaz moczowy stanowi przeciętnie 90% wszystkich ciał, oznaczanych metodą bezpośrednią, można więc naogół zrezygnować z wyosabniania moczanu srebowego. Należało się przekonać, jak się ta sprawa przedstawia w hemolimfie.

Wartości tabeli II wykazują, że różnice między zawartością kwasu moczowego a całkowitą zawartością ciał, dających barwną reakcję z odczynnikiem fosforo-wolframowym i cjankiem, są znaczne i wahają się około 5 mg. Mimo to poprzestałam przeważnie na oznaczeniu bezpośrednim, jako znacznie prostszem.

Poza kwasem moczowym nie znalazłam innych składników azotu niebiałkowego. Mocznika i kreatyniny niema tu w ilościach uchwytnych, amonjaku znalazłam ledwie ślady. Gdyby nawet przyjąć, że całość ciał redukujących (p. niżej) jest identyczna z glukozaminą, to odpowiadałoby to najwyżej 10 mg azotu. W sumie więc mielibyśmy wytłumaczenie najwyżej dla 190 mg% N, natomiast przeszło

160 mg% należy do związków nieokreślonych bliżej. Nie wydaje mi się rzeczą prawdopodobną, by w takiej ilości miały występować związki purynowe. Można by raczej myśleć o kwasie argininofosforowym, który ma 4 atomy azotu w każdej cząsteczce. Doświadczalnie jednak tej możliwości nie sprawdzałam.

Ciała redukujące. Stosując metodę FOLINA oznaczania cukru, otrzymałam następujące wartości:

Dośw. 1-sze:	132 mg%
„ 2-gie:	136 „
„ 5-te:	119 „
„ 9-te:	120 „
	<hr/>
	126.75 mg%

Wygląd płynu po redukcji nasunął mi pewne wątpliwości: ani w świetle przechodzącem, ani w odbitem nie było znać zawieszonych cząstek tlenku miedziawego. Po odwirowaniu płynu i zlanu z nad osadu można się przekonać, że osad nie daje zupełnie zabarwienia z odczynnikiem fosforo molibdeno-wolframowym, natomiast oddzielony płyn daje zabarwienie tak intensywne, jak całość niewirowana. Jeśli traktujemy w podobny sposób

Tabela III.

Zawartość kwasu moczowego (metoda bezpośrednia).
Quantité d'acide urique, dosage colorimétrique, direct.

№	Dośw. Exper. №	mg %
1	1	13.3
2	2	18.4
3	5	28.2
4	8	22.1
5	9	20.0
		<hr/>
		20.4 mg

roztwór glukozy, to do osadu przejdzie cały tlenek miedziawy, roztwór zaś przestaje barwić odczynnik fosforo-molibdeno-wolframowy. Mamy zatem powody do przyjęcia, że ciała redukujące hemolimfy w swej większości nie są identyczne z glukozą. Zachowanie się ich odpowiada ciałom azotowym krwi ssaków, które powodują t. zw. redukcję niecukrową (resztkową). Ze względu na tworzenie się chityny możnaby myśleć o glukozaminie.

Z pośród składników nieorganicznych oznaczyłam wapń w doświadczeniu 1-em i 10-tem, znajdując 41.6 i 40.9 mg %, średnio 41.25 mg %, oraz magnez w doświadczeniu 10-tem: 43.5 mg %. W porównaniu z krwią ludzką zawartość wapnia jest czterokrotnie wyższa, magnezu zaś przeszło dwudziestokrotnie. Te dwa składniki przyczyniają się zapewne w znacznym stopniu do nadania hemolimfie tak znacznej nieprzenikliwości dla promieni Röntgena (HELLER i MEISELS '26). Żelazo bowiem, które we krwi kręgowców warunkuje jej kryjące w rentgenografii własności, jest tu zawarte w ilości nieznacznej: w dośw. 9-tem 5.85 mg %, w dośw. 10-tem 5.7 mg %, średnio 5.78 mg %. Przesącz bezbiałkowy żelaza nie zawiera.

Chlorki zawarte są w hemolimfie w ilości około 8 razy mniejszej, niż we krwi ludzkiej: w doświadczeniu 9-tem znalazłam 48.6 mg %, licząc jako Cl'.

Fosforany w doświadczeniu 1-szem wyniosły 12.05 mg %, licząc jako fosfór.

Ciężar właściwy wyznaczyłam w następujących doświadczeniach:

Dośw. 1-sze:	1.032
" 5-te:	1.040
" 8-me:	1.022
" 9-te:	1.032
" 11-te:	1.028
Przeciętnie:	1.031

Współczynnik załamania (indeks refraktometryczny) hemolimfy dorosłej, żerującej gąsienicy odpowiada (dośw. 13-te) podziałce 61.5 i wynosi 1.35076.

Ilość kropeł, która wypływa z pipety kroplowej RONY-MICHAELISA, była w doświadcz. 8-em nieco większa, w 9-tem prawie równa ilości kropeł wody. Zważywszy, że zawartość białka

jest znaczna, musimy przypuścić, że hemolimfa zawiera ciała obniżające napięcie powierzchniowe.

II. Gąsienica podczas zapoczwarczenia.

Kiedy gąsienica ma się zapoczwarczyć, zaprzestaje żerowania i zaczyna bieg, trwający prawie bez przerwy kilkadziesiąt godzin. Z początku hemolimfa nie ciemnieje na powietrzu, w dalszych godzinach nabiera tej własności. W następnym okresie zapoczwarczenia gąsienica osnuwa się, w trzecim zaś, który trwa aż do zrzucenia skórki, leży nieruchomo. W doświadczeniu 7-mem badałam hemolimfę gąsienicy, która biegała widocznie niezbyt długo, bo hemolimfa jeszcze nie ciemniała. Natomiast gąsienica z doświadczenia 12-tego, jakkolwiek również biegająca, dała krew ciemniejącą.

Jeśli porównamy wyniki tych dwu doświadczeń z przeciętnymi dla gąsienicy żerującej, to możemy stwierdzić, że ilość azotu niebiałkowego nie ulega zmianie (335-i 370 mg %). Ilość azotu białkowego (808 mg % w dośw. 7-mem) nie wykazuje również znacniejszego odchylenia, mimo głodu. Można by to tłumaczyć albo zasilaniem hemolimfy stopniowo rozpuszczaniem białkiem tkankowym, albo wybitnym ograniczeniem przemiany białkowej. Oznaczenie kwasu moczowego przemawia za tem drugim, bowiem metodą bezpośrednią znalazłam 4.7 mg %, zaś pośrednią—zaledwie ślady. Kwasy aminowe wykazują w doświadczeniu 12-tem 164 mg %, a więc wartość bliską przeciętnej.

Co do zawartości ciał redukujących, to z dośw. 7-mego otrzymałam 137.8 mg %, z 12-tego zaś, mimo natychmiastowe oznaczenie, tylko 56 mg %, licząc jako glukozę. O ile ta ostatnia analiza nie zawierała jakiegoś niepochwyconego błędu, trzebaby przyjąć, że zawartość ciał redukujących w przebiegu zapoczwarczenia spada w sposób prawie nagły.

O wysokiej zawartości białka w hemolimfie z dośw. 12-tego świadczy badanie refraktometryczne: załamanie odpowiadało 65-tej kresce skali (współ. 1.35205).

Tak więc zarówno oznaczenie azotu białkowego, jak i badanie refraktometryczne wskazują na to, że w chwili rozpoczęcia zapoczwarczenia białkowa przemiana materji ogranicza się do minimum. Do tego samego

wniosku doszedł HELLER (26), który obliczył na podstawie analiz dojrzałej gąsienicy i świeżej poczwarki, że udział energetyczny białka w przemianie materji podczas zapoczwarczenia wynosi u wilczomlecza zaledwie 13%. Tu jednak zjawisko to występuje znacznie ostrzej i przywodzi na myśl zdanie GOLDSCHMIDTA (22), że zapoczwarczeniu zawsze towarzyszy zmiana w chemizmie przemiany materji. Byłoby rzeczą ciekawą stwierdzić, jak się ma sprawa u innych owadów.

III. Gąsienica głodzona.

Zupełnie inny obraz, niż opisany powyżej, daje nam głodzenie gąsienicy, która jeszcze dobrowolnie nie zaprzestała żerowania, a więc nie jest jeszcze gotowa do zapoczwarczenia. Gąsienica taka wykazuje — podobnie jak poprzednie — zwiększoną ruchliwość, jednak jej przemiana materji ma typ przeważnie białkowy.

Świadczy o tem już zawartość kwasu moczowego w hemolimfie, utrzymująca się mimo głodu na wysokim poziomie: 16 mg % w dośw. 4-tem, a 25 mg % w dośw. 6-tem. Wyraźniej jeszcze widać to z oznaczeń azotu białkowego, który spada w dośw. 6-tem do 523 mg %, a w 4-tem nawet do 408 mg %, a więc o połowę normalnej wartości.

Wynik analizy chemicznej znajduje też potwierdzenie w oznaczeniu refraktometrycznem, które dla hemolimfy z dośw. 4-tego wykazuje podziałkę 46 (współcz. 1.3450) wobec 61.5 (wsp. 1.3508) w doświadczeniu 13-tem.

Natomiast zawartość azotu niebiałkowego nie ulega zmianie, wynosząc 374 i 362 mg %. Podobnie nie ulega zmianie zawartość ciał redukujących.

Nasuwało się pytanie, jak się przedstawia przemiana materji w czasie linienia, kiedy gąsienica również zaprzestaje żerowania. Dla orjentacji wykonałam oznaczenia refraktometryczne w okresie przedostatniego linienia. Jedna z użytych gąsienic siedziała zupełnie nieruchomo, jeszcze w starej skórce, druga zrzuciła właśnie skórkę i zaczęła się ruszać. W pierwszym przypadku odczytałam 45.5 (współcz. 1.3448), w drugim 37.0 (współcz. 1.3416). Wynikałoby stąd, że głód w czasie linienia odpowiada raczej głodzeniu sztucznemu, niż głodowi podczas zapoczwarczenia.

Na zakończenie zestawiam wartości, znalezione dla gąsienicy wilczomlecza z danemi, które dla larwy pszczoły znaleźli BISHOP, BRIGGS i RONZONI ('25).

Pozatem znajdujemy jeszcze u amerykańskich badaczy następujące wartości: potas 95.5 mg %, sód 11.5 mg %, tłuszcze 453 mg % i cholesteryna 35 mg %. Ciężar właściwy wynosi 1.045 wobec 1.031 u wilczomlecza, odpowiednio do wyższej zawartości białka i cukru.

Tabela IV.

Składniki <i>Composants</i>	<i>Deilephila euphorbiae</i>	<i>Apis mellifica</i> ¹⁾
N całkowity <i>N total</i>	1177.4 mg%	1375 mg%
N białkowy <i>N protéique</i>	824.4 "	1035 "
N niebiałkowy <i>N non-protéique</i>	353.7 "	340 "
N kwasów aminowych <i>N aminé</i>	171.5 "	290 "
Kwas moczowy <i>Acide urique</i>	20.4 "	5.9 "
Cukier <i>Sucre</i>	127 "	685 "
Wapń <i>Calcium</i>	41.25 "	14.45 "
Magnez <i>Magnésium</i>	43.5 "	20.5 "
Chlorki jako NaCl <i>Cl comme NaCl</i>	80 "	193 "
Żelazo <i>Fer</i>	5.8 "	—
Fosforany jako P <i>Phosphates comme P</i>	12.05 "	31.3 "

Pewnych zastrzeżeń wymagają jeszcze wartości, podane w tabeli dla azotu aminowego i cukru. Autorowie nie podają, jaką metodą oznaczali azot aminowy; jeśli stosowali metodę D. VAN SLYKE'A, to różnicę w zawartości azotu aminowego można odnieść do właściwości metody, która oznacza nie tylko grupy aminowe kwasów aminowych, ale także wolne grupy aminowe peptydów i wyżej złożonych ciał.

Co do cukru, to autorowie nie wysuwają wątpliwości co do jakości ciał redukujących, natomiast dopuszczają możliwość zanieczyszczenia hemolimfy—przy pobieraniu—bogatemi w cukier resztkami pokarmowemi.

¹⁾ BISHOP, BRIGGS, RONZONI ('25).

Streszczenie.

Oznaczono szereg składników w hemolimfie gąsienicy wilczomlecza, stosując metody chemii klinicznej.

1°. W porównaniu z krwią ssaków znajdujemy prawie równą ilość azotu całkowitego (1180 mg %), przy czym na azot białkowy wypada o 30% mniej (825 mg %), skutkiem czego azot niebiałkowy (355 mg %) osiąga zawartość dziesięciokrotnie wyższą, niż w krwi ssaków.

2°. Najważniejszym składnikiem azotu niebiałkowego jest azot kwasów aminowych (170 mg %), stanowiący 48% azotu niebiałkowego, a 14.5% całkowitego, przewyższając zawartość w krwi ssaków dwudziestokrotnie. Poziom kwasów aminowych wykazuje bardzo małe wahania w różnych warunkach odżywiania i wieku.

3°. Zawartość kwasu moczowego wykazuje silne wahania. Metoda bezpośrednia daje wartości około 20 mg %, metoda z wyosobnieniem soli srebrowej około 14 mg %.

4°. Ciała redukujące dają metodą FOLINA-WU (20) wartość odpowiadającą 127 mg % glukozy. Ponieważ jednak cały tlenek miedziawy pozostaje w roztworze, jest rzeczą wątpliwą, czy mamy tu do czynienia z cukrem. Przy staniu przesączu bezbiałkowego siła redukcyjna maleje.

5°. Z pośród składników nieorganicznych oznaczono: wapń 41.25 mg %, magnez 43.5 mg %, żelazo 5.8 mg %, chlorki 48.6 mg % (jako Cl⁻), fosforany 12.05 mg % (jako P). Ciężar właściwy hemolimfy wynosi 1.031.

6°. W czasie głodu podczas zapoczwarczenia poziom białka nie ulega zmianie, a zawartość kwasu moczowego spada do śladów. Zachodzi tu więc gwałtowne obniżenie przemiany białkowej.

7°. Jeśli głodowi poddać dorosłą gąsienicę żerującą, to w ciągu 4—5 dni spada zawartość białka w hemolimfie do połowy, a kwas moczowy utrzymuje się na zwykłym poziomie. Azot aminowy i niebiałkowy zmian nie wykazują.

8°. Powyższe różnice między głodem fizjologicznym a sztucznym stwierdzono również refraktometrycznie, odczytując w hemo-

limfie dorosłej, żerującej gąsienicy 61.5 (wspł. 1.351), podczas zapoczwarczenia 65 (wspł. 1.352), natomiast w głodzie 46 (wspł. 1.345).

Piśmiennictwo.

Bishop G. H., A. P. Briggs and E. Ronzoni. 1925. Body fluid of the Honey Bee larva. II. Jour. biol. Chem. **66** (77). **Folin O.** 1919. A system of blood analysis. Jour. biol. Chem. **38** (81). **Folin O.** 1922. A new colorim. method for determination of amino acids in blood. Ibidem. **51** (377). **Folin O.** 1923. A revision of the method for determining uric acid. Ibidem. **51** (153). **Folin O. and H. Wu.** 1920. A system of blood analysis. Supplement I. Journ. biol. Chem. **41** (367). **Goldschmidt R.** 1922. Einige Materialien zur Theorie der abgestimmten Reaktionsgeschwindigkeiten. Archiv f. mikr. Anat. und Entw. Mechanik. **98** (292). **Heller J.** 1924. Sur la transformation des matières albuminoïdes pendant la métamorphose des Lépidoptères. Compt. Rend. Soc. Biol. **90** (1360). **Heller J.** 1926. Untersuchungen ü. d. Metamorphose d. Insekten. IV. Bioch. Zeitschr. **172** (59). **Heller J. und Meisels E.** 1927. Untersuchungen ü. d. Metamorphose der Insekten. VI. Biol. Zentr. **47** (257). **Parnas J. K. und R. Wagner.** 1921. Über d. Ausführung von Bestimmungen kleiner Stickstoffmengen nach Kjeldahl. Bioch. Zeitschr. **125** (253). **Pincussen.** 1928. Mikromethodik, 2 Aufl. Lipsk.

[Stacja Zoologiczna w Neapolu i Zakład Fizjologii Instytutu im. Nenckiego].

M. Bogucki.

Wpływ ciśnienia osmotycznego środowiska na powstawanie periwitelinu w zapłodnionych jajach jeżowców (*Paracentrotus lividus* L.).

L'influence de la pression osmotique du milieu sur la formation du périvitellin dans les oeufs fécondés d'Oursin.

Rękopis nadesłany w dniu 1. I. 1929 r.

Le but du présent travail était d'analyser l'influence qu'exerce le milieu anisotonique sur la formation du périvitellin des oeufs fécondés de l'oursin.

Les milieux hypotoniques ont été préparés par la dilution de l'eau de mer dans de l'eau distillée, et les milieux hypertoniques — par l'addition à l'eau de mer soit de la solution de NaCl 2.6 M, soit de la glucose 2 M, soit de l'eau de mer concentrée deux fois environ ($\Delta = 4.00^0$).

Les oeufs fécondés étaient transportés dans les séries de milieux à pression osmotique croissante avant que leur membrane de fécondation et le périvitellin soient formés.

Les volumes des oeufs entiers (la membrane de fécondation comprise) et des cellules ovulaires étaient calculés d'après leurs diamètres, le volume du périvitellin d'après la différence entre le volume de l'oeuf entier et celui de la cellule ovulaire.

Les diamètres ont été mesurés à l'aide de l'oculaire micrométrique de Leitz № 2 et de l'objectif A de Zeiss.

On a constaté que les oeufs inseminés d'oursin transportés quelques secondes plus tard dans un milieu hypertonique, dans lequel les spermatozoïdes perdent instantanément leur motilité, forment le périvitellin, ce qui prouve que le temps de pénétration des spermatozoïdes dans les oeufs ne dépasse pas quelques secondes, conformément aux opinions de FOL et de PÉTERFI.

Les spermatozoïdes sont momentanément paralysés et perdent leur faculté de féconder dans un milieu, dont la pression osmotique, exprimée en abaissement du point de congélation est égale à 2.88° . Cette paralysie est réversible, si l'action de l'hypertonie n'est pas trop prolongée (tabl. IV).

On a constaté en outre que les limites de la pression osmotique du milieu, exprimée en abaissement du point de congélation, dans lesquelles l'oeuf fécondé peut former le périvitellin et la membrane de fécondation, se trouvent renfermées entre Δ égal à 1.70° — 2.87° . Dans ces limites de la pression osmotique du milieu les volumes des oeufs entiers, ainsi que ceux des cellules ovulaires diminuent à mesure que la pression osmotique du milieu va augmenter (tabl. V, VI et fig. 1), tandis que le volume du périvitellin reste constant dans ces conditions (tabl. VI et fig. 2).

Par contre les oeufs fécondés dans le milieu normal et transférés dans le milieu hypertonique après la formation du périvitellin gardent leur volume indépendamment de la pression osmotique, tandis que la cellule ovulaire diminue et le périvitellin augmente de volume à mesure que la pression du milieu augmente.

On suppose que la formation du périvitellin est principalement le résultat de l'absorption de l'eau du milieu par les colloïdes, sécrétés par l'oeuf fécondé.

Zadaniem pracy niniejszej jest zbadanie wpływu, jaki wywierają środowiska anizotoniczne na proces tworzenia się periwitelinu w zapłodnionych jajach jeźowców.

W celu powyższym poddawałem jaja jeźowców działaniu środowisk o wzrastającym ciśnieniu osmotycznym w okresie powstawania periwitelinu, t. j. bezpośrednio po zaplemnieniu.

Wobec krótkości czasu, jaki dzielił moment zaplemnienia jaj od momentu przeniesienia ich do badanych środowisk, ustalona została przede wszystkim granica stężeń, w których plemniki zachowują zdolność ruchu i zdolność zapłodnienia.

1. Materiał i metoda.

Wszystkie doświadczenia przeprowadzone były na jajach gatunku *Paracentrotus lividus* L. Objętości jaj obliczane były na podstawie pomiarów ich średnicy, do których wybierane były jaja najwięcej zbliżone swym kształtem do kuli.

W każdym z badanych środowisk mierzono średnicę 10 jaj, z których wartość przeciętną brano za podstawę do obliczania objętości.

Środowiska hipotoniczne były przygotowywane przez rozcieńczanie wody morskiej wodą destylowaną, zaś hipertoniczne—przez dodawanie do wody morskiej glukozy o stężeniu, wynoszącym około 2 M ($\Delta=4.65^\circ$), bądź chlorku sodowego 2.6 M ($\Delta=10.46^\circ$)¹⁾, bądź prawie podwójnie stężonej wody morskiej, w której obniżenie punktu zamarzania wynosiło 4.0°.

Obniżenie punktu zamarzania przygotowanych w ten sposób roztworów obliczane było według wzoru:

$$\Delta = \frac{\Delta' a + \Delta'' b}{a + b},$$

gdzie Δ , Δ' i Δ'' oznaczają obniżenie punktu zamarzania roztworu przygotowanego (Δ), wody morskiej (Δ') i roztworu dodawanego (Δ'') do tej ostatniej, zaś a i b oznaczają liczby jednostek objętości cieczy składowych.

Wartości obliczane według tego wzoru są wyższe nieco, niż wartości otrzymane z pomiarów krjoskopowych, jednak różnica między wartościami obliczonymi i znalezionymi w kilku pomiarach kontrolnych nie przekraczała 5%.

Do pomiarów średnicy jaj używano okularu śrubowego Leitza (ok. 2) i obiektywu Zeissa A.

2. Wpływ hipertoniczności na ruchliwość plemników.

Tabela I wskazuje nam, do jakiego stopnia należy podnieść ciśnienie osmotyczne środowiska, aby wywołać natychmiastowy paraliż umieszczonych w niem plemników. W wodzie morskiej, której ciśnienie osmotyczne zostało zwiększone przez dodanie NaCl o stężeniu 2.6 M, plemniki tracą natychmiast swą ruchliwość, gdy obniżenie punktu zamarzania środowiska dochodzi do 2.95°.

Nadto zaś wyniki, streszczone w tej tabeli, stwierdzają, że jaja, zapłodnione w środowisku hipertonicznym, wytwarzają błony zapłodnienia i brózdki, o ile obniżenie punktu zamarzania środowiska nie dochodzi do powyższej granicy ($\Delta=2.95^\circ$).

¹⁾ Wartość obliczona z tabel LANDOLTA ('26).

Takie same wyniki otrzymane zostały i w tym przypadku, gdy dla podniesienia ciśnienia osmotycznego wody morskiej dodawano do niej zamiast chlorku sodowego roztworu glukozy o stężeniu, wynoszącym około 2 M. I w tym bowiem przypadku ruch plemników ustaje niezwłocznie, jeśli umieścimy je w mieszaninie hipertonicznej (70% wody morskiej + 30% glukozy), której obniżenie punktu zamarzania dochodzi do 2.88°. W środowisku takim jaja zapłodnione nie wytwarzają błon i nie rozwijają się.

Tabela I.

Zapłodnienie w hipertonii.
Fécondation dans les solutions hypertoniques.

kolejny roztwór N° de la solution	Skład roztworu <i>Composition de la solution</i>		Δ roz- tworu <i>de la solution</i>	Liczba jaj <i>Nombre d'oeufs</i>		Stan plemników po 12' <i>État des spermatozoides après 12'</i>
	Woda morska <i>Eau de mer</i>	NaCl 2.6 M		obło- nionych <i>munis des membra- nes</i>	brózdku- jących <i>en seg- mentation</i>	
	%	%	°C			
1	100	0	2.12	91	ca 100	} plemniki w ruchu <i>spermatozoides en mouvement</i>
2	98	2	2.29	99	• 100	
3	95	5	2.54	92	87	
4	90	10	2.95	0	0	} ruch ustaje natychmiastowo <i>mouvement s'arrête instanta- nément.</i>
5	85	15	3.37	0	0	
6	80	20	3.79	0	0	

Nasuwa się przypuszczenie, że przyczyną niepowstania błony zapłodnienia i periwitelinu w tem granicznym stężeniu ($\Delta=2.88-2.95^\circ$) jest zanik ruchliwości plemników. Przypuszczenie to opiera się na doświadczeniach, w których jaja, zapłodnione w wodzie zwykłej, zostały przeniesione do hipertonii po upływie $\frac{1}{2}$ — 1 minuty od chwili zaplemnienia, t. j. w momencie, kiedy periwitelin nie został jeszcze wytworzony. Kontrola, dokonana po upływie 30—45 minut od chwili przeniesienia jaj do hipertonii, stwierdziła wszędzie bardzo duży odsetek błon (tabela II).

Okazało się, że nawet kilkunastosekundowe pozostawanie zaplemnionych jaj w wodzie morskiej jest wystarczające, aby jaja takie, przeniesione do hipertonii, w której plemniki tracą ruch natychmiastowo, wytworzyły periwitelin. Liczby tabeli III są tego dowodem. Wskazują one, że przenikanie plemników do jaja od-

Tabela II.

Jaja zapłodnione w wodzie morskiej i po 1' przeniesione do hipertonji. Kontrola po 30—45'.
Oeufs fécondés dans l'eau de mer et après 1 minute transportés dans le milieu hypertonique.

Skład roztworu <i>Composition de la solution</i>		Δ roz- tworu <i>de la solution</i>	Liczba jaj obłonionych <i>Nombre d'oeufs munis des membranes</i>	Skład roztworu <i>Composition de la solution</i>		Δ roz- tworu <i>de la solution</i>	Liczba jaj obłonionych <i>Nombre d'oeufs munis des membranes</i>
Woda morska <i>Eau de mer</i>	NaCl 2.6 M			Woda morska <i>Eau de mer</i>	Glukoza 2M <i>Glucose 2M</i>		
%	%	°C	%	%	%	°C	%
100	0	2.12	89	100	0	2.12	94
98	2	2.29	99	90	10	2.37	88
95	5	2.54	99	80	20	2.63	62
90	10	2.95	98	70	30	2.88	57
85	15	3.37	98	60	40	3.13	71
80	20	3.79	98	50	50	3.38	64
75	25	4.20	100	40	60	3.64	54

bywać się musi w ciągu najbliższych kilku sekund po zaplemnieniu, zanim zaplemnione jaja zostały przeniesione do hipertonji, w której plemniki tracą niezwłocznie ruchy.

Tabela III.

Jaja zapłodnione w wodzie morskiej i przeniesione po 5 — 15 sek. do hipertonji, w której ruch plemników ustaje natychmiastowo.

Oeufs fécondés dans l'eau de mer et après 5 — 15 sec. transférés dans un milieu hypertonique dans lequel le mouvement des spermatozoïdes s'arrête instantanément.

Skład roztworu <i>Composition de la solution</i>		Δ roz- tworu <i>de la solution</i>	% bton w jajach przeniesionych do hipertonji po upływie następującego czasu od chwili zaplemnienia <i>% des membranes formées par les oeufs mis dans le milieu hypertonique après les laps de temps suivants à partir de l'insemination</i>		
Woda morska <i>Eau de mer</i>	Glukoza 2M <i>Glucose 2M</i>		°C	5"	10"
%	%	°C			
75	25	2.75	76	78	75
70	30	2.88	70	78	77
	NaCl 2.6 M				
90	10	2.95			95
85	15	3.37			95
80	20	3.79			63

Wyniki powyższe zgadzają się ze spostrzeżeniami FOLA ('77) i HERTWIGA ('76), opartymi na badaniach mikroskopowych, przeprowadzonych na tym samym materiale. HERTWIG już w 4' po zaplemnieniu znajdował plemniki w obwodowej warstwie ooplazmy, zaś po 10' obserwował zbliżanie się wzajemne obu jąder.

FOL przypuszczał, że przeniknięcie plemnika do jaja jest sprawą kilku sekund. Obserwacje PÉTERFIEGO ('27) potwierdzają całkowicie pogląd FOLA.

Podobnie rzecz się ma u *Asterias*, gdzie, według bardzo szczegółowych danych CHAMBERSA ('23), plemnik przenika do jaja po upływie 2.5 minut od chwili zaplemnienia oraz u *Arbacia* (JUST '29).

Jeżeli plemniki pozostają w hipertoni, wywołującej natychmiastowy paraliż, niezbyt długo, to przeniesione z powrotem do wody morskiej odzyskują ruchliwość i zdolność zapładniania. Odwracalność paraliżu plemników wywołanego hipotonją stwierdził KONOPACKI ('14).

Tabela IV.

Odwracalność paraliżu plemników, powstającego w hipertoni, po przeniesieniu ich do wody morskiej.

Reversibilité de la paralysie des spermatozoïdes, provoquée par l'hypertonie, dans l'eau de mer.

Skład roztworu <i>Composition de la solution</i>		Δ roztworu <i>de la solution</i>	Czas pozostawiania plemników w hipertoni	
Woda morska <i>Eau de mer</i>	NaCl 2.6 M		<i>Durée de l'action du milieu hypertonique</i>	
$\frac{\%}{10}$	$\frac{\%}{10}$	°C	30'	120'
90	10	2.95	Plemniki odzyskują ruchliwość <i>Les spermatozoïdes reprennent leur mouvement</i>	Plemniki odzyskują ruchliwość <i>Sp. reprennent leur mouvement</i>
80	20	3.79		
75	25	4.20		
70	30	4.62		Plemniki pozostają bez ruchu <i>Spermatozoïdes immobiles</i>
60	40	5.46		
50	50	6.29		

W serii płynów o wzrastającym ciśnieniu osmotycznym (woda morska + NaCl 2.6 M) plemniki były umieszczone na $\frac{1}{2}$ godziny i na 2 godziny, poczem zostały przeniesione do wody morskiej.

Tabela IV wyjaśnia zachowanie się plemników, przeniesionych z powrotem do wody morskiej. Jaja zapłodnione spermą, która pozostawała przez 35' w wymienionych w tabeli roztworach hipertonicznych, rozwijają się, dochodząc do stadium blastuli. Dalszy ich los nie był śledzony.

Przytoczone doświadczenia stwierdzają, że ruchliwość plemników i ich zdolność zapładniania zanika, jeśli ciśnienie osmo-

tyczne środowiska zwiększyć o blisko 40%. W tem też środowisku rozwój jaj nie dochodzi do skutku, aczkolwiek powstanie periwitelinu jest możliwe i przy wyższym ciśnieniu środowiska, jeśli zaplemnione jaja choć przez kilkanaście sekund pozostawały w wodzie morskiej, zanim je przeniesiono do hipertonicznej.

3. Objętość jaj¹⁾ i periwitelinu, tworzącego się w środowisku anizotonicznym.

Uwzględniając wyniki, omówione w rozdziale poprzednim przeprowadzono szereg doświadczeń, zmierzających do ustalenia zależności między objętością jaja i periwitelinu a ciśnieniem osmotycznym środowiska, w którym proces powstawania periwitelinu przebiega.

Tabela V.

Objętość jaja wraz z błoną, powstającą w hipertonicznej, wyrażona w jednostkach dowolnych. Objętość jaja w wodzie morskiej przyjęto za 100. *Volumes des oeufs entiers, dont la membrane se forme dans le milieu hypertonique. Volumes exprimés en unités relatives, celui des oeufs dans l'eau de mer étant pris égal à 100.*

Skład roztworu <i>Composition de la solution</i>		Δ roztworu <i>de la solution</i>	Objętość jaj po 15' dzia- łania hiper- toncji <i>Volume des oeufs après 15' de séjour dans l'hy- pertonie</i>	Stadium po 20 go- dzinach <i>Stade des oeufs après 20 heures</i>
Woda morska <i>Eau de mer</i>	NaCl 2.6 M			
%	%	%		
100	0	2.12	100	Blastule — <i>Blastules</i>
90	10	2.95	90	Stadium kilkunastu niereg. blastomerów <i>Stade de quelques blastomères irrégu- liers</i>
85	15	3.37	86	} Cytoliza <i>Cytolise</i>
80	20	3.79	76	
	Glukoza <i>Glucose 2 M</i>			
90	10	2.37	76	} Blastule <i>Blastules</i>
80	20	2.63	69	
70	30	2.88	64	} Podziału nie było <i>Il n'y avait pas de segmentation</i>
60	40	3.13	64	
50	50	3.38	54	
40	60	3.64	69	
30	70	3.89	65	

¹⁾ Celem uniknięcia niejasności zaznaczam, że nazwę jaja używam dla oznaczenia zespołu, obejmującego komórkę jajową, periwitelin i błonę zapłodnienia.

W tym celu jaja, zapłodnione w wodzie morskiej, były przenoszone do roztworów o różnym ciśnieniu osmotycznym w 10—20 sekund po zaplemnieniu. Średnice jaj obłonionych mierzone były po 15 minutach działania hipertoni.

Tabela V podaje nam objętości, osiągnane przez jaja, których błony powstawały w środowiskach hipertonicznych, otrzymanych przez dodanie do wody morskiej NaCl o stężeniu 2.6 M lub glukozy o stężeniu 2 M.

I w jednym i drugim przypadku powstawały błony zapłodnienia oraz periwitelin we wszystkich użytych do doświadczeń roztworach. Jednakże objętość jaj, jak wskazuje tabela V, maleje w miarę wzrastania ciśnienia osmotycznego środowiska.

Aby wyłączyć możliwość specyficznego oddziaływania na przebieg omawianego zjawiska substancyj dodawanych do wody morskiej, przeprowadzono analogiczne doświadczenia w wodzie morskiej stężonej. Szereg stężeń przygotowany został w ten sposób, że do wody morskiej zwykłej dodawano wzrastające ilości wody morskiej blisko dwukrotnie stężonej ($\Delta = 4.0^\circ$) lub wody destylowanej.

Wyniki tego typu doświadczeń przedstawia tabela VI. I tutaj, jak i w poprzednich doświadczeniach, objętość jaj maleje w miarę wzrostu ciśnienia osmotycznego środowiska. Ponieważ jednocześnie maleje objętość komórki jajowej, przeto objętość periwitelinu nie ulega wybitniejszym zmianom, o ile stężenie środowiska nie przekracza pewnej granicy. Granicę tę stanowi stężenie wody morskiej, której Δ wynosi około 2.87° .

Już w środowisku, którego ciśnienie osmotyczne, wyrażone w obniżeniu punktu zamarzania, wynosi 3.06° , nie tylko objętość jaja ulega wybitniejszemu zmniejszeniu, ale i liczba jaj, które wytwarzają błonę, spada do kilkunastu zaledwie procentów. Objętość zaś periwitelinu zmniejsza się o blisko 30%. Nadto zaznaczyć należy, że w tym stężeniu komórka jajowa nie dzieli się.

Zanik bródkowania następuje przy tem samem mniej więcej ciśnieniu osmotycznym w środowiskach, przygotowanych przez dodanie do wody morskiej NaCl 2.6 M lub glukozy 2 M.

Granicznem stężeniem hipotonicznem, w którym błona już nie powstaje, jest woda morska 70% ($\Delta = 1.48^\circ$), w której jednak jaja dzielą się jeszcze w około 20% przypadków, dochodząc do stadium anormalnej blastuli. W wodzie morskiej 60% ($\Delta = 1.27^\circ$)

podział jaj występuje już tylko wyjątkowo (1%) i jaja w tem środowisku szybko ulegają cytolizie.

W ten sposób granice stężenia środowisk, w którym jajko jeźowca może wytworzyć periwitelin normalnej wielkości, leżą

Tabela VI.

Jaja przeniesione do środowisk anizotonicznych po 10 sek. od chwili zaplemnienia. Objętości, mierzone po 15', wyrażono w jednostkach dowolnych, przyjmując objętość całego jaja w wodzie morskiej = 100.

Oeufs mis dans les milieux anisotoniques 10'' après l'insemination. Volumes, mesurés 15' plus tard, sont exprimés en unités relatives. Volume de l'oeuf entier (membrane de fécondation comprise) mis dans l'eau de mer est considéré comme égal à 100

Skład roztworu <i>Composition de la solution</i>		Δ roz- tworu <i>de la solution</i>	Obję- tość jaj <i>Volume des oeufs</i>	Obję- tość ko- mórek jajo- wych <i>Volume des cel- lules ovu- laires</i>	Obję- tość pe- riwite- linu <i>Volume de péri- vitellin</i>	Liczba jaj <i>Nombre d'oeufs</i>		Stadium rozwoju po 20 godz. <i>Stade du développe- ment après 20 h.</i>
Woda morska <i>Eau de mer</i>	Woda de- stylowana <i>Eau distil- lée</i>					Obtłonio- nych <i>Munis des</i>	Brózdkują- cych <i>En segmen- tation</i>	
%	%	°C				%	%	
60	40	1.27				0	1	†
70	30	1.48	Błona niema <i>Pas de membran.</i>			0	18	Blastule anormalne <i>Blastules anormales</i>
80	20	1.70	114	64	50	28	60	
90	10	1.91	109	57	52	39	57	Blastule normalne <i>Blastules normales</i>
100	0	2.12	100	55	45	96	93	
	Woda mor- ska dwu- krotnie stężona <i>Eau de mer concentrée 2 fois</i>							
90	10	2.31	98	50	48	99	99	Blastule normalne <i>Blastules normales</i>
80	20	2.50	91	50	41	82	—	
70	30	2.68	91	47	44	61	Brózdkują nieregul. <i>Segment. anormale</i>	†
60	40	2.87	91	45	46	79		
50	50	3.06	73	43	30	15	—	
40	60	3.25	67			—		
30	70	3.44	69			—		
20	80	3.62	55			6		
10	90	3.81	56			—		
0	100	4.00	89	89 (cytoliza)				

między stężeniami, których Δ wynosi 1.48° do 3.06°. W obrębie zbliżonej skali stężeń ($\Delta=1.33$ do 2.63°), jak to stwierdził BIAŁASZEWICZ ('21), możliwy jest również rozwój wczesnych zarodków (4 blastomery), jednakże szybkość rozwoju maleje w miarę wzrostu różnicy między ciśnieniem wody morskiej a ciśnieniem badanego środowiska.

VLÈS i DRAGOIU ('21) znaleźli, że ciśnienie osmotyczne środowiska, w którym podział jaja zostaje zahamowany, wynosi 36 atmosfer.

Zachowanie się jaj, zapłodnionych w warunkach normalnych i przeniesionych do hipertonicznej w kilkanaście minut po powstaniu błony zapłodnienia, przedstawione jest w tabeli VII.

Tabela VII.

Objętość jaj zapłodnionych w wodzie morskiej, przeniesionych do hipertonicznej 15' po wytworzeniu się periwitelinu. Rednice mierzono po 30 min. działania hipertonicznej. Objętości wyrażono w jednostkach dowolnych, przyjmując objętość jaja (wraz z błoną) w wodzie morskiej równą 100.

Volume des oeufs fécondés dans l'eau de mer et transférés dans la solution hypertonique 15 minutes après la formation du périwitellin. Les diamètres ont été mesurés après 30 min. de séjour des oeufs dans le milieu hypertonique. Les volumes sont exprimés en unités relatives; celui des oeufs entiers dans l'eau de mer étant pris égal à 100.

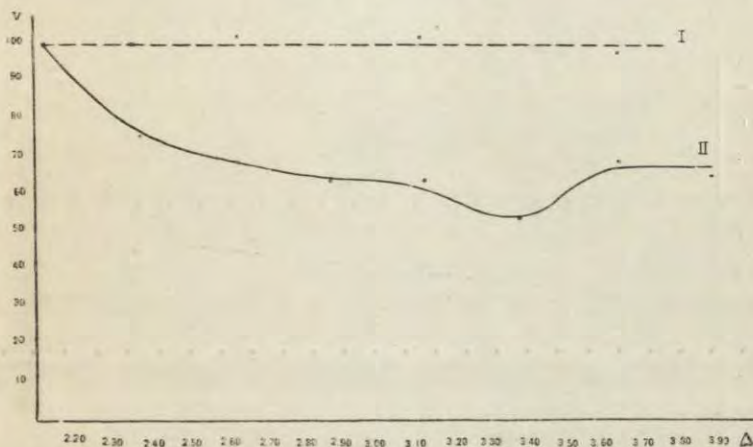
Skład roztworu <i>Composition de la solution</i>		Δ roztworu <i>de la solution</i>	Objętość jaj <i>Volume des oeufs</i>	Skład roztworu <i>Composition de la solution</i>		Δ roztworu <i>de la solution</i>	Objętość jaj <i>Volume des oeufs</i>	Objętość komórek jajowych <i>Volume des cellules ovulaires</i>
Woda morska <i>Eau de mer</i>	NaCl 2.6 M			Woda morska <i>Eau de mer</i>	Glukoza 2 M <i>Glucose 2 M</i>			
%	%	°C	%	%	°C			
100	0	2.12	100	100	0	2.12	100	58
90	10	2.95	100	90	10	2.37	100	58
80	20	3.79	94	80	20	2.63	102	52
70	30	4.62	98	70	30	2.88	98	48
60	40	5.46	96	60	40	3.13	102	48
50	50	6.29	98	50	50	3.38	—	42
40	60	7.12	102	40	60	3.64	98	38

Wskazuje nam ona, że objętość jaj, zgodnie ze spostrzeżeniami LOEBA i in., nie ulega zmianie w miarę zwiększania ciśnienia osmotycznego środowiska, natomiast objętość komórki jajowej maleje.

Wykres 1 daje nam porównanie objętości dwu omawianych kategorii jaj: krzywa I przedstawia objętości jaj, które wytworzyły błony zapłodnienia w warunkach normalnych i dopiero po 15' zostały przeniesione do hipertonicznej, krzywa II — przedstawia objętości jaj, przeniesionych do hipertonicznej w 10—15" po zaplemnieniu.

Wykres 2 ilustruje nam zachowanie się periwitelinu w powyższych dwu przypadkach: periwitelin, powstający w środowiskach o wzrastającym ciśnieniu osmotycznym (krzywa I), nie zmienia swej objętości, zaś periwitelin jaj, które po powstaniu błony zapłodnienia zostały przeniesione do hipertonicznej, zwiększa swą objętość w miarę wzrostu ciśnienia osmotycznego środowiska (krzywa II).

Reasumując powyższe wyniki, stwierdzamy, że periwitelin w zapłodnionych jajach jeźowców powstaje w środowiskach anizotonicznych, o ile Δ tych ostatnich nie przekracza granic 1.70° do 2.87° . W tych granicach ciśnienia osmotycznego objętość komórki jajowej oraz błony zapłodnienia zmniejsza się w miarę wzrostu ciśnienia, periwi-



Rys. 1. Krzywe objętości jaj zapłodnionych: I — objętość jaj, przeniesionych do hipertonicji w 15 minut po wytworzeniu się periwitelinu; II — objętość jaj, przeniesionych do hipertonicji w 10 — 15 sekund od chwili zaplemnienia.

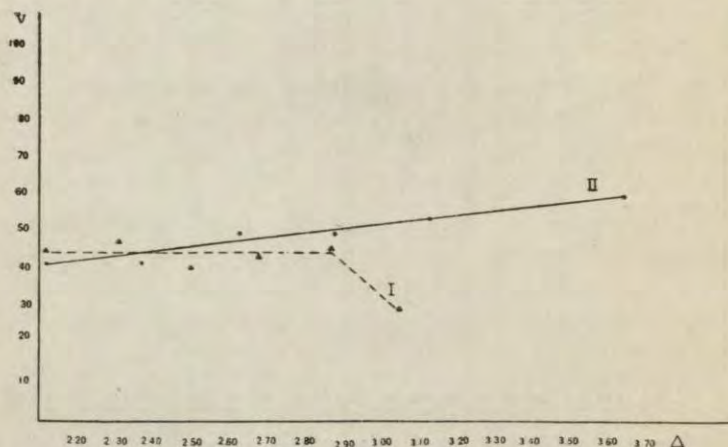
Fig. 1. Courbes des volumes des oeufs fécondés: I — volumes des oeufs transférés dans le milieu hypertonique 15 min. après la formation du périwitellin; II — volumes des oeufs transférés dans le milieu hypertonique 10 — 15 secondes après l'insemination, c. à d. avant la formation du périwitellin.

telin zaś zachowuje swą objętość niezależnie od ciśnienia panującego w środowisku. Stosunek objętości jaja i periwitelinu jest więc w tym przypadku zupełnie inny, niż w jajach, które wytworzyły periwitelin w warunkach normalnych i dopiero następnie zostały przeniesione do środowiska hipertonicznego. W tym ostatnim przypadku bowiem objętość jaja nie ulega zmianie, podczas gdy objętość periwitelinu wzrasta, a objętość komórki jajowej maleje w miarę wzrostu ciśnienia osmotycznego środowiska.

Aby zdać sobie sprawę z natury powyżej podanych faktów, należy zwrócić uwagę na to, że zwiększanie się objętości zapłod-

nionego jaja wskutek wytworzenia się periwitelinu może polegać tylko na pobieraniu przez jajko wody z zewnątrz.

Jeśli proces tworzenia się periwitelinu i błony zapłodnienia przebiega, jak to ma miejsce w przytoczonych doświadczeniach, w środowiskach hipertonicznych, to objętość jaja nie dochodzi do rozmiarów, jakie osiąga ona w wodzie morskiej. Świadczy to, że dopływ wody z zewnątrz maleje w miarę wzrostu ciśnienia osmotycznego środowiska. Jednocześnie jednak z powstawa-



Rys. 2. Krzywe objętości periwitelinu: I — objętość periwitelinu, powstającego w hipertencji (jaja zaplemnione w wodzie morskiej przenoszono po 10 sek. do hipertencji); II — objętość periwitelinu, wytworzonego w wodzie morskiej, po przeniesieniu jaj do hipertencji w 15 min. po powstaniu błon zapłodnienia.

Fig. 2. Courbes des volumes du périvitellin: I — volume du périvitellin se formant dans le milieu hypertonique (les oeufs inséminés dans l'eau normale étaient transférés 10 secondes plus tard dans le milieu hypertonique); II — volumes du périvitellin des oeufs qui ont été transférés dans le milieu hypertonique 15 minutes après la formation de la membrane de fécondation.

niem periwitelinu komórka jajowa pod wpływem hipertencji traci na objętości. W granicach stężeń środowiska, w których normalna reakcja jaja na zapłodnienie daje się jeszcze obserwować, objętość komórki jajowej zmniejsza się o tyleż prawie, co i objętość jaja całego.

Objętość periwitelinu, pozostająca w tych warunkach bez wybitniejszej zmiany, pozwala przypuszczać, że ilość wody dopływająca do periwitelinu jest w granicach wyżej wspomnianych stężeń wielkością stałą.

Jeśli więc w środowisku hipertonicznym komórka jajowa oddaje część swej wody do otaczającego periwitelinu, to dopływ wody, pobieranej z zewnątrz, zmniejszy się musi o ilość wody pobranej z komórki jajowej.

W jajach, wytwarzających periwitelin w środowiskach hipotonicznych, przesunięcia wody odbywają się inaczej. Komórka jajowa, posiadając wyższe ciśnienie osmotyczne, niż środowisko, pobiera wodę i zwiększa swą objętość. Jednocześnie zaś i periwitelin pobiera wodę w ilościach nieco większych, niż to dzieje się w warunkach normalnych.

Zbytne rozcieńczenie, jak i zbytne stężenie wody morskiej narusza, zapewne, wzajemne ustosunkowanie się koloidów plazmatycznych, jak również ustosunkowanie się ich do składników cieczy międzycząstkowej, i hamuje proces sekrecji przez ooplazmę substancyj, będących podstawą tworzenia się periwitelinu.

Substancje te, zgodnie z poglądem FOLA ('77), HERBSTA ('92) i LOEBA ('08), muszą posiadać własności koloidów, ponieważ w przeciwnym razie przechodziłyby one przez przepuszczalną błonę zapłodnienia nazewnątrz i nie mogłyby powodować dopływu wody, stanowiącego istotę tworzenia się periwitelinu.

PÉTERFI ('27) przedstawia sprawę powstawania periwitelinu w sposób następujący. Zapłodnione jajko bezpośrednio po wniknięciu plemnika pęcznieje, pobierając wodę i w ciągu następnej minuty kureczy się raptownie, wskutek czego z plazmy komórkowej zostaje wyciśnięta ciecz, stanowiąca główny składnik tworzącego się periwitelinu. Wyciśnięta z ektoplazmy ciecz (Quellungswasser) ma posiadać, według PÉTERFIEGO, wyższe ciśnienie osmotyczne, niż woda morska, i dzięki temu następuje wtórny dopływ wody ze środowiska do tworzącego się periwitelinu.

Tłumaczenie powyższe oparte jest na przekonaniu, że ciśnienie osmotyczne jaj jeżowców jest wyższe, niż ciśnienie otaczającego środowiska. Wiadomem jest, że taki właśnie stosunek zachodzi w przypadku jaj zwierząt słodkowodnych. Jednakże dotychczas nie zostało stwierdzone, aby jaja jeżowców lub innych grup zwierząt morskich posiadały, podobnie jak jaja zwierząt słodkowodnych, wyższe ciśnienie osmotyczne, niż ciśnienie otaczającego środowiska.

Przeciwnie, na podstawie zmian objętości niezapłodnionych jaj jeżowców w różnych stężeniach wody morskiej możemy przypuszczać, że są one izotoniczne z wodą morską.

To też wydaje mi się słuszniejszym przyjąć, że głównym czynnikiem, regulującym dopływ wody do periwitelinu, jest wiązanie wody przez substancje koloidalne, wydalone przez komórkę jajową. Czynnik ten, jak się zdaje, wchodzi w grę również przy tworzeniu się periwitelinu w jajach zwierząt słodkowodnych (BOGUCKI '27).

Przeciwko osmozie, jako czynnikowi warunkującemu powstawanie periwitelinu, przemawiają wyniki prac JUSTA ('22) i BATAILLONA ('26), które miałem sposobność w zupełności potwierdzić, a według których niezaplodnione jaja jeżowców wytwarzają błonę zapłodnienia i periwitelin w środowiskach wybitnie hipertonicznych (76% wody morskiej + 24% NaCl 2.5 M).

Streszczenie wyników.

1°. Plemniki tracą natychmiastowo zdolność ruchu i zapłodnienia jaj w środowiskach, których Δ wynosi 2.88 — 2.95°.

2°. Paraliż plemników, występujący w hipertonji, jest zjawiskiem odwracalnem, jeśli działanie hipertonji nie jest zbyt długie.

3°. Objętość jaj, których periwitelin powstaje w środowiskach anizotonicznych, maleje w miarę wzrostu ciśnienia osmotycznego środowiska.

4°. Objętość periwitelinu, tworzącego się w środowiskach, których ciśnienie osmotyczne, wyrażone w obniżeniu punktu zamarzania, nie przekracza granic 1.70° — 2.87°, jak się zdaje, jest niezależna od stężenia środowiska.

5°. Autor wyraża przypuszczenie, że głównym czynnikiem, warunkującym tworzenie się periwitelinu, jest wiązanie wody przez substancje koloidalne, wydalone z komórki jajowej do przestrzeni periwitelinowej.

Praca niniejsza została wykonana dzięki zasiłkowi Wydziału Nauki Ministerstwa W. R. i O. P.

Piśmiennictwo.

Bataillon E. 1926. Le processus membranogène et le développement regulier provoqués chez les oeufs vierges d'Echinides par le seul traitement hypertonique. C. R. Acad. Sc. Paris. 182 (1508). Białaszewicz. K. 1921. Wpływ ciśnienia osmotycznego na szybkość rozwoju zarodków. Prace Insty-

tutu im. Nenckiego 1. [L'influence de la pression osmotique sur la vitesse du développement des embryons. Trav. de l'Institut Nencki. 1]. **Bogucki M.** 1927. Badania nad przepuszczalnością błon i ciśnieniem osmotycznym jaj ryb lososiowatych. *Acta Biol. Exp.* 2 (19). [Recherches sur la perméabilité des membranes et la pression osmotique des oeufs des Salmonides. *Acta Biol. Exp.* 2 (19)]. **Chambers R.** 1923. The mechanism of the entrance of sperm into the starfish egg. *Journ. of Gen. Physiol.* 5 (821). **Fol H.** 1877. Sur le commencement de l'hénogénie chez divers animaux. *Arch. de Zool. Exp.* 6 (145). **Herbst C.** 1893. Über die künstliche Hervorrufung von Dottermembranen an unbefruchteten Seeigeleiern nebst einigen Bemerkungen über die Dotterhautbildung überhaupt. *Biol. Centrbl.* 13 (14). **Hertwig O.** 1876. Beiträge zur Kenntniss der Bildung und Theilung der thierischen Eier. *Morph. Jahrb.* 1 (347). **Just E. E.** 1922. Effect of hypertonic sea-water in producing membrane separation, cleavage and top-swimming plutei. *Biol. Bull.* 43 (384). **Just E. E.** 1929. Initiation of development in *Arbacia*. *Protoplasma.* 5 (97). **Konopacki M.** 1914. Wpływ płynów hypotonicznych na różne stadja rozwoju jeżowców. *Rozpr. Ak. Um. Kraków.* 56, ser. B (340). **Loeb J.** 1908. Über die osmotische Eigenschaften und die Entstehung der Befruchtungsmembran beim Seeigel. *Arch. f. Entw. Mech.* 26 (82). **Péterfi T.** 1927. Die Abhebung der Befruchtungsmembran bei Seeigeleiern. *Arch. f. Entw. Mech.* 112 (660). **Vlès F. et Dragoiu.** 1921. Sur la pression osmotique d'arrêt de la division cellulaire. *C. R. Ac. Sc. Paris* 172 (1127).

[Stacja Biologiczna Uniw. Parysk. w Roskoff i Zakład Psychogenetyczny
Uniw. Jag. *]

R. J. Wojtusiak.

**O reagowaniu rozgwiadzy *Asterias rubens* L. na bodźce
chemiczne parzyste.**

*Über die Reaktionsweise von *Asterias rubens* L. bei chemischer
Doppelreizung.*

Rękopis nadesłany w dniu 23. IV. 1929 r.

1°. Seesterne (*Asterias rubens* L.), die einer gleichzeitigen chemischen Doppelreizung ausgesetzt werden, in Gestalt von 2 gleichgrossen Fleischstückchen in gleicher Entfernung und in symmetrischer Lage, reagieren in einer Weise, welche photischen Reaktionen bei doppelseitiger, symmetrischer Lichtquelle analog ist.

2°. Das verschiedenartige Verhalten der einzelnen Versuchstiere lässt sich auf zwei typische Bewegungsarten zurückführen, unter denen abgestufte Übergänge stattfinden.

a) In der stark überwiegenden Mehrzahl der Fälle strebt die Bewegung direkt auf eines von den ausgelegten Köderstücken zu (Abb. 2).

b) Einen zweiten Bewegungstypus beobachten wir dann, wenn das Tier zuerst die Mittellinie zwischen den symmetrisch angeordneten Reizquellen verfolgt, um nachher zu einem der Fleischstücke abzuschwenken. Dabei liegt der Wendepunkt entweder vor (Abb. 3) oder auf (Abb. 4), oder aber erst hinter (Abb. 5) der Querlinie, welche die Fleischstücke mit einander verbindet und sich mit der besagten Mittellinie unter geradem Winkel schneidet. Am häufigsten liegt der Wendepunkt vor jener Verbindungslinie (Abb. 3).

*) Kierownikowi zakładu Prof. T. GARBOWSKIEMU jestem za wszelkie ułatwienia i pomoc naukową szczerze zobowiązany.

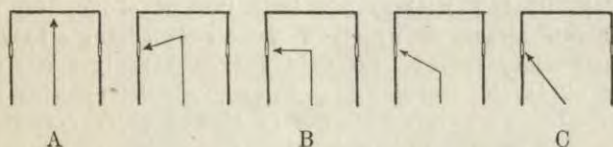
3°. Was die axiale Orientierung der Tiere anbelangt, richtet es entweder einen Arm, als den führenden, dem Köder entgegen z. B. wenn es sich geradlinig gegen ein Fleischstück hinbewegt, oder—bei dem zweiten Bewegungstypus—übernimmt am Wendepunkt ein anderer, gegen die erwählte Reizquelle gerichteter Arm die Führerrolle, so dass trotz der Richtungsänderung keine Umdrehung der Körperscheibe stattzufinden braucht.

Zagadnienie.

Sposób orjentowania się zwierząt niższych pod wpływem dwóch, równocześnie działających bodźców stanowi po dziś dzień przedmiot systematycznych badań, interpretacje zaś tych zjawisk są u autorów najnowszych prac, w tym kierunku ogłoszonych, ciągle jeszcze rozbieżne. Prace z lat ostatnich dotyczą w przeważnej części spostrzeżeń nad działaniem jednego tylko czynnika, a mianowicie promieni świetlnych i opisują sposób i kierunek ruchów u zwierząt, na które działają równocześnie dwa źródła światła. Wpływ innych bodźców parzystych, działających symetrycznie, był dotychczas stosunkowo rzadko rozpatrywany.

Z piśmiennictwa, odnoszącego się do rozgwiad, wymienić można — z przyczynków dawniejszych — badania ROMANESA ('85) nad reakcjami na podrażnienia mechaniczne, PREYERA ('36) i GOETSCHA ('22) nad zachowaniem się rozgwiad pod symetrycznym działaniem wilgoci, oraz G. J. BOHNA ('08) nad kierunkiem ruchu u *Asterias rubens* L. między dwoma ekranami. Z prac nad reagowaniem rozgwiad na dwa bodźce świetlne dla nas najważniejsze i najbliższe nas obchodzące są prace W. BUDDENBROCKA i G. JUSTA, które poznałem dopiero w parę miesięcy po wykonaniu własnych doświadczeń. W. BUDDENBROCK ('22), obserwując zachowanie się gwiazdnicy *Asterias rubens* (o długości ramion 2—4 cm), zauważył, że obok okazów, które dążą wprost ku jednemu światłu, zdarzają się też okazy, które posuwają się z początku po linii środkowej pomiędzy obu źródłami światła, później zaś w pewnym decydującym punkcie („Entscheidungspunkt“) zwracają się w prawo lub w lewo i dążą wprost ku jednemu ze światel. Kąt, zawarty

między linjami, łączącymi ów punkt zwrotny z obu źródłami światła i nazywany przez BUDDENBROCKA „Entscheidungswinkel“, ponieważ określa miejsce, w którym zwierzę się decyduje, wynosił około 120° . Taki sposób zachowania się tłumaczy wspomniany autor orientacją telotaktyczną rozgwiadzy. Zwierzę porusza się najpierw ku obu światłom, jako przedmiotom, wskazującym mu kierunek, po pewnym czasie jednak zwraca się ku jednemu z nich, skoro kąt zawarty między obu ogniskami a zwierzęciem stanie się większy, niż przestrzeń, obejmowana z odległości przez odpowiednią część jego narządu wzroku. G. JUST ('27), powtarzając doświadczenia BUDDENBROCKA, zwrócił uwagę na różne sposoby orientowania się u *Asterias rubens*, które dzieli na 3 zasadnicze typy. W typie A (por. rys. 1) zwierzę porusza się prostolinijnie po wypadkowej między oboma światłami, dochodząc do przeciwległej ściany naczynia. Dwa typy następne



Rys. 1. Przegląd głównych typów dróg ruchowych u *Asterias rubens* (według G. Just a nieco zmieniony). Miejsca jasne oznaczają szpary w nieprzeźroczystej ostonie akwarjów, przez które wpadało światło.

Fig. 1. Übersicht über die Grundtypen der Bewegungsbahnen von *Asterias rubens* in Zweilichter-versuchen (nach G. Just etwas modifiziert). Die hell ausgesparten Stellen bedeuten die in der schwarzen Umhüllung der Wasserbehälter belassenen Lichtspalte.

zbliżają się najbardziej do reakcyj opisanych przez BUDDENBROCKA. W typie B rozgwiadza posuwa się wprawdzie po linii środkowej, ale po pewnym czasie zwraca się ku jednej ze szpar świetlnych, a to pod kątem rozmaitym (120° — 180° i więcej). W typie C odbywa się ruch od początku wprost ku jednemu ze światel. Obok tych typów zasadniczych zachodzić może oczywiście cały szereg przypadków pośrednich, skombinowanych. Wszystkie te sposoby orientacji ruchowej wobec bodźców świetlnych symetrycznie parzystych tłumaczy wspomniany autor tropotaksją, a więc uważa je za wynik działania symetrycznego dwóch osobnych bodźców na zwierzę.

Pytanie, czy rozgwiadzy reagują w podobny sposób, jak wobec podwójnego światła, na działanie innych bodźców parzystych, stanowiło punkt wyjścia dla podanych tu obserwacji własnych. Dlatego też wykorzystałem materiał, nadarzący mi się podczas dłuższego pobytu na Stacji Biologicznej w Roscoff i poczyniłem szereg doświadczeń nad działaniem na rozgwiadzy parzystych podniet chemicznych.

Obecność zmysłu chemicznego w rozgwiazdach została stwierdzona już przez PREYERA ¹⁾. Według W. NAGELA ('94) zmysł ten umiejscowiony jest w nóżkach ambulakralnych, przyczem nóżki „dotykowe“ („*Tastfüsschen*“) są czulsze, niż przylgowe, zakończenia zaś nerwowe byłyby tu organami tak zmysłu chemicznego, jak i mechanicznego. Według KAFKI ('14) wrażliwość na bodźce chemiczne wykazują te zwierzęta na całej powierzchni ciała; szczególnie wrażliwe — choć nie wyłącznie — są jednak czułki, leżące od strony ustnej, tuż przed wzgórkami wzrokowymi na wierzchołkach ramion.

Doświadczenia z przynętą symetrycznie parzystą.

Do doświadczeń służyły mi małe okazy *Asterias rubens* L., zbierane u brzegów oceanu w Morgat, o długości ramion około 2—3½ cm (od środka tarczy ciała). Okazów większych w lecie 1928 w okolicy tej nie było, a przynajmniej należały do wyjątków. Same doświadczenia były wykonywane w następujący sposób. Do dość dużych okrągłych mis szklanych o ścianach ukośnych (średnicy 20—35 cm), wypełnionych do wysokości mniej więcej 2½—4 cm świeżą wodą morską, kładłem pojedyncze rozgwiazdy, a następnie, gdy zwierzę przytwierdziło się już silnie do nowego podłoża szerokimi przylgami nówek ambulakralnych, wkładałem zapomocą dwóch par dość dużych szczypczyków dwa kawałki mięsa rybiego mniej więcej równej wielkości (około 1—2 cm³), bacząc pilnie, aby oba kawałki włożyły równocześnie. Czynność tę należało wykonać o ile możności bez zbytecznych wstrząsów wody; obie przynęty trzeba było umieścić w jednakowej odległości od zwierzęcia tak, aby linie łączące je ze zwierzęciem tworzyły trójkąt równoramienny o ostrym wierzchołku. Odległość mięsa od rozgwiazdy wynosiła w doświadczeniach tych około 10—20 cm. Im odległość była mniejszą, tem ściślej określone były reakcje; odległość nie mogła być jednak za małą, gdyż wynik doświadczeń stawał się niepewnym. Doświadczenia takie robione były też w innej kolejności. Podnieść wypada, że najpierw wkładałem do miski z wodą oba kawałki mięsa, a później dopiero — po krótkiej chwili — rozgwiazdę tak, aby położenie ich tworzyło wyżej opisany trójkąt umiarowy.

Po każdym doświadczeniu trzeba było wodę z naczynia wylewać i zastąpić świeżą, aby usunąć substancje, rozpuszczające się w wodzie w toku doświadczeń.

Wyniki doświadczeń, których ściśle ujęcie nastęrczało, jak łatwo zrozumieć, znaczne trudności, przedstawiają się następująco. Bardzo wysoki procent stanowiły okazy, które zamiast w stronę pokarmu poruszały się w dowolnym kierunku i wydostawały na

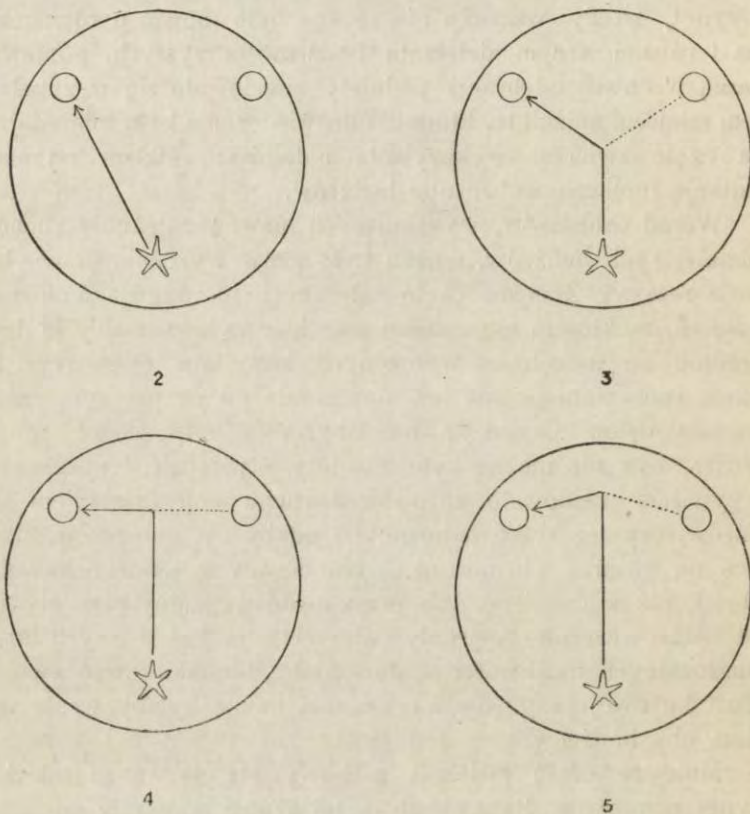
¹⁾ Patrz: S. BAGLIONI, Die niederen Sinne, w Handb. d. vergl. Physiol. str. 541.

boczne ściany naczyń. Tu więc nie przejawiał się żaden wpływ przynęty na orientację zwierzęcia. Przyczyną mogło być to, że substancje chemiczne nie zdążyły dotrzeć do rozgwiazd, zanim te ruszyły z miejsca, albo też okazy owe były dostatecznie nasycone, czy też uległy działaniu innej podniety. Często niejeden z nich schodził później na dno miski i posuwał się ku jednej z przynęt, wtedy wszakże nie można było mówić o równoczesnym i równomiernym działaniu bodźców parzystych, ponieważ zwierzę w chwili odebrania podniety znajdowało się w zupełnie innym miejscu, aniżeli to, które dla doświadczenia było miarodajne. Inna część zwierząt wykazywała natomiast całkiem wyraźną orientację topiczną wobec obu bodźców.

Wśród osobników, wykazujących pewną zależność ruchów od działających bodźców, można było znów wyróżnić pewne kategorie reakcyj. Znaczna część należących tu rozgwiazd obierała z miejsca, w którym się znajdowała, kierunek, wiodący ją bezpośrednio ku jednemu z wyłożonych kawałków mięsa (rys. 2), poczem spożywała go lub też opuszczała go po pewnym czasie i pełzała dalej. Grupa ta mogłaby więc odpowiadać grupie C *JUSTA*, lecz nie można było, niestety, stwierdzić, czy zwierzę rzeczywiście znajdowało się podczas ruchu pod działaniem obu bodźców, czy też tylko jednego; bo gdyby np. substancje, działające na zwierzę chemicznie, dyfundowały z jednego kawałka szybciej, niż z drugiego, lub przez niedostrzegalny bezpośrednio prąd wody wcześniej dosięgały zwierzęcia, to każda z tych łatwo dopuszczalnych możliwości wystarczałaby, aby skierować zwierzę wprost ku owej przynęcie, a orientacja ta nie byłaby wcale wynikiem obu bodźców.

Mniejsza część zwierząt zachowywała się wobec takichże przynęt odmiennie. Rozgwiazdy z tej grupy poruszały się z początku po linii środkowej pomiędzy oboma kawałkami mięsa i dopiero po przebyciu pewnej przestrzeni zwracały się ku jednemu z nich. Zwrot taki łatwo można zauważyć, ponieważ rozgwiazda zatrzymuje się w danym miejscu na chwilę, zanim pójdzie dalej w zmienionym kierunku. Zmiana kierunku następowała w najważniejszej części przypadków bez zmiany położenia ciała, bez ruchów obrotowych tarczy ciała gwiazdnicy. Ramiona, skierowane ku obranej przynęcie, przejmowały rolę kierowniczą od ramion, prowadzących poprzednio. Nie zawsze jednak odbywało się to

w jednakowy sposób. W wyjątkowych tylko razach zmiana kierunku łączyła się z równoczesnym obróceniem się zwierzęcia, tak że ramię prowadzące nie zmieniało swej roli. Wśród grupy tej, bardzo zresztą nielicznej, można było wyróżnić kilka grup ściślejszych, zależnie od stosunku położenia punktu zwrotnego



Rys 2—5. Główne typy ruchów *Asterias rubens* pod działaniem symetrycznie wyłożonej przynęty.

Fig. 2—5. Grundtypen der Bewegungsbahnen von *Asterias* in Versuchen mit paarigem Fleischköder.

do linii prostej, łączącej poprzecznie obie przynęty. Najczęściej następował zwrot z punktu leżącego przed łącznicą (rys. 3). Rzadziej zdarzało się, że zwierzę zwracało się w punkcie leżącym na owej linii (rys. 4), tak że nowy kierunek przecinał się z dotychczasową wypadkową pod kątem prostym. Wreszcie

w pewnej ilości doświadczeń punkt ten leżał poza łącznicą, którą zwierzę przekroczyło pod kątem prostym (rys. 5). Cała ta grupa reakcyj, najmniej liczna, w której wyróżniliśmy trzy przypadki, odpowiadałaby więc w zupełności najliczniejszej grupie B JUSTA. Jeżeli zaś, pomimo wyżej wymienionych trudności, uważalibyśmy, że reakcje okazów, które skierowywały się wprost ku jednemu z bodźców, odpowiadają rzeczywiście typowi C tegoż autora, pozostawałoby stwierdzić jeszcze istnienie typu A, w którym rozgwiadzy poruszały się po wypadkowej aż do przeciwległego końca naczynia. Tego ostatniego typu jednak nie zauważyłem w toku mych spostrzeżeń ani razu; zresztą i w doświadczeniach JUSTA należał on do najrzadszych.

Dla uzupełnienia doświadczeń należało wziąć pod uwagę także inne czynniki, które mogły ewentualnie wpływać na kierunek ruchów. Ponieważ doświadczenia robione były w pracowni, oświetlonej jednym dużym oknem, przeto czynnikiem takim mogło być światło. Aby stwierdzić, czy, przypadkiem, przebieg doświadczeń nie zależy od tego czynnika, układałem w misach zasadniczy trójkąt zwierzęcia i obu przynęt w różnym rozmieszczeniu wobec okna. Jak się okazało, zwierzęta zachowują się stale w sposób powyżej opisany, bez względu na to, czy droga ich kieruje je faktycznie ku oknu, czy odwrotnie, czy też równoległe lub ukośnie do źródła światła. Opisane reakcje zależałyby więc wyłącznie od bodźców chemicznych.

Wobec tego reagowanie rozgwiad na dwa bodźce chemiczne odpowiadałoby w zupełności kierunkowi ruchów, dokonywanych pod działaniem dwóch bodźców świetlnych z wyjątkiem typu A, podanego przez JUSTA, którego tutaj brakowało — być może, po prostu przypadkowo. Można by więc przyjąć za JUSTEM ten sam sposób tłumaczenia działania podniet chemicznych co świetlnych, a mianowicie, jako objawy tropotaksji w sensie KÜHNA ('19). Na zwierzę działałyby dwa bodźce symetrycznie, powodując ruch po wypadkowej obu sił, póki w punkcie zwrotnym jeden z bodźców nie uzyska przewagi, co spowoduje zmianę kierunku. Nie możnaby zarazem odrzucić poglądu, przyjmującego reakcje telotaktyczne. Musielibyśmy tylko przyjąć, że zwierzęta z pewnej odległości nie odróżniają dwu działających na nie bodźców, lecz dopiero z chwilą zbliżenia się do nich na mniejszą odległość, a wtedy muszą opuścić linię środkową (wypadkową) i zwrócić się ku jednej

z przynęt. Pewną trudność stanowiłyby grupy podrzędne, w których zmiana kierunku następuje dopiero na linii poprzecznej, łączącej obie przynęty lub po jej przekroczeniu. Możliwy tu wprowadzić przyjąć zjawisko zachowania kierunku wyjścia („Phänomen des Beibehaltens der Startrichtung“) PLESSNERA ('13), co nie byłoby wykluczone, ponieważ drogi „nadłożone“ nie są zbyt wielkie; zważywszy jednak powolność pełzania rozgwiazd, trudno się na to zgodzić. Przemawiałaby zaś za tem ta okoliczność, że w szeregu mych spostrzeżeń nigdy nie spotkałem ruchu typu A, gdzie długość drogi, którą miałyby rozgwiazda do przebycia po przekroczeniu krytycznego punktu aż do przeciwległej ściany misy, byłaby wcale znaczną.

Które ujęcie bliższe jest rzeczywistości, trudno orzec, ponieważ oba mają za sobą dużo danych. Wobec działania dwóch bodźców chemicznych, nie dających się stwierdzić bezpośrednio naszymi zmysłami i którymi skutkiem tego nie można, niestety, operować z należytą ścisłością, jak to możemy uczynić np. z dwoma źródłami światła, — z drugiej zaś strony, wobec bardzo ograniczonej liczby faktów, które pozwalają stwierdzić działanie takich bodźców, musimy poprzestać tylko na ustaleniu sposobu i przebiegu reakcyj; wszelkie próby jednoznacznej interpretacji miałyby — przynajmniej obecnie — znaczenie czysto teoretyczne.

Streszczenie wyników.

1^o. Okazy rozgwiazdy *Asterias rubens* L., poddane równoczesnemu działaniu dwóch bodźców chemicznych w postaci dwóch wyłożonych kawałków mięsa, zachowują się podobnie, jak pod działaniem dwóch symetrycznych bodźców świetlnych.

2. Zachowanie się to sprowadzić można do dwu typów zasadniczych, między którymi istnieć mogą rozmaicie ustpnio- wane przejścia.

a) W znacznej większości przypadków rozgwiazda posuwa się od początku po linii prostej ku jednej z wyłożonych przynęt. Byłby to typ pierwszy.

b) W typie drugim rozgwiazda posuwa się przez pewien czas po linii środkowej, leżącej między oboma kawałkami mięsa, jako wypadkowej, a następnie zwraca się ku jednemu z bodźców. W tym drugim przypadku może leżeć jeszcze punkt zwrotny

przed linią prostą, łączącą oba kawałki mięsa a przecinającą się z linią środkową pod kątem prostym, albo na niej samej, albo wreszcie poza nią. Najczęściej leży ów punkt przed łącznicą.

3°. Po osiągnięciu punktu zwrotnego rozgwiad albo obraca się od początku ramieniem prowadzącem ku obranemu bodźcowi, co wymaga pewnego obrotu tarczy ciała około osi ustno-wieruchołkowej, albo też ramię, zwrócone ku obranej przynęcie, staje się ramieniem prowadzącem bez żadnego ruchu obrotowego ciała.

Piśmiennictwo.

- Bohn M. G. 1908. Les essais et erreurs chez les Étoiles de mer et les Ophiures. Bull. de l'Institut. gén. psychol. 8 (21). Buddenbrock W. v. 1922. Untersuchungen über den Mechanismus der phototropen Bewegungen. Wiss. Meeresuntersuchungen. N. F. Abt. Helgoland. 15 (1). Goetsch W. 1922. Beiträge zur Relativität der Individuen I. Versuche mit Seesternen. Naturw. Wochenschr. N. F. 21. Goetsch W. 1905. Tierkonstruktionen München o. J. Just G. 1927. Untersuchungen über Ortsbewegungsreaktionen. I. Das Wesen der phototaktischen Reaktionen von *Asterias rubens*. Ztschr. f. vergl. Physiol. 5 (247). Kafka G. 1914. Einführung in die Tierpsychologie auf experimenteller und ethologischer Grundlage. I. Die Sinne der Wirbellosen. Leipzig. Kühn A. 1919. Die Orientierung der Tiere im Raum. Jena. Nagel W. A. 1894. Vergleichend-physiologische und anatomische Untersuchungen über den Geruchs- und Geschmackssinn und ihre Organe, mit einleitenden Betrachtungen aus der allgemeinen vergleich. Sinnesphysiologie. Bibliotheca Zoologica. 7 (204). Plessner H. 1913. Untersuchungen über die Physiologie der Seesterne. I. Mitt. Der Lichtsinn. Zool. Jahrb. Abt. f. allg. Zool. u. Physiol. 33. Preyer W. 1886. Die Bewegungen der Seesterne. (Mitt. d. Zool. Stat. Neapel. 7) i 1887. Berlin. Romanes G. J. 1885. Jellyfish, starfish and sea-urchins. London.

The first part of the report deals with the general situation of the country and the progress of the war. It mentions the fact that the war has been going on for a long time and that the situation is becoming more and more difficult. It also mentions the fact that the government is doing its best to maintain order and to support the war effort.

The second part of the report deals with the economic situation of the country. It mentions the fact that the economy is suffering from the effects of the war, and that there is a shortage of goods and services. It also mentions the fact that the government is trying to control prices and to ration goods.

The third part of the report deals with the social situation of the country. It mentions the fact that there is a lot of suffering and hardship among the people, and that the government is trying to provide relief. It also mentions the fact that there is a lot of unemployment and that the government is trying to create jobs.

The fourth part of the report deals with the political situation of the country. It mentions the fact that there is a lot of political activity and that the government is trying to maintain order. It also mentions the fact that there is a lot of opposition to the government and that the government is trying to deal with it.

The fifth part of the report deals with the military situation of the country. It mentions the fact that the army is doing well and that the government is trying to support it. It also mentions the fact that there is a lot of military activity and that the government is trying to control it.

[Zakład Farmakologii Uniwersytetu Warszawskiego]

H. Sikorski i R. Lentz.

Badania nad alkalożą i acydożą. III. Działanie zmian stężenia jonów wodorowych na serce żaby, zatrute chloroformem.

Untersuchungen über Acidose und Alkalose. III. Der Einfluss von Veränderungen der Wasserstoffionenkonzentration der Nährflüssigkeit auf das chloroformvergiftete Esculentenherz.

Rękopis nadesłany w dniu 1. V. 1929 r.

Untersucht wurde der Einfluss dauernder und vorübergehender Veränderungen der Wasserstoffionenkonzentration auf das chloroformgeschädigte Esculentenherz nach MINES, unter denselben Bedingungen, wie in unserer ersten Mitteilung ('29). Es zeigt sich, dass das geschädigte Froschherz auf solche Veränderungen noch viel deutlicher reagiert als das normale. Die Schädigung des chloroformvergifteten Herzens durch alkalische Lösung— $\text{pH}=8.1$ —bei Dauerdurchströmung tritt sehr deutlich hervor, selbst nach Ausschaltung des Chloroforms. Andererseits zeigt sich die hervorragend stimulierende Wirkung saurer Lösung— $\text{pH}=6.7$ —auch trotz unveränderten Chloroformgehaltes derselben.

Bei kurzdauernder Einwirkung von Lauge und Säure auf das Esculentenherz (Injektion in die MINESCHE Venenkanüle ohne Druckveränderung) tritt der Einfluss ebenfalls sehr deutlich auf. Die Wirkung ist in diesem Falle nur vorübergehend, infolge Ausspülung der injizierten Lauge oder Säure durch die das Herz dauernd durchströmende Chloroform-Nährlösung. Injektion von 0.05 cc.—0.1 cc. 2% NaHCO_3 -Lösung schädigt das chloroformvergiftete Herz sehr stark: Verringerung und Verlangsamung der Kontraktionen fast bis zum Kammerstillstand. Im Gegensatz dazu erregt Injektion von 0.1 cc. $\frac{1}{200}$ n HCl-Ringerlösung das völlig gelähmte Herz zu neuen Kontraktionen, die fast die normale

Höhe und den Normalrhythmus erlangen können. Die Wirkung kann einige Minuten anhalten.

Już dawno zauważono, że jednym z najgłówniejszych warunków fizjologicznych czynności serca jest odczyn płynu odżywczego. Dlatego badania nad wpływem kwaśnych i zasadowych roztworów na pracę serca są bardzo liczne. Większość tych prac ogranicza się do badań nad wpływem znaczniejszych odchyień odczynu płynów odżywczych od reakcji dla serca normalnej. Wynika z tych badań, że kwasy zmniejszają kurczliwość mięśnia sercowego i zatrzymują serce w rozkurczu, zasady zaś zwiększają kurczliwość i ostatecznie zatrzymują serce w skurczu. Jednakże dotychczas niewielu autorów badało działanie nieznacznych odchyień odczynu płynów odżywczych na akcję serca. Autorowie ci twierdzą, że także małe odchylenia reakcji płynu w stronę kwaśną osłabiają, a odchylenia w stronę zasadową wzmacniają skurcze serca (SALANT i JOHNSON '24, ATZLER i MÜLLER '26 i inni).

W poprzedniej pracy (SIKORSKI i LENTZ '29) wykazaliśmy na sercu żaby, posługując się metodą MINESA, że, w przeciwieństwie do ogólnie przyjętego zdania, serce już przy nieznacznem powiększeniu pH płynu odżywczego (z $\text{pH} = 7.4$ na $\text{pH} = 7.7$) gorzej pracuje; osłabienie to występuje jeszcze wyraźniej przy $\text{pH} = 8.1$. Z drugiej strony zmniejszenie pH z $7.4 - 7.25$ na $7.0 - 6.8$ ma działanie korzystne na normalne serce żaby, albowiem występuje przyspieszenie i zwiększenie skurczów. Wrażliwość różnych serc na zmiany pH waha się cokolwiek. Tymczasem ukazała się praca KOMIYAMY ('29), w której autor ten dochodzi do wniosku, że wzrost jonów OH' w płynie odżywczym zawsze zwiększa tonus serca żabiego, a odwrotnie, już małe zwiększenie jonów H' (z $\text{pH} = 7.2 - 7.3$ na $\text{pH} = 7.0$ w Ringerge i także z $\text{pH} = 7.8$ na $\text{pH} = 7.3$ w płynie Thyrode) powo-

duże wyraźne zmniejszenie kurczliwości. KOMIYAMA wykonał swoje badania na sercu żaby, izolowanem według metody STRAUBA. Sposób ten, który wprowadza płyn odżywczy do serca przez aortę, nie może być uważany za fizjologiczny. Różnicy metod badania należy prawdopodobnie przypisać odmienny od naszych wynik, otrzymany przez KOMIYAMĘ.

Stwierdziwszy w poprzedniej naszej pracy, że dodatnie działanie słabo kwaśnych roztworów występuje tem wyraźniej, im gorzej serce przedtem pracowało, przystąpiliśmy do badania wpływu małych zmian pH płynu odżywczego na czynność serca osłabionego. Osłabienie wywoływaliśmy przez dodatek chloroformu do płynu RINGERA.

1. Metodyka.

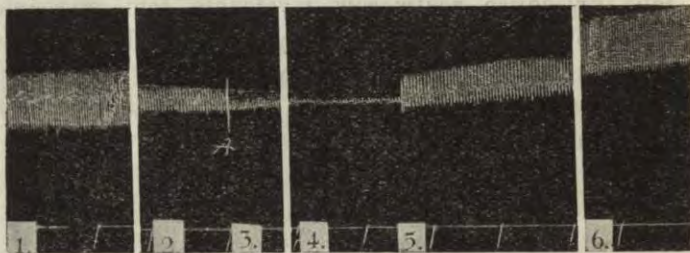
Badania wykonano na sercach żab wodnych. Posługiwano się metodą MINESA: stały przepływ płynu odżywczego przez tylną żyłę próżną, odpływ z przeciętych aort. Zaletą tego sposobu jest zupełnie stałe ciśnienie dopływu, ponieważ otwarty kominek kanjuli MINESA wyrównywa możliwe wahania. Ponieważ w poprzedniej pracy wykazaliśmy, że działanie kwasów i zasad występuje jednakowo w Ringerze normalnym jak w Ringerze bez NaHCO_3 i w płynie BROEMSERA, ograniczyliśmy się w obecnych badaniach do Ringera zwykłego o składzie: 0.25 g KCl; 0.2 g CaCl_2 ; 6.5 g NaCl; 0.2 g NaHCO_3 na 1 litr wody. Zmiany pH dokonywaliśmy, dodając do tego płynu HCl, względnie NaOH.

2. Działanie stałego przepływu płynów o większej zasadowości oraz kwasowości na serce osłabione chloroformem.

Jako przykład szeregu doświadczeń wykonanych w tym kierunku przytaczamy tylko jedno, ponieważ wyniki były zawsze jednakowe.

Doświadczenie 11. 1) Serce żaby według MINESA. Stały przepływ Ringera o $\text{pH} = 7.35$. Skurcze serca słabe. Zmiana płynu, przepływającego przez serce, na płyn z dodatkiem chloroformu (2 cm^3 nasyconego roztworu wodnego chloroformu na 100 cm^3 Ringera) szybko obniża skurcze serca do połowy wysokości normalnej. Następujący potem stały przepływ Ringera + NaOH

o $\text{pH} = 8.1$ bez chloroformu obniża akcję serca prawie do zupełnego zatrzymania skurczów. Stały natomiast przepływ Ringera z chloroformem + HCl o $\text{pH} = 6.7$ powoduje natychmiastowe pojawienie się skurczów komory, tonus serca silnie wzrasta, a po 5 minutach skurcze komory są większe, niż w normie przed działaniem płynów.



Rys. 1. (Dośw. 11). Serce żaby — stały przepływ z tylnej żyły próżnej według Minesa — czas w minutach. 1. Normalne skurcze — $\frac{\text{Ca}}{2}$ Ringer — $\text{pH} = 7.35$. 2. 7' po zmianie płynu odżywczego normalnego na płyn z chloroformem. 3. Zmiana na płyn zasadowy bez CHCl_3 — $\text{pH} = 8.1$. 4. 8' później. 5. Zmiana na płyn kwaśny — $\text{pH} = 6.7$ — z chloroformem. 6. 10' później.

Fig. 1. (Versuch 11). Esculentenherz — Dauerdurchströmung von der hinteren Hohlvene aus nach Mines. Zeit in Minuten. 1. Norm — $\frac{\text{Ca}}{2}$ Ringer — $\text{pH} = 7.35$. 2. 7' nach Umschaltung auf Chloroform-Ringer. 3. Umschaltung auf $\frac{\text{Ca}}{2}$ Ringer + NaOH ohne Chloroform. 4. 8' später. 5. Umschaltung auf $\frac{\text{Ca}}{2}$ Ringer + HCl — $\text{pH} 6.7$ — + CHCl_3 , 6. 10' später.

Okazuje się więc, że płyn o zwiększonej zasadowości — $\text{pH} = 8.1$ — działa na serce osłabione chloroformem tak samo, a może jeszcze silniej trująco, niż na serce normalne. Zaznaczyć należy, że w przytoczonym doświadczeniu stosowano zasadowy płyn bez dodatku chloroformu. Pomimo to serce uległo silnemu uszkodzeniu. Z drugiej strony doświadczenie wykazuje nadzwyczaj dodatnie działanie płynu o zmniejszonym pH . Pomimo tej samej zawartości chloroformu w płynie kwaśnym jak w Ringierze normalnym, czynność serca pod wpływem kwaśnego Ringiera wykazuje natychmiastową poprawę. Jest godnym podkreślenia, że dodatnie działanie kwasu występuje jeszcze wyraźniej na sercu zatrutem, niż na sercu normalnym. BURRIDGE ('27) twierdzi, że zmniejszenie zawartości wapnia w płynie odżywczym zwiększa szkodliwe działanie kwasów na serce. W doświadczeniu powyż-

szem zmniejszyliśmy zawartość wapnia w Ringerze do połowy, a pomimo tego dodatnie działanie kwaśnego płynu występuje tak samo wyraźnie i szybko, jak w innych doświadczeniach z normalną zawartością wapnia w Ringerze.

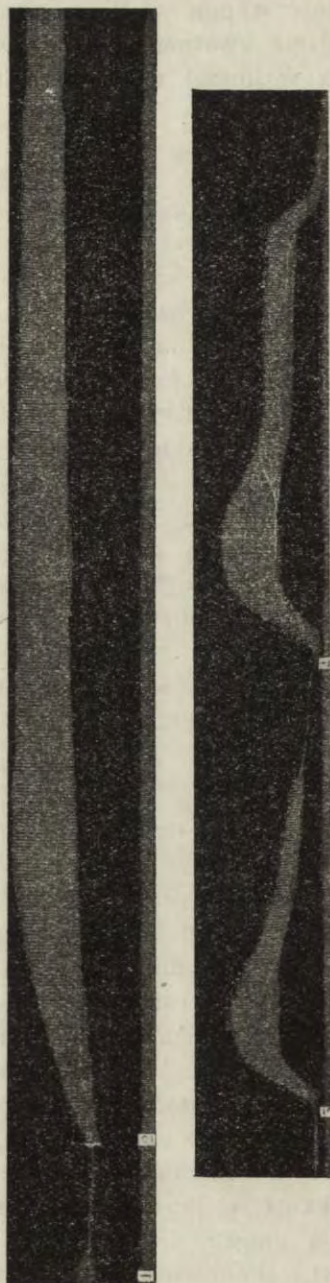
3. Wpływ krótkotrwałych zmian odczynu aktualnego na serce osłabione chloroformem.

Na całym zwierzęciu (kocie) wykazaliśmy (MODRAKOWSKI i SIKORSKI '25), że jednorazowa dożylna iniekcja HCl doprowadza serce i oddech porażone chloroformem znowu do normalnej czynności. Wobec tego badaliśmy, jak zachowuje się serce żaby po jednorazowej iniekcji zasady oraz kwasu do kanjuli, doprowadzającej płyn odżywczy.

Metodyka. Serce żaby według MINESA. Płyn Ringera o składzie, podanym powyżej. Zasadę i kwas wstrzykuje się jednorazowo w małych ilościach ($0.05 - 0.1 \text{ cm}^3$) powoli do kominka kanjuli MINESA, przyczem ciśnienie dopływu do serca nie powinno ulec najmniejszym wahaniom. W ten sposób zasada i kwas dostają się odrazu w stosunkowo dużym stężeniu do serca, a następnie są szybko wydalone przez przepływający płyn Ringera.

4. Szkodliwe działanie zasady.

Doświadczenie 14. Serce żaby według MINESA. Stały przepływ Ringera o $\text{pH} = 7.3$. Serce pracuje silnie i regularnie. Zmiana przepływającego przez serce płynu na taki sam płyn z dodatkiem chloroformu (2 cm^3 nasyconego roztworu wodnego chloroformu na 100 cm^3 płynu Ringera) obniża szybko skurcze serca do $\frac{2}{5}$ wysokości skurczów normalnych. Wstrzyknięcie 0.05 cm^3 0.2% NaHCO_3 do kominka kanjuli MINESA przy niezmienionym stałym przepływie przez serce Ringera z chloroformem, zmniejsza skurcze serca jeszcze bardziej. To szkodliwe działanie zasady mija szybko z powodu wypłókania jej przez przepływający przez serce płyn. Skurcze wracają znowu do tej samej wysokości, co przed stosowaniem NaHCO_3 . Ponowne iniekcje 0.1 cm^3 0.2% NaHCO_3 wywołują za każdym razem silne obniżenie skurczów.



Rys. 2 (Dośw. 3). Serce żaby jak poprzednio—stały przepływ Ringera normalnego — $\text{pH}=7,3$, następnie — zmiana płynu na Ringer z chloroformem — czas w sekundach. 1. Część krzywej podczas stałego przepływu Ringera z CHCl_3 , 5 po pierwszej iniekcji $0,1 \text{ cm}^3$ $1/200 \text{ n HCl}$ w Ringerze do kominka kanjuli *M i n e s a*. 2. 3. 4. Następane iniekcje po $0,1 \text{ cm}^3$ $1/200 \text{ n HCl}$ w Ringerze. (3. Część krzywej 15' po 2).

Fig. 2 (Versuch 3). Esculentherz wie vorher — Dauerdurchströmung mit normaler Ringerlösung — $\text{pH}=7,3$, nachher Umschaltung auf Chloroform — Ringer — Zeit in Sekunden. 1. Teil der Kurve während Dauerdurchströmung mit CHCl_3 — Ringer, 5 nach der ersten Injektion von $0,1 \text{ cm}^3$ $1/200 \text{ n HCl}$ — Ringer, 2. 3. 4. Weitere Injektionen von je $0,1 \text{ cm}^3$ $1/200 \text{ n HCl}$ — Ringer. (3. Teil der Kurve 15' nach 2).

5. Dodatnie działanie kwasów.

Doświadczenie 3 (rys. 2). Serce żaby jak poprzednio. Stały przepływ Ringera o $\text{pH}=7.3$. Zmiana normalnego Ringera na Ringer z dodatkiem chloroformu (2.5 cm^3 nasyconego roztworu wodnego chloroformu na 200 cm^3 Ringera) zatrzymuje po 3 minutach komorę serca w rozkurczu. Podczas dalszego przepływu Ringera + CHCl_3 przez serce iniekcja 0.1 cm^3 $1/200$ n HCl w Ringerze do kominka kanjuli MINESA pobudza serce po $1\frac{1}{2}$ minucie do skurczów, tonus wzrasta, skurcze dochodzą prawie natychmiast do $\frac{1}{3}$ wysokości normalnej, w 5 minut później serce zatrzymuje się ponownie w rozkurczu, oczywiście z powodu wypłókania kwasu przez roztwór Ringera z chloroformem, przepływający nadal przez serce. Ponowna iniekcja HCl w tej samej dawce wywiera jeszcze wybitniejsze i dłużej trwające działanie (rys. 2, lit. 2). Następane iniekcje działają także natychmiast, choć tylko przejściowo (rys. 2, lit. 3 i 4).

Doświadczenia te wykazują, że zapomocą jednorazowej iniekcji można otrzymać wybitne działanie na serce żaby, osłabione chloroformem. Przytem działanie zasady jest zawsze ujemne. Przeciwnie, kwas, choć w stosunkowo znacznym stężeniu ($1/200$ n), przy krótkotrwałem zadziałaniu posiada wybitnie pobudzające działanie na osłabione serce.

Streszczenie.

Badano wpływ niewielkiego zwiększenia i zmniejszenia stężenia jonów wodorowych na serce żaby, spreparowane sposobem MINESA, podczas działania chloroformu. Okazuje się, że działanie zmian stężenia jonów wodorowych na serce osłabione jest podobne do wpływu na serce normalne, lecz jest o wiele wybitniejsze. Stały przepływ płynu o zwiększonej zasadowości ($\text{pH}=8.1$) uszkadza serce zatrute chloroformem jeszcze bardziej, niż serce normalne, pomimo usunięcia chloroformu.

Odwrotnie — płyn o zmniejszonym pH (6.7) działa silnie pobudzająco i powoduje powrót osłabionego serca do normalnej czynności pomimo niezmienionego przepływu CHCl_3 .

Krótkotrwałe działanie płynów o zwiększonej zasadowości i kwasowości wpływa wybitnie na czynność serca. Działanie to, z powodu szybkiego wypłókiwania wprowadzonych zasad lub kwasów przez stale przepływający roztwór Ringera, mija po jakimś czasie.

Zasada ($0.1 - 0.05 \text{ cm}^3$ 2% NaHCO_3 wstrzyknięte do kominka kanjuli MINESA) działa przejściowo, lecz bardzo ujemnie na serce osłabione chloroformem, powodując zmniejszenie i zwolnienie skurczów aż do zupełnego prawie zatrzymania.

Przeciwnie, kwas (0.1 cm^3 1/200 n HCl w Ringerze) pobudza serce porażone do ponownej czynności. To dodatnie działanie kwasu może się utrzymać przez kilka minut, pomimo dalszego stałego zatrawiania serca chloroformem, i powtarza się po każdorazowym ponownym wprowadzeniu kwasu.

Piśmiennictwo.

Atzler und Müller. 1926. Arch. f. d. ges. Physiol. 207 (1). Burrige. 1927. Quart. Journ. of exp. Physiol. 18 (104). Komiyama. 1929. Arch. f. exp. Path. u. Pharm. 139 (100). Modrakowski i Sikorski. 1929. C. R. Soc. Biol. 43 (953). Salant and Johnstone. 1924. Journ. of Pharm. and exp. Ther. 23 (373). Sikorski i Lentz. 1929. Med. Dośw. i Społ. Tom poświęcony pamięci prof. N. Cybulskiego.

[Zoologisches Institut der Universität in Wilno]

H. Jawłowski.

Über die Funktionen des Zentralnervensystems bei
Lithobius forficatus L.

O czynnościach środkowego układu nerwowego drewniaka
(*Lithobius forficatus* L.).

Eingegangen am 29. IV. 1929.

Ich habe schon im Jahre 1923 über die Erscheinungen, die nach der Beschädigung des Zentralnervensystems bei *L. forficatus* L. auftreten, in polnischer Sprache berichtet ¹⁾. Den späteren Angaben HANSTROM ('28) gemäss, ist seit dieser Zeit nichts Neues bezüglich des Zentralnervensystems bei Chilopoden publiziert worden.

In der vorliegenden Arbeit nehme ich mir vor, meine früheren Beobachtungen nebst einigen nachträglich eingeführten Änderungen darzustellen.

Die Forschungen betreffend die Funktionen des Zentralnervensystems bei den Myriapoden wurden durch CHILD ('92), STEINER ('98) und CARLSON ('04) ausgeführt. Die Versuche von CHILD bezogen sich hauptsächlich auf die Ganglien und Nerven der Bauchkette; derselbe Verfasser behauptet, dass die Abtrennung des Kopfes die Gangfähigkeit nicht aufhebt, ja—dass sogar ein nur aus drei Segmenten zusammengesetzter Abschnitt immer noch koordinierte Fortbewegungen ausführen kann.

Die Forschungen STEINERS ('98) umfassen im Allgemeinen die Funktionen des Zentralnervensystems der Gliederfüssler. Von den Myriapoden stellte STEINER ('98) mit *Lithobius forficatus* L. und *Julus terrestris* L. Versuche an. Nach Ansicht dieses Forschers bewirkte die Durchschneidung der Schlundkommissur eine Kreisbewegung in der Richtung nach der unverletzten Seite hin,—eine Erscheinung, die schon bei verschiedenen Gliederfüsslern beobachtet wurde. Als eine in dieser Hinsicht ausführlichere Arbeit,

¹⁾ Prace Tow. Przyjaciół Nauk w Wilnie. T. 1, № 4. Arb. der. Ges. der Freunde der Wissenschaften. Wilno. Bd. 1., № 4.

welche verschiedene Arten der Myriapoden umfasst, ist das Werk von CARLSON ('04) zu betrachten.

CARLSON ('04) benutzte zu seinen Versuchen die unter den *Chilopoden* dem *Lithobius forficatus* am meisten nahe stehende *Scolopendra moritans*. Er stellte ebenfalls fest, dass die Entfernung des Kopfes weder die Gangfähigkeit aufhebt, noch irgend welchen Einfluss auf die Körperlage und Haltung ausübt. Das operierte Tier kann sich bei Reizungen in der Weise biegen, als wolle es den ihn reizenden Gegenstand beißen; falls es aber auf dem Rücken liegt, dreht es sich herum und ist weder zu beweglich, noch träge. Kurz und bündig: nach den Beobachtungen CARLSONS ('04) unterscheidet sich das operierte Tier von einem normalen nur dadurch, dass es auf Licht nicht reagiert, keine Nahrung zu sich nimmt und sich in die Erde nicht eingräbt.

Bei der Ausführung aller dieser Versuche bediente man sich einer ziemlich primitiven Methode, welche hauptsächlich in der Abtrennung des Kopfes, oder im Durchschneiden des ganzen Körpers bestand, weshalb man auch obige Ergebnisse nicht als genügend genau und erschöpfend betrachten kann; ebensowenig wurden auch die Funktionen einzelner, bestimmter Kopfganglien aufgeklärt.

Als Material zu meinen Versuchen benutzte ich erwachsene Exemplare des *Lithobius forficatus*, welche ich in den mit Erde und Stücken von Baumrinde angefüllten Glassgefäßen aufzog. Die operierten Tiere hielt ich auf feuchtem Löschpapier in flachen Petri-Schalen. Die durchschnittliche Länge des Körpers der zu den Versuchen benutzten Exemplare betrug 2.6 cm, die Kopfbreite — 2.4 mm.

Bei der Ausführung der Versuche entfernte ich bestimmte Teile des Zentralnervensystems entweder vollständig, oder schnitt ich sie einfach durch, wobei ich mich bemühte, andere Organe so wenig als möglich zu beschädigen. Die zur Operation bestimmten Tiere wurden mit Äther betäubt. Das in ein Gefäß (in dem sich in Äther getränkte Watte befand) gelegte Tier blieb meistens im Laufe einer Minute unempfindlich; nach Verlauf dieser Zeit führte es noch schwache Fussbewegungen aus. Die Zeitdauer der Narkose betrug ca. eine halbe Stunde und genügte vollkommen zur Ausführung der Operation. Die *L. forficatus* vertrugen die Narkose sehr gut, konnten oft über eine Stunde in derselben verbleiben und verhielten sich nachher vollkommen normal.

Die Operation wurde meistens bei zehnfacher Vergrößerung unter dem Binokularmikroskop (Zeiss) ausgeführt. Die Art der Freilegung des Gehirns veranschaulicht die Textfig. 1. Zunächst beschnitt ich die Ränder des Kopfes längs der Linie b. a. und d. c., dann führte ich die Scheere unter das Chitin ein und schnitt längs der Linie b. d.; endlich zerschnitt ich das Chitin entweder vollständig nach der Linie a. c., oder schnitt ich so weit an, dass es sich bequem zurückbiegen liess. Nachdem ich eine gewisse Geschicklichkeit darin erlangt hatte, schnitt ich Stücke des Chitins von verschiedener Grösse heraus, indem ich jetzt nur einen Rand des Kopfes abschnitt, um das Tier so wenig wie möglich zu beschädigen. Nachdem das Gehirn freigelegt worden war, führte ich die eigentliche Operation

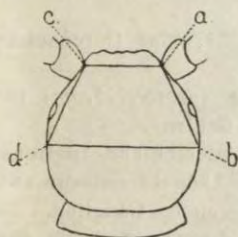


Fig. 1. Schema: Durchschneidung des Chitins vor der Gehirnoperation.

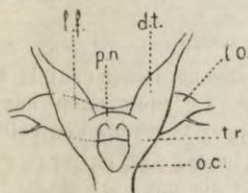


Fig. 2. Schema des Gehirns (Ventralseite). *L. forficatus*: lo — lobi optici, II — lobi frontales, pn — pons, dt — deutocerebrum, tr — tritocerebrum, oc — Suboesophagal commissur.



Fig. 3. Schema des Zentralnervensystems von *L. forficatus*, sg — Suboesophalganglion (Unterschlingganglion). I. — Ganglion des ersten Beinpaars.

mit Beihilfe eines kleinen okulistischen Skalpels und kleiner Hackchen aus. Nach der Operation bedeckte ich die Wunde mit einem vorher entnommenen Stücke des Chitins. Die Durchschneidung der Kommissuren führte ich in der Weise aus, dass ich mit der Scheere das Chitin zwischen den Segmenten durchschnitt (da sich das Chitin an dieser Stelle leichter aufhe-

ben lässt), um darauf mit einem Häkchen die Kommissuren herauszuziehen und sie mit dem Scalpel zu durchschneiden. Eine ähnliche Art des Schnittes wandte ich auch bei Gehirnoperationen an. Zur vollständigen Entfernung irgend eines Bauchganglions schnitt ich die Platten des Chitins, welche eines dieser Ganglien bedecken, aus und beseitigte es darauf, die Wunde mit derselben Chitinplatte bedeckend¹⁾. Falls ich das Tier während der Operation nicht stark drückte, entstand niemals ein dieselbe störender Bluterguss.

Die Versuche teilte ich in folgende Serien ein:

- 1^o. Vollständige Enthirnung oder Durchschneidung der Schlundkommissuren.
- 2^o. Beseitigung des Gehirns zur Hälfte, oder Durchschneidung nur der einen Schlundkommissur.
- 3^o. Durchschneidung des Vorderhirns (*protocerebrum*) in 2 Hälften.
- 4^o. Operationen einzelner Teile des Gehirns.
- 5^o. Vollständige Ausschaltung des Unterschlundganglions.
- 6^o. Durchschneidung einer einzigen Längskommissur zwischen den das erste und das zweite Beinpaar innervierenden Ganglien.
- 7^o. Durchschneidung einer einzigen Längskommissur zwischen den das erste und das zweite Beinpaar innervierenden Ganglien bei gleichzeitiger Verletzung des Gehirns.
- 8^o. Operation der Bauchganglienkeite.

Zur leichteren Orientierung darüber, welche Teile des Nervensystems operiert wurden, füge ich ein Schema von dem Hirn des *L. forficatus* bei, sowie auch ein Schema des ganzen Nervensystems (Textfig. 2, 3). Das vollständige Nervensystem des *L. forficatus* (Textfig. 3) stelle ich nach dem Präparate dar, welches nach der Erweichung des Chitins herausbekommen wurde. Es mag hier betont werden, dass ich als Unterschlundganglion, die vor dem das erste Beinpaar innervierenden Ganglion gelegenen Ganglien betrachte.

Dieser detaillierten Beschreibung der Versuche füge ich Zeichnungen hinzu, welche die Art der Verletzungen veranschaulichen (Taf. I). Es sind dies Abbildungen der Teile des Nervensystems, die auch nach der Operation zurückblieben. Sie wurden nach Abschluss der Versuche kontrolliert zwecks Feststellung, dass der betreffende Teil in der Tat entfernt worden war.

Von den operierten Objekten lebten die mit vollständig entferntem Gehirne am kürzesten; am längsten lebten die mit einer durchschnittenen

¹⁾ Es sei zu beachten, dass das Chitin nur sehr langsam regeneriert. Eine vollständige Vernarbung desselben bemerkte ich nur an den dünnsten Stellen zwischen den Segmenten. Bei den operierten Tieren tritt der normale Chitinwechsel ziemlich selten ein, trotzdem die Wunde schon zugeheilt war. In wenigen Fällen jedoch konnte ich eine vollständige Enthäutung der operierten Individuen beobachten. An der Stelle, wo sich die Augen befanden, blieb nur eine Spur derselben in Gestalt einer schwach angedeuteten Erhöhung. In anderen Fällen blieb statt der Augen eine glatte Einstülpung des Chitins sichtbar wahrnehmbar. Nach KOPÉC haben Gehirnbeschädigungen keine Bedeutung für die Neubildung der Augen.

Kommissur. Jede Operation kontrollierte ich nach dem Tode des Tieres den entsprechenden Teil des Nervensystems präparierte ich unter dem Binokularmikroskop. Bei der Kontrolle der Kopfoperation musste ich zu einer Erweichung des Chitins Zuflucht nehmen. Zu diesem Zwecke wurde das entsprechende Individuum auf 4—10 Stunden in eine 10%-tige Salpetersäurelösung gelegt, wonach das Gehirn sich leichter herauspräparieren liess. Gleichzeitig mit fast allen Operationen führte ich Kontrollversuche durch; zu diesem Zwecke durchschnitt ich das Chitin und die Muskeln in derselben Weise, wie bei den operierten Tieren, und liess nur das Nervensystem unbeschädigt. Im Ganzen führte ich ungefähr 300 Operationen aus, oft ein und dieselbe Art der Verletzung wiederholend. Zum Zwecke der Erhaltung von charakteristischen Fussspuren, sowohl für die normalen, als auch für die verletzten Tiere, liess ich dieselben auf berusster Pappe herumkriechen, und fixierte die erhaltenen Spuren mit einer Schellacklösung. Diese Gangproben wiederholte ich sehr oft, da einmalige Beobachtung leicht zu falschen Schlüssen führen konnte.

Der normale Gang des Tieres.

Ehe ich zur Besprechung der Erscheinungen übergehe, welche nach der Operation hervortreten, bin ich gezwungen zunächst den eigentlichen Gangprozess bei dem normalen *L. forficatus* zu beschreiben, da derselbe bisjetzt noch nicht genügend aufgeklärt worden ist. Nach ROSSI¹⁾ ist die Gangart der *Chilopoden* einfacher als die der *Diplopoden*. Seiner Beobachtung nach bilden die Beine der *Chilopoden* in der Bewegung keine Wellen oder Wellengruppen, sondern nur sich einfach in die Höhe paarweise und, alternierend, in geraden oder ungeraden Zahlen erheben. VERHOEFF ('15) dagegen ist der Meinung, dass die Bewegung der Beine bei den *Chilopoden* am letzten Abdominalring des hinteren Körperendes beginnt und sich nach vorn verschiebt, ähnlich wie bei den *Diplopoden*. Bei *L. forficatus* kann man die sich allmählich von den Abdominalringen bildenden Bewegungswellen nicht beobachten, da er weniger Beine hat, und diese letzteren länger und voneinander weiter entfernt sind. Weiterhin gibt VERHOEFF ('15) an, dass der ganze Körper des *L. forficatus* schlangenartige Bewegungen ausführt, und zeitweise — der breiter gestellten Beine halber — mit den Sterniten die Unterlage berührt. Ich könnte den Eindruck haben, VERHOEFF habe die Sache grün-

¹⁾ Citat angeführt durch VERHOEFF ('15).

dlich aufgeklärt; meinen Beobachtungen nach tritt hier eine ähnliche Gruppierung der Beine auf, wie sie CLEMENTI ('12) für die Beine bei den *Diplopoden* beschrieben hatte; somit wären — bei *L. forficatus* — zwei oder auch mehrere Beinchen erhoben gehalten und die hinter und vor denselben befindlichen, an derselben Seite zunächst benachbarten Beinchen, würden sich auf die Unterlage stützen (Textfig. 4).

Dem VERHOEFF'schen Schema gemäss muss man annehmen, dass jedes der erhobenen Beinchen sich zwischen den zwei anderen, nächstliegenden, sich auf die Unterlage stützenden befindet. Übrigens schliessen sich die von VERHOEFF ('15) angegebene und die von mir beobachtete Gangart gegenseitig nicht aus, sondern können sich sogar in gewissen Momenten gegenseitig ersetzen.



Fig. 4. Lage der Beine während des Ganges bei *L. forficatus*.

Auf der Abbildung der Gangspuren eines normalen *L. forficatus* (Taf. II, Fig. 1 und Taf. III, Fig. 1) ist es leicht zu bemerken, dass die Gangart gewissen, individuellen Schwankungen untergeordnet sei. Ein Individuum berührt, z. B., sehr oft mit den Sterniten die Unterlage, was bei einigen Individuen in regelmäßigen Abständen erfolgt, während andere die Unterlage beinahe überhaupt nicht berühren. Ausserdem verhalten sich einzelne Individuen manchmal auch etwas verschieden.

Verlauf und Ergebnisse der Versuche.

1. Vollständige Entfernung des Gehirns oder Durchschneidung der Schlundkommissuren.

Bei der vollständigen Entfernung des Gehirns, oder bei der Durchschneidung der Schlundkommissuren (Taf. I, Fig. 1) musste ich auch die Antennen des Tieres abschneiden, da sie nach der Verletzung sich senkten und an die Unterlage stossend mit fortgeschleppt wurden, und die Wunde dadurch sich vergrösserte. Diese Schwächung der Antennen schreibe ich zum grössten Teile der schweren Verletzung des vorderen Teiles des Kopfes zu — da, wo sich die Muskeln befinden, welche die Antennen in Bewegung

setzen; sonst übte das Abschneiden der Antennen auf die Ergebnisse der Versuche keinen Einfluss aus, da nach der Enthirnung ihre Verbindung mit dem Nervensystem so wie so unterbrochen war und somit hörten die Antennen auf, als Sinnesorgane, welche einen Einfluss auf die Richtung der Bewegung haben könnten, zu funktionieren.

Die Wirkung des Äthers auf enthirnte Individuen scheint kürzer zu dauern, als auf solche mit unberührtem Gehirn und dies der gesteigerten Erregbarkeit und Beweglichkeit halber, die bei den operierten Tieren deutlich hervortreten. Nach dem Erwachen aus der Narkose läuft das Tier manchmal einige Stunden beinahe ohne Unterbrechung herum, und die schwächste Reizung wie, z. B., eine leichte Erschütterung oder das Aufheben des Deckels des Gefäßes, in welchem es sich befindet, ruft ein langdauerndes Vorwärtsschreiten hervor; ein normales Individuum reagiert dagegen auf die gleichen Anregungen überhaupt nicht, oder nur sehr schwach. Ebenso wenig, oder noch weniger Erregung (als ein normales Individuum) verriet auch ein solches Individuum, an dem die vollständige, zur Entfernung des Gehirns nötige Operation ausgeführt, das Gehirn selbst aber nicht beschädigt worden war. Nach 4—30 Stunden vermindert sich die Erregbarkeit der enthirnten Tiere und sinkt sogar unter die Norm. Der Zeitraum, in welchem die Erregung sich verringert, ist sehr verschieden. Meines Erachtens nach hat jedoch die beginnende Agonie keinen Einfluss auf die Verminderung der Erregbarkeit, da die Todes-symptome meistens zuerst an den Beinen bemerkbar werden, indem diese letzteren sich krümmen und erschlaffen. Zuweilen konnte ich manche Individuen beobachten, welche bald nach der Operation abstarben und nichtsdestoweniger die Bewegungen des Rumpfes immer noch ausführten, ja sogar, nachdem eine völlige Bewegungslosigkeit der Beine eingetreten war, immer noch Anstrengungen machten, zu gehen. Fast nie konnte ich an enthirnten Individuen einen solchen Zustand beobachten, den ich bei den normalen Individuen als „Ruhezustand“ bezeichnen möchte und der sich in einer von Zeit zu Zeit vermindern den Erregbarkeit und Beweglichkeit kund macht.

Von den nach der Operation auftretenden Erscheinungen macht sich eine Verminderung der Behendigkeit und der Geschicklichkeit des operierten Tieres bemerkbar, was höchstwahrschein-

lich der allgemeinen Schwäche zuzuschreiben ist. Damit wäre es nun, im Einklang mit der Behauptung BETHE's ('97), bewiesen, dass das Gehirn einen Einfluss auf den Tonus der Gesamtmuskulatur des Körpers der Arthropoden ausübt (siehe auch MINKIEWICZ '09); einen ähnlichen Einfluss übt — nach KOPEĆ — auch das Gehirn der Raupen der Schmetterlinge aus. KOPEĆ ('18) giebt an: „...dass das Raupengehirn auf den Tonus der Gesamtmuskulatur einen fördernden Einfluss ausüben dürfte; nach der Enthirnung werden die Muskeln schlaffer, auch werden die einzelnen Muskelkontraktionen während der Körperbewegungen viel schwächer“. In allen diesen Fällen sollte man die Bezeichnung „Tonus“ nicht als eine echte Tonusfunktion, Dauererregung u. s. w., betrachten, sondern — eher im historischen Sinne — als eine verstärkte Verkürzung der Muskeln bei einem normalen Individuum unter dem Einfluss des Gehirnes ansehen (JORDAN '10, S. 376).

Die Mechanik des Ganges beim *L. forficatus* bietet nach Beseitigung des Gehirns nur ganz unbedeutende Anomalien dar. Die Beinspuren auf dem berussten Papier (Taf. II, Fig. 2, 3 und Taf. III, Fig. 2) sind gleichmässiger dicht; auch sieht man nicht die mittleren Spuren, die vom Aufstossen der Sterniten auf die Unterlage herrühren, da der Körper sich höher auf den Beinen hält. Am deutlichsten kann man das in den ersten 20 Stunden nach der Operation beobachten. Eine ähnliche Erscheinung tritt auch — obgleich sie weniger lange dauert — nach anderen Operationen auf; zeitweise kann sie sich auch bei einem normalen Tier einstellen.

Im Ruhezustande verbleiben die operierten Individuen meistens ausgestreckt; beim Gehen schwanken sie, wie es BETHE ('97) beim *Astacus* und *Hydrophilus* beobachtet hatte, ein wenig nach rechts und links. In Allgemeinen ist dieser Gang im Vergleich mit dem normalen geradelinig, oft aber beschreibt das Tier auch weite Kreise. Stösst das Tier unterwegs auf ein Hindernis an, so geht es entweder um dasselbe herum, oder es kriecht einfach darüber hinweg. Eine ähnliche Erscheinung beobachtete KOPEĆ ('18) auch bei den Schmetterlingsraupen. Beim ersten Anblick möchte es scheinen, als ob die enthirnten Tiere sich ganz wie die normalen verhielten; bei näherer Beobachtung aber überzeugte ich mich, dass die enthirnten Individuen nicht beliebig die Richtung

ändern können; sie verhalten sich auch etwas anders als die Tiere, bei denen nur Augen und Antennen entfernt wurden: so vollführen diese Tiere, z. B., keine Wendungen oder Bewegungen zwecks Orientierung in den Raumverhältnissen, wie dies die normalen, oder — sogar — die der Antennen und der Augen entbehrenden Individuen tun können. Ähnliche Bewegungen können, übrigens, auch dann vorkommen, wenn sie durch die Körperlage bedingt werden, z. B., wenn das enthirnte Tier sich auf dem äussersten Rande eines Gegenstandes befindet. Fast nie konnte ich beobachten, dass ein operiertes Tier aus dem Gefäss sich flüchten könnte, aus welchem ein normales mit Leichtigkeit entkam.

Der Wechsel der Gangrichtung der operierten Individuen kann durch verschiedene Ursachen hervorgerufen werden, z. B.: durch die Art der Unterlage, durch ein rein mechanisches Abgleiten des vorderen Körperteils beim Begegnen einem Hindernisse, u. s. w. Manchmal konnte ich beobachten, wie solche Tiere, nachdem sie unter geradem Winkel bis an die Wand des Gefässes (worin sie sich befanden) gelangt hatten, Anstrengungen machten, ihren Gang fortzusetzen; die Sperrwand schien sie förmlich dazu zu drängen; die Beinchen arbeiteten immer heftiger, der Rumpf rührte sich immer stärker — so lange bis es dem vorderen Körperteile endlich gelang sich in die Höhe oder auf die Seite zu schieben und somit die weitere Gangrichtung des Tieres zu bezeichnen. Die Anwesenheit der Tastorgane auf den Beinen der Myriapoden wurde von DUBOSCQ ('97) nachgewiesen; so können auch unter dem Einflusse mechanischer oder chemischer Reize die Beine, oder der Rumpf, Bewegungen ausführen, welche auf die Änderung der Gangrichtung Einfluss haben. Näherte ich dem operierten Tiere ein Stück von Watte, die mit starker Salpetersäure durchtränkt war, so reagierten die Beine auf die Reizung, schon dann, als das Reizmittel sich in einer Entfernung von 2 cm. befand, und das Tier zog sich davor zurück.

Bei den operierten Tieren beobachtete ich niemals Nahrungsaufnahme, während das Putzen der Beine stets normal vor sich ging. Die Lebensdauer der operierten Tiere betrug ungefähr drei Tage.

2. Beseitigung des Gehirns zur Hälfte, oder Durchschneidung nur der einen Schlundkommissur.

Nach Beseitigung der einen Hälfte des Gehirns (Taf. I, Fig. 2) traten oft ein ununterbrochenes Gehen, so wie eine verstärkte Erregbarkeit zu Tage, — ähnlich, wie nach Entfernung des ganzen Gehirns, sondern nur in einem schwächerem Grade. Nach einer gewissen Zeit hören Erregbarkeit und Bewegung auf und das betreffende Individuum scheint sich in dieser Hinsicht von einem normalen nicht zu unterscheiden. Der Gang der so operierten Tiere zeichnet sich durch eine Kreisbewegung in der Richtung nach der unverletzten Seite hin aus (Taf. II, Fig. 4) ¹⁾.

Bei starker Erregung der operierten Seite kann diese Bewegung momentan in eine geradlinige übergehen, ja sogar die Richtung nach der entgegengesetzten, d. h. nach der operierten Seite hin einschlagen. Ein Individuum, welches einen ganzen Monat hindurch lebendig blieb und nur durch einen Zufall nachher zu Grunde ging, beschrieb immer noch Kreise von ungefähr derselben Grösse in der Richtung nach der nichtoperierten Seite hin und sogar im Ruhezustand befand es sich nach derselben Seite hin etwas gekrümmt. Die Kreisbewegung dieser, der Hälfte des Gehirns beraubten Tiere, wird vor allen anderen Dingen durch eine stärkere Kontraktion der Rumpfmuskulatur hervorgerufen und nicht durch die Tätigkeit der Beine, was aus folgendem Versuche zu ersehen ist. Wenn man einem Individuum, bei dem man vorher das Gehirn zur Hälfte herausgeschnitten hatte, an irgend einer Seite die Beinchen abschneidet, so wird es sich immer nach der Richtung der unbeschädigten Gehirnhälfte hin bewegen.

Nach der Entfernung der Antenne und des Auges an der einen Seite bemerkte ich, dass das Tier sich anders verhält, als nach der Beseitigung der einen Hälfte des Gehirns, da es nämlich sich dann in der Richtung nach der operierten Seite hin bewegt; jedoch dauert diese Kreisbewegung nur kurze Zeit. Nach einigen Stunden bewegt sich das Tier noch ganz normal, beginnt jedoch den Gang immer mit einer Wendung nach der operierten Seite hin. Die Abtrennung nur einer einzigen Antenne oder

¹⁾ Das ist die Spur des kleinsten Kreises, welche durch die in dieser Weise operierten Individuen gebildet wurde.

des einseitig gelegenen Auges führt zu denselben Resultaten nur in einem schwächerem Grade. Falls nur eine einzige Antenne abgeschnitten worden war, vermochte die übriggebliebene Antenne sich nach der operierten Seite hin zu neigen, wodurch eine Raumvergrößerung für die Sphäre ihrer Tätigkeit statt gefunden hat.

Ich könnte jedoch nicht beobachten, dass eine Seite des operierten Tieres sich höher erhob als die andere, wie es BETHE ('97) bei *Astacus* und *Pachytylus*, JORDAN ('10) bei *Cancer pagurus* L. gewahnten; dafür war jedoch der ganze Körper erhoben, jedoch nicht so ohne Unterbrechung wie bei dem ganz enthirnten Objekte. JORDAN ('10) schreibt die nach einer ganz analogischen Operation bei *Cancer pagurus* veränderte Lage der Beine, den veränderten tonischen Verhältnissen zu. Seiner Ansicht nach überwiegt von Seite des Gehirnes her der „streckende“ Tonus, dagegen — von Seite der Bauchganglien — der „Beuger“ - Tonus. Ich konnte nicht beobachten, dass die Beinchen an irgend einer Seite schneller auf ein Reizmittel reagiert hätten. Das Putzen der Beinchen fand an beiden Seiten ganz normal statt. Das Putzen der Antenne an der operierten Seite konnte ich nicht beobachten. Die Antenne der operierten Seite stellt sich anfangs mehr gerade gestreckt dar, nachher fällt sie schlaff herab und führt beim Gehen keine Bewegungen aus, welche man an den normalen Objekten beobachten kann.

Ähnliche Resultate ergibt die Durchschneidung einer Schlundkommissur (Taf. I, Fig. 3). Das Tier bewegt sich in der Richtung nach der unbeschädigten Seite hin; die Kreisbewegung tritt ebenfalls, wenn auch weniger regelrecht, auf. Die Antenne ist mehr ausgestreckt, als nach Beseitigung der einen Hälfte des Gehirns, sie schleppt sich zwar weniger beim Gehen, führt aber die gewöhnlichen Bewegungen nicht aus. BETHE ('97) behauptet, dass die Antenne beim *Hydrophilus piceus* L. sich nach Durchschneidung der Schlundkommissur anders verhält und während einer gewissen Zeit leichter reizbar ist. Ähnliche Erscheinungen und sogar andauernde Bewegungen der Antenne beobachtete ich oft bei dem *L. forficatus*, aber ich überzeugte mich an den nach dem Tode präparierten Hirnen, dass dies von einer bei der Operation stattgefundenen Verletzung des Mittelgehirns (*deutocerebrum*) herrührte.

Nach Durchschneidung der Schlundkommissur, folglich — nach einer Operation, die als schwierig zu betrachten ist — scheint das Reagieren der Antenne lokalisiert zu sein, d. h. der Reiz teilt sich anderen Körperteilen nicht mit. Die Feststellung dieser Tatsache ist ziemlich schwierig, denn wenn man mechanisch durch Berührung die Antenne reizen will, kann es leicht geschehen, dass dabei der ganze Körper mit hineingezogen wird und der Reiz sich auch auf die Beine überträgt.

3. Durchschneidung des Vorderhirns (*protocerebrum*) in zwei Hälften.

Die Tiere sind nach der Operation (Taf. I, Fig. 4) erregt und beweglicher, die Gangrichtung stellt eine Kreisbewegung dar; wenn die Individuen sich anfangs auch in gerader Richtung fortbewegen, so gehen sie doch schliesslich, immer zu der Kreisbewegung über. Die Antennen scheinen mehr auseinander gespreizt zu sein.

4. Operation der einzelnen Gehirnteile.

Die vollständige Beseitigung des Vorderhirns (Taf. I, Fig. 5) ruft ähnliche Erscheinungen hervor, wie die Entfernung des ganzen Gehirns, nur äussern sich die Bewegungen verschiedenartiger, dank den Antennen und ihrer ungestörten Verbindung mit dem Nervensystem. Bei diesen Operationen ist es nicht nötig, die Antennen zu entfernen; sie vollführen, wenn auch etwas schwerfälliger, während des Ganges ihre gewöhnlichen Bewegungen. Nach der Abtrennung der Antennen und Entfernung des *Protocerebrums* scheint sich das Tier von einem vollständig enthirnten nicht zu unterscheiden.

Nach der Beseitigung des Vorderhirns zur Hälfte (Taf. I, Fig. 6) verhält sich das Tier ebenso, wie nach der Entfernung der einen Hälfte des ganzen Gehirns, d. h. nach der Entfernung zur Hälfte des *Proto* —, *Deuto* — und *Tritocerebrum's*; es bewegt sich ebenfalls in der Richtung nach der nichtoperierten Seite hin, ist auch erregt, kann sich aber mit grösserer Leichtigkeit nach der operierten Seite hin wenden.

Starke Beschädigung oder Entfernung der *lobi optici* (Taf. I, Fig. 7), und der antennalen Teile des Gehirns ruft

ähnliche Erscheinungen, wie die Entfernung des Auges oder der Antenne hervor.

Eine unbedeutende Verletzung der hinteren Teile des Vorderhirns (Taf. I, Fig. 8), z. B. durch Nadelstiche, ruft keine ausgesprochene Änderung der Gangrichtung hervor. Manchmal beobachtete ich ein seitliches Hingleiten eines solchen Individuum mit der zu der Längsaxe des Körpers senkrecht gestellten operierten Seite.

Die Kreisbewegungen in der Richtung nach der nicht operierten Seite hin treten nicht nur nach Entfernung der einen Hälfte des Vorderhirns auf, sondern, zeitweise, auch dann, wenn man leichte Nadelstiche in die vorderen Teile des Vorderhirns, an den der Längsachse des Körpers näher befindlichen Stellen ausübt. Zuweilen aber rief eine ziemlich bedeutende Verletzung, scheinbar an derselben Stelle ausgeführt, wo bereits ein Nadelstich sofort die Kreisbewegung auslöste, keine deutliche Fortbewegung nach der nichtoperierten Seite hervor. Jedenfalls rufen tiefere Verletzungen in dem der Mitte des Vorderhirns nächst liegenden Teile eine Kreisbewegung in der Richtung nach der nichtoperierten Seite hin hervor.

Die Verletzung dieser Teile ruft ebenfalls eine grössere Reizbarkeit hervor, welche jedoch nicht immer auftritt. Die Kontroll-Individuen, die an den den Augenlappen (*lobi optici*) naheliegenden Partien verletzt wurden, verhielten sich umgekehrt, d. h. sie waren immer träge.

Nach HOLMGREN ('16) befinden sich im vorderen Teile des *Protocerebrum's* ungefähr an den Stellen, die ich beschädigt hatte, so genannte *Glomeruli* und die Verbindungsstelle des Stiels mit dem Medialkörperabschnitte; es ist mithin leicht möglich, dass die einseitige Verletzung oder Entfernung dieser Teile die Kreisbewegung hervorrufen kann.

Die Beseitigung aller Teile des Gehirns, einerseits, und die Beseitigung nur des *Protocerebrum's*, anderseits (Taf. I, Fig. 9), hatte keine deutliche Veränderung in der Gangrichtung zur Folge. Die derartig operierten Tiere unterscheiden sich kaum von den vollständig enthirnten.

Zum Schluss möchte ich hier noch erwähnen, dass man während der Versuche an den Stirnlappen oft ein Zurückweichen des Individuums, sowie schlangenartige Bewegungen seines Körpers beobachten konnte.

5. Vollständige Ausschaltung des Unterschlundganglions.

Diese Versuche führte ich so aus, dass ich das Nervensystem an der Stelle zerschnitt, wo das Unterschlundganglion mit dem Ganglion in Verbindung tritt, aus welchem die Nerven des ersten Beinpaars hervorgehen, oder — dass ich die Länyskommissuren zwischen den Ganglien zerschnitt, welche das erste und das zweite Beinpaar innervieren.

Die erste nach der Operation auftretende Erscheinung besteht in der Verminderung der Beweglichkeit des Tieres. Auf eine Reizung antworten sie nicht durch einen lange dauernden Lauf, sondern sie schleppen sich nur eine kurze Strecke—einige Zentimeter weit, oder noch weniger—hin. Erst nach einigen Tagen können sie sich auf etwas weitere Entfernungen vorwärtschieben und verraten eine gesteigerte Reizbarkeit; mit einem Worte, sie verhalten sich da völlig anders, als nach der Enthirnung.

Zerschneidet man die Kommissuren in irgendeinem Teile des Tierkörpers und entfernt darauf das Gehirn, so kann man ein vollständig verschiedenartiges Verhalten der zwei Körperteile, des vorderen Teiles, der mit dem Unterschlundganglion verbunden ist, und des hinteren, der diesem Einfluss entzogen ist, beobachten. Der vordere Teil bemüht sich sich vorwärts zu schieben, und die Beine bewegen sich unausgesetzt, während der andere Teil kaum, mit nur schwachen Bewegungen, auf die Reizungen reagiert. Nach Ausschaltung des Unterschlundganglions ändert sich die Mechanik des Ganges nicht; vor allen anderen Bewegungsarten, das Putzen der Beine und das Beissvermögen unterliegen wohl einer Änderung. Oft erfolgt das Anhalten des vorwärtskriechenden Tieres nicht so schnell, wie bei den normalen, sondern es macht sich nur durch ein immer langsames Stellen der Beine kenntlich, was man am besten in den ersten Tagen nach der Operation beobachten kann. Meistens endet der Lauf mit einer Wendung oder vielmehr mit einer Krümmung nach rechts oder nach links, wie es bei einem normalen Individuum vor dem Putzen der Beine oder vor dem Beissen vorkommt. Das erfolgt manchmal in einem so starken Grade, dass das Tier seinen Kopf über den hinteren Teil des Körpers beugt und in einem solchen Zustande längere Zeit verbleiben mag. Diese charakteristische Bewegung

tritt bald spontan, bald nach einer Reizung auf. Diesen Biegungen kann sich das Zusammenlegen und die Bewegung der Beine, wie beim Putzen, anschliessen, wobei ein wirkliches Putzen niemals statt hat, obgleich die Kieferfüsse die Beinchen berühren. Überhaupt beobachtete ich niemals das Putzen der Beine bei Objekten mit ausgeschaltetem Unterschlundganglion, sondern nur die Biegung des Körpers in die Lage, bei welcher das Putzen anfängt.

BETHE ('97) und GALANT ('21) geben an, dass bei der Entfernung des Unterschlundganglions bei einzelnen Schalentieren und Insekten spontane Reflexe auftreten, welche manchmal zu einem unermüdlichen Putzen des Körpers führen. Meine nicht zahlreichen Versuche an der *Periplaneta orientalis* L. und an den Käfern aus der Familie der *Carabidae* bestätigen es vollkommen.

Ferner muss ich noch den Reflex erwähnen, der nach der vollständigen Ausschaltung des Unterschlundganglions auftritt und welchen ich Abkratzreflex nennen möchte; er entsteht dann, wenn man mit einer Nadel leicht ein Beinchen berührt. Durch diese Reizung veranlasst, erhebt das Tier die benachbarten, hinter dem gereizten befindlichen Beinchen und fängt an, die letzteren an das erstere zu reiben, oder mit den letzteren an dem ersteren zu kratzen. Bei normalen Tieren lässt sich dieser Reflex nur sehr schwer hervorrufen, da ein Reizen der Beinchen ein sofortiges Vorwärtslaufen zur Folge hat. Der Abkratzreflex tritt bei normalen Individuen des öfteren dann ein, wenn sie mit Parasiten bedeckt sind.

Durch Reizung der vorderen Beine kann man bei den operierten Tieren leichter ein Zurückkriechen nach hinten veranlassen, als bei den normalen. Bei Reizung der mittleren Beine kann man ein Zurückkriechen des mittleren Teiles des Tieres vor dem Reizmittel deutlich beobachten.

Von den nach der Ausschaltung des Unterschlundganglions auftretenden Erscheinungen ist besonders das häufige Auftreten verschiedener voneinander sich unterscheidender Reflexe hervorzuheben, die oft einander entweder ausschliessen, oder störend aufeinander wirken: so z. B. treten die dem Putzen vorausgehenden Wendungen sowie der Abkratzreflex während des Ganges des Tieres auf und machen dann ein weiteres Vorwärtsschreiten des Tieres unmöglich¹⁾.

¹⁾ Diese sich gegenseitig ausschliessende Reflexe treten am deutlichsten im Laufe der ersten Tage nach der Operation auf.

Das normale Tier oder sogar auch ein ent hirntes reagieren auf einen Reiz vor allem durch die Flucht. Nach der Entfernung des Unterschlundganglions können ähnliche Reize leichter auch andere Tätigkeiten hervorrufen; welche den ganzen Körper des Tieres vor der Gefahr nicht schützen.

Die Bewegungen der Tiere mit ausgeschaltetem Unterschlundganglion, verursacht durch äussere Einflüsse, werden durch die Zeichnungen [Taf. IV, Fig. 1, 2, 3, 4] illustriert. Es tritt da (Fig. 1, 3) die obenerwähnte Wendung, die dem Putzen oder dem Beissen vorangeht, deutlich auf.

Die Nahrungsaufnahme ist jedenfalls bedeutend erschwert, falls sie überhaupt stattfindet.

6. Durchschneidung einer einzigen Längskommissur zwischen den ersten und denen das zweite Beinpaar innervierenden Ganglien.

Individuen mit der durchschnittenen Commissur (Taf. I, Fig. 10) sind im Ruhezustande nicht gebogen und die Gangrichtung zeigt keine bemerkenswerten Veränderungen; man kann höchstens sehen, dass das Tier sich mehr krümmt, wenn es sich nach der gesunden Seite, als nach der operierten hin wendet. Ein solcher Kreisgang, wie derjenige, den man an den Tieren nach Beseitigung des Gehirns zur Hälfte beobachten kann, tritt hier nicht auf; deshalb erscheint die Voraussetzung von KOPEĆ ('18) auch für *L. forficatus* richtig, dass die Bahnen, durch welche das Gehirn tonischen Einfluss auf die Muskulatur des Körpers ausübt, sich teilweise im Unterschlundganglion, sowie wahrscheinlich auch in jedem der Bauchganglien kreuzen.

Die Beinspuren der operierten Individuen gruppieren sich auf dem beruhten Papier (Taf. III, Fig. 3, 4, 5) ähnlich wie diejenigen der in derselben Weise operierten Raupen [KOPEĆ ('18), Taf. 11, Fig. 39, 40]. Die Fussspuren der gesunden Seite gruppieren sich in schräger Richtung nach der operierten Seite hin. Man kann den Unterschied in der Gangsart der Tiere mit durchschnittenen Commissur aus der Lage der einzelnen Beinspuren, sowohl an der gesunden, als auch an der operierten Seite, entziffern. Auf der gesunden Seite bilden sich Reihen schräggelegter sich nicht verwischender Beinspuren, während dieselben auf der operierten

Seite durch die Vereinigung gruppenweise verbundener Spuren bandartig ineinanderfließen.

Auf Grund der Beobachtung des Ganges vermute ich, dass die verschieden ausfallende Tätigkeit der Beine — an der gesunden und an der operierten Seite — durch eine Schwächung derselben hervorgerufen wird. Als Beweis dafür führe ich an, dass das Tier, beim Anhalten im Gange, etwas seitlich nach der nicht-operierten Seite hingeleitet. An der operierten Seite lässt sich der Kratzreflex leicht hervorrufen, während es sich an der nichtoperierten Seite nur schwer bewerkstelligen lässt, wie letzteres auch beim normalen Tiere der Fall ist. Der Kopf ist meistens in der Richtung nach der operierten Seite hin gebogen. Die dem Putzen vorausgehende Biegung des Körpers tritt am häufigsten dann ein, wenn das Tier aus dem Ruhezustande zur Bewegung übergeht; nach einiger Zeit wird sie jedoch überwunden und das Tier bewegt sich, wie ein normales, weiter. Die Biegung des Körpers findet immer in der Richtung nach der operierten Seite hin statt, ist jedoch niemals mit einem Putzen der Beine derselben Seite verbunden. In der Richtung nach der nicht operierten Seite hin biegt sich dagegen das Individuum sehr selten und das Putzen der Beine folgt immer darauf, wie man es auch beim normalen Objekt beobachten kann.

Die Nahrungsaufnahme findet normal statt.

Die Individuen können nach Durchschneidung der einen Kommissur länger leben als nach den anderen Operationen¹⁾; so lebte, z. B., eine von ihnen 7 Monate, enthäutete sich darauf und verhielt sich, was besonders zu beachten ist, immer ganz gleichartig. Später, während der Sektion, konnte ich mich überzeugen, dass die Teile der durchgeschnittenen Kommissur leicht aneinander hielten; sie waren aber nicht zusammengewachsen. Ähnliche Resultate ergab die Durchschneidung der einen Kommissur an irgend einem anderen Teile des Körpers; je weiter eine solche Kommissur vom Kopfe entfernt war, desto schwächer traten die betreffenden Erscheinungen zu Tage.

¹⁾ Bei der Durchschneidung einer Kommissur verletzt man andere Organe verhältnismässig wenig, was, höchstwahrscheinlich, auf die Lebensdauer der Tiere Einfluss hat.

7. Durchschneidung der zwischen dem das erste und dem das zweite Beinpaar innervierenden Ganglien befindlichen Längskommissur bei gleichzeitiger Verletzung des Gehirns.

Nach Verletzung der einer Hälfte des Gehirns kann der *L. forficatus*, Kreise beschreibend, sich in der Richtung nach der unverletzten Seite hin fortbewegen. Die Kreise werden jedoch bedeutend kleiner, wenn man die Kommissur auf der verletzten Seite zwischen dem ersten und dem zweiten Beinpaaren durchschneidet.

Bei Individuen, an welchen entweder die Antennen und Augenlappen, oder die Antenne und das Auge allein an einer und derselben Seite weggeschnitten sind, tritt wohl die Neigung zum Kreisgang in der Richtung nach der operierten Seite hin hervor. Nach Durchschneidung der einen Kommissur an der gegenüberliegenden Seite eines Tieres, bei dem schon vorher die Antennen und Augen entfernt worden waren, tritt eine noch stärkere Neigung zum Gang in der Richtung nach den entfernten Antenne und Augen auf. Solche Individuen üben manchmal mehrere Kreisbewegungen aus, bevor sie zu einer geradlinigen übergehen. Bei Individuen, an welchen die Kommissur nicht völlig durchgeschnitten war — wie dies nach der Auspräparierung des Nervensystems sichtbar wird — trat die Kreisbewegung ebenfalls zu Tage, wie dies auf der Zeichnung (Taf. IV, Fig. 5, 6) zu sehen ist.

Die mit einseitig beschädigten Vorderhirn, nach der unverletzten Seite hin schreitenden Tiere verändern ihre Gangrichtung nicht nach Durchschneidung der an der entgegengesetzten Seite liegenden Kommissur, sondern nur die beschriebenen Kreise werden, der Grösse nach, verschieden und, der Gestalt nach, — weniger regelmässig.

Es ist zu bemerken, dass einige der derartig operierten Individuen nach der Krümmung des Körpers, welche — in der Richtung der beschädigten Kommissur — den Funktionen des Putzens der Beine und des Beissens vorangeht, sich während des Kreisganges nicht ausstreckten, sondern ausserden noch kleine Kreise beschrieben (Taf. IV, Fig. 7, 8).

Die vollständige Enthirnung bei gleichzeitiger Durchschneidung einer Kommissur ergibt ähnliche Resultate, wie die völlige Ausschaltung der des Unterschlundganglions.

8. Operation an der Bauchganglienkette.

Die Durchschneidung der beiden Längskommissuren zwischen den Ganglien, welche das zweite und das dritte Beinpaar mit Nerven versorgen, ergibt beinahe dieselben Resultate, wie die Ausschaltung des Unterschlundganglions.

Die Durchschneidung der beiden Commissuren in irgend einem anderen (mehr entfernten) Teile des Körpers führt zur Zerstörung der Koordination zwischen den getrennten Körperteilen. Falls der vordere Körperteil grösser ist, als der hintere, so kann das Tier beim Gehen den letzteren hinter sich schleppen. Es ist bemerkenswert, dass man nach Durchschneidung irgend eines Kommissurenpaares, vom 6-ten Segmente ab (bei manchen vom 8-ten ab), in dem hinteren ausgeschalteten Teile des Körpers keine Rückwärtsbewegung der Beine hervorrufen kann; dagegen, sind die Beine am vorderen Teile des Körpers ebensowohl zu der Bewegung nach rückwärts, als auch nach vorwärts befähigt. Das Putzen der Beine wird nur mit denjenigen Beinen bewerkstelligt, welche sich an dem vom Kopf aus bis zu der Stelle der durchgeschnittenen Commissur hinziehenden Teile des Körpers befinden; hinter der bezeichneten Stelle kam das Putzen niemals zum Vorschein. Wenn das Tier zufällig — beim Putzen mit den Kieferfüssen — die Gangbeine hinter der durchgeschnittenen Stelle der Commissur erfasst, so machen die letzteren die Anstrengungen sich zu befreien und werden oft dabei abgerissen; kurz, sie verhalten sich so, als wären sie mit einer Pinzette zusammengedrückt.

Schneidet man an zwei Stellen des Körpers (vorn und hinten) die beiden Commissuren derartig durch, dass sich zwischen den Schnitten 7 — 8 Segmente befinden, so kann man die Bewegung der Beine, wenn man das Tier auf den Rücken umdreht, beobachten. Der Umdrehungsreflex ist bei den derartig operierten Tieren bedeutend erschwert. In normalen Verhältnissen dreht sich das auf den Rücken zu liegende Tier sofort wieder um, selbst wenn es der Kopfganglien beraubt ist. Werden einige Beine, des derartig beschädigten Tieres durch Berührung mit einer Nadel gereizt, so beginnen sie sich zu bewegen und — im Anschluss daran — rühren sich auch die anderen, zwischen zwei Schnitten befindlichen Beinchen mit; jedoch konnte ich keine Regelmäs-

sigkeit in der Reihenfolge der Bewegungen beobachten; es ist nur ersichtlich, dass die Bewegung eine metachronische ist.

Ich schnitt auch die beiden Kommissuren zu beiden Seiten eines Ganglions durch. Die Beine eines solchen Segmentes rühren sich wohl, bei einer Reizung, jedoch bezweifle ich sehr, dass diese Bewegung sich dem gegenüberliegenden Beine mitteile; bestimmt, jedoch, teilte sie sich den Beinchen anderer Segmente nicht mit. Höchstwahrscheinlich können also Reizungen auf die anderen Körperteile nicht übertragen werden.

Die Ausschaltung des letzten Ganglions übt keinen Einfluss auf die Funktionen der Organe aus, die in dem vorderen Teile ihre Lage haben und durch die vorliegenden Bauchganglien innerviert werden.

Eine vollständige Entfernung irgendeines Ganglions veranlasst ein Senken der Lage des betreffenden Segmentes im Vergleich zu dem Körper, sowie auch eine Abschwächung der Reizbarkeit. Eine deutliche Erweiterung oder Anschwellung, welche KOPEĆ ('18) bei den Schmetterlingsraupen beobachtet hatte, konnte ich nicht feststellen; es ist möglich, dass das Chitin daran schuld ist. Die Beine eines Segmentes mit dem vollständig abgetrennten Nervenganglion sind — ähnlich wie bei den durch KOPEĆ ('18) operierten Raupen — etwas breiter, als bei den normalen Tieren, gestellt und sie können sich nicht bewegen; erst einige Tage später erlangen sie ihre Bewegungsfähigkeit wieder. Die Beine sind in diesem Falle breiter gestellt infolge der Ausbreizung oder einer Abschwächung der Hüftenpartie; zeitweise kann man es sehr gut an den letzten Segmenten beobachten. Man könnte annehmen, dass auf diese Art sich eine Verminderung des Tonus kund macht [KOPEĆ ('18), SASS ('12)], d. h., dass die Muskeln sich entspannen und einen Druck auf das Chitin ausüben, wodurch das Bein herausgestossen wird. Meistens können die Beine erst nach ein paar Tagen mit einer Bewegung auf eine Reizung reagieren; oft jedoch bewegen sich spontan beide zusammen, oder abwechselnd einzeln, und die Bewegung wird dabei nicht nur durch die Hüftenpartie, sondern auch durch die Endsegmente ausgeführt; diese Bewegungen jedoch ähneln denen der normalen Beine sehr wenig ¹⁾. Diese Art der Bewegung

¹⁾ Nach der Abtrennung wurden die Ganglien unter dem Binokularmikroskop genau untersucht; es wurde festgestellt, dass die Abtrennung

konnte ich auch während der Ätherisierung eines Individuums beobachten, obgleich die anderen Beine keine Bewegungen ausführten.

Nach der Abtrennung der Seitenzweige bei einem der Bauchganglien verhielten sich die Beinchen des betreffenden Segmentes ähnlich, wie bei der vollständigen Entfernung eines Ganglions. Das Individuum bewegt sich wie ein normales, nur sind die Beine des operierten Segmentes untätig. Das betreffende Segment verliert die Reizbarkeit, seine Lage aber ändert sich nicht im Vergleich zu den benachbarten Segmenten.

Zum Schluss möchte ich noch einige Bemerkungen über das Verhalten der operierten Tiere dem Lichte gegenüber hinzufügen.

Tiere ohne Augen und Antennen reagieren auf's Licht, wenn auch nur sehr schwach, und diese Reaktion gibt sich erst in einigen Stunden nach dem vollständigen Aufhören der Narkoseeinflüsse kund. Die Individuen, bei welchen die zwischen den das erste und das zweite Beinpaar innervierenden Ganglien befindliche Kommissur durchgeschnitten war, reagieren auf's Licht schwächer als die normalen. Infolge andauernder Beweglichkeit der enthirnten Individuen konnte ich dort die betreffenden Versuche nicht ausführen. Tiere mit ausgeschaltetem Unterschlundganglion reagieren auf's Licht überhaupt nicht, d. h. reagiert nicht der hinter der Ausschaltungsstelle liegende Körperteil; der Kopf jedoch und die Antennen führen unter dem Einflusse des Lichtes Bewegungen aus.

Schlussfolgerungen.

1°. Das Gehirn übt einen Einfluss auf den Tonus und das Kontraktionsvermögen der Körpermuskulatur aus [KOPEĆ ('18), BETHE]. Dieser Einfluss hat seinen Sitz, in erster Linie, in den der Mitte des Vorderhirns nächst liegenden Partien.

derselben nebst allen Seitenzweigen eine vollständige war und dass in betreff der sachgemässen Ausführung der Operation keine Zweifel bestehen können.

2°. Das Beseitigen der Hälfte des Gehirns (d. h. der Hälfte des *proto-*, *deuto-*, und *trito-cerebrum*), oder } bloss das einseitige Entfernen des Vorderhirns bewirkt stets einen } Kreisgang in der Richtung nach der nicht operierten Seite hin; somit übt jede Hälfte des Vorderhirns einen Einfluss auf die entsprechende Körperhälfte aus.

3°. Das einseitige Verletzen des Vorderhirns (mit Ausnahme der Augenlappen) ruft meistens den Gang in der Richtung nach der unverletzten Seite hin hervor. Eine beträchtliche, einseitige Verletzung der Teile des Vorderhirns, welche der Längsachse des Körpers näher liegen, ruft immer die obenerwähnte Art des Ganges hervor.

4°. Die Nervenbahnen, durch die das Gehirn den Tonus der Muskulatur beeinflusst, kreuzen sich teilweise im Unterschlundganglion und wahrscheinlich auch in jedem der Bauchganglien.

5°. Das Entfernen des Vorderhirns erweckt die Reizbarkeit und Beweglichkeit (beständiges Gehen) des Tieres. Eine gewisse Beweglichkeit lässt sich durch die Verletzung des obenerwähnten Teiles des Vorderhirns hervorrufen. Der Kreisgang und eine erhöhte Reizbarkeit treten nicht immer gleichzeitig auf.

6°. Das Verletzen des *Deutocerebrum* kann eine anhaltende Bewegung der Antennen hervorrufen.

7°. Das gänzliche Entfernen oder eine beträchtliche Verletzung des Gehirns bringt das Tier um die Möglichkeit der Aufnahme der Speise.

8°. Nach Zerschneidung der Schlundkommissuren reagiert die Antenne derselben Seite wohl auf Reize; andere durch diese Reize bei normalen Tieren hervorgerufene Körperbewegungen habe ich jedoch nicht beobachten können.

9°. Das Entfernen des Auges oder der Antenne ruft die Neigung zur Kreisbewegung in der Richtung nach der operierten Seite hin hervor; diese Bewegung reduziert sich jedoch später auf momentane Zuckungen in der Richtung nach derselben Seite hin. Die Ergebnisse dieser Operationen werden beträchtlich steigern beim Durchschneiden der Kommissur, welche sich an der entgegengesetzten Seite des entfernten Auges oder der Antenne befindet.

10°. Nach der Ausschaltung des Unterschlundganglions reagiert das Tier auf Reizungen durch verschiedene und meist lokale Reflexe, welche auch spontan auftreten können. Diese

Bewegungen sind oft von den koordinierten Wirkungen mehrerer Bauchganglien abhängig. Die komplizierten Reflexe eines des Unterschlundganglions beraubten Tieres treten häufig gleichzeitig auf und können störend aufeinander wirken. Das Unterschlundganglion koordiniert also die Impulse, welche die komplizierten Reflexe hervorrufen.

11°. Das Ausschalten des Unterschlundganglions vermindert die Beweglichkeit.

12°. Die Bewegung jedes Beinpaars ist nur vom Bauchganglion des entsprechenden Rumpfsegmentes abhängig, wenn das Reizen der Beine der benachbarten Segmente sich nicht auf die Beine des operierten Segmentes (an welchem die Kommissuren vorn und hinten durchschnitten waren) überträgt.

13°. Nach Durchschneidung irgend eines Kommissurenpaares rückwärts vom 6-ten (bei einigen — vom 8-ten) Körpersegmente ab verlieren die Beine des ausgeschnittenen hinteren Teiles des Körpers ihre Fähigkeit sich nach rückwärts zu bewegen, welche Funktion jedoch den Beinen des vorderen Teiles erhalten bleibt.

14°. Einige Tage nach der Entfernung eines beliebigen Bauchganglions üben die Beine des operierten Segmentes scheinbar spontane Bewegungen aus. Da diese Bewegungen auch beim ätherisierten Tiere vorkommen, finde ich, dass dieselben nichts Gemeinsames mit dem Zentralnervensystem haben.

Diskussion.

Die Bestimmung der Richtung in der Lokomotion bei niederen Tieren kann man, allerdings,—im Einklang mit der Äusserung JORDAN'S (15, S. 380 — 381)— als Hauptfunktion des Gehirns betrachten. Bei *L. forficatus* kann man durch eine Gehirnoperation eigentlich am *Protocerebrum* den Tonus und das Kontraktionsvermögen ändern und folglich dem Gange eine gewisse Richtung aufzwingen. Die Änderung der Gangrichtung muss — auch bei normalen Individuen — von der Änderung des Kontraktionsvermögens, welche durch die im *Protocerebrum* stattfindenden Prozesse hervorgerufen wird, abhängig sein. Dieselben Prozesse (in *Protocerebrum*), nämlich diejenige, welche die Wahl und die Änderung der Richtung veranlassen, betrachte ich als solche psychischer Natur. Sie entstehen in erster Linie durch die

Wirkung der vom Gehirn innervierten Sinnesorgane. Die Richtung des Ganges wird durch die Wirkung der Sinnesorgane, natürlich, auch rein reflektorisch, geändert; diese Art der Einwirkung wird — wahrscheinlich — meistens, die eigentliche Ursache der Richtungsänderung sei. Immerhin finde ich nicht möglich, das Funktionieren der Gehirnsinnesorgane einzig und allein auf ein automatisches Hervorrufen der Reflexe im Sinne der „Tropismen“ LOEB'S zurück zuführen.

Die Gangrichtung eines Individuums kann auch ganz unabhängig vom Gehirn gewissen Änderungen unterliegen. Die Reizung des Körpers oder der Beinchen ruft ebenfalls eine Änderung im Tonus und Kontraktionsvermögen hervor. Auch hier wirken unmittelbar die Körperganglien, jedoch kann sich das Tier ohne *Protocerebrum* in den Raumverhältnissen nicht orientieren und, wie ich schon erwähnte, besitzt es keine eigentliche Wahl der Gangrichtung.

Eine wichtige Funktion des *Protocerebrum's* ist die Fähigkeit, die Gangbewegungen zu hemmen. Die bei verschiedenen Tätigkeiten statthabenden hemmenden Funktionen des Gehirns sind wohl bei Insekten und Crustaceen beobachtet worden. (Vergl. auch die Beobachtungen R. MINKIEWICZ'S an *Maja*, insbesondere '09, S. 212–216).

Man kann annehmen, dass das Unterschlundganglion bei dem *L. forficatus* und, vermutlich, auch bei den Insekten, dasjenige Organ sei, welches zur Regulierung der das Auftreten verschiedener Tätigkeiten veranlassenden Impulse dient. Diese Tätigkeiten, an und für sich, wie, z. B. der Gang, der Flug und das Putzen (wenn zu dieser Tätigkeit nicht ein Organ nötig ist, welches unmittelbar vom Unterschlundganglion innerviert wird), können auch ohne Mitwirkung des Unterschlundganglions verrichtet werden. Zur Verrichtung komplizierter Reflexe durch die Organe, welche speziell durch ihre Bauart zu gewissen Tätigkeiten bestimmt sind, werden nur diejenige Ganglien nötig, die unmittelbar diese Organe innervieren. Bei den gereizten Individuen von *L. forficatus* und — wahrscheinlich — sonst bei Insekten, die das Unterschlundganglion nicht besitzen, kann man lokale Reflexe leichter hervorrufen, oder auch solche Reflexe, welche den Organismus als Ganzes vor den Gefahren nicht schützen.

Die erregenden Eigenschaften der Unterschlundganglien wurden, im Gegensatz zu den hemmenden des Gehirns, auch bei

vielen Insekten beobachtet. BUDDENBROCK ('24) betrachtet das Unterschlundganglion (überhaupt bei allen Arthropoden) als ein Energiezentrum für die kaudalwärts gelegenen Reflexzentren.

Am Schluss seiner Arbeit spricht KOPEĆ ('18) die Bemerkung aus, dass die Resultate seiner Forschungen einen neuen physiologischen Grund für die Phylogenie der Insekten liefern. Er gibt an, dass die Funktion des Unterschlundganglions bei den Schmetterlingsraupen anders, als bei Imago, oder bei den anderen Insekten, ja sogar anders, wie bei den Tausendfüßlern und Crustaceen sei,—und zwar aus dem Grunde, da diese Funktion die Gangbewegungen koordiniert.

Eine derartige Erscheinung stellt nach KOPEĆ die Schmetterlingsraupen höher als Imago, da im Imagostadium die Insekten ein solches die Bewegungen koordinierendes Zentrum nicht besitzen. Indem ich diese Frage anders auffasse, so muss ich hier einige Bemerkungen darlegen. *L. forficatus* schiebt sich vorwärts ausschliesslich mit Hilfe der zu dieser Funktion speziell bestimmten Organe, die Beine, die Raupen hingegen hauptsächlich — vermittelt der durch den ganzen Körper ausgeübten Bewegungen. Ausser den Gangbewegungen können die Körpermuskeln der Schmetterlingsraupen noch ganz andere Bewegungen ausführen, wie z. B. das Zusammenrollen, welches den Gang gänzlich verhindert. Vielleicht kann man die Bewegungen der Schmetterlingsraupen ohne Unterschlundganglion, welche KOPEĆ (Seite 409—470) beschreibt, als das gleichzeitige Auftreten einiger sich gegenseitig störender Reflexe betrachten, die hier bedeutend schärfer, als bei dem *L. forficatus* auftreten. In jedem Falle, selbst wenn man das Problem auf diese Weise auffasst, verringerte sich der Unterschied zwischen den Funktionen des Unterschlundganglions der Schmetterlingsraupen und des *L. forficatus* bedeutend. Somit würden als wichtigere Unterschiede nur die hemmenden Eigenschaften des Unterschlundganglions bei den Schmetterlingsraupen bleiben [KOPEĆ ('18)], während im Gegenteil dasselbe Ganglion bei *L. forficatus* erregende Eigenschaften besitzt.

Ich halte es als meine angenehme Pflicht, an dieser Stelle Herrn Prof. M. SIEDLECKI für seinen wohlwollenden Beistand während der Untersuchungen meinen aufrichtigsten Dank aus-

zusprechen; ich bin ferner Herrn Prof. J. TUR für sein reges Interesse an meiner Arbeit zu verbindlichstem Danke verpflichtet.

Streszczenie.

Mózg u *Lithobius forficatus* L. wywiera wpływ toniczny na całą muskulaturę ciała. Siedlisko tego wpływu lokalizuje się w zbliżonych ku środkowi częściach przedniego mózgu. Zmiana tonus wywołuje zmianę kierunku chodu zwierzęcia. Główną funkcją mózgu jest nadawanie kierunku ruchom chodowym osobnika. Mózg posiada też funkcje, hamujące ruchy.

Zwój podprzelykowy reguluje podniety, wywołujące złożone odruchy, same zaś złożone odruchy mogą być wykonane i bez współdziałania zwoju podprzelykowego. W przeciwieństwie do mózgu, zwój podprzelykowy posiada właściwości pobudzające.

Czynności obu zwojów głowowych są bardzo zbliżone do czynności tych narządów u owadów.

Erklärung der Tafeln.

Die Beschädigungen des Nervensystems beim *Lithobius forficatus*. Erklärung der Abkürzungen: m. o. — Operationsort; p. c. — übriggebliebene Teile der das Nervensystem umgebenden Gefäße; p. n. — pons; 1. — das erste Beinpaar innervierende Ganglion.

Die auf der Taf. I. dargestellten Bilder sind wesentlich vergrößert.

Die verschiedenen Momente des Ganges des *L. forficatus* darstellender Abbildungen sind um $\frac{1}{3}$ verkleinert.

T a f e l I.

- | | | |
|----|--------------------------------------|---|
| 1. | Vorderer Teil des Nervensystems nach | vollständiger Enthirnung. |
| 2. | " " " " | " Beseitigung einer Hirnhälfte. |
| 3. | " " " " | " Durchschneidung der rechten Schlund-Kommissur. |
| 4. | " " " " | " Durchschneidung des Vorderhirns in zwei Hälften (<i>Protocerebrum</i>). |
| 5. | " " " " | " Vollständige Beseitigung des Vorderhirns. |
| 6. | " " " " | " Beseitigung der einen Hälfte des Vorderhirns. |

- | | |
|-----|---|
| 7 | Vorderer Teil des Nervensystems nach Beschädigung der Augenlappen (<i>lobi optici</i>). |
| 8. | „ „ „ „ „ Beschädigung eines hinteren Teiles des Vorderhirns. |
| 9. | „ „ „ „ „ Beseitigung des ganzen Vorderhirns und eines rechten Teiles des deuto- und tritocerebrum's. |
| 10. | „ „ „ „ „ Durchschneidung der Kommissur zwischen den das erste und zweite Beinpaar innervierenden Ganglien. |

T a f e l II.

1. Gang-Spuren normaler Individuen.
- 2, 3. Gang-Spuren der Individuen nach Beseitigung des Gehirns.
4. Gang-Spuren eines Individuums nach Entfernung der rechten Gehirnhälfte.

T a f e l III.

1. Gang-Spuren normaler Individuen.
2. Gang-Spuren der Individuen nach Beseitigung des Gehirns.
3. Gang-Spuren eines Individuums nach Durchschneidung der rechten zwischen dem ersten und dem zweiten Beinpaare befindlichen Längskommissur.
- 4, 5. Gang-Spuren eines Individuums nach Durchschneidung der linken Längskommissur auf dieselbe Weise, wie oben.

T a f e l IV.

- 1, 2, 3, 4. Gang-Spuren der Individuen nach Ausschaltung des Unterschlundganglions.
- 5, 6. Gang-Spuren von Individuen mit der zwischen dem ersten und dem zweiten Beinpaare befindlichen stark beschädigten linken Längskommissur und nach Entfernung der rechten Augen sowie der rechten Antenne.
- 7, 8. Gang-Spuren von Individuen nach partieller Entfernung der rechten Gehirnhälfte und nach Durchschneidung der zwischen den das erste und das zweite Beinpaar innervierenden Ganglien befindliche linke Längskommissur.

Literatur.

- Bethe A. 1897. Das Nervensystem von *Carcinus maenas*. Arch. mikr. Anat. 50. Bethe A. 1897. Vergleichende Untersuchungen über die Funktionen des Zentralnervensystems der Arthropoden. Arch. ges. Physiol.

68 (449). **Buddenbrock**. 1924. Grundriss der vergleichenden Physiologie. Berlin. **Carlson A. J.** 1904. Contributions to the physiology of the ventral nerve cord of Myriapoda (*Centipedes* and *Millipedes*). Journ. exper. Zool. **1**. **Child C. M.** 1892. The functions of the nervous system of the Myriapoda. Amer. Naturalist.. **Clementi A.** 1912. Sui meccanismi nervosi, che regolano la coordinazione dei movimenti locomotorii nei Diplodipi. Zool. Jahrb. Abt. f. Physiol. **31**. **Duboscq A.** 1897. Sur le système nerveux sensitif des Trachéates (Orthoptères, Chilopodes). Arch. Zool. expér. et gén. **Galant S.** 1921. Reflex und Instinkt bei Tieren. Biol. Zentralbl. **41** (193). **Hanström.** 1928. Vergleichende Anatomie des Nervensystems der wirbellosen Tiere. Berlin. **Holmgren.** 1916. Zur vergleichenden Anatomie des Gehirns. Kngl. Svenska Vetensk. Akad. Hndlgar. **56** (1). **Jordan H.** 1910. Die Leistungen des Gehirnganglions bei den krebbsartigen Tieren. Arch. ges. Physiol. **131** (317). **Kopeć S.** 1918. Lokalisationsversuche am zentralen Nervensystem der Raupen und Falter. Zool. Jahrb. Abt. f. Physiol. **36** (453). **Minkiewicz R.** 1907. Analyse expérimentale de l'instinct de déguisement chez les Brachyures Oxyrhynches. Arch. Zool. Expér. **7**, № 2. **Minkiewicz R.** 1909. Versuch einer Analyse des Instincts nach objektiver, vergleichender u. experimentellen Methode. Zool. Jahrb. **28** (155). **Sasse.** 1912. Zur Physiologie des Nervensystems der Insekten. Zeitsch. f. allg. Physiolog. **13** (69). **Steiner J.** 1898. Die Funktionen des Zentralnervensystems der wirbellosen Tiere. Braunschweig. **Verhoef.** 1903-15. Chilopoda. Bronn's Klassen u. Ordnungen d. Tierreichs. **5**.

BIBLIOGRAPHIA POLONICA *)

- ABRAMOWICZ L. et A. BIERNACKI. 1928. — Diagnostic du rhinosclérome par l'intradermoréaction. C. R. Soc. de Biol. **99** (1160 — 1161).
- ALEXANDROWICZ J. S. 1928. — Sur l'innervation des vaisseaux sanguins des Céphalopodes. C. R. Soc. de Biol. **99** (1015 — 1017).
- ALEXANDROWICZ J. S. 1928. — Sur la fonction des muscles intrinsèques de l'oeil des Céphalopodes. C. R. Soc. de Biol. **99** (1161 — 1164).
- AMSEL R. 1928. — Sur le phénomène de l'agglutinabilité transmissible. C. R. Soc. de Biol. **99** (1164 — 1166).
- ANASIEWICZÓWNA S. 1928. — Le développement de l'apophyse oncinée chez le poulet et sa signification. C. R. Soc. de Biol. **99** (1049 — 1050).
- BIALASZEWICZ K. 1929. — Recherches sur la répartition des électrolytes dans le protoplasme des cellules ovulaires. Protoplasma. **6** (1 — 50).
- BLANK-WEISSBERG ST. i B. KASSUR. 1929. — Z badań nad działaniem środków do tępienia larw komarów. (Sur les moyens exterminant les larves des moustiques). Medycyna Doświadczalna i Społeczna. **9** (468 — 474).
- BOGUCKI M. 1928. — Badania nad przepuszczalnością błon oraz ciśnieniem osmotycznym jaj ryb łososiowatych. (Recherches sur la perméabilité des membranes et sur la pression osmotique des oeufs des Salmonides). Acta Biologiae Experimentalis. **2** (19 — 46).
- BORYSIEWICZ A. 1928. — Contraction de la rate provoquée par l'injection d'adrenaline et comportement du sang splénique chez les animaux. C. R. Soc. de Biol. **99** (931 — 934).
- BORATYŃSKI K. 1928. — Sur l'anatomie de la femelle de *Margarodes polonicus* Ckll. C. R. Soc. de Biol. **99** (1045 — 1047).
- BRILL J. et F. SWIESZKOWSKI. 1929. — Sur le Bactériophage intestinal du Porc atteint de peste porcine. C. R. Soc. de Biol. **100** (1160 — 1161).
- CELAREK J. et W. PORĘBSKI. 1928. — Titrage du sérum antiscarlatineux. C. R. Soc. de Biol. **99** (1020 — 1022).
- CELAREK J. et W. PORĘBSKI. 1928. — Sur la sensibilité des Chevaux aux toxines streptococciques. C. R. Soc. de Biol. **99** (1019 — 1020).
- CELAREK J. et W. PORĘBSKI. 1928. — Réaction de Schick appliquée à la production des sérums chez les Chevaux. C. R. Soc. de Biol. **99** (1017 — 1019).

*) Opracowała S. DEMBOWSKA.

- CELAREK J. et T. EPSTEIN. 1929. — Sur une modification du *Bacillus ozaenae* (Abel-Loewenberg) sous l'influence du principe bactériophagique de d'Herelle. C. R. Soc. de Biol. **100** (1148 — 1149).
- CHEJFEC M. 1928. — Przebieg reorganizacji jądrowej u *Paramecium caudatum*. (On the nuclear reorganisation in *Paramecium caudatum*). Acta Biologiae Experimentalis. **2** (89 — 122).
- CHRZAŚCZ T. und D. TIUKOW. 1929. — Die Stärkebildung bei den Schimmelpilzen (*Penicillium* Link), wie auch ihr Zusammenhang mit der Säurebildung. Biochem. Zeitschr. **207** (39 — 52).
- CHRZAŚCZ T. und D. TIUKOW. 1929. — Über die Säurebildung der Penicilliumarten (Link). Biochem. Zeitschr. **204** (106 — 124).
- CHRZAŚCZEWski ST. i WL. MOZOŁOWSKI. 1928. — Badania nad wzajemną zależnością powstawania kwasu mlekowego i amoniaku w mięśniach płazów. (Untersuchungen über den Zusammenhang der Milchsäurebildung und Ammoniakbildung im Amphibienmuskel). Acta Biologiae Experimentalis. **2** (47 — 60).
- CZUBALSKI FR. 1928. — Zmiany chemizmu, stężenia jonów wodorowych i siły trawiennej soku trzustkowego, zależne od charakteru i siły bodźca fizjologicznego. (Sur les différences qu'offrent les propriétés chimiques, le pH et le pouvoir digestif du suc pancréatique, suivant le genre et l'intensité de l'excitation). Acta Biologiae Experimentalis. **2** (1 — 18).
- DADLEZ J. 1928. — Sur la toxicité de l'aldéhyde benzoïque et de l'aldéhyde salicylique chez l'Homme. C. R. Soc. de Biol. **99** (1038 — 1039).
- DADLEZ J. et W. KOSKOWSKI. 1929. — Les échanges gazeux dans la fièvre provoquée par le jaune de naphthylamine. C. R. Soc. de Biol. **100** (1234 — 1235).
- DADLEZ J. et W. KOSKOWSKI. 1929. — Les échanges gazeux dans la fièvre peptonique. C. R. Soc. de Biol. **100** (1236 — 1238).
- DADLEZ J. et W. KOSKOWSKI. 1929. — Les échanges gazeux dans la fièvre provoquée par la β -tétrahydronaphthylamine. C. R. Soc. de Biol. **100** (1238 — 1240).
- DADLEZ J. et W. KOSKOWSKI. 1928. — Le quotient respiratoire dans la fièvre périphérique. C. R. Soc. de Biol. **99** (1032 — 1034).
- DADLEZ J. et W. KOSKOWSKI. 1928. — Les échanges gazeux pris comme critérium des différences entre la polygnée thermique et la polygnée de la fièvre périphérique. C. R. Soc. de Biol. **99** (1034 — 1038).
- DEHNEL G. 1928. — Sur deux types différents du développement primaire des Oiseaux. C. R. Soc. de Biol. **99** (1694 — 1696).
- DEHNEL G. et J. TUR. 1928. — Sur la durée des stades embryonnaires. C. R. Soc. de Biol. **99** (1696 — 1698).
- DEHNEL G. i J. TUR. 1928. — O nierówności tempa rozwojowego (De embryonum evolutionis progressu inaequali). Kosmos **53** (770 — 778).

- DMOCHOWSKI A. 1928. — Sur les purines extraites des muscles. *C. R. Soc. de Biol.* **99** (1148 — 1149).
- DMOCHOWSKI A. 1928. — Changes in the nuclear-plasmic ratio of vertebrate poikilotherms during hunger. *The biochem. Journ.* **22** (1548 — 1554).
- DMOCHOWSKI A. 1928. — Changes in the nuclear-plasmic ratio of mammals during hunger. *The biochem. Journ.* **22** (1555 — 1561).
- DOBROWOLSKA S. 1928. — Oxydation de l'acide urique sous l'influence d'accepteurs d'hydrogène. *C. R. Soc. de Biol.* **99** (1022 — 1023).
- DRZEWIECKI ST. 1929. — Über den Einfluss der Schilddrüsenexstirpation auf die Zauneidechse. (Hemmung des Häutungsprocesses, Veränderungen in der Haut, in den Augen und in den innersekretorischen Drüsen, Wachstumshemmung). *Arch. f. Entw.-Mech.* **114** (155 — 176).
- DZWONKOWSKA J. 1929. — Badania nad fagocytozą. O humoralnem przewodzeniu wpływu przecięcia nerwu błędnego na fagocytozą. (Étude expérimentale de la phagocytose). *Medycyna Doświadczalna i Społeczna.* **9** (446 — 458).
- EISENBERG-HAMBURG E. 1928. — Badania porównawcze nad czynnością wodniczków kurczliwych u wymoczków pasorzytniczych z jelita grubego żaby i u wymoczków słodkowodnych. Wpływ ciśnienia osmotycznego, elektrolitów i stężenia jonów wodorowych. (Recherches comparées sur le fonctionnement des vésicules pulsatiles chez les infusoires parasites de l'intestin de la grenouille et chez les infusoires d'eau douce. Influence de la pression osmotique, des électrolytes et du pH.). *Acta Biologicae Experimentalis.* **2** (317 — 338).
- EISENFARB J. 1928. — Badania porównawcze nad ilościowym określeniem kwasów żółciowych w płynach ustrojowych zapomocą metod kolorymetrycznej, fluorescencyjnej i gazometrycznej. (Recherches comparatives sur la détermination quantitative des sels biliaires dans les humeurs au moyen des méthodes: colorimétrique, à fluorescence et gasométrique). *Polskie Archiwum Medycyny Wewnętrznej.* **6** (643 — 662).
- ELMER WL. et L. PTASZEK. 1929. — L'influence de l'insuline sur l'évolution du goitre exophtalmique, compliqué de diabète sucré. *C. R. Soc. de Biol.* **100** (1227 — 1230).
- FEGLER G. 1929. — Sur les modifications survenant dans la respiration et la pression sanguine à la suite de l'excitation des terminaisons des nerfs vagues dans les poumons, après introduction intraveineuse de certaines arsines chlorées. *C. R. Soc. de Biol.* **100** (218 — 222).
- FEGLER G. 1929. — Sur l'effet de l'irritation chimique des terminaisons des nerfs vagues dans les poumons, à la suite de l'introduction intraveineuse de quelques composés dégagant facilement du chlore. *C. R. Soc. de Biol.* **100** (222 — 224).
- FRANKE M. 1928. — La réserve alcaline du sang veineux dans la stase veineuse locale expérimentale et son rapport avec l'apparition de l'œdème chez les animaux. *C. R. Soc. de Biol.* **99** (925 — 927).
- FRANKE M. 1928. — Oedème expérimental provoqué par injection intra-

- artérielle de solutions de diverses substances. C. R. Soc. de Biol. **99** (927 — 928).
- FRENDZEL J. et Z. SZYMANOWSKI. 1928. — Recherches expérimentales sur la para-agglutination. C. R. Soc. de Biol. **99** (1149 — 1150).
- FRENDZLOWA J. i Z. SZYMANOWSKI. 1928. — W sprawie paraglutynacji doświadczałnej. (Sur la paraglutination expérimentale). *Medycyna Doświadczalna i Społeczna*. **9** (203 — 218).
- FRENDZLOWA J. et Z. SZYMANOWSKI. 1929. — Sur la variabilité du *Bacillus subtilis*. C. R. Soc. de Biol. **100** (1149 — 1151).
- FRENDZLOWA J. et Z. SZYMANOWSKI. 1929. — Variabilité des Bactériophages C. R. Soc. de Biol. **100** (1158 — 1160).
- GEDROYC M. DE. 1929. — Le choc anaphylactique chez des Mammifères sensibilisés par le tissu nerveux embryonnaire. C. R. Soc. de Biol. **100** (1247 — 1250).
- GEDROYC M. DE. 1929. — Recherches sur la toxicité du tissu nerveux introduit par la voie parentérale. C. R. Soc. de Biol. **100** (1245 — 1247).
- GETOV D. 1928. — Diagnostic bactériologique rapide du charbon au moyen d'une microméthode et considérations sur le groupe des Bacilles pseudocharbonneux. C. R. Soc. de Biol. **99** (921 — 922).
- GOEBEL F. 1929. — Influence de l'ergostérine activée sur le développement des jeunes animaux. C. R. Soc. de Biol. **100** (1155 — 1156).
- GOEBEL F. 1929. — Wpływ tarczycey na „blokade” układu siateczkowo-śródbłonkowego. (Influence de la thyroïde sur le „blocus” du système réticulo-endothéliale). *Medycyna Doświadczalna i Społeczna*. **9** (402 — 410).
- GOMOLIŃSKA M. 1928. — Decomposition of uric acid in blood. *The biochem. Journ.* **22** (1307 — 1311).
- GONSIOROWSKI N. et H. MEISEL. 1929. — Sur la biologie de Bacilles muqueux encapsulés. C. R. Soc. de Biol. **100** (298 — 301).
- GÓRSKI FR. 1929. — Recherches sur les méthodes de mesure de photosynthèse chez les plantes aquatiques submergées. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. **6** (1 — 29).
- GRODZIŃSKI Z. 1928. — Die Blutgefässentwicklung bei der Natter, *Tropidonotus natrix* L. *Mémoires de l'Acad. Polon. Cracovie*. **1** (1 — 110).
- HELLER J. 1928. — Badania nad przeobrażeniem owadów. (Untersuchungen über die Metamorphose der Insekten). *Acta Biologiae Experimentalis*. **2** (225 — 316).
- HELLER J. 1929. — Zur Auffassung des Unterschiedes zwischen subitaner und latenter Entwicklung von Schmetterlingspuppen. *Zeitschr. f. vergl. Physiol.* **8** (99 — 101).
- HIGIER ST. 1929. — Ogólne podstawy freudyizmu w świetle krytyki (Les bases générales du freudisme au point de vue de la critique). *Nowiny psychiatryczne*. **6** (23 — 47).

- HILLER ST. 1928. — L'influence du jeûne sur la régénération chez l'Axolotl. Bull. intern. Acad. Polon. Cracovie. **3** — **7 B.** Zool. (191 — 218).
- HIRSCHLER J. 1929. — Sur la relation entre le noyau et les composants plasmatiques (appareil de Golgi, vacuome) dans les spermatocytes des Lépidoptères. C. R. Soc. de Biol. **101** (82 — 84).
- HIRSCHLER J. 1929. — Sur la relation entre le noyau et les composants plasmatiques (appareil de Golgi) dans les spermatocytes de *Palomena viridissima* Poda (Rhynchote-Pentatomide). C. R. Soc. de Biol. **101** (269 — 271).
- HIRSCHLEROWA Z. 1928. — Les composants plasmatiques des cellules génitales femelles de *Phryganea grandis* L. (Trichoptera). C. R. Soc. de Biol. **99** (476 — 477).
- HIRSZFELD L. et W. HALBER. 1928. — Différences biochimiques et rapport mutuel des groupes sanguins chez l'Homme et chez les animaux. C. R. Soc. de Biol. **99** (1166 — 1168).
- HOLÓBUT W. 1929. — Influence du courant constant sur la perméabilité du muscle à l'ion potassium. C. R. Soc. de Biol. **100** (296 — 298).
- HOLÓBUT W. 1929. — Les changements de perméabilité des membranes cellulaires du muscle et leurs effets biologiques. C. R. Soc. de Biol. **100** (1230 — 1232).
- HOLÓBUT W. 1929. — Action de la strychnine sur les nerfs moteurs et influence des ions alcalins. C. R. Soc. de Biol. **100** (1232 — 1234).
- HORNUNG S. 1928. — Action hypoglycémiant d'un extrait de pancréas administré *per os*. C. R. Soc. de Biol. **99** (1030 — 1031).
- HORNUNG S. 1928. — Action du glukhormont sur le Chien normal. C. R. Soc. de Biol. **99** (1031 — 1032).
- HOYER H. 1928. — Recherches sur les vaisseaux lymphatiques des Sélaciens. Bull. intern. Acad. Polon. Cracovie. **1** — **2 B.** Zool. (79 — 104).
- KALICKA-FIJAŁKOWSKA J. 1928. — Le développement embryonnaire de *Margarodes polonicus* Ckll. C. R. Soc. de Biol. **99** (1047 — 1049).
- KARWACKI L. 1928. — Influence du temps sur la vitalité des cultures des Bacilles acido-résistants. C. R. Soc. de Biol. **99** (1150 — 1152).
- KARWACKI L. 1928. — Mutation des Bacilles tuberculeux en Streptothrix. C. R. Soc. de Biol. **99** (1152 — 1155).
- KARWACKI L. 1928. — Culture de Streptothrix, obtenues par ensemencement des produits pathologiques tuberculeux. C. R. Soc. de Biol. **99** (1171 — 1173).
- KARWACKI L. 1928. — A propos de certains caractères des cultures de Streptothrix, obtenues par transformation des Bacilles acido-résistants. C. R. Soc. de Biol. **99** (1173 — 1174).
- KARWACKI L. 1929. — Morphologie des Streptothrix obtenus par la transformation des Bacilles tuberculeux. C. R. Soc. de Biol. **100** (214 — 216).
- KARWACKI L. 1929. — Saprophytisme des Bacilles tuberculeux. C. R. Soc. de Biol. **100** (1152 — 1154).

- KARWACKI L. 1929. — Conséquences pratiques du saprophytisme des Bacilles tuberculeux. C. R. Soc. de Biol. **100** (1154 — 1155).
- KARWACKI L. 1929. — Contribution à l'étude du pouvoir pathogène des *Streptothrix* à l'égard des Cobayes. C. R. Soc. de Biol. **100** (216 — 217).
- KARWACKI L. et KRAKOWSKA. 1929. — Réaction de fixation du complément par les *Streptothrix* dans les liquides tuberculeux. C. R. Soc. de Biol. **100** (217 — 218).
- KAULBERSZ J. 1929. — Jodek wapnia jako środek naczyniowo-sercowy. (L'influence de l'iodure de calcium sur le coeur et les vaisseaux). *Medycyna Doświadczalna i Społeczna*. **9** (459 — 467).
- KOŁODZIEJSKI Z. 1928. — Untersuchungen über die Beteiligung der transplantierten Haut an der Regeneration. Bull. intern. Acad. Polon. Cracovie. **1 — 2 B.** Zool. (1 — 62).
- KOŁODZIEJSKI Z. 1928. — Untersuchungen über die Metamorphose der transplantierten Haut bei *Amblystoma tigrinum* Green. Bull. intern. Acad. Polon. Cracovie. **3 — 7 B.** Zool. (317 — 354).
- KON S. i WALCHORN. 1928. — Zależność między rodzajem węglowodanu w pożywieniu, a zewnętrznem zapotrzebowaniem witaminy B u szczura. (Le rapport entre l'espèce du regime hydrocarboné et les besoins de vitamine B chez le rat). *Medycyna Doświadczalna i Społeczna*. **9** (183 — 202).
- KOPEĆ ST. 1928. — Próby wywoływania zmian w rozwoju zwierząt zapomocą ich karmienia tkankami ustrojów głodzonych. (Some attempts to influence the development of animals by feeding with tissues derived from starved individuals). *Pamiętnik Państw. Inst. Nauk. Gosp. Wiejsk. w Puławach*. **9** (32 — 38).
- KORCZEWSKI M. 1929. — Wachstum und Ertrag. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. **6** (30 — 45).
- KOSKOWSKI W. et P. KUBIKOWSKI. 1929. — Sécrétion du suc gastrique après injection d'histamine et présence de cette substance dans le sang. C. R. Soc. de Biol. **100** (292 — 295).
- KOSKOWSKI W. et P. KUBIKOWSKI. 1929. — Les propriétés dynamiques du sang au cours de la digestion. C. R. Soc. de Biol. **100** (1240 — 1242).
- KOSKOWSKI W. et P. KUBIKOWSKI. 1929. — Les propriétés dynamiques des hématies pendant la digestion. C. R. Soc. de Biol. **100** (1243 — 1245).
- KRZYWANEK FR. W. 1929. — Über die Temperatur im Pansen des Schafes. *Pflügers Archiv f. d. ges. Physiol.* **222** (89 — 96).
- KUNTZE R. und G. POLUSZYŃSKI. 1928. — Genetische Analyse der Färbungsvariabilität des Kiefernspinners (*Dendrolimus pini* L.). (Lepidoptera). Bull. intern. Acad. Polon. Cracovie. **3 — 7 B.** Zool. (153 — 190).
- KWIECIŃSKI L. und L. MARCHLEWSKI. 1929. — Die Absorption des ultravioletten Lichtes durch Spaltungsprodukte der Hydrolyse von Rohrzucker. *Biochem. Zeitschr.* **201** (192 — 196).

- LASKIEWICZ A. et L. ZBYSZEWSKI. 1928. — Sur l'innervation sympathique du larynx. C. R. Soc. de Biol. **99** (1043 — 1045).
- LASKOWSKI J. i H. GNOIŃSKI. 1928. — Badania nad mechanizmem powstawania t. zw. poblokadowego przecukrzenia krwi. (Recherches sur le mécanisme de la formation de ce que l'on appelle l'hyperglycémie après blocage du sang). Polskie Archiwum Medycyny Wewnętrznej. **6** (684 — 696).
- LEGEŻYŃSKI S. et S. MARKOWSKI. 1928. — Recherches expérimentales sur la vaccination antirabique curative des Chiens. C. R. Soc. de Biol. **99** (916 — 917).
- LEGEŻYŃSKI S. et S. MARKOWSKI. 1928. — Recherches expérimentales sur les porteurs éventuels de germes rabiques. C. R. Soc. de Biol. **99** (917 — 918).
- LEGEŻYŃSKI S. et B. WEISSBROD. 1928. — Recherches expérimentales sur l'immunisation non spécifique contre la rage. C. R. Soc. de Biol. **99** (918 — 919).
- LEGEŻYŃSKI S. 1928. — Deux cas d'infection humaine par le Bacille de l'avortement épizootique de la Vache (Bacille de Bang). C. R. Soc. de Biol. **99** (919 — 920).
- MALCZYŃSKI ST. 1928. — Influence de l'emploi de la lampe de quartz (système Hanau) sur le taux de la cholestérine dans le sang chez l'Homme et chez les animaux. C. R. Soc. de Biol. **99** (922 — 925).
- MARKOWSKI S. et S. LEGEŻYŃSKI. 1929. — Recherches expérimentales sur la vaccination antirabique curative des Chiens. C. R. Soc. de Biol. **100** (289 — 291).
- MARKOWSKI S. et S. LEGEŻYŃSKI. 1929. — Sur un cas de paralysie post-vaccinale chez un Chien. C. R. Soc. de Biol. **100** (291 — 292).
- MIKULASZEK E. 1929. — Recherches expérimentales sur la substance soluble spécifique des Bacilles isolés dans le rhinosclérome. C. R. Soc. de Biol. **100** (301 — 304).
- MILLER S. et J. KONORSKI. 1928. — Le phénomène de la généralisation motrice. C. R. Soc. de Biol. **99** (1158 — 1159).
- MILLER S. et J. KONORSKI. 1928. — Sur une forme particulière des réflexes conditionnels. C. R. Soc. de Biol. **99** (1155 — 1159).
- MORACZEWSKI W. v. und E. HAMERSKI. 1929. — Über die Quellung der Gelatine. Biochem. Zeitschr. **208** (299 — 327).
- MOZOŁOWSKI WL. 1929. — Über den Ammoniakgehalt und die Ammoniakbildung im Blute. X. Mitteilung: Über den Ursprung des Blutammoniaks. Biochem. Zeitschr. **206** (150 — 157).
- MYSTKOWSKI E. M. 1928. — Wpływ jonów na działanie ureazy. (Influence of ions on action of urease). Acta Biologiae Experimentalis. **2** (211 — 224).
- PAPIERBUCH L. 1928. — Zmysł i pamięć kierunków przedmiotu u żab. Różnicowanie i uogólnienie nałogu. Formy wygaszania i ich skutki. Zaburzenia. Wyzwalanie i hamowanie reakcyj nabytych. (Le sens et la mémoire des directions d'un objet, chez les Anoures. Différen-

tion et généralisation de l'habitude. Formes d'amortissement et leurs résultats. Perturbations. Déclenchement et inhibition des associations contractées). *Acta Biologiae Experimentalis*, **2** (165 — 210).

- PARNAS J. K. 1928. — Über den Ammoniakgehalt des menschlichen Blutes. (Bemerkung zur Arbeit von A. B. Cholopoff: Herkunft und Verteilung des Blutammoniaks nach Untersuchungen an angiotomierten Hunden; Pflügers Archiv. f. d. ges. Physiol. 218). *Pflügers Archiv. f. d. ges. Physiol.* **221** (508 — 509).
- PARNAS J. K. 1929. — Über die Ammoniakbildung im Muskel und ihren Zusammenhang mit Funktion und Zustandsänderung. VI. Mitteilung: Der Zusammenhang der Ammoniakbildung mit der Umwandlung des Adeninnucleotids zu Inosinsäure. *Biochem. Zeitschr.* **206** (16—38).
- PEL CZAR K. 1928. — Über den Verlauf der Taubenavitaminose B unter dem Einfluss einer nicht vollwertigen Eiweissernährung. *Bull. intern. Acad. Polon. Cracovie.* **3—7 B.** *Zool.* (219 — 250).
- POLUSZYŃSKI G. 1929. — Vacuome et appareil de Golgi au cours de la spermatogénèse chez la Panorpe (*Panorpa communis L.*) *C. R. Soc. de Biol.* **100** (780 — 782).
- POPIELSKI B. 1929. — Influence de l'histamine sur la sécrétion du suc gastrique chez la Grenouille. *C. R. Soc. de Biol.* **100** (295 — 296).
- PRZESMYCKI F., L. LIPOWSKA et S. SIERAKOWSKI. 1928. — Ultrafiltration des toxines dysentériques. *C. R. Soc. de Biol.* **99** (1159 — 1160).
- PRZYŁĘCKI ST. J. v. 1928. — Einfluss der Struktur auf die Kinetik der Desmolasen. I. Teil. Urikase. System: Urikase, Harnsäure, aktive und inaktive Kohle und Eiweiss. *Hoppe-Seyler's Zeitschr. f. physiol. Chemie.* **178** (19 — 38).
- PRZYŁĘCKI ST. J. v. 1929. — Einfluss der Struktur auf die Kinetik der Desmolasen. 2. Teil. Urikase. *Hoppe-Seyler's Zeitschr. f. physiol. Chemie.* **181** (234 — 254).
- PRZYŁĘCKI ST. J. v. 1929. — Reaktionskinetik im makroheterogenen Medium. *Biochem. Zeitschr.* **206** (60 — 98).
- PRZYŁĘCKI ST. J., W. GIEDROYĆ and E. A. SYM. 1928. — Structure and enzymereactions. Parts V and VI. The systems glucose—enzyme and ester—catalyst. *The biochem. Journ.* **22** (811 — 825).
- PRZYŁĘCKI S. J. and H. NIEDŹWIECKA. 1928. — Structure and enzyme reactions. III. The system polysaccharide — amylase — protein. *The biochem. Journ.* **22** (34 — 42).
- PRZYŁĘCKI ST. and J. WÓJCIK. 1928. — Structure and enzyme reactions. Part VII. The system glycogen — amylase — liver tissue. *The biochem. Journ.* **22** (1302 — 1306).
- PTASZEK L. 1928. — Influence des hormones sexuelles (testiculaires) sur le métabolisme basal chez les animaux. *C. R. Soc. de Biol.* **99** (929—931).
- PTASZEK L. 1929. — Influence des hormones sexuelles sur le métabolisme basal. Essais expérimentaux chez les femelles. *C. R. Soc. de Biol.* **100** (1250 — 1252).

- PTASZEK L. i M. SZUPERSKI. 1928. — Tarczycza a przemiana spoczynkowa. (La thyroïde et le métabolisme basal). *Polskie Archiwum Medycyny Wewnętrznej*. **6** (730 — 737).
- PTASZEK L. et M. SZUPERSKI. 1928. — Influence de la diathermie de la glande thyroïde sur le métabolisme basal. *C. R. Soc. de Biol.* **99** (1028—1030).
- ROSNOWSKI M. 1929. — Rozkurcz komory w elektrokardjogramie (La diastole dans un électrocardiogramme). *Medycyna Doświadczalna i Społeczna*. **9** (433 — 445).
- ROSNOWSKI M. 1929. — La nature et la signification de l'onde T dans l'électrocardiogramme. *C. R. Soc. de Biol.* **100** (211 — 214).
- SAWCZYŃSKA J. 1928. — Appareil de Golgi et vacuome dans les cellules sexuelles mâles de *Philodromia germanica* L. *C. R. Soc. de Biol.* **99** (1124 — 1125).
- SEMERAU-SIEMIANOWSKI M., C. RACHON et M. MANCEWICZ. 1929. — Influence de l'iode sur les vaisseaux capillaires dans l'organisme humain. *C. R. Soc. de Biol.* **100** (1156 — 1158).
- SKARZYŃSKA-GUTOWSKA M. 1928. — Działanie fizjologiczne wyciągu witaminy B. (Action physiologique de l'extrait de vitamine B.). *Medycyna Doświadczalna i Społeczna*. **9** (1 — 16).
- SKARZYŃSKA-GUTOWSKA M. 1928. — Działanie fizjologiczne wyciągu witaminy B. Część II. (Action physiologique de l'extrait de vitamine B. II partie). *Medycyna Doświadczalna i Społeczna*. **9** (161 — 182).
- SKARZYŃSKA-GUTOWSKA M. 1928. — Action physiologique de la vitamine B. Phénomènes de sécrétion de quelques glandes. *C. R. Soc. de Biol.* **99** (1168 — 1169).
- SOKÓLSKA J. 1928. — Appareil de Golgi et vacuome au cours de la spermatogénèse chez l'Araignée *Tegenaria domestica* Cl. après coloration vitale. *C. R. Soc. de Biol.* **99** (1122 — 1124).
- SOKÓLSKA J. 1928. — Vacuome et appareil de Golgi pendant la première division de maturation chez l'Araignée *Tegenaria domestica* Cl. *C. R. Soc. de Biol.* **99** (1548 — 1549).
- SPRYSZAK A. et Z. SZYMANOWSKI. 1929. — Sur la variabilité du Bacille du rouget du Porc. *C. R. Soc. de Biol.* **100** (1151 — 1152).
- SUPNIEWSKI J. V. 1929. — Etudes sur l'action pharmacodynamique de quelques composés sympathicotoniques. *C. R. Soc. de Biol.* **100** (1147 — 1148).
- ŚWIDER Z., N. KON et M. MANCEWICZ. 1928. — Rôle des groupes sanguins dans l'évolution clinique de la tuberculose pulmonaire. *C. R. Soc. de Biol.* **99** (1023 — 1025).
- SYM E. 1928. — Les équilibres chimiques dans les systèmes diastasiques. Discussion théorique. *C. R. Soc. de Biol.* **99** (1011 — 1013).
- SYM E. 1928. — Les équilibres chimiques dans les systèmes diastasiques. Résultats expérimentaux. *C. R. Soc. de Biol.* **99** (1013 — 1015).
- SZABUNIEWICZ B. 1928. — Studien über die Verdauungsleukocytose. *Pflügers Archiv f. d. ges. Physiol.* **220** (35 — 43).

- SZABUNIEWICZ B. 1928. — Reflektorische Entstehung der Verdauungsleukocytose. Pflügers Archiv f. d. ges. Physiol. **220** (366 — 370).
- SZABUNIEWICZ B. 1928. — Weitere Studien über die Verdauungsleukocytose. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **221** (431 — 434).
- SZABUNIEWICZ B. 1929. — Śledziona a leukocytoza trawienna. (La rate et la leucocytose digestive). Medycyna Doświadczalna i Społeczna. **9** (361 — 363).
- SZABUNIEWICZ B. 1929. — Odruchowe powstanie leukocytozy trawiennej. (L'origine reflexive de la leucocytose digestive). Medycyna Doświadczalna i Społeczna. **9** (364 — 370).
- SZANIAWSKI W. 1928. — W sprawie podwojenia serca u zarodków ptasich. (Sur la diplocardie dans les embryons d'Oiseaux). Kosmos. **53** (798 — 808).
- SZYMAŃSKI Z. 1929. — Z psychologii twórczości i natchnienia. (Psychologie de la création et de l'inspiration). Nowiny Psychjatryczne. **6** (11 — 22).
- ŚNIESZKO ST. 1928. — L'influence exercée par la concentration des ions d'hydrogène du milieu nutritif sur le développement des bactéries des densités du Haricot, du Trèfle rouge, du Pois cultivé et de la Vesce velue. Bull. intern. Acad. Polon. Cracovie. **1 — 2 B. Bot.** (55 — 74).
- TRUSZKOWSKI R. 1928. — The purinolytic enzymes of the leech (*Hirudo medicinalis*) and the fresh-water mussel (*Anodonta*). The biochem. Journ. **22** (1299 — 1301).
- TRUSZKOWSKI R. 1928. — Structure and enzyme reactions. Part IV. The system glycogen-amylase-lipoids. The biochem. Journ. **22** (767 — 772).
- TRUSZKOWSKI R. 1928. — Studies in purine metabolism. V. The nuclear-plasmic ratio of frogs. The biochem. Journ. **22** (198 — 200).
- TUR J. 1928. — Sur un processus singulier d'„action à distance“ dans l'évolution diplogénique. C. R. Soc. de Biol. **99** (1698 — 1700).
- TUR J. 1929. — La sténencéphalie. C. R. Soc. de Biol. **100** (652 — 654).
- TUR J. 1929. — Anidiens embryonnaires et ectrosomiens. C. R. Soc. de Biol. **100** (650 — 652).
- TYCHOWSKI W. Z. — Wpływ przecięcia nerwów trzewiowych na hiperglikemję, wywołaną uciskiem układu nerwowego środkowego. (The influence of cutting the splanchnic nerves on hyperglycemia produced by pressure on the central nervous system). Acta Biologiae Experimentalis. **2** (73 — 88).
- VIEWEGER T. 1928. — L'influence de l'inanition sur la composition chimique des Anguilles. Arch. intern. de Physiologie. **30** (133 — 147).
- WALAWSKI J. 1928. — Sekretyna jelitowa jako bodziec gruczołów błony śluzowej żołądka. (La sécretine intestinale comme excitant de la sécrétion des glandes stomacales). Medycyna Doświadczalna i Społeczna. **9** (78 — 91).
- WALAWSKI J. 1928. — Les biodialysats intestinaux, agents inhibiteurs de la sécrétion gastrique. C. R. Soc. de Biol. **99** (1169 — 1171).

- WAWRZYŃSKA M. 1929. — Absence des Bacilles d'Eberth dans le mucus pharyngien des malades atteints de fièvre typhoïde. C. R. Soc. de Biol. 100 (209 — 211).
- WILEŃCZYK A. 1928. — Du polymorphisme et du pléomorphisme des teignes. C. R. Soc. de Biol. 99 (1025 — 1027).
- WILEŃCZYK A. 1928. — Sur la présence d'asques dans les squames des éruptions de mycoses (favus et trichophytie) et de séborrhée. C. R. Soc. de Biol. 99 (1027 — 1028).
- WILEŃCZYK A. 1929. — Sur la formation des asques mûrs dans les Teignes. C. R. Soc. de Biol. 100 (1145 — 1147).
- WITANOWSKI W. R. 1928. — O działaniu aldehydu mrówkowego na lecytynę. Przyczynek do kwestji powstawania w organizmach związków metylowanych. (Über die Wirkung des Formaldehyds auf das Lecithin. Ein Beitrag zur Frage der Entstehungsweise der im Organismus vorkommenden methylierten Verbindungen). Acta Biologiae Experimentalis. 2 (61 — 72).
- WODZICKI K. 1928. — Beitrag zur Kenntnis des Fettschwanzes bei Karakul-schafen. Bull. intern. Acad. Polon. Cracovie. 1 — 2 B. Zool. (63—78).
- ZAKOLSKA Z. 1928. — Badania histochemiczne nad ciałem tłuszczowem larw i poczwerek *Tenebrio molitor*. (Recherches histochimiques sur le tissu adipeux des larves et des nymphes de *Tenebrio molitor*). Kosmos. 53 (779 — 797).
- ZALEWSKA Z. 1928. — Recherches sur l'évolution des étamines considérées du point de vue de leur adaptation à la pollinisation des fleurs de la Sauge (*Salvia*). Bull. intern. Acad. Polon. Cracovie. 3—7 B. Bot. (133 — 160).
- ZBYSZEWSKI L. 1928. — Les zones réflexogènes carotidiennes et les excitants thermiques. C. R. Soc. de Biol. 99 (1040 — 1043).
- ŻABIŃSKI J. 1928. — Badania nad wzrostem karalucha (*Periplaneta orientalis* L.) i prusaka (*Blatella germanica* L.) na pożywkach sztucznych i niepełnowartościowych. Część I. (Observations sur la croissance des blattes (*Periplaneta orientalis* L.) et des cafards (*Blatella germanica* L.), nourris d'aliments artificiels et d'aliments incomplets. I-e partie.) Acta Biologiae Experimentalis. 2 (123 — 164).



PRACE PAŃSTWOWEGO MUZEUM ZOOLOGICZNEGO.

Annales Musei Zoologici Polonici.

Tom VIII, zeszyt 2—3, 1928.

J. DOMANIEWSKI: Über die Identität von *Pelecanus roseus* Gm. und *P. onocrotalus* L. — T. JACZEWSKI: *Mesoveliidae* from the State of Paraná. — T. JACZEWSKI: *Hydrometridae* from the State of Paraná. — W. ROSZKOWSKI: The distribution of Limnaids in Europe and in North America, with relation to Wegener's theory. — J. KREMKY: Remarques sur la morphologie et la distribution géographique des Lépidoptères du groupe de *l'Apamea nicticans* Bkh. — H. JAWŁOWSKI: *Karptophyllon poliński* n. sbg. n. sp., *Leptoiulus czarnohoricus* n. sp. (Diplop.).

Adres Redakcji: Warszawa, Państwowe Muzeum Zoologiczne.

ARCHIWUM HYDROBIOLOGJI I RYBACTWA.

Tom III, zeszyt 1—2, 1929 (cena tomu w prenumeracie 10 zł.).

I. F. PRAWDIN: Płoc z jeziora Perty w Suwalszczyźnie. — J. BOWKIEWICZ: *Cyclops scutifer* Sars. w jeziorze Krzyżaki pod Wilnem. — K. DEMEL: Rola głębi gdańskiej w naszych morskich połowach. — ST. K. SAKOWICZ i L. KASZEWSKI: Badania nad warunkami życia pogłowa leszcza. — WL. KULMATYCKI i J. GABAŃSKI: Występowanie *Aphelocheirus (aestivalls)* Fabr. (?) w Wierzycy. — K. DEMEL: Nasze połowy morskie na tle pomiarów termicznych w roku 1927. — Referaty, notatki, bibliografia.

Adres redakcji i administracji: Suwałki, Stacja Hydrobiologiczna na Wigrach (Instytut im. Nenckiego).

FOLIA MORPHOLOGICA.

(Organ Polskiego Towarzystwa Anatomiczno-Zoologicznego).

Tom I, zeszyt 1, 1929 (cena zeszytu 4 zł.).

Przedmowa. — E. LOTH: C. I. R. P. Comité international des recherches sur les parties molles. — J. TUR: Studia Teratogenetica. I. Essai d'une classification provisoire des anidiens embryonnaires. — G. DEHNEL: O typach rozwojowych wczesnych stadiów u ptaków. — S. BILEWICZ: W sprawie wielkości absolutnej złożonych potworów zarodkowych. — Referaty. — Polskie Towarzystwo Anatomiczno-Zoologiczne. — Spis polskich zakładów i pracowni, poświęconych anatomji i zoologii oraz naukom pokrewnym.

Adres redakcji i administracji: Warszawa, Chałubińskiego 5.

MEDYCYNA DOŚWIADCZALNA I SPOŁECZNA.

Tom IX, zeszyt 3—4, 1928 (cena 4 zł.).

M. SKARZYŃSKA-GUTOWSKA: Działanie fizjologiczne wyciągu witamy B. Część II. — S. KOHN i E. WATCHORN: Zależność między rodzajem węglowodanu w pożywieniu a zewnętrznym zapotrzebowaniem witaminy B u szczura. J. FRENZLÓWA i Z. SZYMANOWSKI: W sprawie paraglutynacji doświadczalnej. — M. FRANKE: O „retencji” azotu niebiałkowego i ciał aromatycznych we krwi i o umiejscowieniu jej anatomicznem w doświadczalnej niedomozdze nerkowej. — J. CELAREK i W. POREBSKI: W sprawie wrażliwości koni na toksyny paciorkowcowe i miareczkowania surowicy szkarlatynowej. — E. J. WERBER: Zwalczenie widliszków w okolicach Warszawy. — J. MEISSNER: Opadanie czerwonych ciałek krwi (objaw Biernackiego) u schizofreników. I Zjazd Mikrobiologów i Epidemjologów Polskich. — Kronika Epidemjologiczna.

Adres redakcji: Warszawa, Choćmińska 24.



Drukarnia i Litografia
p. f. „JAN COTTY”
w Warszawie, Kapucyńska 7.

