

EMMA EISENBERG.

Działanie wodniczka tętniącego u wymoczków (*Paramaecium caudatum* Stein).

Przyczynek do badań nad przepuszczalnością komórki.¹⁾

(Sur le fonctionnement de la vésicule pulsatile chez les infusoires
(*Paramaecium caudatum* Stein).

Contribution aux recherches sur la perméabilité de la membrane cellulaire).

Zgodnie z poglądem dotychczasowym, istnienie i funkcjonowanie wodniczków tętniących jest uwarunkowane panowaniem w komórkach pierwotniaków wyższego ciśnienia osmotycznego, niż w środowisku, w którym one przebywają. Punktem wyjścia tego poglądu jest praca Hartoga ('88), który wyraził przypuszczenie, że rola wodniczka kurczliwego polega na zabezpieczeniu komórki od nadmiernego napływu do niej wody. Degen ('05) wykazał, że w płynach hipertonicznych działalność wodniczków kurczliwych zwalnia się, przyczem stopień zwolnienia jest jednakowy we wszystkich stosowanych przez niego chemicznie różnych środowiskach o jednakowym ciśnieniu osmotycznym. Opierając się na swych wynikach, Degen utrzymuje, że w układzie środowisko-komórka-wodniczek występuje różnica ciśnień osmotycznych. Wodniczek jest ośrodkiem najwyższego ciśnienia, to też woda dąży w jego kierunku. Analogiczne do Degen a

¹⁾ Rzecz przedstawiona na posiedzeniu czerwcowym III Wydziału Tow. Nauk. Warsz.

badania prowadził Stempel (14), oraz Hogue (23). Pogląd ich nie różni się zasadniczo od poglądu Degena. Zuelzer (10) obserwowała u ameb zwolnienie tempa wydalania pod wpływem stopniowego stężenia środowiska zewnętrznego, oraz zanik wodniczków kurczliwych w Δ wysokich. Przy rozcieńczaniu środowiska występowało powtórne zjawianie się wodniczków. Wreszcie Herfs (22) wykazał, że w miarę rozcieńczania środowiska pasożytów jelita żaby, wodniczki ich zaczynają tętnić coraz prędzej. Stopniowe stężenie środowiska zwalnia powstawanie wodniczków u pierwotniaków z wód słodkich. Wyniki otrzymane Herfs nawiązuje do faktu występowania wodniczków tętniących głównie u pierwotniaków słodkowodnych, gdzie różnica ciśnień osmotycznych w układzie komórka-środowisko może być duża. Organizmy pochodzenia morskiego wodniczków przeważnie nie posiadają. W ten sposób autor stanął w szeregu badaczy, którzy uważają wodniczek kurczliwy za rodzaj aparatu osmoregulacyjnego.

Wymienieni badacze pominęli jednak inne czynniki, które mogą wywierać wpływ na działanie wodniczków tętniących. Ponadto metody, jakimi się posługiwano, nie zawsze były dostatecznie ściśle.

W badaniach moich miałam na celu wyświeślenie mechanizmu działania wodniczków tętniących. Szczególną uwagę poświęciłam czynnikom, których rola w procesach wymiany jest dobrze znana, a więc badałam wpływ ciśnienia osmotycznego i elektrolitów. W toku badań starałam się unikać błędów metodycznych, popełnianych przez mych poprzedników.

1. Metody postępowania.

Moim materiałem doświadczalnym był wymoczek, *Paramecium caudatum* Stein. Wymoczki hodowałam początkowo w hodowlach czystych na wodzie wodociągowej z dodaniem niewielkiej ilości wywaru sianowego. Następnie — na wolno gnijącej sałacie, również w wodzie wodociągowej.

Prowadzone przezemnie badania dadzą się podzielić na 2 grupy, z których jedna stanowi szereg obserwacji nad przebiegiem funkcji wydalniczej w normalnych warunkach hodowli, zaś

druga — to doświadczenia, mające na celu ustalenie wpływu czynników wyżej wspomnianych.

Obserwacje prowadziłam w małej i płaskiej kropli na szkiełku pokrywkowym. Kropla wisiała nad komorą wilgotną w zagłębieniu szkiełka przedmiotowego. Do obserwacji brałam nie więcej niż jednego wymocзка, którego następnie usuwałam ze szkiełka, zastępując drugim i t. d.

Kryterjum przebiegu działania wodniczka była częstość skurczu, wyrażona w ilości sekund, jaka upływa między jednym skurczem a drugim. Posługiwałam się również często liczbą, wyrażającą szybkość skurczu, czyli ilość skurczów na minutę. Zmiany notowane dotyczą obserwacji tylko wodniczka przedniego, w przypadkach, gdzie mowa o jednym wodniczku. Wynika to z pewnych różnic w funkcjonowaniu wodniczka przedniego i tylnego (tabela III), które mogłyby się stać poważnym źródłem błędu.

Dążąc do uniezależnienia się od różnic indywidualnych, które występują u wymoczków jednej kultury bardzo wyraźnie (tabela II), wszelkie liczby, mające świadczyć o przebiegu wydalania, wyprowadzałam z pomiarów na dużej ilości osobników.

Wprowadzane przezemnie czynniki doświadczalne były to hipertoniczne roztwory glukozy, lub też glukozy z niewielką na objętość domieszką jednego lub paru elektrolitów. Elektrolity były dodawane do glukozy w postaci izotonicznych z nią odpowiednich rozcieńczeń: w ten sposób nie zmieniały one Δ mieszaniny. Punktem wyjścia służyły roztwory o stężeniu $\Delta = 0.3^0$. Przez odpowiednie rozcieńczanie tych roztworów otrzymywałam dowolne stężenia. Depresję roztworów sprawdzałam metodą krjoskopową De Khuyzena. Robiłam również pomiary ciśnienia osmotycznego roztworów, otrzymanych przez czterokrotne rozcieńczenie płynów wyjściowych. Wszystkie roztwory sporządzałam na wodzie, dwukrotnie przezemnie destylowanej w kolbach ze szkła jenajskiego, i przechowywałam w szklanych butelkach, wewnątrz parafinowanych.

Wpływ danego czynnika na przebieg wydalania był badany w ten sposób, że do szklanego krystalizatora o pojemności około 20 cm³ wlewałam 10 cm³ cieczy doświadczalnej i włoskowato zakończoną pipetą dodawałam 1—3 krople cie-

czy z kultury z wycieczkami. Po zamieszczeniu zawartości naczynka pozostawiałam je przykryte. Tego rodzaju metodę postępowania uważałam za słuszniejszą od stosowanej przez innych autorów, którzy do hodowli dodawali pewną ilość czynnika doświadczalnego. Po upływie określonego czasu od momentu umieszczenia wycieczek w płynie doświadczalnym przystępowałam do obserwacji w sposób wyżej przytoczony. Ponieważ pewien procent wycieczek ginął w niektórych płynach doświadczalnych, do obserwacji wodniczków były brane tylko osobniki normalnie ruchliwe i o niezmiennym wyglądzie wodniczka. Wycieczki dzielące się były również odrzucane, jako materiał nieściśle poznany.

Pochodzenie wycieczek, ilość kropli cieczy z wycieczkami dodawana do płynu doświadczalnego, czas pobytu wycieczek w cieczy doświadczalnej od początku doświadczenia do rozpoczęcia obserwacji i trwanie pomiarów — były identyczne dla doświadczeń bezpośrednio ze sobą porównywanych. Zestawianie zaś wyników z rozmaitych dni było możliwe dzięki sporządzanej codziennie kontroli, w stosunku do której wyznaczałam zmiany powodowane przez czynnik stosowany.

Większość doświadczeń była wykonana w stałej temperaturze 20°C., przyczem do momentu pomiarów naczynka z wycieczkami stały w termostacie. Podczas obserwacji szkiełko przedmiotowe umieszczałam w specjalnie w tym celu sporządzonym termostacie elektrycznym, przystosowanym do stolika mikroskopu. Wobec wspomnianej codziennej kontroli ograniczyłam się w szeregu seryj do stałości temperatury tylko dla doświadczeń bezpośrednio ze sobą porównywanych.

Dla zapewnienia stałej reakcji roztworów doświadczalnych dodawałam do każdych 10 cm³ cieczy jedną kroplę 1·4% NaHCO₃.

2. Działanie wodniczków kurczliwych w płynie z hodowli.

Paramecium wyrzuca zwykle olbrzymie ilości płynu w porównaniu do jego masy. W celu stwierdzenia przeciętnej intensywności przepływu wody przez komórkę, zestawiałam ilość wody wydalanej przez wodniczki kurczliwe z objętością wycieczka. Protokół zestawienia przytaczam. Można przyjąć, że objętość *Paramecium* = objętości elipsoidu obrotowego $\frac{4}{3} \pi \frac{a}{2} \left(\frac{b}{2}\right)^2$. Jeżeli przeciętna długość wycieczka wynosiła 248 μ , a szerokość —

62 μ , to objętość jego = 492·6 tysięcy μ^3 . Wodniczki o kształcie kuli wydalają w ciągu określonego czasu ilość wody = ich objętości \times ilość skurczów, wykonanych w tym czasie. W ciągu 10 minut, przy przeciętnie 7 skurczach na minutę, wodniczek przedni wydała 123·7 tysięcy μ^3 , zaś tylny — 114 tysięcy μ^3 wody. Stąd wynika, że komórka traci przez oba wodniczki ilość płynu, równą jej objętości, w ciągu 20'51".

TABELA I.

Zestawienie ilości wody pobieranej drogą wodniczków pokarmowych i wydalanej przez wodniczki tętniące.
(Relation entre la quantité de l'eau englobée par les vésicules nutritives et expulsée par les vésicules pulsatiles).

№ doświadczenia (№ de l'expérience)	Trwanie obserwacji (Durée de l'expérience)	Wielkość promienia wodniczka (Grandeur du rayon d'une vésicule:)			Ilość wytworzonych wodniczków (Quantité de vésicules formées:)			Ilość wody (objętość wodniczka \times ilość skurczów) (Quantité d'eau: volume d'une vésicule \times quantité de systoles)			Wielkość niedoboru wody (Grandeur du déficit).	
		przedniego (antérieure)	tylnego (postérieure)	pokarmowego (nutritive)	przednich (antérieures)	tylnych (postérieures)	pokarmowych (nutritives)	wydal. przez wodniczek przedni (expulsée par la vésicule antérieure)	wydal. przez wodniczek tylny (expulsée par la vésicule postérieure)	pobranej przez wodniczek pokarmowy (englobée par la vésicule nutritive)	1000 μ^3	%
		r μ						1000 μ^3				
1.	10'	7·4	6·2	6·2	21·7	28·4	5·0	36·82	28·34	4·99	60·17	92·3
2.	10'	5·9	5·2	10·4	20·1	25·4	3·2	17·30	14·96	14·97	17·29	51·2
3.	29'	7·4	7·2	11·7	69·0	72·0	16·0	117·0	112·6	107·30	122·30	53·3
4.	10'	5·9	5·2	10·4	22·2	17·7	3·2	29·09	10·42	15·07	24·44	85·5

Powyższe zapotrzebowanie wody częściowo tylko może być pokryte przez wodę, dostarczoną drogą wodniczków pokarmowych. W tabeli I podaję zestawienie, oparte z jednej strony na

pomiarach wielkości wodniczków tętniących i pokarmowych u poszczególnych osobników, zaś z drugiej — na pomiarach częstości tworzenia się jednych i drugich. Okazuje się, że drogą wodniczków pokarmowych komórka pobiera średnio zaledwie około 30% ilości cieczy, niezbędnej do sprawnego funkcjonowania wodniczków kurczliwych, czyli że niedobór wody musiałby stanowić około 70%. W pewnych warunkach wodniczki pokarmowe nie wytwarzają się wcale, zaś wodniczki tętniące funkcjonują sprawnie. Niedobór wody w tych przypadkach wynosiłby całe 100%.

Powstaje pytanie: któredy dostają się do komórki większe ilości wody?

TABELA II.

Różnice indywidualne czasów tworzenia się jednego wodniczka tętniącego. Wymoczki z 2 różnych hodowli.
(Tableau des variations individuelles de la durée de formation d'une vésicule pulsatile. Infusoires de 2 cultures différentes).

№ osobnika (№ de l'individu)	Czas tworzenia się jednego wodniczka przedniego. (Durée de la formation d'une vésicule pulsatile antérieure)	
	Wymoczki ze stawu (Les infusoires d'étang).	Wymoczki z hodowli sianowej (Les infusoires d'une culture au foin).
	''	''
1	7·7	10·0
2	7·2	10·0
3	7·0	9·7
4	7·0	10·0
5	6·5	12·0
6	7·2	10·0
7	8·2	8·7
8	7·0	10·5
9	8·0	9·5
10	8·5	8·5
Średni czas tworzenia się wodniczka (Temps moyen de la formation d'une vésicule).	7·4	9·8

Nie jest wykluczona możliwość wnikania wody do komórki pierwotniaka drogą całej jego powierzchni. Bliższa jednak obserwacja tworzenia się wodniczków pokarmowych pozwala na następujące przypuszczenie. Wiadomo z prac Nirensteina ('05), że po osiągnięciu wielkości maksymalnej wodniczki pokarmowe nie od razu odrywają się od peristomu. Pozostają one częściowo otoczone plazmą, zachowując nadal kontakt ze środowiskiem zewnętrznym. Wielkość ich w ciągu tego czasu nie ulega zmianie. Natomiast,

po oderwaniu się wodniczka od peristomu, maleje on gwałtownie w ciągu kilku sekund. Szczególnie wyraźnie występuje zjawisko powyższe w środowiskach nie zawierających żadnej zawiesiny. Początkowy brak zmian objętości wodniczka, pomimo stałego dopływu wody ze środowiska zewnętrznego, zdaje się świadczyć o tem, że w okolicy peristomu woda jest wchłaniana bez przerwy. Póki istnieje łączność ze środowiskiem zewnętrznym, straty wody są ustawicznie pokrywane i niewidoczne. Z chwilą jednak zamknięcia dostępu dla wody z zewnątrz — wynik wchłaniania staje się wyraźny.

Za powyższem przypuszczeniem przemawiają również badania Khainsky'ego ('10). Badacz ten stwierdził, że dno peristomu *Paramaecium* nie posiada zgęszczenia ektoplazmatycznego nawzór pozostałej powierzchni komórki.

Pozatem, prawdopodobnie w związku z działalnością chłonną dna peristomu, pozostaje rozmieszczenie kanałów, doprowadzających ciecz do wodniczków kurczliwych. Obserwacja wykazuje, iż kanały te dążą wgłąb plazmy. Często zmierzają one ku peristomowi (rys. 1).

Sądzę wobec tego, że dno peristomu pełni funkcję chłonną.

W normalnych warunkach hodowli tempo wydalania jest do pewnego stopnia zmienne. W związku z przyczynami zewnętrznymi dają się dostrzec różnice częstości tworzenia się wodniczków u osobników z różnych kultur (tabela II). Przyczyny wewnętrzne zdają się również powodować pewne wahania. Tętno jest różne u poszczególnych osobników jednej hodowli (tabela II). U jednego i tego samego osobnika wodniczek przedni tworzy się częściej niż tylny (tabela III).

Nie dowodzi jednak to ostatecznie rozbieżności funkcjonowania dwu wodniczków jednego osobnika. Przeciwnie, działają one z zadziwiającą zgodnością, wyrażającą się w doskonałej współczesności zmian czasów ich tworzenia się. Wielokrotne obserwacje świadczą, że jeżeli jeden wodniczek wykazuje w pewnym momencie zwolnienie lub też przyspieszenie funkcjonowania, to



Rysun. 1. Przebieg kanałów doprowadzających przedniego wodniczka tętniącego: kilka kanałów zmierza w stronę peristomu.
(La marche des canaux de la vésicule pulsatile antérieure: quelques uns d'eux se dirigent vers le péristome).

TABELA III.

Zestawienie czasów tworzenia się wodniczka przedniego i tylnego.
(Comparaison de la vitesse du fonctionnement de la vésicule antérieure et postérieure).

№ osobnika (№ de l'individu)	Czas tworzenia się 5 wodniczków tętniących. (Durée de la formation des 5 vésicules pulsatiles)	
	Wodniczki przednie (Les vésicules antérieures).	Wodniczki tylne. (Les vésicules postérieures).
	"	"
1.	55	60
2.	43	55
3.	58	63
4.	48	62
5.	43	46
6.	39	51
7.	58	67
8.	43	53

i drugi w tym samym czasie wykaże zmiany o tym samym kierunku. Analogiczne odchylenia mogą również występować w ciągu kilku następujących jednostek czasu w postaci wyraźnej

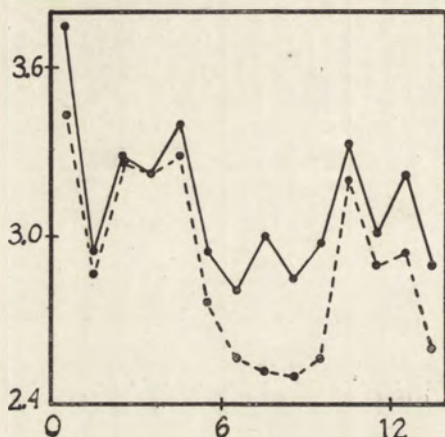
TABELA IV.

Współczesna obserwacja funkcjonowania obu wodniczków tętniących jednego wymoczka.
(Observation simultanée du fonctionnement de deux vésicules pulsatiles d'un infusoire).

Czas od rozpoczęcia obserwacji. (Temps depuis le commencement de l'observation).		Ilość skurczów podczas danych kolejnych okresów czasu. (Quantité de systoles rendant des fragments donnés du temps).		Ilość skurczów w ciągu kolejnych minut. (Quantité de systoles par chaque minute de l'observation).	
Wodniczek przedni (Vésicule antérieure).	Wodniczek tylny (Vésicule postérieure).	Wodn. przedni (Vésic. antér.).	Wodn. tylny (Vésic. post.).	Wodn. przedni (Vésicule antérieure).	Wodn. tylny (Vésicule postérieure).
14'' — 1'2''	0 — 1'10''	3	4	3:8	3:4
1'2'' — 2'3''	1'10'' — 2'13''	3	3	3:0	2:9
2'3'' — 3'16''	2'13'' — 3'8''	4	3	3:3	3:3
3'16'' — 4'12''	3'8'' — 4'4''	3	3	3:2	3:2
4'12'' — 5'5''	4'4'' — 5'7''	3	4	3:4	3:3
5'5'' — 6'6''	5'7'' — 6'22''	3	3	3:0	2:8
6'6'' — 7'14''	6'22'' — 7'9''	3	2	2:8	2:6
7'14'' — 8'14''	7'9'' — 8'20''	3	3	3:0	2:5
8'14'' — 9'17''	8'20'' — 9'8''	3	2	2:9	2:5
9'17'' — 10'18''	9'8'' — 10'18''	3	3	3:0	2:6
10'18'' — 11'12''	10'18'' — 11'14''	3	3	3:3	3:2
11'12'' — 12'11''	11'14'' — 12'16''	3	3	3:1	2:9
12'11'' — 13'7''	12'16'' — 13'17''	3	3	3:2	3:0
13'7'' — 14'14''	13'17'' — 14'9''	3	2	2:7	2:6

tendencji. Tabela IV obejmuje dane, dotyczące współczesnej obserwacji funkcjonowania obu wodniczków tętniących jednego wymocзка. Rys. 2 podkreśla współczesność zmian szybkości działania obu wodniczków.

Pewne okoliczności powodują wyraźniejsze zmiany tempa wydalania. Do poznanych przezemnie czynników tego rodzaju należą: 1-o szybkość ruchu wymocзка i 2-o proces wydalania



Rys. 2. Współczesność zmian szybkości tętna wodniczki przedniego i tylnego. Na osi pionowej zaznaczono ilość skurczów na minutę; na osi poziomej — czas w minutach. Linja ciągła (—) odpowiada wodniczce przedniej; linja przerywana (- - -) odpowiada wodniczce tylnej. (Variations contemporaines de la vitesse du fonctionnement de la vésicule pulsatile antérieure et postérieure. On a marqué sur l'axe des ordonnées la quantité des systoles par minute; et sur l'axe des abscisses — le temps. Ligne continue correspond à la vésicule antérieure; ligne - - - à la vésicule postérieure).

niestrawionych pokarmów stałych. Wpływ zmian szybkości ruchu *Paramecium* na szybkość wydalania jest dobrze widoczny przy obserwacji pojedynczego osobnika. Zjawisko powyższe występuje wyraźnie u osobników, umieszczonych w bardzo małych kroplach. Dane tabeli IV ilustrują właśnie zmienność wspomnianą w czasie różnej szybkości ruchu. Zdaniem Hogue ('28), powodem bezpośrednim przyspieszenia lub zwolnienia przepływu wody przez komórkę pierwotniaka jest przyrost w niej lub też obniżenie ciśnienia osmotycznego w związku ze zmianami intensywności przemiany materji.

Tempo kurczenia się wodniczków jest pozatem zależne od procesu defekacji. Przed momentem defekacji działalność wodniczków zwalnia się, a zaraz potem ulega przyspieszeniu.

TABELA V. 1)

Zależność tempa wydalania od stężenia roztworu glukozy.
(Relation entre le ralentissement de la pulsation et la pression osmotique de la solution de la glucose)

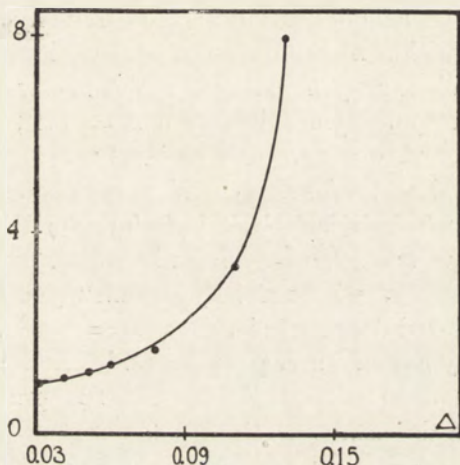
№ doświadczenia. (N° de l'expérience).	Średni czas tworzenia się wodniczka w kulturze (kontrola) (Durée de la formation d'une vésicule pulsatile dans le milieu de la culture—contrôle).	Ciśnienie osmotyczne roztworu glukozy. (La pression osmotique de la solution de la glucose).	Średni czas tworzenia się wodniczka tętniącego w roztworze glukozy. (Durée moyenne de la formation d'une vésicule pulsatile dans la solution de la glucose).	Granice wahań indywidualnych czasów tworzenia się jednego wodniczka. (Variations individuelles des temps de formation d'une vésicule pulsatile).		Wielkość zwolnienia: stosunek średniego czasu tworzenia się jednego wodniczka w roztworze glukozy do średniego czasu tworzenia się wodniczka w kulturze. (Rapport du temps moyen de la formation d'une vésicule pulsatile dans la solution de la glucose au celui dans le milieu contrôle).
				W kulturze (kontrola) (Dans la culture — contrôle).	W roztworze glukozy (Dans la solution de la glucose).	
1.	12·5	0·031	12·4	11—14	10—15	1·00
2.	12·5	0·042	13·7	„	12—15	1·10
3.	12·5	0·052	15·1	„	13—17	1·20
4.	10·5	0·063	14·1	9—12	12—18	1·34
5.	10·5	0·078	17·1	„	13—22	1·63
6.	11·4	0·110	38·2	10—13	23—70	3·35
7.	10·5	0·136	83·0	9—12	67—210	7·91

1) Każda liczba otrzymana na zasadzie 10 pomiarów.
(Chaque nombre est une moyenne de 10 mesures).

3. Wpływ hipertonicznych roztworów glukozy na działanie wodniczków kurczliwych.

Przechodzę obecnie do doświadczeń, w których badałam rolę specjalnych czynników w przebiegu wydalania. Do pierwszych

doświadczeń tego rodzaju brałam roztwory glukozy o rozmaitem stężeniu. Wszystkie roztwory były hipertoniczne w porównaniu z hodowlą (pomiar ciśnienia osmotycznego płynu z kultury wykazały, że Δ wynosi około 0.03°). Każdego dnia miałam odpowiednią kontrolę średniego czasu tworzenia się wodniczka dla wymoczków z hodowli. Obliczałam następnie wielkość stosunku średniego czasu tworzenia się jednego wodniczka w roztworze glukozy do średniego czasu tworzenia się wodniczka w odpowiedniej kontroli. Na tej drodze otrzymywałam wielkość zwolnienia. Dzięki temu miałam możność zestawiania wyników z rozmaitych dni, uniezależniwszy się od wpływu zmian, zachodzących w kulturze. W tabeli V zebrałam wyniki omawianych doświadczeń.



Rys. 3. Zależność tempa wydalania od stężenia roztworu glukozy. Na osi pionowej zaznaczono wielkość zwolnienia. Na osi poziomej — stężenie danego roztworu glukozy.

(Relation entre le ralentissement de la pulsation et la pression osmotique de la solution de la glucose. On a marqué sur l'axe des ordonnées la grandeur du ralentissement, et sur l'axe des abscisses — la pression osmotique de la solution donnée de la glucose).

Średni czas tworzenia się jednego wodniczka wzrasta wraz z ciśnieniem osmotycznym roztworu, t. zn. że wydalanie w wyższych stężeniach jest powolniejsze. Przyrost zwolnienia działalności wodniczków nie biegnie jednak proporcjonalnie do przyrostu Δ środowiska. Rysunek 3 przedstawia zależność zwolnienia od ciśnienia osmotycznego roztworu.

Charakter krzywej wskazuje na zdolność komórki do częściowego uniezależniania się od wpływów zewnętrznych (w granicach ciśnień od $\Delta = 0.03^{\circ}$ do $\Delta = 0.09^{\circ}$).

Po za różnicami intensywności wydalania muszą zwrócić uwagę na szereg objawów natury odmiennej, które występują w hipertonji tem wyraźniej i częściej, im większa jest depresja środowiska. Mam tu na myśli zmiany objętości wodniczka tętniącego i—przebiegu samego skurczu, wreszcie zmiany objętości wymoczka. W wyższych stężeniach wodniczki często wykazują zmniejszenie objętości, zaś w niższych bywają one rozszerzone. Zarówno wodniczki rozszerzone, jak normalne i zwężone, czasem kurczą się niecałkowicie, albo też wykazują zwolniony przebieg procesu kurczenia się. Fakt ten ma prawdopodobnie za przyczynę utrudnioną naogół kurczliwość plazmy w hipertonji. Wskazuje na to zjawisko niecałkowitego odrywania się wodniczków pokarmowych od dna peristomu w roztworze hipertonicznym glukozy o $\Delta = 0.1^{\circ}$, przyczem wymoczki obserwowane posiadały wygląd zupełnie normalny (rysunek 4). W przypadkach śmiertelnych wodniczki kurczliwe przestają się tworzyć zupełnie i w trupach nigdy ich nie widać.



Rys. 4. Niecałkowite odrywanie się wodniczków pokarmowych od peristomu w hipertonicznym roztworze glukozy ($\Delta = 0.1^{\circ}$).
(Séparation incomplète des vésicules nutritives du péristome dans la solution hypertonique de la glucose: $\Delta = 0.1^{\circ}$.)

W większości hipertonicznych roztworów, nie powodujących śmierci (od $\Delta = 0.05^{\circ}$ do $\Delta = 0.18^{\circ}$), wymoczki kurczą się znacznie, czasem w ciągu kilkunastu sekund. Zachodzi w tym przypadku szybka strata wody. Tętno wodniczków jest zwolnione, a więc drogą wodniczków znaczne straty wody nie mają miejsca. Pozostaje tedy przypuszczenie, iż komórka traci wodę drogą swej powierzchni. Na poparcie tego przypuszczenia mogą przytoczyć fakt pęknięcia wymoczków przy umieszczaniu ich do śmiertelnych dla nich środowisk hipertonicznych ($\Delta = 0.18^{\circ}$ i wwyż). Jednakże strata wody w warunkach hipertonicznych nie zawsze może się odbywać przez całą powierzchnię komórki. Jeżeli wymoczki wy-

trzymują dane Δ , czynność chłonna odbywa się, a zatem—drogą powierzchni chłonnej *Paramaecium* nie traci wody. Natomiast woda może uchodzić nazewnątrz przez pozostałą część powierzchni wymoczka. Normalna różnica ciśnień w obu częściach układu

komórka - środowisko zostaje dzięki temu częściowo przywrócona, co do pewnego stopnia wzmagają intensywność procesu chłonięcia. Powyższa rola powierzchni komórkowej (po za jej częścią chłonną) występuje w przypadkach gwałtownego zakłócenia ciśnienia zewnętrznego. Jednak czynność jej po krótkim czasie przestaje się przejawiać w miarę tego, jak funkcja wydalinicza podlega regulacji.

Przeobrałam serię doświadczeń, które dowiodły, że jeżeli pozostawić wymoczki nadal w płynie hipertonicznym, występujące objawy (zwolnienie szybkości wydalania, zmiany objętości wymoczków i wodniczków tętniących, utrudniony i niecałkowity skurcz wodniczków) mijają z biegiem czasu. W tabeli VI zestawiałam najbardziej charakterystyczne dane tej serii. Są tu

T A B E L A VI.

Przebieg regulacji tętna wodniczków w hipertonicznych roztworach glukozy. Każda liczba dotyczy jednego wymoczka.
(La marche de la régulation de la pulsation dans les solutions hypertoniques de la glucose. Chaque nombre correspond à un seul infusoire).

Czas tworzenia się jednego wodniczka. (Durée de la formation d'une vésicule).											
$\Delta = 0.075^0$		$\Delta = 0.1^0$			$\Delta = 0.15^0$			W płynie z kultury (kontrola) (Dans le milieu de culture—contrôle)			
Po upływie (après)											
35'	2g.(h.)	75'	7g.(h.)	23g.(h.)	35'	10g.(h.)	31g.(h.)				
11.0	7.0	23	21.0	7.0	55	30.0	17.0	7.0			
9.0	7.0	29	9.0	19.0	> 120	49.0	13.5	7.0			
9.0	12.5	37	7.5	7.0	> 120	18.0	18.0	6.5			
13.0	7.5	24	9.0	7.5	> 120	23.0	17.5	8.0			
16.5	6.0	30	22.0	12.0	> 120	27.0	17.0	7.0			
8.0	8.0	24	—	8.0	35	19.5	29.0	7.5			
9.0	8.0	20	—	8.0	> 120	18.5	15.0	7.0			
11.5	7.5	—	—	—	60	31.0	15.0	7.5			
8.0	8.0	—	—	—	20	23.0	13.5	6.0			
10.0	7.0	—	—	—	> 120	30.0	20.0	6.5			
10.0	8.0	—	—	—	—	—	—	8.0			
10.5	7.0	—	—	—	—	—	—	7.5			

urywki przebiegu procesu regulacyjnego w czasie od początkowego momentu działania hipertencji poprzez rozstrój maksymalny,

aż do chwili wyraźnych objawów powrotu do normalnej intensywności wydalania. Z tabeli wynika, że powrót do normy jest stopniowy. Biegnie on tem wolniej, im większe jest stężenie roztworu. Powrót do normy dla poszczególnych osobników jest rozmaicie szybki; jest on jednak w depresjach niższych kompletny. W $\Delta = 0.075^\circ$ już po 2 godzinach występują wymoczki o tętnie normalnem. W $\Delta = 0.1^\circ$ — po 7 godzinach, a wyraźnie dopiero po upływie 23 godzin. W $\Delta = 0.15^\circ$ funkcja jest również regulowana, lecz regulacja biegnie bardzo wolno, tak, że całkowitego powrotu do normy w tem doświadczeniu nie otrzymałam.

4. Wpływ hipertonicznych roztworów elektrolitów na działanie wodniczków kurczliwych.

Dalsze badania wykazały, że wielkość zwolnienia tempa wydalania zarówno jak i przebieg regulacji, która ma miejsce we wszystkich badanych przezemnie środowiskach hipertonicznych, znajdują się w ścisłej zależności od składu chemicznego środowiska. Badałam porównawczo zachowanie się wodniczków u wymoczków z trzech różnych środowisk hipertonicznych o jednakowej wielkości ciśnienia osmotycznego: 1-o w glukozie, 2-o w glukozie + pewien % płynu Ringera i 3-o w glukozie + taki sam % CaCl_2 . Szybkość działania wodniczków notowałam w niektórych przypadkach tylko w jednym terminie (tabela VII, dośw. 1 i 2), dla innych zaś — w trzech rozmaitych momentach przebiegu regulacji.

Wyniki dadzą się streścić w następujący sposób. Po pierwsze: maximum spadku szybkości wydalania jest największe w roztworze glukozy, słabsze w płynie Ringera i najslabsze w CaCl_2 . Powtóre: powrót do normy występuje najwcześniej w CaCl_2 , później w płynie Ringera i najpóźniej w glukozie. W doświadczeniach, gdzie charakterystyczna różnica szybkości wydalania nie występuje w pierwszym okresie (dośw. 4), jest ona zupełnie wyraźna w następującym. A więc — różnica dotyczy również szybkości osiągnięcia maksymalnego zwolnienia tętna, które zjawia się najszybciej w CaCl_2 . Wyniki tej serji świadczą, że nawet w izotonicznych względem siebie roztworach intensywność przepływu wody przez komórkę wymoczka mo-

że być bardzo różna. Jest ona przytem większa w obecności elektrolitów.

Wpływ elektrolitów na intensywność zmian, powodowanych przez czynnik osmotyczny, zależy od ilości elektrolitów w roztworze. Przynotuję dwa analogiczne doświadczenia, do których brałam izotoniczne mieszaniny glukozy z rozmałą ilością CaCl_2 .

TABELA VII.

Różnica wpływu na tempo wydalania izotonicznych roztworów o różnym składzie chemicznym.

(Différences du fonctionnement des vésicules pulsatiles dans les solutions isotoniques de différentes compositions chimiques).

№ doświadczenia (N ^o de l'expérience)	Ciśnienie osmotyczne roztworu. (Pression osmotique de la solution). Δ	Czas pobytu wymoczków w roztworze. (Temps du séjour des infusoires dans la solution).	Ilość wodniczków wytworzonych w ciągu minuty. (Quantité des vésicules formées pendant une minute).		
			W roztworze glukozy (Dans la solution de la glucose).	W płynie Ringera. (Dans la solution de Ringer).	W roztworze CaCl_2 . (Dans la solution du CaCl_2).
1	0.05 ^o	35'	3.2	—	6.3
2	"	50'	—	4.4	5.4
3	0.075 ^o	25'	—	2.4	3.1
"	"	2 g. (h.)	—	4.0	5.1
"	"	7 g. (h.)	—	4.2	6.0
4	"	3'	3.1	4.5	4.2
"	"	2 g. (h.)	2.2	3.8	5.4
"	"	7 g. (h.)	4.1	4.7	7.2

Wyniki doświadczeń zestawiałam w tabeli VIII. Z przeglądu danych tabeli widzimy, że istnieje wyraźne optimum ilości soli, przy którym wodniczka tętni najczęściej. Rysunek 5 podkreśla występowanie stężenia optymalnego. Z wykresu staje się wyraźne, że optimum przesuwają się zależnie od stanu kultury (oba doświadczenia nie są robione jednego dnia).

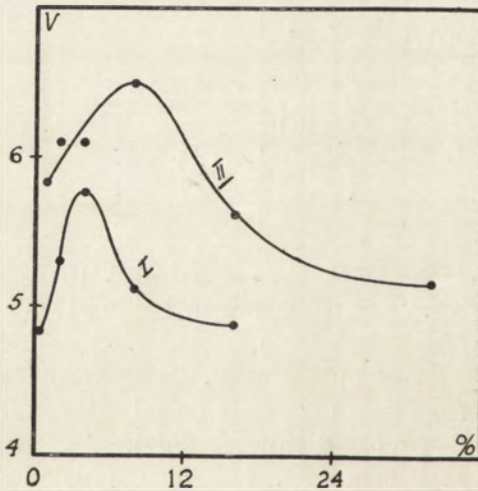
Stwierdziwszy ponownie, że tempo wydalania nie jest wyłącznie funkcją ciśnienia osmotycznego środowiska zewnętrznego, brałam do dalszych badań izotoniczne ($\Delta = 0.075^o$) roztwory glukozy, zawierające różne elektrolity. Były to chlorki metali jednowartościowych. Ilość elektrolitu była jednakowa w doświadczeniach bezpośrednio ze sobą porównywanych. Objawy zmian, jakie obserwowałam w wodniczkach, są wspólne dla wszystkich roztworów, niezależnie od ich składu chemicznego i zupełnie

TABELA VIII.

Zestawienie działania wodniczka tętniącego w izotonicznych roztworach glukozy o rozmaitej procentowej zawartości CaCl_2 .
(Fonctionnement de la vésicule pulsatile dans les solutions isotoniques de la glucose avec les différentes quantités de CaCl_2).

% CaCl_2	Średnia szybkość tworzenia się wodniczka przedniego. (Vitesse moyenne de la formation d'une vésicule pulsatile antérieure)	
	I serja (I série)	II serja (II série)
0.5	4.85	—
1.0	5.04	5.86
2.0	5.33	6.1
4.0	5.75	6.1
8.0	5.15	6.5
16.0	4.9	5.62
32.0	†	5.16
64.0		†

analogiczne do charakteryzujących hipertonię wogóle. Spotykamy tu zatem: wodniczki zwężone, wodniczki rozszerzone, skurcze zwolnione i niecałkowite. Specyficzne zjawisko obserwowane



Rys. 5. Zmiany szybkości wydalania w izotonicznych roztworach glukozy o rozmaitej zawartości chlorku wapnia. Na osi pionowej zaznaczono ilość skurczów na minutę; na osi poziomej — % CaCl_2 . Krzywa I odpowiada doświadczeniu I, krzywa II — doświadczeniu II (tabela VIII).

(Différente vitesse de la pulsation dans les solutions isotoniques de la glucose contenantant diverses quantités de chlorure de calcium. On a marqué sur l'axe des ordonnées la quantité de vésicules formées pendant une minute; et sur l'axe des abscisses — le pourcent de CaCl_2 . La courbe I correspond à la première et la courbe II — à la deuxième expérience du tableau VIII).

łam tylko w roztworach zawierających SrCl_2 : co parę sekund każdy wymoczek wykonywa ruch wstecz, cofając się o pewną część drogi przebytej, by potem kontynuować swój ruch normalny. Dane dotyczące intensywności wydalania zestawiałam w tabeli IX. Tabela ta świadczy, że szybkość działania w o d n i e z k ó w tętniących w hipertonicznym roztworze glukozy

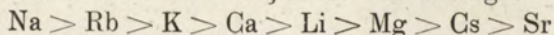
T A B E L A IX¹⁾.

Zestawienie działania wodniczka tętniącego w izotonicznych roztworach glukozy, zawierających różne elektrolity.
(Fonctionnement de la vésicule pulsatile dans les solutions isotoniques de la glucose renfermant les différents électrolytes).

№ doświadczenia. (№ de l'expérience).	Procentowa zawartość elektrol. (Teneur en % d'électrolyte).	Ilość skurczów na minutę w roz- tworach: (Quantité de systoles pendant une minute dans les solutions de:)								Szeregi otrzymane (Les rangées des cations obtenues)	
		Na Cl	Rb Cl	K Cl	Ca Cl ₂	Li Cl	Mg Cl ₂	Cs Cl	Sr Cl ₂		Kontrola - roz- twór glukozy (La solution de la glucose-con- trôle).
1	3	3.8	3.3	—	—	—	—	—	—	—	Na>Rb
2	2	—	2.6	2.1	—	—	—	—	—	—	Rb>K
3	8	4.3	3.6	—	—	—	1.3	—	—	—	Na> K> Mg
4	1	6.4	—	5.9	5.8	—	5.0	—	4.2	4.1	Na> K>Ca> Mg> Sr>Gl.
5	4	—	—	—	6.4	2.8	—	—	—	—	Ca>Li
6	8	—	—	2.2	—	1.5	1.3	1.2	0.4	—	K> Li > Mg>Cs > Sr
7	8	—	—	—	2.6	—	1.3	—	1.1	—	Ca> Mg> Sr
8	8	—	3.3	2.8	—	2.3	—	2.0	—	1.4	Rb>K> Li> Cs> Gl.

¹⁾ Uwaga: Każda liczba otrzymana na zasadzie około 25 pomiarów.
(Chaque nombre est une moyenne de ca. 25 mesures).

o jednakowym zawsze ciśnieniu osmotycznym zwiększa się przy dodawaniu pewnej ilości (1% — 8%) jakiegokolwiek elektrolitu. Wielkość przyrostu szybkości wydalania jest różna zależnie od katjonu. W szeregu:



Na najbardziej przyspiesza tętno, a Sr — najmniej.

TABELA X¹⁾.

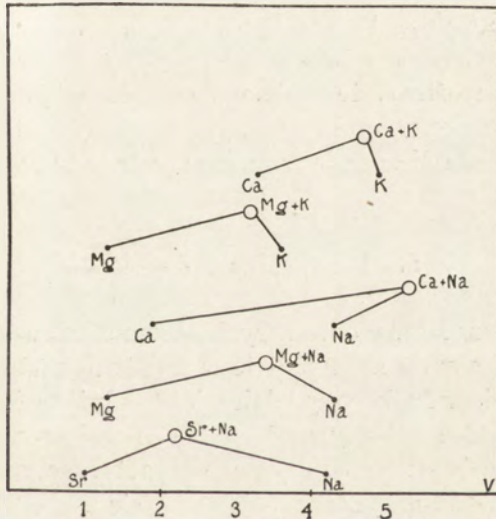
Zestawienie działania wodniczka kurczliwego w izotonicznych roztworach glukozy z dodaniem jednego lub dwóch elektrolitów.

(Fonctionnement de la vésicule pulsatile dans les solutions isotoniques de la glucose renfermant un seul ou deux électrolytes).

№ doświadczenia. (№ de l'expérience).	Procentowa zawartość chlorku w roztworze glukozy. (Pourcentage de chlorure dans la solution de la glucose).		Ilość skurczów wodniczka na minutę. (Quantité de systoles de la vésicule pendant une minute)	
	Roztwory zawierające jeden elektrolit: kontrola. (Solutions avec un seul électrolyte: contrôle). %	Roztwory zawierające dwa elektrolity (Solutions avec deux électrolytes). %	W roztworach zawierających jeden elektrolit: kontrola (Dans les solutions avec un seul électrolyte: contrôle).	W roztworach zawierających dwa elektrolity (Dans les mélanges d'électrolytes).
I	8 Na 16 Na 8 Sr	8 Na + 8 Sr	4.2 4.9 1.0	2.2
II	8 Na 16 Na 8 Mg	8 Na + 8 Mg	4.3 4.0 1.3	3.4
III	8 Na 8 Ca	8 Na + 8 Ca	4.3 1.9	5.3
IV	8 K 8 Mg	8 K + 8 Mg	3.6 1.3	3.2
V	8 K 8 Ca	8 K + 8 Ca	4.9 3.3	4.7

¹⁾ Uwaga: Każda liczba otrzymana na zasadzie ca. 25 pomiarów.
(Chaque nombre est une moyenne de 25 mesures)

Ostatnia serja doświadczeń dotyczyła zachowania się wodniczków tętniących w środowiskach hipertonicznych, które zawierają dwa różne katjony. Tętno w mieszaninie porównywałam zawsze z tętnem w roztworach pojedynczych elektrolitów składowych. Jak o tem świadczy tabela X, w mieszaninach dwu chlorków występuje „przeciwdziałanie wzajemne“ obu katjonów, podobnie jak to opisali w swych pracach Ringer (1882), Loeb ('02), Koltzoff ('14) i inni. Stopień „przeciwdziałania“ jest różny w rozmaitych przypadkach. Okazuje się, że im większa odległość dzieli dwa katjony w szeregu wyżej przytoczonym, tem stopień działania „antagonistycznego“ jest wyraźniejszy (dośw. I, II i III, albo IV i V). W niektórych przypadkach wypadkowa szybkość wydalania przeraasta obie szybkości składowe (dośw. III). Różnicę stopnia „pre-



Rys. 6. Rozmaity stopień przeciwdziałania katjonów w mieszaninach ich chlorków. Na linii poziomej zaznaczono ilość skurczów na minutę (str 18). (Différent degré du balancement ionique dans les mélanges des chlorures. On a marqué sur la ligne horizontale la quantité de systoles pendant une minute).

ciwdziałania wzajemnego“ katjonów możnaby uplastyczyć w postaci szeregu wykresów (rys. 6: wyniki objęte przez tabelę X). Gdyby połączyć ze sobą dwa dolne punkty każdego wykresu, powstał by szereg trójkątów, z których każdy odpowiadałby

jednemu doświadczeniu. Wysokość wszystkich trójkątów, wierzchołkami zwróconych ku górze, jest dowolna lecz zawsze jednakowa. Położenie punktów podstawowych trójkątów — to wielkość szybkości wydalania w każdym z dwu roztworów, wziętych pojedynczo, zaś wierzchołek odpowiada szybkości wydalania w ich mieszaninie. Wyraźnie występuje tutaj zależność położenia punktu, odpowiadającego szybkości wypadkowej, od intensywności wpływu każdego poszczególnego składnika. Doświadczenie III odpowiada prawdopodobnie ustosunkowaniu obu składników elektrolitycznych, zbliżonemu do optymalnego (dla danego dnia): przebieg funkcji wydalniczej w tym przypadku najmniej odbiega od normy.

A więc dwa elektrolity, przy ich optymalnym ustosunkowaniu ilościowym, są w stanie utrzymać w bliskości normy intensywność przepływu wody przez komórkę w roztworze hipertonicznym. Wpływ czynnika osmotycznego zostaje wówczas sprowadzony do minimum.

Bardzo możliwe, że realizując odpowiednią mieszaninę elektrolitów możnaby w roztworze hipertonicznym utrzymać funkcję badaną przy normie.

5. Interpretacja i wnioski.

Szeregiem faktów powyższych zdołałam udowodnić, że ciśnienie osmotyczne może rzeczywiście w sposób wyraźny powodować zmiany przebiegu funkcji wydalniczej. Istnieje jednak szereg innych czynników, które intensywnością swych wpływów w znacznym stopniu osłabiają działanie czynnika osmotycznego. Wobec tego sądzę, że twierdzenie jakoby pojawianie się wodniczka tętniącego u organizmów jednokomórkowych i jego działanie wynikało jedynie z osmotycznych warunków środowiska, nie może utrzymać się.

Nasuwa mi się natomiast możliwość następującego tłumaczenia przebiegu procesu wydalania. Powierzchnia chłonna dna peristomu wchłania wodę bez przerwy. Woda wchłaniana rozchodzi się po całej komórce, omywa jej najdrobniejsze elementy, wytwarzając w niektórych kierunkach drogi stałego przepływu w postaci kanałów. Po drodze woda rozpuszcza produkty przemiany materji. Roztwór powstały, pod

uciskiem wciąż przyplływającej wody zmierza ku kanałom, otaczającym wodniczki. W miarę wypełniania się kanałów, cząsteczki plazmy u ich ujścia zostają rozsunięte i zawartość poszczególnych kanałów łączy się ze sobą, tworząc wodniczek. Po drodze dokonywa się zapewne selekcja substancyj niezbędnych dla komórki i przepuszczanie tylko ostatecznych produktów przemiany. Kontakt wodniczka z kanałami utrzymuje się przez pewien czas, w ciągu którego wielkość wodniczka wzrasta. Wreszcie ucisk płynu na plazmę sięga takiego stopnia, że następuje jej reakcja w postaci skurczu. Skurcz, jako reakcja na analogiczny bodziec, może się odbyć i w innych miejscach komórki (Degen '05). Zawartość wodniczka zostaje przy jego skurczu wyrzucona na zewnątrz (Jennings '04) drogą najmniejszego oporu. Droga ta według Khainsky'ego ('10) jest zróżnicowana. W momencie wydalania w okolicy wodniczka powstać może rodzaj siły ssącej, która ułatwia dalszy przepływ wody przez komórkę.

W powyższym ujęciu wodniczek jest organem, którego działanie przedewszystkiem zależy od czynności chłonnej części powierzchni komórkowej (peristomu), powodującej stały przepływ wody przez komórkę.

Wszelkie zmiany szybkości przebiegu funkcji wydalniczej w przypadkach przezemnie badanych, dadzą się sprowadzić do przyczyny pierwotnej: do zakłócenia bilansu wodnego w komórce. Czynniki osmotyczny wpływa na intensywność przepływu wody przez komórkę, ponieważ: 1) hipertonia powoduje straty wody drogą powierzchni wymoczka (poza jej częścią chłonną—peristomem), i 2) siła osmotyczna roztworu przeciwdziała sile chłonnej. Regulacja funkcji w tych przypadkach dzieje się skutkiem coraz silniejszego przeciwdziałania sile osmotycznej roztworu drogą przyrostu Δ w komórce. Przyrost ciśnienia osmotycznego w komórce zachodzić może drogą bezpośrednią, dzięki wnikaniu do niej ciał w wodzie rozpuszczonych. Podobny pogląd został wypowiedziany przez szereg badaczy na zasadzie faktów obserwowanych na różnorodnym materiale eksperymentalnym. Do badaczy tych należą: Tröndle ('09), Fitting ('15), Pantanelli ('15), Kahho ('21), Lapique ('22) i wielu innych. Możliwe jest jednak, że przyczyny przyrostu Δ należy poszukiwać w samej komórce. Tego rodzaju zapatrywanie charakteryzuje między innymi prace Backmanna i Runnströma ('09), Dognona ('21), Iljina ('23).

Zdaniem Iljina uruchamianiu się w komórce mechanizmów, wyzwalających związki osmotycznie czynne, sprzyjać może obecność wnikających z zewnątrz soli. W tym ostatnim zatem przypadku w każdym bądź razie sole musiałyby się dostać do komórki.

Procesy wchodzące w grę przy występowaniu zaburzeń osmotycznych, a więc: strata wody przez komórkę, przyływ wody drogą powierzchni chłonnej i wnikanie do komórki ciał w wodzie rozpuszczonych, zależą od przepuszczalności powierzchni komórkowej. Zmiany zatem przepuszczalności komórki muszą pociągać za sobą zmiany bilansu wodnego w komórce.

Powierzchnia komórki jest koloidem, a raczej mieszaniną różnych koloidów, rozmaicie w niej rozmieszczonych. Charakter zmian przebiegu funkcji wydalniczej w obecności różnej ilości jednego elektrolitu (patrz rys. 5) jest zupełnie analogiczny do zmian, powodowanych w stanie fizyko-chemicznym roztworów koloidalnych przez różne stężenia soli. Wiemy dobrze, że stopień dyspersji koloidu wzrasta w miarę dodawania soli do jego roztworu; ale po przekroczeniu pewnego stężenia zmiany zaczynają się cofać i koloid strąca się stopniowo, zmieniając swe własności.

Prawdopodobnie i w przypadkach przezemnie badanych chodzi o zmiany stanu fizyko-chemicznego w koloidzie, który bierze udział w procesach wymiany. Rozmaite czynniki elektrolityczne (różne kationy) mogą rozmaicie wpływać na własności poszczególnych składników powierzchni komórkowej: stąd różnice przepuszczalności całej powierzchni dla wody i ciał w niej rozpuszczonych.

Pomimo jedynie ilościowe różnice intensywności wydalania w obecności różnych kationów, zmiany przez nie powodowane mogą być jakościowo odmienne, t. zn., że mogą one rozmaicie wpływać tak pod względem kierunku jak i wartości na różne składniki plazmy. Stąd odpowiednia kombinacja ilościowa dwu różnych elektrolitów może dać w rezultacie minimum zmian intensywności przepływu w wody przez komórkę, wywierając przez obecność jednego jonu wpływ na przepuszczalność składników powierzchni chłonnej, zaś przez obecność drugiego — na pozostałą powierzchnię komórki.

W tem ujęciu własności mieszaniny dwu kationów wynikają raczej ze wzajemnego dopełniania się wpływów każdego

z nich przez wpływy drugiego. Wynik ostateczny w przypadku funkcji rozpatrywanej — to przyrost ilości wody, jaką komórka może rozporządzać dla swych potrzeb.

6. Wyniki.

1. W warunkach normalnych hodowli *Paramecium* wydala drogą wodniczków tętniących ilość wody, równą jego objętości, w ciągu ca. 21'.

2. Ilość wody pobieranej przez wymoczki z hodowli drogą wodniczków pokarmowych wynosi około 30% ilości płynu, wydalanego drogą wodniczków tętniących.

3. Roztwory hipertoniczne w porównaniu z normalnem środowiskiem wymoczka ($\Delta = \text{ca. } 0.03^{\circ}$) zwalniają tempo kurczenia się wodniczków.

4. Zwolnienie tempa kurczenia się wodniczków w miarę podnoszenia Δ środowiska zewnętrznego (do $\Delta = \text{ca. } 0.09^{\circ}$) jest słabsze od przyrostu Δ : świadczy to o częściowem uniezależnieniu się komórki od wpływów zewnętrznych.

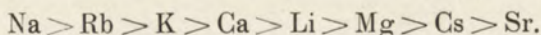
5. Zwolnienie tworzenia się wodniczków w hipertonii jest regulowane z biegiem czasu pomimo pozostawania wymoczków w płynie hipertonicznym.

6. Środowiska hipertoniczne, zawierające elektrolity, w mniejszym stopniu zwalniają tempo wydalania niż izotoniczne z niemi roztwory glukozy.

7. Regulacja funkcji, zakłóconej przez hipertonię, odbywa się szybciej w obecności elektrolitów.

8. Zawartość danej soli w roztworze hipertonicznym o określonym Δ ma swoje optimum ilościowe, przy którym wodniczki tętnią najszybciej.

9. Przy jednakowej ilości elektrolitu (chlorki) w roztworze hipertonicznym glukozy, częstość tworzenia się wodniczków zależy od jakości katjonu. Można katjony ustawić w następujący szereg, o coraz słabszem zwalczaniu wpływu hipertonii:



10. Mieszanka dwu elektrolitów w innym stopniu zmienia wpływ hipertonii, niż każdy z nich, wzięty oddzielnie. Występuje „przeciwdziałanie wzajemne“ obu katjonów.

11. Stopień „przeciwdziałania“ elektrolitów jest tem większy, im dalej stoją one od siebie w szeregu (tab. 9). W niektórych przypadkach szybkość wydalania w mieszaninie przerasta szybkości w każdym ze składników mieszaniny.

12. Powyższe wyniki świadczą o tem, że działanie wodniczków tętniących, a więc intensywność przepływu wody przez komórkę, nie jest przede wszystkim funkcją warunków osmotycznych, w jakich się wymoczek znajduje. Obecność elektrolitów zmienia przepuszczalność powierzchni chłonnej (dno peristomu; str. 7) i pozostałej powierzchni komórki, zapewniając jej intensywny przepływ wody pomimo hipertonię środowiska zewnętrznego.

PIŚMIENNICTWO.

- Backmann E. und Runnström. 1909. Physikalisch-chemische Faktoren bei der Embrionalentwicklung. Der osmotische Druck bei der Entwicklung von *Rana temporaria*. *Bioch. Zeitschr.* **22**.
- Degen A. 1905. Untersuchungen über die kontraktile Vacuole und die Wabenstruktur des Protoplasmas. *Bot. Ztg.* **63**.
- Dognon A. 1921. Sur la pression osmotique de quelques Algues marines. *Compt. Rend. de la Soc. de Biol.* **52**.
- Fitting H. 1915. Untersuchungen über die Aufnahme von Salzen in die lebende Zelle. *Zeitschr. f. wiss. Bot.* **56**.
- Hartog M. 1888. Preliminary Note on the Functions and Homologies of the Contr. Vacuole in Plants and Animals. (Cytowane według Degen a, '05).
- Herfs A. 1922. Die pulsierende Vacuole der Protozoen — ein Schutzorgan gegen Aussüssung. *Arch. f. Protist.* **44**.
- Hogue M. J. 1923. Contractile Vacuole in Amoeba. Factors influencing their Formation and rate of Contraction. *Journ. of the Elisha Mitchell Scientific Society.* **39**.
- Iljin W. 1923. Die Permeabilität des Plasmas für Salze und die Anatonose. *Studies from the Plant Physiological Laboratory of Charles University — Prague.* **1**.
- Jennings H. 1904. A Method of Demonstrating the external Discharge of the contractile Vacuole. *Zoolog. Anzeig.* **27**.
- Kahho H. 1921. Beiträge zur Permeabilität des Pflanzenplasmas für die Neutralsalze. *Bioch. Zeitschr.* **123**.
- Khainisky A. 1910. Zur Morphologie und Physiologie einiger Infusorien (*Paramecium caudatum*). *Arch. f. Protist.* **21**.
- Koltzoff N. 1913. Über die Wirkung von H-Ionen auf die Phagozytose von *Carchesium lachmani*. *Intern. Zeitschr. f. Physik.-chem. Biolog.* **1**.
- Koltzoff N. 1914. Über eine physiologische Kationenreihe. *Pflüg. Arch.* **149**.
- Lapicque L. 1922. Mécanisme d'échange entre la cellule et le milieu ambiant. *Compt. Rend. Acad. Sc. Paris.* **174**.
- Loeb J. 1902. Studies on the Physiological Effects of the Valency and possibly the electrical Charges of Ions. The toxic and antitoxic Effects of Ions as a Function of their Valency and possibly their electrical Charge. *Amer. Journ. of Phys.* **6**.
- Nirenstein E. 1905. Beiträge zur Ernährungsphysiologie der Protisten. *Zeitschr. f. allg. Physiol.* **5**.
- Pantanelli E. 1915. Über Ionenaufnahme. *Jahrb. f. wiss. Bot.* **56**.
- Pütter A. 1904. Die Reizbeantwortung der ciliaten Infusorien. *Zeitschr. f. allg. Physiol.* **3**.

- Ringer S. 1882. A further Contribution regarding the Influence of the different Constituents of the Blood on the Contraction of the Heart. Journ. of Physiol. **4**.
- Stempell W. 1914. Über die Funktion der pulsierenden Vacuole und einen Apparat zur Demonstration derselben. Zool. Jahrb. **34**.
- Tröndle A. 1909. Permeabilitätsänderungen und osmotischer Druck in den assimilierenden Zellen des Laubblattes. Ber. d. deutsch. bot. Ges. **27**.
- Zuelzer M. 1910. Der Einfluss des Meereswassers auf die pulsierende Vacuole von *Amoeba verrucosa*. Arch. f. Entw.-Mech. **29**.

R É S U M É.

Selon l'opinion actuelle l'existence et le fonctionnement de la vésicule pulsatile chez les Protozoaires dépend des différences de la pression osmotique. La pression osmotique de la cellule est plus haute que celle du milieu ambiant. Degen ('05), Stempell ('14), Zuelzer ('10), Herfs ('22) et bien d'autres ont démontré la relation qui existe entre les conditions osmotiques du milieu et le fonctionnement des vésicules pulsatiles. Les auteurs nommés ont cependant négligés les autres facteurs qui peuvent exercer une influence sur la pulsation. De plus, les méthodes dont ils se sont servis n'étaient pas toujours assez précises.

Le but de mon travail était d'expliquer le mécanisme du fonctionnement des vésicules pulsatiles. Je me suis surtout donné de la peine de connaître l'influence des facteurs dont le rôle dans les phénomènes d'échange de la cellule est bien connu: c'est-à-dire de la pression osmotique et des électrolytes.

La fréquence de la pulsation des vésicules fut la preuve de la fonction examinée. A cause des différences individuelles chez les infusoires de la même culture, je faisais chaque fois plusieurs mesures pour obtenir un nombre moyen. Toutes les expériences peuvent être divisées en deux catégories. Les expériences de la première catégorie étaient faites avec les infusoires, qui se trouvaient auparavant pendant quelque temps dans la solution de la glucose pure ou bien dans la solution de la glucose additionnée d'une dose d'électrolytes. J'ajoutais à chaque 10 cm³ de liquide expérimental deux gouttes de fluide de la culture avec des paramécies. Les observations de la deuxième catégorie ont été faites sur les infusoires qui se trouvaient dans leur milieu naturel de la culture.

Pour explorer le rôle de la pression osmotique je mettais les infusoires dans les solutions de la glucose des différentes

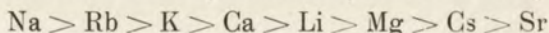
concentrations. Les résultats obtenus ont été les suivants. Au fur et à mesure que la pression osmotique du milieu augmente, le temps écoulant entre deux systoles de la vésicule accroît graduellement (tableau V). Cependant le ralentissement de la pulsation (c'est-à dire le rapport du temps moyen de la formation d'une vésicule pulsatile dans la solution de la glucose au celui dans la culture) est plus faible que l'accroissement de la pression osmotique du milieu (dans les limites de $\Delta = 0.03^0 - 0.09^0$) tableau V et dessin 3).

Si on laisse les infusoires dans le liquide hypertonique, le ralentissement de la pulsation disparaît et l'intensité du courant d'eau qui passe par la cellule devient normale. Cette régulation de la fonction est d'autant plus prompt, que la pression osmotique de la solution est plus basse. Dans les solutions plus concentrées, quoique la régulation a lieu aussi, le retour à la norme est très lent (tableau VI).

L'intensité des changements, causés par les milieux hypertoniques, et la marche de la régulation dépend de la composition chimique du milieu (tableau VII). La présence d'électrolyte accélère en general la pulsation. Ainsi l'intensité du courant d'eau qui passe par la cellule peut être différente — les conditions osmotiques du milieu étant les mêmes.

L'influence qu'exercent les électrolytes sur la vitesse de la pulsation change de degré selon leur quantité dans la solution expérimentale (tableau VIII et dessin 5). Sur ce rapport il existe un optimum distinct dans lequel la vésicule se forme le plus souvent.

Si la quantité d'électrolyte (chlorure) additionnée aux solutions isotoniques de la glucose est égale, la pulsation diffère selon la qualité du cation (tableau IX). Dans le rang:



c'est le Na qui accélère la pulsation le plus, et le Sr — le moins.

Le degré de l'influence du mélange de deux électrolytes sur l'effet produit par l'hypertonie diffère de celui produit par chaque électrolyte à part (tableau X). On constate l'existence d'un „antagonisme“ réciproque des actions exercées par deux électrolytes. Le degré „d'antagonisme“ est d'autant plus marqué que les cations antagonistes sont plus éloignés dans le rang

déjà cité (tableau X et dessin 6). La vitesse de la pulsation dans le mélange des électrolytes devient souvent encore plus grande que celle observée dans chaque électrolyte à part.

Je passe maintenant aux résultats des observations des infusoires dans leur milieu normal. La pulsation chez les infusoires provenant immédiatement de la culture est très intense: les deux vésicules de chaque paramecie expulsent pendant ca. 21' une quantité d'eau égale au volume de son corps.

Les vésicules nutritives fournissent à la pulsation à peine 30% de la quantité d'eau nécessaire. La dépense d'eau par voie de vésicules contractiles est alors 2.5 fois plus grande que la quantité d'eau fournie par les vésicules nutritives.

Il est possible, que cet déficit d'eau est comblé par l'eau qui entre dans la cellule par toute sa surface. Cependant l'observation de la formation des vésicules nutritives nous permet la supposition suivante. On sait (Nirenstein '05) qu'après avoir atteint leur grandeur maximale les vésicules nutritives ne se séparent pas immédiatement du fond du peristome. Elles restent quelque temps environnées du protoplasme ambiant en gardant la connexion avec le milieu extérieur. Leur grandeur ne change pas dans ce temps là. Cependant dès qu'elles se séparent du peristome elles diminuent rapidement du volume. Puisque l'eau arrive aux vésicules nutritives et leur volume n'accroît pas, on peut supposer que leur paroi absorbe de l'eau constamment. Cet eau suit son chemin vers le milieu de la cellule (dans l'endoplasme). Je crois donc que le fond du peristome accomplit d'une manière continue la fonction d'absorption de l'eau.

Les faits cités me font croire, que l'affirmation d'après laquelle l'apparition des vésicules dans les organismes unicellulaires et leur fonctionnement dépend exclusivement des conditions osmotiques du milieu — n'est pas justifiée. Au contraire, nous avons constaté que plusieurs facteurs influent dans une forte mesure sur l'action du facteur osmotique.

Je suppose que c'est surtout la surface d'absorption du fond du peristome qui règle la vitesse de la fonction examinée. L'excrétion de l'eau devient plus ou moins intense suivant la quantité d'eau qui entre dans la cellule. Dans des solutions hypertoniques il y a une

perte d'eau à travers la surface de la cellule et en outre l'absorption devient moins intense. Par conséquent la pulsation des vésicules est ralentie. D'autre côté les électrolytes peuvent changer la perméabilité de la cellule, agissant sur son état physico-chimique (dessin 5).

En réalisant les proportions quantitatives nécessaires des électrolytes, on pourrait—au moins dans des concentrations peu élevées—retenir dans les limites de la norme l'intensité du courant d'eau dans la cellule.

TOWARZYSTWO NAUKOWE WARSZAWSKIE.
PRACE INSTYTUTU IM. M. NENCKIEGO.
ZAKŁAD FIZJOLOGJI.
TRAVAUX DE L'INSTITUT M. NENCKI.
LABORATOIRE DE PHYSIOLOGIE.

TEODOR VIEWEGER.

Wpływ temperatury na przyswajanie białka
u zwierząt zmiennocieplnych¹⁾.

(L'influence de la température sur l'assimilation des protéines chez
les animaux poïkilothermes).

W poprzednich pracach²⁾ podałem szereg wyników, dotyczących przebiegu procesów przyswajania białka oraz wytwarzania zapasów bezazotowych w okresie odżywiania. W niniejszej pracy szło mi o stwierdzenie wpływu temperatury na przemianę białkową u pijawki lekarskiej.

Kwestja powyższa wpływu temperatury na przyswajanie i rozpad białka w organizmie zwierzęcym w bardzo nieznacznym stopniu dotychczas jest wyświetlona. Wypływa to przedewszystkiem stąd, że badania dotyczyły głównie zwierząt stałocieplnych, u których jednakże temperatura zewnętrzna oddziaływa na ustrój w sposób skomplikowany i przytem odrębny, aniżeli u zwierząt zmiennocieplnych. W pracach zaś, przeprowadzanych z wyłą-

¹⁾ Rzecz przedstawiona na posiedzeniu III Wydziału Tow. Nauk. Warsz. w czerwcu 1923.

²⁾ T. Vieweger. 1922. O warunkach przyswajania białka w czasie restytucji pogłódowej u zwierząt zmiennocieplnych. Prace Instyt. Nenckiego I. Nr. 15.

T. Vieweger. 1923. O wytwarzaniu zapasów bezazotowych podczas przyswajania białka u zwierząt zmiennocieplnych. Prace Instyt. Nenckiego II. Nr. 30.

czeniu termoregulacji, uwzględniana była jedynie strona rozpadowa procesów przemiany białkowej. Poza to brak całkowicie danych dotyczących procesów przyswajania białka u zwierząt zmienneociepnych w różnych temperaturach. Pośrednio tylko możemy wnioskować o wpływie temperatury na przemianę przyrostową białka z badań nad szybkością rozwojową tych zwierząt.

W przypadku rozpatrywanym dwie kwestje się nasuwały. Po pierwsze, jaki wpływ wywiera temperatura na przebieg procesów rozpadu oraz przyrostu białka w organizmie. Po drugie, jaki jest wpływ temperatury na wartość współczynnika przyrostu azotowego w ustroju. W celu rozwiązania powyższych zagadnień wykonałem szereg doświadczeń w temperaturach od 8.5° do 30° . Wobec trudności natury technicznej poszczególne serie doświadczalne obejmowały tylko 2-3 różne temperatury. Temperatury 20° , 25° i 30° utrzymywałem na stałym poziomie w termostatach; temperatury niższe otrzymywałem w piwnicy, gdzie wahania były niewielkie. W serii I—22-dniowej temperatura średnia wynosiła 14.5° , przy wahaniami od 13.5° do 15° ; w II—średnia 11, wahania 10° — 12° ; w III—średnia 8.5° , wahania 7.5° — 9° . Ogólny sposób postępowania był identyczny do opisanego w poprzednich pracach. Oznaczałem zawartość azotu w pijawkach—kontrolach głodzonych (liczbę przeciętną dla każdej serii zaznaczyłem w tabelach). Pozwalało to obliczyć zawartość początkową azotu w pijawkach karmionych. Po upływie 20—22-dniowego okresu odżywiania oznaczałem zawartość azotu w ciele zwierząt karmionych i azot wydaliny. Ponadto w dwóch seriach doświadczeń, zamieszczonych w poprzedniej pracy (23 tab. V), oznaczałem zawartość i przyrost glikogenu i kwasów tłuszczowych.

Ze względu na wybitny wpływ, jaki wywiera na wartość przyrostów białka i współczynnik przyrostowy masa ciała oraz w pewnej mierze ilość pokarmu, starałem się dobrać zwierzęta możliwie zbliżone pod względem wagi oraz ilości pobranej krwi. Napotykało to jednak na dość znaczne trudności.

Wyniki doświadczeń zestawilem w tabelach I—III. Pomimo pewne indywidualne rozbieżności daje się zauważyć wyraźny wpływ temperatury na przebieg przemiany białkowej. Wpływ ten daje się ująć w następujący sposób.

1. Natężenie procesów przyswajania oraz rozpadu białka

wzrasta wraz z temperaturą. Przyrost powyższy zachodzi szybko zwłaszcza w obrębie temperatur 8,5°—20°. W temperaturze 8° przyswajanie białka prawie całkowicie ustaje. Nieznaczne przyrosty, jakie notujemy dla pijawek № 23, 24, zbliżają się do wielkości błędów doświadczalnych. Powyżej 20° zwiększanie się natężenia zarówno procesów przyswajania, jak i rozpadu białka w niewielkim stopniu ma miejsce. Zwłaszcza w temperaturach 25°—30°

TABELA I.

Serja I. Czas trwania serji dni 22. Przeciętna procentowa zawartość w pijawkach — kontrolach 2,86%.

№ zwierzęcia № de la sangsue	Waga początkowa zwierzęcia Poids initial de la sangsue	Ilość krwi pobranej Quantité de sang ingéré	Zawartość początkowa azotu w ciele Azote initial du corps	Zawartość końcowa azotu w ciele Azote final du corps	Przyrost azotu Azote assimilé	Procent przyrostu azotu Azote assimilé en pourcent d'azote initial	Azot wydaliny Azote des produits de la désassimilation	Procent azotu przyswojonego w ogólnym bilansie azotowym Participation de l'azote assimilé au métabolisme azoté total
	g	g	mg	mg	mg	%	mg	se
T e m p e r a t u r a 30°								
1	0.29	0.75	8.29	12.01	3.72	45	7.12	34
2	0.30	0.50	8.58	12.11	3.53	41	6.31	36
3	0.33	1.10	9.15	13.81	4.66	51	9.45	33
T e m p e r a t u r a 25°								
4	0.29	0.70	8.29	11.61	3.32	40	6.52	34
5	0.32	0.90	9.15	13.78	4.63	50	7.89	37
T e m p e r a t u r a 14.5°								
6	0.24	0.77	6.86	7.77	0.91	12	3.07	23
7	0.30	0.83	8.58	9.67	1.09	13	2.83	28
8	0.31	1.10	8.87	9.75	0.88	10	3.32	21

TABLEAU I. Série I. Durée de la période d'alimentation 22 jours: Teneur moyenne en azote des sangsues—contrôles 2,86%.

przemiana białkowa utrzymuje się na jednym poziomie lub nawet podlega nieznacznemu obniżeniu w 30° (dotyczy to głównie azotu wydalinyowego).

Muszę tutaj zauważyć, że temperatura 30° jest najwyższą przezemnie stosowaną; temperatury wyższe mogą już działać

wyraźnie szkodliwie, powodując między innymi utratę krwi pobranej przez zwierzęta.

2. Wyzyskanie azotu białkowego dla celów przyrostowych wzrasta wraz z temperaturą¹⁾. Powyższe przesunięcie wartości współczynnika przyrostowego daje się zwłaszcza zauważyć w gra-

T A B E L A II.

Serja II. Czas trwania serji dni 20. Przeciętna procentowa zawartość azotu w pijawkach — kontrolach 2.24%.

№ zwierzęcia № de la sangsue	Waga początkowa zwierzęcia Poids initial de la sangsue	Ilość azotu krwi pobranej Quantité d'azote du sang ingéré	Zawartość początkowa azotu w ciele Azote initial du corps	Zawartość końcowa azotu w ciele Azote final du corps	Przyrost azotu Azote assimilé	Procent przyrostu azotu Azote assimilé en pour-cent d'azote initial	Azot wydalin Azote des produits de la désassimilation	Procent azotu przyswojonego w ogólnym bilansie azotowym Participation de l'azote assimilé au métabolisme azoté total
	g	mg	mg	mg	mg	%	mg	
T e m p e r a t u r a 30°								
9	0.24	19.65	5.38	8.47	3.09	57	2.79	53
10	0.25	42.06	5.60	11.88	6.28	112	6.61	49
11	0.28	40.22	6.27	14.68	8.41	134	10.41	45
T e m p e r a t u r a 20°								
12	0.20	28.70	4.48	10.51	6.03	135	6.87	47
13	0.22	31.48	4.93	11.20	6.27	127	7.63	45
14	0.26	32.84	5.82	9.18	3.36	58	6.30	35
T e m p e r a t u r a 11°								
15	0.21	19.83	4.70	5.15	0.45	10	2.06	18
16	0.32	33.92	7.17	7.53	0.36	5	2.20	14

TABLEAU II. Série II. Durée de la période d'alimentation 20 jours. Teneur moyenne en azote des sangsues—contrôles 2.24%.

nicach temperatur 8° — 20°. W temperaturze 8° wartość powyższego współczynnika zbliża się w niektórych przypadkach (№ 23, 24)

¹⁾ W poprzedniej pracy (23) wskazałem, że stosunek związków przyswojonych bezazotowych i azotowych nie podlega u pijawki wyraźnej zmianie w granicach temperatury 14°—25°. Ztąd możnaby wnioskować, że nie tylko wartość współczynnika białkowego, ale wogóle wyzyskanie materjalne i energetyczne pokarmu podlega korzystnemu przesunięciu wraz ze wzrostem temperatury.

do zera. Powyżej 20° współczynnik azotowy wykazuje niewielkie stosunkowo zmiany.

W jednej z poprzednich prac (22) wykazałem, że wartość współczynnika przyrostowego u pijawki jest zmienna, o ile warunki regulujące szybkość przemiany białkowej podlegają znacznemu przesunięciu. Odgrywa przytem rolę ilość pokarmu w nieznanym, oraz masa ciała w daleko większym stopniu. W stałych warunkach doświadczalnych, dla zwierząt jednakowej wag

TABELA III.

Serja III. Czas trwania serji dni 21. Przeciętna procentowa zawartość azotu w pijawkach — kontrolach 2.43%.

№ zwierzęcia № de la sangsue	Waga początkowa zwierzęcia Poids initial de la sangsue	Ilość azotu krwi pobranej Quantité d'azote du sang ingéré	Zawartość początkowa azotu w ciele Azote initial du corps	Zawartość końcowa azotu w ciele Azote final du corps	Przyrost azotu Azote assimilé	Procent przyrostu azotu Azote assimilé en pour-cent d'azote initial	Azot wydalin Azote des produits de la désassimilation	Procent azotu przyswojonego w ogólnym bilansie azotowym Participation de l'azote assimilé au métabolisme azoté total
	g	mg	mg	mg	mg	%	mg	%
T e m p e r a t u r a 30°								
17	0.35	26.30	8.50	12.13	3.63	43	4.99	42
18	0.36	24.64	8.75	13.34	4.59	52	3.90	54
19	0.38	33.02	9.23	14.68	5.45	59	5.41	50
T e m p e r a t u r a 20°								
20	0.33	33.39	8.02	11.73	3.71	46	6.01	38
21	0.34	34.51	8.26	11.76	3.50	42	5.66	38
22	0.39	39.83	9.48	12.93	3.45	36	5.83	37
T e m p e r a t u r a 8.5°								
23	0.32	37.56	7.78	7.87	0.09	1	0.80	10
24	0.36	33.74	8.75	8.78	0.03		2.05	1
25	0.36	35.94	8.75	9.03	0.28	4	1.47	16

TABLEAU III. Série III. Durée de la période d'alimentation 21 jours. Teneur moyenne en azote des sangsues—contrôles 2.43%.

i jednakowo odżywianych, wartość współczynnika w danej temperaturze wykazuje niewielkie wahania. Jak wynika z moich doświadczeń, zmiana temperatury powoduje przesunięcie powyższej równowagi chemicznej w organizmie.

Omawiany wpływ temperatury na wartość współczynnika przyrostu azotowego możemy tłumaczyć w następujący sposób.

Obniżanie temperatury środowiska powoduje zmniejszanie natężenia przemiany białkowej. Wielkość procesów przyswajania zmierza poniżej 18° — 14° szybko do 0. Jednocześnie zmniejsza się natężenie procesów rozpadowych białka. Jednakże to ostatnie zjawisko nie zachodzi równie szybko, gdyż zmierza do pewnego koniecznego minimum przemiany białkowej, związanego z określonym dla danej temperatury zużyciem materiału organicznego komórki. Powoduje to obniżenie wartości względnej przyrostu w ogólnym bilansie białkowym organizmu. Zwłaszcza znaczne zmiany wartości współczynnika występują w obrębie niskich temperatur, w granicach których przesunięcia w natężeniu procesów przemiany białkowej zachodzą stosunkowo szybko.

Zasługuje wreszcie w wysokim stopniu na uwagę, że temperatura 20° — 30° , a więc temperatura okresu letniego i wzmożonej działalności organizmu, jest jednocześnie temperaturą optymalną z punktu widzenia przyswajania białka, a zatem przebiegu procesów istotnie związanych ze wzrostem masy żywej organizmu.

R É S U M É

Dans le travail présent j'ai étudié l'influence qu'exerce la température sur les échanges protéiques chez la sangsue médicale. Les sangsues nourries auparavant avec du sang de lapin ont été tenues à la température de 8.5°, 11°, 14°, 20°, 25° et 30°. L'effet des températures supérieures n'a pas été étudié, vu qu'elles exercent une action nuisible sur les animaux considérés. Il résulte de mes expériences (tabl. I - III) que la vitesse des échanges protéiques augmente avec la température. A la température de 8.5° l'assimilation des protéines est presque nulle. Elle augmente assez rapidement jusqu'à 14° — 20° pour rester à un niveau presque constant entre 25° — 30°. Le même phénomène s'observe pour la désassimilation. Tout de même la valeur d'azote des produits de la désassimilation n'abaisse pas tant que celle d'azote assimilé. Cela reste probablement en rapport avec le fait que le métabolisme basal de la cellule doit conserver une certaine valeur même aux températures basses. Il résulte de ces changements d'intensité des procès d'assimilation et de désassimilation que la valeur du coefficient d'assimilation des composés azotés augmente avec la température (surtout depuis 8° jusqu'à 14°). Il est à remarquer que ce coefficient atteint sa valeur supérieure dans les limites des températures de 20° — 30°. Mes expériences prouvent que ce sont les températures d'été et de pleine activité d'animal lesquelles sont les plus favorables pour l'assimilation des protéines. C'est à ces températures de 20° — 30° que l'assimilation des protéines s'accomplit de la manière la plus économique.

[The text in this section is extremely faint and illegible, appearing to be a list or a series of entries.]

TOWARZYSTWO NAUKOWE WARSZAWSKIE
PRACE INSTYTUTU IM. NENCKIEGO
ZAKŁAD FIZJOLOGJI.

TRAVAUX DE L'INSTITUT NENCKI
LABORATOIRE DE PHYSIOLOGIE.

MARTA PILEWICZÓWNA.

Przyczynek do badań nad wymianą gazową u owadów w stanie głodu i odżywiania ¹⁾.

(Influence du jeûne et de l'alimentation sur le métabolisme respiratoire des insectes).

Poszukiwania z zakresu metabolizmu owadów zmierzały głównie do ustalenia bądź wpływu temperatury otoczenia na natężenie procesów oddychania, bądź też udziału składników organicznych ciała w czasie głodu (Régnault i Reiset '49, Bütschli '74, Battelli i Stern '13, Slowtzoff '09, Krogh '14, Buddenbrock '22, Necheles '24 i inni) oraz do określenia charakteru spalań substancyj organicznych podczas metamorfozy (Weinland '06, Farkas '03, Tangl '09).

Wyniki badań, dotyczące spalań w czasie głodu u różnych rzędów owadów, wskazują na swoisty charakter procesów rozpadowych, odbiegający niekiedy od ram znalezionych dla zwierząt zmiennocieplnych. Przyczyna tego zjawiska leży prawdopodobnie głównie w czynnikach natury ekologicznej najogólniej pojętych; środowisko wodne lub lądowe, warunki tlenowe lub beztlenowe otoczenia, (te ostatnie, — jako konsekwencja pasoryzmicznego wewnętrznego), wreszcie temperatura oraz jakość

¹⁾ Rzecz przedstawiona na posiedzeniu III Wydziału Tow. Nauk. Warsz. w czerwcu 1924 roku.

pożywienia mogą odpowiednio przemianę materji kształtować. Z tych względów uogólnienia, co do udziału składników organicznych ciała w stanie głodu, dla grupy owadów wprowadzać trudno.

Praca niniejsza, wykonana na karaczanach (*Periplaneta orientalis* L.), dotyczy wymiany gazowej w stanie głodu i odżywiania. Zagadnienia, związane z przebiegiem procesów przemiany materji w ustroju odżywianym, najobszerniej opracowane u zwierząt stałocieplnych, w świecie owadów są bardzo mało zbadane.

Celem moich poszukiwań było ustalenie charakteru oddychania w okresie głodu i odżywiania oraz wpływu pożywienia na natężenie procesów rozpadowych.

1. Metodyka.

Za przedmiot wybrałam karaczany ze względu na zaobserwowaną dosyć stałą okresowość ruchów (w godzinach 21 — 1 w ciągu doby) oraz możliwość zdobycia materiału niezależnie od pory roku.

Przed rozpoczęciem doświadczeń karaczany pozostawały w temperaturze pokojowej, umieszczone w szklanych słojach, przysłoniętych czarnym papierem, w których znajdowało się pożywienie mieszane, złożone z wody, cukru, chleba, ściegłego białka jaja kurzego i t. p. Do doświadczeń starałam się wybierać osobniki dojrzałe lub larwy w późniejszych okresach wzrostu.

Pomiary oddechowe wykonywałam w temperaturze 25° C.; w pewnych serjach określałam całkowitą wymianę gazową, t. j. pobrany tlen i wydychany dwutlenek węgla, posługując się aparatem respiracyjnym Białaszewicza ('16), w innych zaś uwzględniałam wyłącznie wyprodukowany dwutlenek węgla, wyznaczając go przez pochłonięcie w n/10 Ba (OH)₂ w rurach Petenkoffera. Poszczególne pomiary trwały przeciętnie dobę. Dla utrzymania wilgotności zawieszałam lub kładłam w aparacie wilgotną watę szklaną; w doświadczeniach w okresie odżywiania umieszczałam w naczynku cukier trzcinowy lub ściegłe białko jaja kurzego. Mimo rozwiniętego wśród karaczanów zjawiska samopożerania, udawało mi się w czasie głodu uniknąć tego przypadkowo lub przez umieszczenie pojedynczych osobników w oddzielnych probówkach.

2. Wymiana gazowa w stanie głodu.

W celu określenia natężenia procesów oddechowych zwierząt, znajdujących się w stanie głodu, wykonałam w temperaturze 25° C kilka seryj doświadczeń respiracyjnych; w nich mierzyłam wartości wydychanego CO₂ przez pochłonięcie w n/10 Ba (OH)₂ w rurach Petenkoffera lub określałam całkowitą wymianę gazową przy pomocy aparatu Białaszewicza. Przez cały okres głodzenia zwierzęta posiadały wodę do picia (z wyjątkiem kilku pierwszych doświadczeń serji II, gdzie karaczany znajdowały się w atmosferze nienasyconej parą wodną). Poszczególne pomiary trwały średnio dobę; zwierzęta ważyłam co 24 lub 48 godzin. Otrzymane wartości CO₂ i O₂ obliczałam na jednostkę wagi ciała i jednostkę czasu (na gram i 24 godziny) zaś stosunek objętościowy wydychanego CO₂ i zużytego O₂ dawał mi wielkość ilorazu oddechowego (*RO*). Wyniki doświadczeń zestawiałam w tabelach I i II.

Tabela I obejmuje drugą serję doświadczeń, w której 15 osobników o wadze średniej 0,4 g przetrwało głód 33-dniowy; w ciągu tego czasu waga ciała zmniejszyła się zaledwie o 12%; natężenie produkcji dwutlenku węgla w obliczeniu na gram i 24 godziny podczas pierwszych sześciu dni głodu obniża się stopniowo (z 14,65 mg spada do 8,71 mg), w następne 27 dni ulega niewielkim wahaniom około przeciętnej 7,60 mg.

Zachowanie się wagi ciała zwierząt i produkcji dwutlenku węgla ilustruje rysunek 1, wykreślony na podstawie danych tabeli I.

Wartości zużytego tlenu widzimy w tabeli II, gdzie jest podane kilka seryj doświadczeń krócej trwających; z nich doświadczenia serji VIII obejmują pomiarów najwięcej, mianowicie ośm. W serji tej 3 osobniki dojrzałe straciły w czasie dziesięciodniowego głodu około 6% wagi początkowej; produkcja CO₂ (obliczona na gram wagi ciała i dobę) pierwszego dnia jest największa, wynosi 6,15 cm³, w następne dni, z wyjątkiem ostatniego, waha się w małych granicach od 3,82 cm³ do 4,60 cm³. Ilości pobranego tlenu (obliczone na gram wagi ciała i dobę) w ciągu pierwszych trzech dni zmniejszają się, wynoszą bowiem pierwszego dnia 8,61 cm³, drugiego 7,17 cm³, trzeciego 6,45 cm³,

czwartego 5,94 cm³; w następane dni, z wyjątkiem ostatniego, pozostają prawie bez zmiany.

Podobnie przedstawiają się wyniki seryj IX i XI.

Wartości wydalonego CO₂ i zużytego tlenu wskazują, że natężenie oddychania na początku okresu głodzenia stopniowo obniża się, niekiedy dosyć znacznie, gdy głód jest długotrwały,



Rys. 1. Wykres wagi ciała i produkcji dwutlenku węgla w stanie głodu z serii II (Tab. I.). Linia ciągła (—) oznacza ilość wyprodukowanego CO₂ w obliczeniu na gram wagi ciała i na dobę w mgr; linia kropkowana (.....) — wagę ciała wszystkich osobników w g. (w wie. kratki poziome odpowiadają dobie; cztery kratki pionowe dla CO₂ — 1 mgr, zaś dla wagi ciała dziesięć kratek — 1 g).

(Fig. 1. Production de CO₂ et poids des animaux durant l'inanition. Série II, tab. I. (—) Trait continu représente la quantité de CO₂ excrété par 1 gr. de poids en 24 h. — en mgr; (.....) Trait pointillé représente le poids de tous les animaux — en gr. Sur l'abscisse: 2 marques de la graduation correspondent à 24 h, sur l'ordonnée: pour le CO₂, 4 marques de la graduation correspondent à un mgr.; pour le poids du corps, 10 marques de la graduation — à 1 gr.).

następnie zaś utrzymuje się ono na pewnym poziomie, ulegając małym odchyleniom.

Wartości ilorazu oddechowego (RQ), podane w tabeli II, dla wykonanych sześciu seryj wykazują dosyć duże granice wahań: od 0,64 do 0,94; natomiast w poszczególnych serjach różnice są przeważnie niewielkie. Okazuje się, że skład chemiczny pokarmu, z którego zwierzęta korzystały przed rozpoczęciem głodu, wpływa na wartość ilorazu oddechowego; pokarm

białkowy przesuwa RQ w okresie głodu w kierunku liczby 0,730 (serja VIII); zaś cukier trzcinowy podnosi wartość RQ do 0,892 (serja XIV); natomiast w serjach XV, IX i XI, gdzie karaczany głodzone posiadały uprzednio do wyboru pokarm mieszany, wartości ilorazu oddechowego ulegają mniejszym wahaniom w granicach od 0,787 do 0,827.

Rezultaty doświadczeń oddechowych w stanie głodu stwierdzają, że waga ciała w okresie głodu obniża się nieznacznie. Zjawisko to wobec ustalonego dla ustrojów zmiennocieplnych faktu, że natężenie przemiany materji i redukcja wagi ciała posiadają charakter funkcji wykładniczej (Białaszewicz '19), można objaśnić (dosyć dużym) pobieraniem przez karaczany wody, której ciężar maskuje straty składników organicznych ciała; bowiem w serji II, gdy zwierzęta w ciągu pierwszych czterech doświadczeń nie miały wody do picia, wówczas waga ich ciała spadła z 5,95 g do 5,46 g; zaś po otrzymaniu wody następnego dnia waga ciała podniosła się do 5,85 g, nieznacznie tylko i stopniowo obniżając się w miarę trwania głodu.

Następnie, doświadczenia powyższe dowodzą, że natężenie procesów oddechowych w pierwszych dniach głodzenia słabnie, w późniejszych zaś utrzymuje się na stałym poziomie. Fakt ten pozwala wyróżnić dwa okresy głodu: pierwszy, którego przebieg można objaśnić szybkim wyczerpaniem łatwopalnego materiału, i drugi okres stałej wartości spalań. Za słusznością podanego powyżej wyjaśnienia pierwszego etapu głodu przemawiają również wartości ilorazu oddechowego (RQ), wykazujące zależność od jakości pokarmu pobranego przez karaczany przed okresem głodzenia. Liczby świadczą, że pobrane pożywienie ulega spalaniu, odpowiednio modyfikując charakter procesów oddechowych; jest ono ową substancją łatwopalną, która w pierwszych okresach głodu jest głównie zużywana. Drugi okres stałej wartości spalań wydaje się być analogiczny do ustalonego przez Szwajsonę ('16) przebiegu procesów rozpadowych w okresie głodu dla innych owadów, mianowicie—dla larw mącznika. U zwierząt tych mimo dużej straty wagi ciała natężenie przemiany materji jednego osobnika utrzymuje się na stałym poziomie, zaś w odniesieniu do kg wagi żywej i dobę nawet wzrasta w miarę trwania głodu.

Wyniki, osiągnięte w tej samej kwestji na ssakach, są

bardzo zbliżone do otrzymanych na karaczanach. Badania wielu uczonych, wykonane na ssakach (Rubner '87), a w szczególności — na człowieku (Luciani '90, Johansson, Tigerstedt '96, Lehmann i Zuntz '93) wskazują, że natężenie przemiany materji i energii w stanie głodu przez dłuższy czas utrzymuje się na jednym poziomie.

Autorowie ci z doświadczeń oddechowych, trwających dziesięć dni, wykonanych na Cettim, otrzymali wartości następujące: ilości zużytego tlenu (na kg i minutę) wahają się od 4,59 cm³ do 5,06 cm³, zaś wydychanego dwutlenku węgla (na kg i minutę) od 3,07 do 3,51 cm³. Iloraz oddechowy (*RQ*) wynosi pierwszego dnia 0,72, w następne dni waha się od 0,68 do 0,65. Wyprodukowana ilość kaloryj w ciągu pięciodniowego głodu wynosi od 33,15 do 13,33 kal. kg na kilogram wagi ciała.

3. Wymiana gazowa zwierząt odżywianych.

Głodzone karaczany odżywiałam pokarmem określonym pod względem składu chemicznego: bądź ściętem białkiem jaja kurzego, bądź też cukrem trzcinowym. Próby karmienia karaczanów tłuszczami nie dały pożądanego rezultatu. Doświadczenia oddechowe, trwające przeciętnie dobę, wykonywałam w temperaturze 25° C, mierząc produkcję CO₂ lub całkowitą wymianę gazową; posługiwałam się w nich aparaturą tą samą, co w poprzednich doświadczeniach. Badane zwierzęta znajdowały się w atmosferze nasyconej parą wodną. Ilości pobranego pokarmu oznaczałam z różnicy jego wagi na początku i w końcu doświadczenia.

Ogólny plan badań był następujący: karaczany po długotrwałym głodzie, z którego otrzymane wyniki zestawiałam w poprzednim rozdziale, odżywiałam cukrem lub białkiem, następnie zaś zmieniałam pokarm: białko na cukier, cukier na białko. Doświadczenia prowadziłam w celu nawiązania z analogicznymi badaniami, przeprowadzonymi nad zwierzętami stałocieplnymi. Chodziło mi mianowicie o zbadanie wpływu jakości pożywienia na wartość ilorazu oddechowego i na intensywność wymiany gazowej.

Przedewszystkiem omówię doświadczenia serji IV (Tab. III), w których mierzyłam produkcję dwutlenku węgla zwierząt odżywianych cukrem po upływie 33-dniowego głodu. Wartości wy

dychanego dwutlenku węgla, obliczone na gram wagi ciała i na dobę, wzrastają w ciągu kilku pierwszych dni odżywiania; piątego dnia uzyskują maximum, które stanowi 200% przyrostu w stosunku do natężenia oddychania w stanie głodu; w następnym dniu produkcja CO_2 , ulegając pewnym falowym wahaniom, stopniowo i powoli zmniejsza się tak, że w 13-tym dniu redukcja jej wynosi około 50% w porównaniu z maksymalną wartością, osiągniętą w piątym dniu odżywiania. Średnia waga ciała osobnika w ciągu pierwszego tygodnia wzrasta, dalej zaś utrzymuje się bez znacznych zmian do końca serji.

Zależności pomiędzy ilością pobranego pożywienia a natężeniem wymiany gazowej nie udało mi się ustalić. Wartości węgla zawartego w cukrze, (obliczone według wzoru pierwiastkowego $\text{C}_{12} \text{H}_{22} \text{O}_{11}$) są różne w szeregu kolejnych doświadczeń: pierwszego dnia zwierzęta pobrały 179 mg węgla na dobę; drugiego — 29 mg, trzeciego 54 mg i t. d., podczas gdy produkcja CO_2 podobnych wahań nie ujawnia.

Z wykonanych jednocześnie analiz azotu w wydalinach zwierząt (metodą Kjeldahla) otrzymałam wartości niewielkie ¹⁾ (średnio 0,10 mg w obliczeniu na gram wagi ciała i na dobę); pozwalają mi one przypuszczać, że w wydalinach znajdują się również bardzo małe ilości węgla. Wobec tego można przyjąć, że u karaczanów karmionych cukrem prawie całkowita ilość węgla pokarmowego zostaje wydalona pod postacią CO_2 . Na tej podstawie obliczając, jaka ilość węgla, zawartego w pobranym pokarmie, zostaje wydalona, stwierdzamy wybitnie dodatni bilans węgla: okazuje się, że około 45% węgla, zawartego w pokarmie, zostaje wydalone w dwutlenku węgla.

W doświadczeniach serji VII (Tab. IV) karaczany odżywiałam również cukrem, lecz po uprzednim karmieniu białkiem przez okres 18 dni. Ilości wydychanego CO_2 początkowo wzrastają; maximum produkcji przypada na 4—5 dzień, zaś przyrost natężenia w porównaniu z pierwszym dniem odżywiania wynosi 30%, natomiast w stosunku do natężenia produkcji CO_2 w stanie głodu zbliża się do liczby 120%, następnie intensywność słabnie i w ciągu pięciu dni ulega małym wahaniom. Ilości pobranego w pokarmie węgla, z wyjątkiem dwóch pierwszych dni odży-

¹⁾ Wyniki tych analiz będą obszerniej ogłoszone później.

wiania, nie są zbyt różne, wynoszą od 14,73 mg do 21,44 mg na dobę; natomiast węgiel wydany w oddychaniu, obliczony w odsetkach węgla pobranego w pokarmie, początkowo ujawnia duże różnice i dopiero w ciągu czterech ostatnich dni stosunek ten ustala się i wynosi około 34%. Liczby te przemawiają również za możliwością zatrzymywania węgla w ciele zwierząt. Waga ciała karaczanów przez okres dziesięciodniowy odżywiania pozostaje prawie bez zmiany.

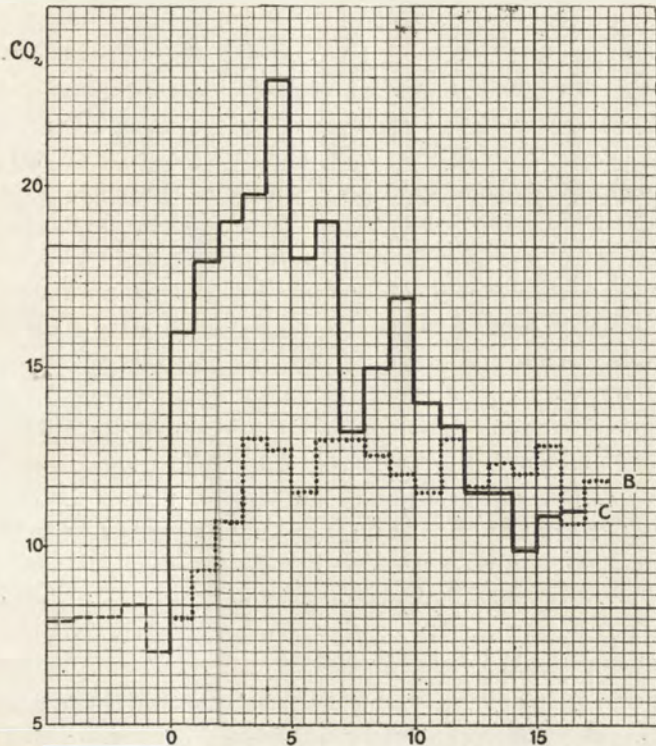
Wpływ pokarmu białkowego na natężenie produkcji CO₂ widzimy w doświadczeniach serji V (Tab. VI), w której zwierzęta były karmione pożywieniem białkowym po głodzie, trwającym 33 dni. Podane w tabeli ilości pokarmu przedstawiają białko w stanie suchym; liczby te otrzymałam, mnożąc zawartość azotu w ściętym białku kurzem przez 6,25; zaś węgiel białka obliczyłam, mnożąc azot białka przez 3,28.

W serji tej wartości wydychanego CO₂ wzrastają w miarę odżywiania, bowiem produkcja CO₂ w obliczeniu na gram wagi ciała i na dobę wynosi pierwszego dnia 7,83 mg, drugiego 9,21 mg i t. d., czwartego dnia 13,07 mg; jest to wartość prawie najwyższa, która wykazuje przyrost 70% w stosunku do natężenia produkcji CO₂ w stanie głodu; w następne 14 dni produkcja CO₂ niewielkim ulega wahaniom i redukcji w porównaniu do wartości, osiągniętej w czwartym dniu odżywiania.

Stosunek węgla wydychanego w CO₂ do węgla zawartego w pokarmie, prócz kilku pierwszych dni odżywiania, waha się przez cały okres w granicach od 53% do 74%. Gdy odliczymy pewną niewielką wartość na węgiel wydany na zasadzie znalezionego w nich azotu, pozostanie odsetek węgla pokarmowego, zatrzymany w ciele zwierząt. Odsetek ten jest jednak znacznie mniejszy, niż przy odżywianiu karaczanów cukrem po głodzie długotrwałym, gdzie tylko około 45% węgla pokarmowego wydalili one w postaci CO₂. Waga ciała 8 osobników pierwotnie wzrasta nieznacznie, później spada do wagi początkowej.

W doświadczeniach serji VI (Tab. VII) mierzyłam produkcję CO₂ karaczanów odżywianych białkiem, które (po głodzie pięciodniowym) były poprzednio karmione cukrem. Zwierzęta te były osłabione wskutek odżywiania się przez dłuższy czas pokarmem jednostronnym; z początkowej liczby siedmiu osobników dziesiątego dnia pozostało przy życiu tylko trzy; natężenie pro-

dukcji CO_2 w ciągu pierwszych sześciu dni odżywiania ulega małym wahaniom (od 9,00 mg do 11,74 mg CO_2 na gram wagi żywej i na dobę), dopiero w dwóch ostatnich doświadczeniach



Rys. 2. Wykres produkcji CO_2 zwierząt odżywianych cukrem i białkiem z serii IV i V (Tab. III i VI). Linja ciągła (—) oznacza ilość wyprodukowanego CO_2 przez zwierzęta odżywiane cukrem, w obliczeniu na 1 g wagi ciała i na dobę, w mg; linja kropkowana (.....) oznacza ilości CO_2 , wydzielonego przez zwierzęta, odżywiane białkiem. Dwie kratki poziome odpowiadają dobie, trzy pionowe — 1 mg. Punkt 0 oznacza dzień nakarmienia po głodzie. (Fig. 2. Production de CO_2 par les animaux, nourris avec du sucre et avec des protéines. Série IV et V; (tab. III et VI). (—) animaux nourris avec du sucre. Quantité de CO_2 excrété par 1 gr. de poids en 24 h. — en mgr; (.....) animaux nourris avec des protéines. Sur l'abscisse: 2 marques de la graduation correspondent à 24 h. Sur l'ordonnée: 3 marques de la graduation — à 1 mgr. Le point 0 correspond au commencement de l'alimentation après l'inanition).

widać spadek znaczny (okres przedśmiertny). Wpływ pokarmu poprzednio pobieranego, mianowicie cukru, wyraża się w tem, że początkowo ilości węgla, wydalone w CO_2 , nie są pokryte przez węgiel pokarmowy, stanowią wartość wyższą, która jest wyrazem pewnego przystosowania się do pożywienia węglowodanowego.

Natężenie produkcji CO_2 zwierząt, odżywianych cukrem i białkiem po głodzie długotrwałym, ilustruje rys. 2, wykreślony na podstawie wyników otrzymanych w serjach IV i V.

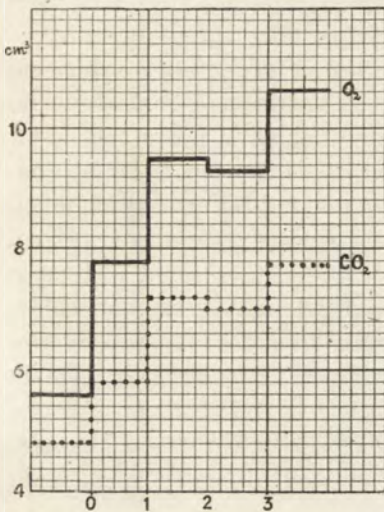
Pobrane pożywienie: cukier i białko, wpływa więc wybitnie na natężenie produkcji CO_2 ; stopień natężenia produkcji CO_2 zależy w pierwszym rzędzie od składu chemicznego podanego pokarmu, a następnie — od jakości pożywienia w okresie poprzedzającym doświadczenie.

W tabeli IX widzimy zestawione wyniki omawianych powyżej doświadczeń w okresie głodu i odżywiania. Natężenie produkcji CO_2 , w obliczeniu na gram wagi ciała i na dobę, wzięłam jako przeciętną z pięciu ostatnich doświadczeń nad zwierzętami głodzonemi w serji II; natomiast z doświadczeń nad zwierzętami odżywianemi brałam średnią z pięciu pierwszych dni od chwili nakarmienia (serje IV, V, VI, VII). Przyrost procentowy natężenia produkcji CO_2 podczas odżywiania cukrem po głodzie, trwającym 5 tygodni, wynosi około 144%, zaś 100% po okresie karmienia białkiem. Białko po okresie głodu długotrwałego, jak i po odżywianiu cukrem, podnosi natężenie produkcji CO_2 o 37%.

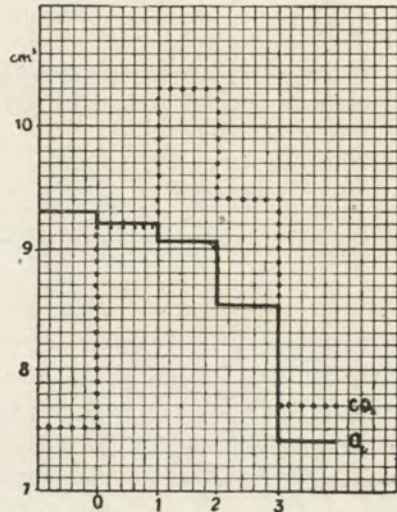
Wartości zużytego tlenu znajdziemy w tabelach V i VIII, gdzie podane są wyniki doświadczeń nad wymianą obu gazów u zwierząt odżywianych cukrem i białkiem.

Zestawienie rezultatów, dotyczących pobierania tlenu i produkcji CO_2 w stanie głodu i odżywiania, umieściłam w tabeli X, biorąc przeciętne z czterech pierwszych dni odżywiania. Niezbyt duże przyrosty produkcji CO_2 w stosunku do okresu głodowego objaśnić można tem, że doświadczenia poprzedzone były głodem, trwającym tylko kilka dni, podczas gdy pożywienie pobrane po głodzie długotrwałym zwiększa natężenie produkcji CO_2 bardzo znacznie, jak to wykazały doświadczenia serji IV i V (Tab. III i IV). Pozatem w doświadczeniach serji X i XV (Tab. X), w których zwierzęta były odżywiane białkiem, przyrosty natężenia wymiany gazowej są różne; na wartości te może wpływać zmienna ilość pobranego pokarmu, której w tych serjach nie oznaczałam. Liczby zestawione w tabeli X pozwalają naogół stwierdzić, że przyrost natężenia wymiany gazowej (po pobraniu pokarmu), obliczony w odsetkach wymiany głodowej, zależy od jakości pożywienia; przytem w związku ze składem chemicznym pokarmu wartości zużytego tlenu i wydalonego CO_2 występują

w różnym względem siebie stosunku. Przy odżywianiu białkiem zużycie tlenu wzrasta bardziej, niż produkcja dwutlenku węgla; natomiast zwierzęta karmione cukrem zużywają tlenu mniej, niż w stanie głodu, zaś przyrost CO_2 jest znaczny. Wymianę gazową u zwierząt odżywianych białkiem w serii X ilustruje rys. 3, natomiast rys. 4 wyjaśnia przebieg oddychania u zwierząt odżywianych cukrem w serii XII.



Rys. 3.



Rys. 4.

Rys. 3. Wykres wymiany gazowej zwierząt, odżywianych białkiem. Rys. 4. Wykres wymiany gazowej zwierząt odżywianych cukrem. Linia ciągła (—) oznacza ilość pobranego tlenu w obliczeniu na gram wagi ciała i na dobę w cm^3 . Linia kropkowana (-----) — ilość wyprodukowanego CO_2 — w cm^3 w obliczeniu na gram wagi ciała i na dobę. Pięć kratek poziomych odpowiada dobie, pięć kratek wzg. dziesięć pionowych — 1 cm^3 . Punkt 0 oznacza nakarmienia po głodzie.

(Fig. 3. Échange respiratoire des animaux nourris avec des protéines. Fig. 4. Échange respiratoire des animaux, nourris avec du sucre. (—) quantité de O_2 , absorbé par 1 gr de poids en 24 h., en cm^3 ; (-----) quantité de CO_2 , produit par 1 gr de poids en 24 h., en cm^3 . Sur l'abscisse: 5 marques de la graduation correspondant à 24 h. Sur l'ordonnée: 5 marques ev. 10 marques de la graduation à 1 cm^3 . Le point 0 correspond au commencement de l'alimentation après l'inanition).

Za wykładnik wzrastającego natężenia przemiany energii możemy uważać przyrost zużycia tlenu; wobec tego wartości omawiane w tab. X świadczą, iż pokarm białkowy zwiększa pobieranie tlenu, względnie przemianę energii w znaczniejszym stopniu, niż cukier. W przeciwieństwie do powyższego, Elsas ('13) w analogicznych badaniach nad wymianę gazową żab odżywianych nie znalazł ustalonego przez Rubnera dla organizmów stałocięplnych specyficzno-dynamicznego działania pokarmu.

W doświadczeniach, w których mierzyłam całkowitą wymianę gazową, obliczałam również iloraz oddechowy RQ (Tab. V i VIII). Zwierzęta odżywiane białkiem wykazują w trzech serjach wartość ilorazu oddechowego wahającą się przeciętnie w granicach od 0,692 do 0,740; wartości te odbiegają od znalezionej dla ssaków; jednak dosyć są zbliżone do liczby teoretycznie obliczonej w założeniu, iż jedynym produktem rozpadu białka jest kwas moczowy; wartość ta w tym przypadku wynosi bowiem ca 0,67.

W czasie odżywiania cukrem iloraz oddechowy waha się w dwóch serjach od 0,99 do 1,14. Wartości RQ zbliżone do jedności dowodzą, że cukier, biorący udział w procesach katabolicznych, ulega całkowitemu spalaniu. Fakt ten był niejednokrotnie notowany u owadów. Slo w t z o f f ('09) znalazł dla much karmionych cukrem iloraz oddechowy równy jedności. Parhon ('09), badając pszczoły, odżywiane miodem, otrzymała w temperaturze $32^{\circ}C$ wartość RQ równą jedności lub 1,04; dla celów porównawczych wykonała ona również kilka doświadczeń, w których karmiła glukozą muchy: w temperaturze $20^{\circ}C$ otrzymała ona $RQ = 1,14$; zaś w temperaturze $32^{\circ}C$ $RQ = 0,99$. Nasuwa to przypuszczenie, że podobnie jak u kręgowców, również i u zwierząt bezkręgowych, żyjących w warunkach tlenowych, spalanie węglowodanów jest całkowite.

Fakt, że RQ jest nieco wyższy od jedności, wskazuje na występowanie procesów anabolicznych o charakterze redukującym. Dowodzi to możliwości przekształcenia cukru na kwasy tłuszczowe. Otrzymane dla pszczół odżywianych wartości ilorazu oddechowego wyższe od jedności Parhon tłumaczy, między innymi, tworzeniem się z węglowodanów zapasów wosku, substancji również, jak tłuszcze, ubogiej w tlen. Badania nad odżywianiem zwierząt stałocieplnych stwierdziły, że ustroje te mogą przekształcać cukier pokarmowy w kwasy tłuszczowe. Wspomnę tutaj tylko o pracy Tscherwinskiego ('83) nad swinia domową karmioną ryżem, t. j. pokarmem obfitym w węglowodany i ubogim w tłuszcz i białko. Pozatem Bleibtreu ('01), tucząc gęsi węglowodanami, otrzymał wartości ilorazu oddechowego większe od jedności ($RQ = 1,117 - 1,380$).

4. Wnioski.

Wyniki doświadczeń oddechowych w stanie głodu i odżywiania pozwoliły ustalić, że charakter procesów przemiany materii karaczanów zbliża je do ustrojów stałocieplnych.

Już Régnault i Reiset ('49), badając oddychanie chrząszczy i larw jedwabnika, wskazują, że natężenie oddychania u owadów jest wyższe, niż u innych zwierząt zmiennoceplnych, zaś zbliżone do intensywności procesów oddechowych u ssaków. Następnie Bütschli ('74), mierząc natężenie produkcji CO₂ karaczanów w różnej temperaturze, otrzymał wartości zbliżone do znalezionych przez Voita dla ssaków. Parhon ('09) na podstawie doświadczeń respiracyjnych nad pszczołami przypuszcza, że stoją one bliżej organizmów stałocieplnych niż zmiennoceplnych.

Moje poszukiwania stwierdzają następujące zjawiska w przemianie materii karaczanów:

- 1^o Karaczany w stanie głodu tracą bardzo nieznacznie na wadze ciała, pokrywając straty składników organicznych przez pobranie wody.
- 2^o W stanie głodu natężenie procesów oddechowych początkowo obniża się, potem następuje długi okres stałej wartości spalań.
- 3^o Iloraz oddechowy (RQ) karaczanów głodzonych, które w okresie poprzedzającym odżywiały się pokarmem o różnym składzie chemicznym, waha się w granicach od 0,787 do 0,827.
- 4^o Przyrost natężenia wymiany gazowej po pobraniu pokarmu, obliczony w odsetkach wymiany głodowej, zależy od jakości pożywienia, przytem wartości zużytego tlenu i wydalonego dwutlenku węgla występują względem siebie w różnym stosunku w związku ze składem chemicznym pokarmu.

Przy odżywianiu białkiem zużycie tlenu wzrasta bardziej, niż produkcja CO₂; natomiast zwierzęta karmione cukrem pobierają tlenu mniej, niż w stanie głodu, zaś przyrost produkcji CO₂ jest znaczny. Biorąc wartości zużytego tlenu za wykładnik natężenia przemiany energii, możemy twierdzić, iż pokarm białkowy

- w wyższym stopniu, niż cukier, zwiększa pobieranie tlenu, względnie przemianę energii.
- 5° Węgiel wydany w oddychaniu, obliczony w odsetkach węgla pobranego w pokarmie, stanowi wartość zależną od jakości pożywienia. Stosunek ten, dla szeregu doświadczeń ze zwierzętami odżywianymi cukrem po głodzie długotrwałym, przeciętnie wynosi około 45%, natomiast przy odżywianiu białkiem od 53% do 74%. Zważywszy, iż wykonane jednocześnie analizy azotu świadczą o niewielkiej zawartości węgla w wydalinach, dwutlenek węgla, biorący udział w wymianie gazowej, prawie całkowicie ilustruje przemianę węglową zwierząt, wobec tego powyższe liczby wskazują na zatrzymywanie węgla pokarmowego w ciele zwierząt. Przy odżywianiu cukrem są zatrzymywane w organizmie większe ilości węgla pobranego w pożywieniu, niż przy odżywianiu białkiem.
- 6° Iloraz oddechowy (RQ) zwierząt odżywianych cukrem wynosi od 0,99 do 1,140. Spalanie węglowodanów jest całkowite, czyli odbywa się tak, jak u zwierząt stałocieplnych; wartość RQ wskazuje również, że zwierzęta tworzą substancje zapasowe w tlen uboższe.
- 7° Wartość ilorazu oddechowego zwierząt karmionych białkiem, zbliża się do wartości RQ , charakterystycznej dla przemiany białkowej u ptaków.

PIŚMIENNICTWO.

- Battelli F. u. Stern L. 1913. Intensität des respiratorischen Gaswechsel der Insekten. Bioch. Zeitschr. 56.
- Białaszewicz K. 1916. Przyrząd do badania wymiany gazowej u zwierząt niższych. (Appareil d'analyse respiratoire pour les animaux inférieurs). Sprawozd. Tow. Nauk. Warsz. 9.
- Białaszewicz K. 1919. Z badań porównawczych nad ogólną przemianą materji i energii. Prace Tow. Nauk. Warsz. № 32 (Études comparées sur le métabolisme chimique et énergétique. Travaux de la Société des Sciences de Varsovie. № 32).
- Bleibtreu M. 1901. Fettmast und respiratorischer Quotient. Arch. f. ges. Physiol. 85.

- Buddenbrock W. v. u. Röhr. G. v. 1922. Die Atmung von *Dixippus morosus*. Zeitschr. f. allg. Physiol. **20**.
- Buddenbrock W. v. Röhr G. v. 1922. Einige Beobachtungen über die Einfluss der Temperatur auf den Gasstoffwechsel der Insekten. Arch. f. ges. Physiol. **194**.
- Bütschli O. 1874. Ein Beitrag zur Kenntniss des Stoffwechsels, insb. der Respiration bei den Insekten. Arch. f. Anat. u. Physiol.
- Elsas B. 1913. Der Einfluss der Nahrungszufuhr auf den Gaswechsel des Kaltblüters. Zeitschr. f. Biol. **62**.
- Farkas K. 1903. Beiträge zur Energetik der Ontogenese. III. Über den Energieumsatz des Seidespinners während der Entwicklung im Ei und während der Metamorphose. Arch. f. ges. Physiol. **98**.
- Johansson J., Landergren E., Sondén K. u. Tigerstedt R. 1896. Beiträge zur Kenntniss des Stoffwechsels beim hungernden Menschen. Skand. Arch. f. Physiol. **7**.
- Krogh A. 1914. On the rate of developpement and CO₂ production of chrysalides of *Tenebrio molitor* at diff. temper. Zeitschr. f. allg. Physiol. **16**.
- Krogh A. 1916. The respiratory exchange of Animals and Man. Monogr. on Biochemistry. Londyn.
- Lehmann C., Müller F., Munk I., Senator H., Zuntz N. 1893. Untersuchungen an zwei hungernden Menschen. Virchow's Arch. **131**.
- Luciani L. 1890. Das Hungern. Hamburg i Lipsk.
- Neeheles H. 1924. Über Wärmeregulation bei wechselwarmen Tieren. Arch. f. ges. Physiol. **204**.
- Parhon M. 1909. Les échanges nutritifs chez les abeilles pendant les quatre saisons. Ann. des sc. Natur. Zool. Sér 9. **9**.
- Rubner M. 1887. Biologische Gesetze. Marburg.
- Régnault H. V. et Reiset I. 1849. Recherches chimiques sur la respiration des animaux. Ann. de chim. et de phys. **26**.
- Slowtzoff B. 1905. Der Hungerstoffwechsel der Libellen. Hofm. Beitr. **6**.
- Slowtzoff B. 1909. Über den Gaswechsel der Insekten usw. Bioch. Zeitschr. **19**.
- Slowtzoff B. 1909. Der Hungerstoffwechsel der Mistkäfer. Bioch. Zeitschr. **19**.
- Szwajsówna P. 1916. O przemianie materji u larw mącznika (*Tenebrio molitor*) (Le métabolisme physiologique chez les larves du *Tenebrio molitor*). Spraw. Tow. Nauk. Warsz. **9**.
- Tangl F. 1909. Zur Kenntniss des Stoff—und Energieumsatzes Holometaboler Insekten während der Metamorphose. Arch. f. ges. Physiol. **130**.
- Tscherwinsky N. 1883. Fettbildung in tierischen Organismus. Landw. Vers. Stat. **29**.
- Weinland E. 1916. Über die Stoffumsetzung während der Metamorphose der Fleischfliege. Zeitschr. f. Biol. **47**.

TABELA I.

Produkcja CO₂ w okresie głodu. Serja II doświadczeń.
(Production de CO₂ durant l'inanition. Série II d'expériences).

№ doświadczenia (№ de l'expérience)	Kolejny dzień głodu (Jour de l'inanition)	Średnia temperatura cieplarki (Température moyenne)		Data kończenia do- świadczenia (Date de la fin de l'expérience)	Czas trwania doświad- czenia (Durée de l'expérience)	Liczba osobników (Nombre d'animaux)	Postać rozwojowa owada (Forme de développe- ment)	Waga zwierząt (Poids frais)		Ilość wyprodukowanego przez zwierzęta CO ₂ (CO ₂ produit par les animaux)		U W A G I (Remarques)	
		Srednia temperatura cieplarki (Température moyenne)	Średnia temperatura cieplarki (Température moyenne)					wszystkich osobników (d. tons les animaux)	średnia 1 osobnika (moyenne pour un animal)	Ilości całkowite (quantité totale)	W obliczeniu na 1 g wagi ciała i doby (par 1 gr de poids frais en 24 h)		
		°C		h		g		g		mg		cm ³	
1	1,2	24,7	24,7	12/XII	45	15	Larvae	5,95	0,40	163,43	14,65	7,58	Zwierzęta znajdowały się w przyrządzie oddechowym nienasyconym parą wodną (Air non saturé d'humidité)
2	3,4	24,8	24,8	14/XII	47	15		5,76	0,38	108,35	9,60	4,90	
3	6 7	24,7	24,7	17/XII	28,5 21	15		5,57	0,37	57,66 37,65	8,71 7,72	4,44 3,94	
4	8 9	24,6	24,6	19/XII	24 22,5	15		5,46	0,36	43,95 35,18	8,05 6,87	4,11 3,50	
5	10 11	24,6	24,6	21/XII	24 25	15		5,85	0,39	40,69 39,90	6,99 6,54	3,57 3,34	
6	12 13	24,3	24,3	23/XII	23 22	15		5,71	0,38	38,89 39,00	7,10 6,89	3,62 3,51	

Powietrze nasycone parą wodną
(Air saturé d'humidité)

7	14	24,6	25/XII	27	15	5,77	0,38	—	—	—	—	—	—
8	15	24,5	27/XII	22	15	5,65	0,38	41,93	7,74	3,96	3,40	7,74	3,96
9	16	24,9	29/XII	24	15	5,65	0,38	34,51	6,66	3,40	3,96	6,66	3,40
10	17	24,7	31/I	28	15	5,54	0,37	43,50	7,70	3,93	4,03	7,70	3,93
11	18	24,6	2/I	23	15	5,55	0,37	52,04	7,89	4,03	4,03	7,89	4,03
12	19	24,8	4/I	20	15	5,52	0,37	41,14	7,77	3,96	3,60	7,77	3,96
13	20	24,7	6/I	28	15	5,53	0,37	32,48	7,03	3,60	3,60	7,03	3,60
14	21	24,3	8/I	22	15	5,37	0,36	45,52	7,03	3,60	3,23	7,03	3,60
15	22	24,3	10/I	21	15	5,32	0,36	32,71	6,34	3,23	3,23	6,34	3,23
16	23	24,3	12/I	23,5	15	5,23	0,35	35,63	7,39	3,77	3,77	7,39	3,77
	24			23,5	15			40,46	7,48	3,82	3,82	7,48	3,82
	25			27	15			41,70	7,54	3,85	3,33	7,54	3,85
	26			24	15			40,46	6,50	3,33	3,33	6,50	3,33
	27			27	15			37,43	7,96	4,06	3,96	7,96	4,06
	28			28	15			48,67	7,77	3,96	3,96	7,77	3,96
	29			21	15			41,25	8,09	4,11	4,01	8,09	4,11
	30			26	15			45,41	7,86	4,01	4,01	7,86	4,01
	31			23,5	15			42,15	8,30	4,23	3,64	8,30	4,23
	32			24,5	15			38,10	7,13	3,64	3,64	7,13	3,64
	33												

TABELA II.

Oddychanie w okresie głodu (W serii VIII zwierzęta były poprzednio karmione białkiem, w serii XIV — cukrem; w pozostałych seriach odżywiane pokarmem mieszanym).
(Échange respiratoire durant l'inanition. Les animaux de la série VIII avaient été préalablement nourris avec des protéines, les animaux de la série XIV avec du sucre, les animaux des autres séries avec des aliments mélangés).

№ serii (№ de la série)	№ doświadczenia (№ de l'expérience)	Kolejny dzień głodu (jour de l'inanition)	Srednia temperatura (Temperatura moyenne)		Data ukonczenia do- świadczenia (Date de la fin de l'ex- périence)	Czas trwania doświad- czenia (Durée de l'expérience)	Liczba osobników (Nombre d'animaux)	Postać rozwijowa (Forme de développe- ment)	Waga zwierząt (Poids frais)		Ilości całkowite (Quantités totale)	W obliczeniu na 1 g wagi ciała 1 na dobę (Par 1 gr de poids frais en 24 h)		U W A G I (Remar- ques)
			Wszystkich osobników (De tous les animaux)	Srednia 1 osob- nika (Moyenne pour un animal)					g	g		CO ₂	O ₂	
VIII	10	1	26,7	16/1	23	3	Imagines	2,62	0,87	15,32	21,62	6,15	8,61	0,708
	11	2	25,0	17/1	22	3		2,60	0,87	10,96	17,10	4,59	7,17	0,641
	12	3	24,0	18/1	23,5	3		2,59	0,86	11,69	16,43	4,60	6,45	0,711
	13	4	24,2	19/1	22,75	3		2,59	0,86	10,14	14,64	4,11	5,94	0,692
	14	5	26,3	20/1	22,5	3		2,55	0,85	9,14	12,52	3,82	5,24	0,730
	16	8	26,5	23/1	22,5	3		2,44	0,81	10,43	12,34	4,56	5,39	0,844
	17	9	24,4	24/1	22,75	3		2,43	0,81	9,09	11,97	3,95	5,19	0,759
	18	10	24,8	25/1	23,5	3		2,47	0,82	13,51	17,84	5,58	7,38	0,757
	przeciętnie (moyenne)											4,67	6,42	0,730

Głód po odży-
wianiu cukrem
(Inanition après
nutrition avec
du sucre)

Gód po odżywianiu pokarmem mieszanym
(Inanition après nutrition avec des aliments mélangés)

XIV	1	3	24,9	11/IV	22,75	3	Imagines	2,61	0,87	11,62	12,34	5,59	5,94	0,942
	2	4	24,9	12/IV	21,5	3		2,53	0,84	14,05	15,80	7,68	8,64	0,889
	3	5	25,0	13/IV	25,0	3		2,45	0,82	14,12	16,72	6,86	8,11	0,844
								przeciętnie (moyenne)				6,71	7,56	0,892
XII	1	2	25,0	3/IV	24,25	4	Imagines	3,10	0,77	24,49	28,98	7,99	9,35	0,845
	2	3	25,0	4/IV	22,25	4		3,06	0,76	19,67	26,33	7,07	9,28	0,747
								przeciętnie (moyenne)				7,53	9,32	0,796
XV	1	10	25,0	10/V	22,75	4	Imagines	2,88	0,72	19,05	24,48	6,97	8,62	0,778
	2	11	25,0	11/V	22,5	4		2,83	0,71	16,19	20,32	6,10	7,66	0,796
								przeciętnie (moyenne)				6,54	8,46	0,787
IX	1	3	24,9	2/II	20,00	3	Larvae et imagines	2,26	0,78	11,95	14,27	6,36	7,58	0,837
	2	4	24,7	3/II	25,25	3		2,18	0,72	13,03	15,21	5,70	6,63	0,856
	3	5	25,0	4/II	22,25	3		1,95	0,65	11,68	13,74	6,46	7,60	0,850
	4	6	24,8	5/II	28,50	3		1,97	0,66	11,38	14,82	4,65	6,07	0,767
							przeciętnie (moyenne)				5,79	6,97	0,827	
XI	1	2	24,6	27/II	28,5	5	Larvae	2,61	0,52	16,13	21,04	5,20	6,79	0,766
	2	3	25,0	28/II	22,5	5		2,60	0,52	13,98	16,93	5,73	6,94	0,825
	3	4	24,9	1/III	22,5	5		2,54	0,51	13,13	16,79	5,51	7,05	0,782
							przeciętnie (moyenne)				5,48	6,93	0,791	

TABELA III.

Produkcja CO₂ w okresie odżywiania cukrem po upływie 33-dniowego głodu. Serja doświadczonych, przeprowadzonych na tych samych zwierzętach, co Serja II (Tabela I).

(CO₂ produit par des animaux, nourris avec du sucre après une période d'inanition de 33 jours. Les mêmes animaux ont été employés pour les expériences de la série II (Tab. I).

№ serji (№ de l'expérience)	Typ doświadczenia (Type de l'expérience)	Kolejny dzień odżywiania (Jour d'alimentation)	Średnia temperatura ciepłarki (Température moyenne)	Data rozpoczęcia doświadczenia (Date de la fin de l'expérience)	Czas trwania doświadczenia (Durée de l'expérience)	Liczba osobników (Nombre d'animaux)	Forma rozwoju (Forme de développement)	Waga zwierząt (Poids frais)		Pobrane przez zwierzęta (Ingestion):		Wydalone przez zwierzęta (Excretion):			Węgiel wydany w odchłinach w odchłach węgla pokarmowego (C excreté sous forme de CO ₂ en % du C de la nourriture ingérée)
								Wszystkich osobników (de tous les animaux)	Średnia 1 osobnika (moyenne pour un animal)	Cukier tego doświadczenia (Sucre ingéré pendant l'expérience)	Węgiel zawarty w pokarmie (Charbon contenu dans la nourriture en 24 h.)	CO ₂ wydane w odchłach (CO ₂ excrété en 24 h.)	Węgiel zawarty w odchłach (C excreté sous forme de CO ₂ en 24 h.)	CO ₂ w odchłach na 1 kg wagi ciała (CO ₂ excrété en 24 h. par kg en 24 h.)	
II	Głód (Inanité)		24,5			15	Larve	5,23	0,35	179,34		7,60			
IV	19a	1	24,3	17/1	20,5	8		3,16	0,39	0,3648	13,78	16,00	7,7		
	20a	2	24,4	18/1	22,5	8		3,14	0,39	29,40	16,33	17,80	54,3		
	21a	3	24,2	19/1	23,5	8		3,14	0,39	54,40	16,61	19,08	33,5		
	22a	4	24,2	20/1	24	8		3,16	0,45	20,65	16,85	19,67	77,4		
	23a	5	24,0	21/1	23	7		3,18	0,45	70,84	17,85	22,87	17,1		
	24a	6	24,1	22/1	23	7		3,00	0,43	19,86	15,60	18,10	63,6		
	25a	7	24,1	23/1	24	7		2,94	0,42	19,37	11,35	13,08	51,1		
	26a	8	24,2	24/1	24	7		3,05	0,43	30,20	12,91	14,88	29,3		
	27a	9	24,0	25/1	23	7		3,02	0,43	53,41	13,77	16,83	16,7		
		10	24,0	26/1	23	7					11,50	14,06			
		11	24,1	27/1	24	7					10,50	13,30			
		12	24,1	28/1	23	7					38,51	13,30			
		13	24,1	29/1	24	7					9,20	11,47			
		14	24,2	30/1	23	7					35,21	11,54			
		15	24,2	31/1	24	7					8,08	9,71			
		16	24,0	1/11	25	7					8,83	10,72			
		17	24,0	2/11	22	7					9,03*	10,97			

TABELA IV.

Produkcja CO₂ w okresie odżywianie cukrem po uprzednim karmieniu białkiem. Serja doświadczeń, przeprowadzonych na tych samych zwierzętach, co serja II (Tab. I) i serja V (Tab. VI).
 (CO₂ produit par des animaux, nourris avec du sucre après une période de nutrition avec des protéines. Les mêmes animaux ont été employés pour les expériences de la série II (Tab. I) et de la série V (Tab. VI).)

№ serji (№ de la série)	№ doświadczenia (№ de l'expérience)	Kolejny dzień odżywania (Jour d'alimentation)	Srednia temperatura cieparki (Température moyenne)	Data ukończenia doświadczenia (Date de la fin de l'expérience)	Czas trwania doświadczenia (Durée de l'expérience)	Liczba osobników (Nombre d'animaux)	Postać rozwojowa owada (Forme de développement)	Waga zwierząt (Poids frais)			Pobrane przez zwierzęta ilości: (Ingestion):			Wydane przez zwierzęta ilości: (Excrétion):			Węgiel wydolony w oddychaniu w oddsetkach węgla pobranego w pokarmie (C excreté sous forme de CO ₂ en % du C de la nourriture ingerée)
								Wszystkich osobników (De tous les animaux)	Srednia 1 osobnika (Moyenne pour un animal)	Cukru w czasie doświadczenia (Sucre ingéré pendant l'expérience)	Węgla zawartego w pokarmie pobranym w ciągu 24 g. (Charbon consommé dans la nourriture en 24 h.)	CO ₂ wydychany w ciągu 24 g. (CO ₂ excreté en 24 h.)	CO ₂ zawartego w ciagnu 24 g. (C excreté sous forme de CO ₂ en 24 h.)	Węgla w obliczeniu na 1 g wagi ciała i na dobę (C excreté par 1 gr. en 24 h.)	CO ₂ w obliczeniu na 1 g wagi ciała i na dobę (CO ₂ excreté par 1 gr. en 24 h.)	mg	
VII	29	1	24,0	4/II	23	7	Larvae	2,89	0,41	0,5204	111,30	37,19	10,14	12,86	9,8		
	30	2	23,9	5/II	24	7		2,79	0,40	0,0958	20,59	43,02	11,73	14,88	58,1		
	31	3	23,8	6/II	25	7		2,79	0,40	0,0700	14,73	43,94	11,97	15,75	70,0		
	32	4,5	23,7	8/II	45	6		2,50	0,42	0,0998	21,44	27,55	7,51	9,87	31,4		
	33	6	23,5	9/II	25	6		2,49	0,42	0,0910	19,55	21,13	5,78	8,45	36,4		
		7		10/II	23							28,24	7,70	11,30			
		8		11/II	24							27,75	7,57	11,14			
		9		12/II	23							24,48	6,68	9,83			
		10		13/II	24												

TABELA V.
 Oddychanie w okresie odżywiania cukrem trzcinowym
 (Échange respiratoire des animaux, nourris avec du sucre)

№ serii (№ de la série)	№ doświadczenia (№ de l'expérience)	Typ doświadczenia (Type de l'expérience)	Kolejny dzień odżywiania (Jour d'alimentation)	Średnia temperatura cieplarki (Température moyenne)	Data ukończenia do- świadczenia (Date de la fin de l'ex- périence)	Czas trwania doświad- czenia (Durée de l'expérience)	Liczba osobników (Nombre d'animaux)	Postać rozwojowa owada (Forme de développe- ment)	Waga zwierząt (Poids frais)		Ilości całkowite (Quantités totales)		W obliczeniu na gram wagi żywej i na dobę (Par 1 gr du poids frais en 24 h.)		
									g osobników de tous les animaux)	g Średnia 1 osobnika (moyenne pour un anim.)	CO ₂	O ₂	CO ₂	O ₂	cm ³
VIII		Głód (Inanition)		25,0			3	Imagines			przeciętnie (moyenne)	4,67	6,42	0,730	1,009
	19	Cukier (Sucre)	1	25,0	27/I	22,75	2	Imagines	1,51	0,75	9,04	6,31	6,41	0,985	
	20		2	24,9	28/I	22,75	2		1,71	0,85	10,78	6,65	6,58	1,010	
	21		4	24,0	30/I	28,5	2		1,76	0,88	10,78	5,15	4,93	1,040	
	22		5	25,0	31/I	23,0	2		1,68	0,84	11,10	6,90	6,94	0,992	
	23			6	25,0	1/II	22,5	2		1,68	0,84	12,89	8,18	8,00	1,020
										przeciętnie (moyenne)	6,64	6,57			
XIII		Głód (Inanition)		25,0			4	Imagines			przeciętnie (moyenne)	7,53	9,32	0,796	
	3	Cukier (Sucre)	1	25,0	5/IV	22,75	4	Imagines	3,09	0,77	26,96	9,20	9,20	1,000	
	4		2	25,1	6/IV	22,75	3		2,59	0,86	25,36	10,33	9,06	1,142	
	5		3	25,0	7/IV	22,50	3		2,62	0,87	23,17	20,98	9,43	1,104	
	6		4	25,0	8/IV	23,25	3		2,71	0,90	20,02	7,70	7,38	1,036	
											przeciętnie (moyenne)	9,17	8,54		1,070

T A B E L A VII.

Produkcja CO₂ w okresie odżywiania białkiem po uprzednim karmieniu cukrem. Serja doświadczeń, wykonanych na tych samych zwierzętach, co serja II (Tab. I.) i serja IV (Tab. III.)

(CO₂ produit par des animaux, nourris avec des protéines après une période de nutrition avec du sucre. Les mêmes animaux ont été employés pour les expériences de la série II (Tab. I.) et de la série IV (Tab. III.)

№ serii (№ de la série)	№ doświadczenia (№ de l'expérience)	Kolejny dzień odżywiania (Jour d'alimentation)	Średnia temperatura cieplarni (Température moyenne)	Data ukończenia doświadczenia (Date de la fin de l'expérience)	Czas trwania doświadczenia (Durée de l'expérience)	Liczba osobników (Nombre d'animaux)	Postać rozwojowa (Forme de développement)	Waga zwierząt (Poids frais)		Pobrane przez zwierzęta ilości: (Ingestion):		Wydalone przez zwierzęta ilości: (Excrétion):		Węgiel wydany w oddychaniu w oddsetkach węgla pobranego w pokarmie (C excreté sous forme de CO ₂ en % du C de la nourriture ingérée)	
								Wszystkich osobników (de tous les animaux)	Średnia I osobnika (moyenne pour un animal)	Białka w cząsteczce doświadczenia (Protéine durant l'expérience)	Węgiel zawarty w pokarmie pobranym w ciągu 24 g. (Charbon contenu dans la nourriture en 24 h.)	CO ₂ wydychane w ciągu 24 g. (CO ₂ excreté en 24 h.)	Węgiel zawarty w CO ₂ w ciągu 24 g. (C excreté en 24 g.)		CO ₂ w obliczeniu na wagę ciała i na dobę (C excreté (CO ₂ excreté par 1 gr en 24 h.)
VI	28a	1	24,3	3/II	22	7	Larvae	2,96	0,42	27,75	7,61	34,75	9,48	11,74	109,72
		2		4/II											
29a	3	24,0	23	5/II	23	6	2,40	0,40	29,44	7,58	25,30	6,90	10,54	92,87	
	4														6/II
30a	5,6	23,7	45	8/II	45	4	1,98	0,49	22,87	6,40	22,50	6,10	11,36	95,31	
	7,8														10/II
32a	9,10	23,7	47	12/II	47	3	1,50	0,50	15,50	4,17	10,68	2,91	7,12	69,79	

TABELA VIII.

Oddychanie w okresie odżywiania białkiem.
(Échange respiratoire durant une période de nutrition avec des protéines).

№ serii (№ de la série)	№ doświadczenia (№ de l'expérience)	Typ doświadczenia (Type de l'expérience)	Kolejny dzień odżywiania (Jour d'alimentation)	Średnia temperatura cieplarki (Température moyenne)	Data ukończenia do- świadczenia (Date de la fin de l'ex- périence)	Czas trwania doświad- czenia (Durée de l'expérience)	Liczba osobników (Nombre d'animaux)	Postać rozwojowa (Forme de développe- ment)	Wszystkich osobników (de tous les animaux)		Średnia 1 osob- nika (moyenne pour un animal)		Ilości całkowite (Quantités totales)		W obliczeniu na gram wagi żywej i na dobę (Par 1 gr de poids frais en 24 h.)	
									g	g	cm ³	cm ³	CO ₂	O ₂	cm ³	cm ³
VIII				25,0			3	Imagines		0,84	przeciętnie (moyenne)	4,67	6,42	0,730		
	1	Głód (Inanition)	1	24,2	7/1	22,0	3	Imagines	2,74	0,91	17,59	7,00	9,72	0,721		
	2	Białko (Protéine)	2	24,4	8/1	23,0	3		2,55	0,85	18,94	7,75	10,96	0,707		
	3		3	26,2	9/1	20,5	3		2,61	0,87	14,79	6,59	9,19	0,721		
	4		4	25,6	10/1	26,5	3		2,71	0,90	17,45	5,83	8,26	0,705		
	5		5	25,2	11/1	22,25	3		2,68	0,89	14,24	5,73	9,16	0,625		
	6		6	26,1	12/1	22,25	3		2,73	0,91	15,72	6,29	9,20	0,675		
	7		7	26,5	13/1	23,0	3		2,73	0,91	14,97	5,72	7,89	0,724		
	8		9	24,2	15/1	21,5	3		2,56	0,85	12,09	5,27	8,02	0,657		
									przeciętnie (moyenne)		6,40	9,05	0,692			

TABELA IX.

Zestawienie wyników serii II, IV, V, VI i VII. Wpływ białka i cukru na natężenie produkcji dwutlenku węgla.
(Résumé des résultats des séries II, IV, V, VI, VII. Influence de l'ingestion de la protéine et du sucre sur la production de CO₂)

№ serii (N° de la série)	Liczba doświadczeń w serii (Nombre d'expériences de la série)	Liczba osobników (Nombre d'animaux)	Typ doświadczenia (Type de l'expérience)	Natężenie produkcji CO ₂ w obliczeniu na gram wagi żywej i na dobę (Production de CO ₂ par 1 gr. de poids frais en 24 h.)	Przyrost natężenia produkcji CO ₂ po pobraniu pokarmu (Augmentation de la production de CO ₂ après ingestion de nourriture)
				mg	%
II	16	15	Głód (Inanition)	7,83	
IV	9	8	Cukier po głodzie (Sucre après inanition)	19,08	144
VII	5	7	Cukier po białku (Sucre après protéine)	15,50	100
II			Głód (Inanition)	7,83	
V	10	8	Białko po głodzie (Protéine après inanition)	10,70	37
VI	5	7	Białko po cukrze (Protéine après sucre)	10,72	37

TABELA X.

Zestawienie wyników serii VIII, X, XII, XV. Wpływ białka i cukru na natężenie wymiany gazowej
(Résumé des résultats des séries VIII, X, XII, XV. Influence de l'ingestion du sucre et de la protéine sur l'échange respiratoire)

№ serii (N° de la série)	Liczba doświadczeń w serii (Nombre d'expériences de la série)	Liczba osobników (Nombre d'animaux)	Typ doświadczenia (Type de l'expérience)	Natężenie wymiany gazowej w obliczeniu na gram wagi żywej i na dobę (Echange respiratoire par 1 gr en 24 h.)		Przyrost natężenia wymiany gazowej po pobraniu pokarmu w odsetkach wymiany głodowej (Augmentation de l'échange respiratoire après ingestion de nourriture)	
				CO ₂	O ₂	CO ₂	O ₂
				cm ³	cm ³	%	%
X	1	5	Głód (Inanition)	4,77	5,60		
	4	5	Białko (Protéine)	6,91	9,34	+ 45	+ 67
XV	2	4	Głód (Inanition)	6,54	8,46		
	6	4,3	Białko (Protéine)	6,76	9,20	+ 3	+ 8
VIII	8	3	Głód (Inanition)	4,67	6,42		
	8	3	Cukier (Sucre)	6,04	6,00	+ 29	- 7
XII	2	4	Głód (Inanition)	7,53	9,52		
	4	4,3	Cukier (Sucre)	9,17	8,54	+ 22	- 9

R É S U M É.

L'auteur a étudié l'échange respiratoire de *Periplaneta orientalis* L. pendant des périodes d'alimentation, alternant avec des périodes d'inanition, et a essayé de déterminer l'influence de la nourriture sur l'intensité des processus de désassimilation et sur le quotient respiratoire (*RQ*). L'échange gazeux total ou la production de CO_2 seul, ont été déterminés au cours de plusieurs séries d'expériences, exécutées à une température constante de 25°C . Les animaux, servant aux expériences, étaient inaniés, ou bien nourris avec du sucre de canne ou avec du blanc d'oeuf coagulé.

Les résultats de ces recherches permettent de conclure, que à l'état de nutrition aussi bien qu'à l'état d'inanition, le métabolisme de *Periplaneta* se rapproche du métabolisme des animaux homéothermes.

Déjà H. Régnault et J. Reiset ('49), en étudiant, l'échange respiratoire des hannetons et des larves du ver à soie, ont trouvé, que l'intensité des processus respiratoires des insectes est de beaucoup supérieure à celle des animaux à sang froid, et se rapproche de l'intensité de ces processus chez les animaux à sang chaud. La production de CO_2 de *Periplaneta* a été ensuite déterminée, à différentes températures, par O. Bütschli ('74), qui a trouvé des valeurs très proches de celles, que Voit a constatées pour les mammifères. M-lle Parhon ('09), qui a étudié les échanges nutritifs chez les abeilles, a exprimé l'opinion, que leur capacité de régler la température du corps les rapproche des homéothermes.

Mes recherches ont précisé les faits suivants:

1° Le poids de *Periplaneta* diminue fort peu durant l'inanition, car les animaux égalent la perte des substances organiques par l'eau ingérée. Par exemple, au cours des expériences

de la II série (Tab. I), pendant une période d'inanition de 33 jours, les animaux ont perdu seulement environ 12% de leur poids primitif.

2° L'intensité de l'échange respiratoire, calculée par 1 gr de poids en 24 h., diminue sensiblement durant la première période de l'inanition, mais varie fort peu durant les périodes suivantes (Tab. I et II, fig. 1).

3° A l'état d'inanition précédé par une période de nutrition avec des aliments mélangés le quotient respiratoire (*RQ*) de *Pe-reiplaneta* varie de 0,787 à 0,827 (Tab. II).

4° L'alimentation provoque une augmentation de l'intensité de l'échange gazeux, dont le degré varie suivant le genre des aliments (Tab. III, IV, V, VI, VII, VIII).

L'alimentation avec du sucre a pour effet une augmentation de la production de CO_2 de 144%; l'alimentation avec des protéines — une augmentation de 37% seulement (Tab. IX, fig. 2).

Mais l'absorbition de O_2 , après alimentation avec des protéines, augmente plus sensiblement, que la production de CO_2 , — tandis qu'après alimentation avec du sucre, la quantité de O_2 absorbé tombe au dessous du niveau de l'absorbition durant l'inanition, malgré la remarquable augmentation de la production de CO_2 (Tab. X, fig. 3 et 4).

Si nous considérons l'absorbition de O_2 comme exposant de l'intensité du métabolisme énergétique, nous pouvons affirmer que les aliments protéiques augmentent l'absorbition de O_2 et, de ce fait, le métabolisme énergétique, à un plus haut degré, que le sucre.

5° La proportion entre le charbon, excrété sous forme de CO_2 dans l'échange respiratoire, et le charbon, ingéré avec la nourriture, varie suivant les aliments. Dans les expériences, où les animaux, après une période d'inanition prolongée, étaient nourris avec du sucre, — la quantité de C, excrété sous la forme de CO_2 comportait, en moyenne, 45% du C ingéré (Tab. III); tandis que dans les expériences parallèles, où les animaux étaient nourris avec des protéines, elle en comportait 53 à 74% (Tab. IV).

Le dosage de l'azote, fait simultanément, indique que les *egesta* ne peuvent y contenir que des quantités minimales de C; il s'en suivrait que le CO_2 de l'échange gazeux comprend la presque totalité du C excrété. En conséquence, les chiffres ci-

tés démontrent une rétention du C dans l'organisme, rétention plus considérable pendant l'alimentation avec du sucre, que pendant l'alimentation avec des protéines.

6° Le quotient respiratoire des animaux, nourris avec du sucre, comporte 0,99 à 1,40 (Tab. V). Les valeurs du quotient respiratoire à peu près égales à l'unité, indiquent la combustion totale du sucre; les valeurs supérieures à l'unité, indiquent l'existence d'un processus de réduction dans l'organisme, ce qui rend probable la transformation du sucre en acides gras.

7° Le quotient respiratoire des animaux, nourris avec des protéines, varie, dans trois séries d'expériences, de 0,692 à 0,740, valeurs très rapprochées des quotients trouvés chez les oiseaux. Il est à noter, que chez *Periplaneta*, comme chez les oiseaux, l'acide urique apparait parmi les derniers produits de la désassimilation des protéines.

