

ANDRZEJ GRĘBECKI

PRZEGĘSZCZENIE I SELEKCJA W KULTURACH  
*PARAMECIUM CAUDATUM*Zakład Biologii Ogólnej Instytutu im. M. Nenckiego  
Warszawa

W ostatniej pracy zajmowano się analizą czynników niedogęszczenia i przegęszczenia kultur *Paramecium caudatum* (Grębecki 1961a), a już poprzednio (Grębecki i Kuźnicki 1955 a i b oraz 1956) były poruszane zagadnienia ochronnego wpływu skupienia, a więc takiego wpływu przegęszczenia, który prowadzi do zachowania danej grupy osobników. Obecnie należy z kolei zająć się wpływem przegęszczenia na przekształcenia takiej grupy osobników. Przekształcenia te mogą odbywać się w drodze wybiórczego wymierania, lub wybiórczego hamowania podzielności, chodzi więc o przegęszczenie jako o ewentualny stymulator selekcji. Zagadnienie to tym bardziej wymaga opracowania, że należy zgodzić się z poglądem Alleego (1941), że pierwotniaki szczególnie dobrze nadają się do eksperymentalnego badania zjawisk walki o byt i działania doboru naturalnego, a rola gęstości populacji w przebiegu tych zjawisk nie była do tej pory analizowana na materiale protozoologicznym.

Poljanski i Striełkow (1938) badali selekcję, dokonującą się w mieszanej populacji dwóch gatunków pierwotniaków pasożytniczych w jelicie grubym kozy; *Entodinium vorax* pożera *E. caudatum*; częściej unikają tego osobniki zaopatrzone w dłuższe kolce na końcu ciała, dzięki czemu zmienia się skład całego zespołu *E. caudatum*. Gause (1934c i 1935), opierając się na matematycznej teorii konkurencji podanej przez Lotkę (1934-1939) i Volterrę (1931), opracował zjawiska konkurencji pomiędzy *P. caudatum* i *P. aurelia*, opierając interpretację wyników na współczynnikach podzielności obu gatunków, które wskazują na przewagę *P. aurelia*. W innych pracach Gause (1934 a i d) zbadał wypieranie *P. caudatum* z hodowli mieszanych przez *Stylonychia mytilus* i *Glaucoma scintillans*. Pozostałe badania Gausego (1934b) dotyczyły wypierania *P. caudatum* przez żerującego na nim pierwotniaka drapieżnego *Didinium nasutum*. Badania swoje Gause podsumował pracą teoretyczną „The Struggle for Existence” (1934e). Jak widać z przeglądu literatury, nie zostały przeprowadzo-

ne żadne eksperymenty poświęcone konkurencji w obrębie jednego gatunku. Poza tym wykonane dotychczas w protozoologii badania dotyczą wyłącznie zjawisk samej konkurencji, a pomijają całkowicie problem „przeludnienia” leżący u podstaw teoretycznego schematu działania doboru naturalnego.

W jednej z poprzednich prac (Grębecki i Kuźnicki 1955a) ujawniło się zjawisko selekcji zachodzącej w przegęszczonej kulturze *P. caudatum*. Było ono nazwane selektywnym wymieraniem i dzięki niemu zachodziła absorpcja przez trupy trucizny wprowadzonej do środowiska hodowli, co ratowało część osobników przed śmiercią. Selekcja ujawniła się również w niepublikowanych badaniach Kuźnickiego, który skonstatował, że jeśli przegęszczona kultura broni się przed zatruciem substancją o działaniu osmotycznym, wówczas szybciej giną osobniki popodziałowe, których zdolności izolacyjne są słabiej zaznaczone. Tym razem chodzi jednak o dokładne zanalizowanie roli przegęszczenia w procesie selekcji, należy więc zbadać zachowanie się kultur o różnych gęstościach, zróżnicować w obrębie hodowli dwie konkurujące grupy osobników oraz ustalić czynniki konkurencji, czyli te zmiany warunków środowiska, które będą wywoływały selekcję.

We wszystkich dalej opisanych eksperymentach stosowano trzy typy hodowli o gęstościach wynoszących 200, 1000 i 5000 osobników w 1 ml cieczy. Cyfry te odnoszą się do globalnej liczby osobników i mieszczą się w nich obie konkurujące między sobą grupy. Konieczne w celach rozpoznawczych zewnętrzne zróżnicowanie grup było naturalne w doświadczeniach dotyczących konkurencji dwóch gatunków. Gdy badano konkurencję wewnątrz gatunku *P. caudatum*, wówczas wymoczki jednej grupy umieszczano na 2 godziny w roztworze czerwieni objętej o stężeniu 1 : 200 000 w stosunkach wagowych. Zgodnie z danymi przedstawionymi w innej pracy (Grębecki i Kuźnicki 1955b) wymoczki takie jaskrawo się zabarwiają, a następnie przez długi czas nie tracą barwy, ani nie wykazują żadnych objawów patologicznych. Mimo to, by wykluczyć ewentualny wpływ barwnika na wyniki, oznaczaniu tą metodą podlegały w każdej serii doświadczalnej kolejno obie konkurujące grupy na zmianę. Czynniki konkurencji stosowano różne i będą one omawiane w trakcie opisu doświadczeń.

Rozpoczęto od zjawisk konkurencji w obrębie gatunku *P. caudatum*. Czynnikiem konkurencji było wprowadzenie do hodowli szkodliwie działającej substancji chemicznej, a mianowicie chlorku sodu albo chininy. Osobniki jednej grupy były uprzednio uodpornione na działanie danego związku, a należące do drugiej grypy stykały się z nim po raz pierwszy. Zabieg przystosowywania przeprowadzano klasyczną metodą pasażowania hodowli do stopniowo coraz wyższych stężeń danej substancji. Zabieg rozpoczynano od stężenia równego w przybliżeniu połowie miana toksycznego, czyli dla chlorku sodu od stężenia 25 mM, a dla chininy od stężenia 1 : 250 000 w stosunkach wagowych. Szczegółowy przebieg procesu przystosowawczego nie jest w tej chwili istotny, a dokładne jego omówienie znajduje się gdzie indziej (Grębecki 1961b). Odporność wymoczków po zabiegu wyrażała się stężeniem około 100 mM chlorku sodu albo stężeniem

około 1 : 50 000 chininy w stosunkach wagowych. Następnie uodpornione wymoczki były przepłukane i zmieszane z wymoczkami nieuodpornionymi w stosunku osobników 1 : 1. Otrzymaną hodowlę oczyszczano od detritusu i w końcu, stosując odpowiednio zagęszczanie na wirówce i rozcieńczanie pożywką mlekową o pH bliskim 7, przygotowano hodowle o gęstościach 400, 2000 i 10 000 osobników w 1 ml. Hodowle te mieszano w różnych proporcjach objętościowych z roztworem chlorku sodu o stężeniu 90 mM, albo z roztworem chininy o stężeniu 1 : 70 000 w stosunkach wagowych i umieszczano je w zlewkach szklanych. Otrzymano w efekcie hodowle zawierające 200, 1000 i 5000 osobników (uodpornionych i nieuodpornionych łącznie) na 1 ml roztworu chlorku sodu w pożywce (45 mM), albo roztworu chininy w pożywce (1 : 140 000 w stosunkach wagowych). Codziennie każdą hodowlę dokładnie mieszano i pobierano z niej określoną ilość cieczy, w której liczono pantofelki zabite kwasem pikrynowym. Notowano wzajemny stosunek procentowy obu grup osobników. Doświadczenie prowadzono do chwili ustalenia się jakiegokolwiek stanu względnej równowagi w kulturze. Średnie wyniki pomiarów dla hodowli przebywających w roztworach chlorku sodu podaje tabela I, a średnie wyniki analogicznego eksperymentu przy zastosowaniu roztworów chininy podaje tabela II.

Wypieranie nieuodpornionych osobników *P. caudatum* przez uodpornienie w roztworze chlorku sodu

Elimination of non-resistant individuals of *P. caudatum* by individuals adapted to the sodium chloride solution

Tab. I

Dnie Days	Globalna gęstość wyjściowa Total initial density		
	200	1000	5000
	% wymoczków nieuodpornionych % of non-resistant infusoria		
0	50	50	50
1	42	42	43
2	30	31	29
3	18	17	16
4	12	10	11
5	10	9	12
6	11	9	10
7	9	10	8

Zaznacza się dość wyraźna różnica pomiędzy procesem selekcji w roztworze chlorku sodu i w roztworze chininy polegająca na tym, że w wypadku chininy wypieranie jest pełniejsze i po tygodniu wymoczki nieuodpornione nikną prawie całkowicie z hodowli, natomiast w wypadku chlorku sodu w czwartym lub piątym dniu doświadczenia pozostaje jeszcze około 10% wymoczków nieuodpornionych

Wypieranie nieuodpornionych osobników *P. caudatum* przez uodpornione w roztworze chininy

Elimination of non-resistant individuals of *P. caudatum* by individuals adapted to the quinine solution

Tab. II

Dnie	Globalna gęstość wyjściowa Total initial density		
	200	1000	5000
Days	% wymoczków nieuodpornionych % of non-resistant infusoria		
0	50	50	50
1	48	47	48
2	42	40	40
3	30	31	31
4	15	17	16
5	4	6	6
6	2	1	3
7	1	1	2
8	1	1	1
9	1	1	1
10	1	1	1

i stan ten utrzymuje się nadal. Chodzi przypuszczalnie o to, że proces przystosowawczy do chlorku sodu polega raczej na izolowaniu się wymoczków, a proces przystosowawczy do chininy raczej na adaptacji sensu stricte. Zatem uodporniając wymoczki na chininę przed doświadczeniem, przede wszystkim adaptujemy je, a uodporniając je na chlorek sodu, przede wszystkim selekcjonujemy osobniki o silniej wyrażonych zdolnościach izolacyjnych. Przypuszczalnie więc w chininie obserwujemy konkurencję pomiędzy grupą adaptowaną i nieadaptowaną, w chlorku sodu zaś raczej konkurencję pomiędzy grupą już wyselekcjonowaną przed doświadczeniem i niewyselekcjonowaną. Hipoteza ta wynika ze szczególnych cech adaptacji do obu tych substancji, co opisano w innej pracy (Grębecki 1961 b).

Nie stwierdzono jednak spodziewanych różnic pomiędzy hodowlami różnej gęstości. Nie obserwuje się przyspieszenia selekcji skutkiem przegęszczenia kultury. Przegęszczenie nie jest więc w tym wypadku stymulatorem selekcji. Trzeba tu dodać, że wymoczki były hodowane w stężeniach nieco niższych od miana toksycznego obliczanego dla osobników nieuodpornionych. A zatem mniejszą rolę odgrywało bezpośrednie śmiertelne zatrucie grupy nieuodpornionej, a większą samo hamowanie jej rozwoju. Dla kontroli przeprowadzono kilka hodowli w stężeniach nieznacznie letalnych. Selekcja oczywiście przebiegała wówczas bardzo szybko, ale również brak było istotnych różnic zależnych od stopnia zagęszczenia hodowli. Wszystkie więc doświadczenia dały wyniki negatywne.

W dalszej pracy zastosowano konkurencję międzygatunkową pomiędzy *P. caudatum* i *P. aurelia*. Czynnikiem konkurencji było nadal wprowadzenie do środowiska chlorku sodu. Według Bullingtona (1930) *P. aurelia* jest odporniejsze na działanie wody morskiej niż *P. caudatum*. Osobniki gatunku *P. aurelia* użyte do tej pracy różniły się ponadto od osobników gatunku *P. caudatum* również swoim pochodzeniem. Zebrane one były w akwarium zawierającym rozcieńczoną wodę z Zatoki Gdańskiej o zasoleniu 5‰. Jak stwierdzono, wymoczki te w roztworze chlorku sodu wypierają z hodowli mieszanej osobniki *P. caudatum*. Celem sprawdzenia, czy na przebieg zachodzącej w tym wypadku selekcji ma wpływ stopień zagęszczenia hodowli, powtórzono doświadczenie przeprowadzone uprzednio, stosując tym razem mieszane hodowle *P. caudatum* i *P. aurelia* zamiast hodowli uodpornionych i nieuodpornionych na chlorek sodu osobników *P. caudatum*. Metodyka była całkowicie identyczna, lecz tym razem środowisko hodowli było nieprzerwanie odświeżane (tab. III).

Wypieranie *P. caudatum* przez *P. aurelia* w roztworze chlorku sodu  
Elimination of *P. caudatum* by *P. aurelia* in a sodium chloride solution

Tab. III

Dnie	Globalna gęstość wyjściowa Total initial density		
	200	1000	5000
Days	% osobników <i>P. caudatum</i> % of individuals of <i>P. caudatum</i>		
0	50	50	50
1	40	41	40
2	28	27	27
3	15	18	17
4	13	13	12
5	10	9	8
6	11	10	9
7	10	9	9

Jak widać, we wszystkich hodowlach wypieranie *P. caudatum* przez *P. aurelia*, mierzone procentowym stosunkiem ich liczebności, przebiega bardzo podobnie i w mniej więcej równym tempie niezależnie od gęstości kultury wyjściowej. Tym razem również przegęszczenie nie okazuje się stymulatorem selekcji.

W dalszych doświadczeniach posługiwano się nadal hodowlami mieszanymi *P. caudatum* i *P. aurelia*, zmieniono jednak czynniki konkurencji. Jako pierwszy czynnik zastosowano zachodzące w kulturze zamkniętej fizykochemiczne zmiany środowiska, a jako drugi czynnik – deficyt pokarmowy. Gause, Ałpatow i Nastiukowa (1934 a i b), działając pozbawionymi wymoczków środowiskami *P. aurelia* na *P. caudatum* i odwrotnie wykazali, że *P. aurelia* jest znacznie odporniejsze od *P. caudatum* na fizykochemiczne zmiany płynu hodowli związane

z metabolizmem pierwotniaków. Równocześnie jednak *P. caudatum* szybciej i pełniej wykorzystuje zasoby pokarmowe hodowli, niż *P. aurelia*. W związku z tym, choć zwykle w hodowli mieszanej konkurencję wygrywa *P. aurelia*, to jednak stosując systematyczne niedokarmianie hodowli, można osiągnąć zwycięstwo *P. caudatum*.

Doświadczenia z mieszanymi hodowlami obu gatunków przeprowadzono ponownie, nie wprowadzając jednak żadnych czynników obcych, lecz stosując reżim hodowlany opisany w poprzedniej pracy (Grębecki 1961a) jako hamowanie rozwoju hodowli przez naturalne fizykochemiczne zmiany środowiska. Wszystkie trzy rodzaje kultur (200, 1000 i 5000 osobników w 1 ml) były prowadzone jako hodowle zanknięte i obficie karmione, lecz nigdy nie odświeżane (tab. IV).

Wypieranie *P. caudatum* przez *P. aurelia* z hodowli hamowanej fizykochemicznie  
Elimination of *P. caudatum* by *P. aurelia* from a culture inhibited by physico-chemical agents

Tab. IV

Dnie Days	Globalna gęstość wyjściowa Total initial density		
	200	1000	5000
	% osobników <i>P. caudatum</i> % of individuals of <i>P. caudatum</i>		
0	50	50	50
1	50	50	50
2	50	50	50
3	50	50	48
4	50	49	47
5	49	48	45
6	49	47	43
8	48	46	31
10	48	44	15
12	46	34	8
15	39	14	—
18	19	9	—
21	11	—	—

Doświadczenie to w gruncie rzeczy było powtórzeniem podstawowego eksperymentu Gausego (1934c) i zgodne są też wyniki. Wprowadzono jednak zróżnicowanie gęstości kultury wyjściowej, które tym razem przyniosło zróżnicowanie intensywności selekcji, co jest szczególnie dobrze widoczne z przebiegu krzywych zaznaczonych na wykresie 1 linią ciągłą. Procentowy udział *P. caudatum* w hodowli mieszanej spada tym szybciej, im większe było zagęszczenie początkowe hodowli. Przeciętnie udział *P. caudatum* spada z 50% do około 10% po 21 dniach w hodowli, zawierającej początkowo 200 wymoczków w 1 ml, po 18 dniach przy 1000 wymoczków w 1 ml i już pomiędzy 10 a 12 dniem doświadczenia przy 5000 osobników na 1 ml.

W następnej serii hodowle były umieszczane w naczyniach przepływowych i środowisko ich w ciągu doby było dziesięciokrotnie odświeżane pożywką, lecz otrzymywały niezmienną dawkę pokarmu wynoszącą 12,5 mg mleka w proszku na dobę. Tym razem więc czynnikiem konkurencji było zamiast fizykochemicznego – hamowanie pokarmowe (tab. V).

Wypieranie *P. aurelia* przez *P. caudatum* z hodowli hamowanej pokarmowo  
Elimination of *P. aurelia* by *P. caudatum* from a culture inhibited by food deficiency

Tab. V

Dnie Days	Globalna gęstość wyjściowa Total initial density		
	200	1 000	5000
	% osobników <i>P. caudatum</i> % of individuals of <i>P. caudatum</i>		
0	50	50	50
1	50	50	52
2	50	50	60
3	50	50	69
4	50	51	81
5	51	52	87
6	51	53	91
8	52	54	—
10	53	58	—
12	54	85	—
15	68	89	—
18	93	—	—

Jak widać z danych liczbowych oraz z przebiegu krzywych na wykresie (fig. 1 – linia przerywana), intensywność selekcji w tym wypadku również należy od stopnia zagęszczenia kultury na początku eksperymentu, choć wynik ostateczny konkurencji jest odwrotny niż poprzednio. Procentowy udział *P. caudatum* w hodowli mieszanej rośnie tym szybciej, im wyższe było zagęszczenie początkowo. Przeciętnie udział *P. caudatum* z 50% dochodzi do około 90% po 18 dniach w hodowli zawierającej początkowo 200 wymoczków w 1 ml, po 15 dniach przy 1000 osobników w 1 ml i już po 6 dniach przy 5000 osobników w 1 ml.

Doświadczenia przemawiają więc za tym, że przegęszczenie może zarówno być jak i nie być stymulatorem selekcji, może ją przyspieszać, albo też nie wpływać na jej przebieg. Nie wydaje się prawdopodobne, aby zależało to od wewnątrzgatunkowego albo międzygatunkowego charakteru konkurencji. W doświadczeniach, w których czynnikiem konkurencji był wprowadzany do środowiska chlorek sodu, przegęszczenie nie wpływało na tempo selekcji ani w przypadku konkurencji pomiędzy uodpornionymi i nieuodpornionymi osobnikami *P. caudatum*, ani w przypadku konkurencji pomiędzy *P. caudatum* i *P. aurelia*. Różnice w roli przegęszczenia ujawniają się natomiast przy porównywaniu tych

doświadczeń, w których czynnikiem konkurencji był wprowadzany do środowiska chlorek sodu lub chinina, z doświadczeniami, w których czynnikiem konkurencji

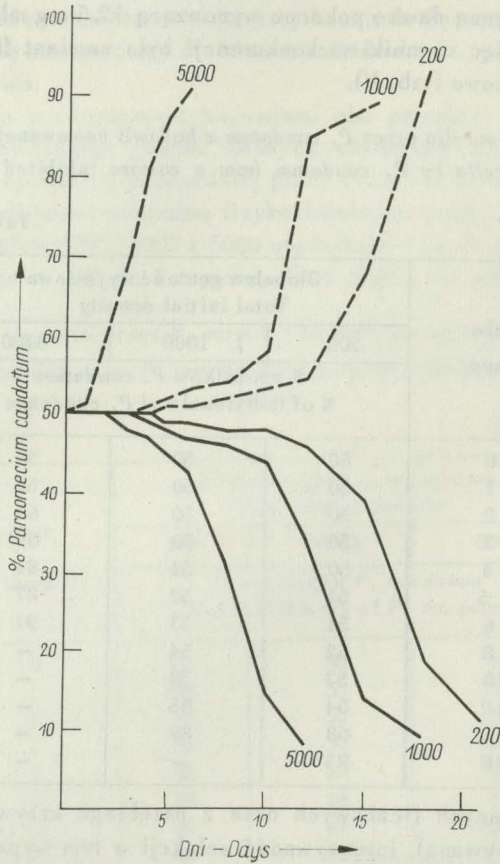


Fig. 1 Wypieranie *P. caudatum* przez *P. aurelia* w hodowlach hamowanych fizykochemicznie (linia ciągła) oraz wypieranie *P. aurelia* przez *P. caudatum* w hodowlach hamowanych pokarmowo (linia przerywana)

Elimination of *P. caudatum* by *P. aurelia* from cultures inhibited physicochemically (continuous line), and elimination of *P. aurelia* by *P. caudatum* in cultures inhibited by food deficiency (dotted line)

był wzrastający deficyt pokarmowy albo postępujące zmiany fizykochemiczne płynu hodowli wynikające z metabolizmu wymoczków. Należy zwrócić uwagę na to, że w obu przypadkach czynniki konkurencji były bardzo odmiennej natury. Chlorek sodu i chinina – to czynniki dla hodowli obce i sztuczne, nie mające nic wspólnego z faktem przegęszczenia hodowli. Deficyt pokarmowy i nagromadzenie się metabolitów w środowisku – to czynniki zawsze decydujące o rozwoju normalnej hodowli, określone w poprzedniej pracy (Grębecki 1961a) jako czynniki przegęszczenia. Wydaje się więc, że w zjawiskach selekcji w kulturach pierwotniaczych przegęszczenie jest stymulatorem selekcji, jeżeli czynnik



konkurencji wynika z samego faktu przegęszczenia kultury, natomiast nie jest ono stymulatorem selekcji, jeżeli czynnik konkurencji z faktem przegęszczenia kultury nie ma żadnego przyczynowego związku.

#### PIŚMIENNICTWO

1. Allee, W. C. 1941 – Integration of problems concerning protozoan populations with those of general biology – Biol. Symposia 4.
2. Bullington, W. E. 1930 – A further study of spiraling in the ciliate *Paramecium* with a note on morphology and taxonomy – J. Exp. Zool. 56.
3. Gause, G. F. 1934a – Eksperymentalnoje issledowanije borby za suszczestwowanije mieźdu *Paramecium caudatum*, *Paramecium aurelia* i *Stylonychia mytilus* – Zool. Żurn. 13.
4. Gause, G. F. 1934b – O processach unicztwożenia odnogo wida drugim w populacijach infuzorij – Zool. Żurn. 13.
5. Gause, G. F. 1934c – Über die Konkurrenz zwischen zwei Arten – Zool. Anz. 105.
6. Gause, G. F. 1934d – Untersuchungen über dem Kampf um Dasein bei Protisten – Biol. Zbl. 54.
7. Gause, G. F. 1934e – The Struggle for Existence – Baltimore.
8. Gause, G. F. 1935 – Experimentelle Untersuchungen über die Konkurrenz zwischen *Paramecium caudatum* und *Paramecium aurelia* – Arch. Protist. 84.
9. Gause, G. F. 1942 – The relation of adaptability to adaptation – Quart. Rev. Biol. 17.
10. Gause, G. F., Nastukowa, O. K., Alpatow, W. W. 1934a – Wlijanije biologiczeski izmienennoj sriedy na rost smieszannoj populacji *Paramecium caudatum* i *Paramecium aurelia* – Zool. Żurn. 13.
11. Gause, G. F., Nastukowa, O. K., Alpatow, V. V. 1934b – The influence of biologically conditioned media on the growth of a mixed population of *Paramecium caudatum* and *Paramecium aurelia* – J. Anim. Ecol. 3.
12. Grębecki, A. 1961a – O stanach niedogęszczenia i przegęszczenia w kulturach *Paramecium caudatum* – Ekol. Pol. A, 9.
13. Grębecki, A. 1961b – Experimental studies on selection and adaptability in *Paramecium caudatum* – Acta Biol. Exp. 21.
14. Grębecki, A., Kuźnicki, L. 1955a – Stosunek *Paramecium caudatum* do chemizmu środowiska i ochronny wpływ skupienia wobec substancji nieorganicznych – Folia Biol. 3.
15. Grębecki, A., Kuźnicki, L. 1955b – Badania nad reakcjami obronnymi wycmózków pojedynczych i skupionych w roztworach niektórych substancji organicznych – Folia Biol. 3.
16. Grębecki, A., Kuźnicki, L. 1956 – Studia nad odpornością *Paramecium caudatum* wobec niektórych ekologicznie ważnych zmian chemizmu środowiska – Folia Biol. 4.
17. Lotka, A. J. 1934, – 1939 – Theorie analytique des associations biologiques t. I, II – Paris.
18. Poljanski, J., Striełkow, A. 1938 – Etude experimentale sur la variabilité de quelques *Ophryoscolecidae* – Arch. Zool. Exp. Gen. 80.
19. Volterra, V. 1931 – Leçons sur la theorie mathematique de la lutte pour la vie – Paris.

OVER-DENSITY AND SELECTION IN CULTURES OF *PARAMECIUM CAUDATUM*

## Summary

The aim of this work was to find an answer to the question as to whether over-density of a protozoan culture can be a stimulator of the selection process taking place in it. Selection can be obtained in cultures of *Paramecium caudatum* by evoking competition between normal infusoria and infusoria previously adapted to the action of some substance. Individuals adapted to sodium chloride or to quinine eliminate non-resistant individuals from weak solutions of these substances. Investigation was made of the phenomenon of competition between two groups of paramecia, in solutions of sodium chloride and quinine, using cultures of differing initial density (Tab. I, II), but no differences were found in the competition rate. It would therefore seem that in this case over-density is not a selection stimulator.

Investigation was next made of competition taking the form of elimination of *P. caudatum* by *P. aurelia* from mixed cultures, placed in a solution of sodium chloride (Tab. III), the concentration of which was almost lethal for *P. caudatum*. Here again density of culture did not affect selection rate, which would appear to indicate that the point of the matter does not here lie in the intra-species or inter-species character of competition.

Cases were also encountered in which over-density is distinctly favourable to selection. This was made clear, again evoking competition between *P. caudatum* and *P. aurelia*, but the causes of competition were, however, different. Mixed cultures were set up, in some of which the physico-chemical optimum conditions of the medium were artificially maintained, with a simultaneous deficiency of food, and other cultures were inhibited by physico-chemical agents, while ensuring them a sufficient food supply. In the culture inhibited by food deficiency (Tab. V) *P. caudatum* eliminated *P. aurelia*, while in the culture inhibited physico-chemically the result of competition is the exact reverse (Tab. IV). The experiments were carried out in cultures of various densities. The more densified the culture of *infusoria*, the more rapid the selection rate, and thus in this case over-density is favourable to selection (Fig. 1). The reason for this would appear to lie in the character of the competition factors applied. The role of a competition factor is always played by any change of one of the elements of medium conditions. This change may be a typically external one, and may have nothing in common with a lesser or greater density of culture. The addition of sodium chloride or quinine is such a change. Over-density is then not a stimulator to selection. A change in conditions evoking competition may sometimes result from the fact itself of over-density of culture. Such changes are food deficiency and the action of the waste products of metabolism on the properties of the medium. In such cases over-density becomes a stimulator to selection, markedly increasing the rate of mutual elimination by the competing groups of individuals.