

TERESA WĘGLEŃSKA
Instytut Ekologii PAN
Warszawa

Wpływ naturalnego pokarmu na rozwój i produkcję zooplanktonu

Większość prac na temat wpływu rodzaju i koncentracji pokarmu na wzrost i produkcję zooplanktonu stanowią badania laboratoryjne, w których jako pokarm stosowano monokultury glonów lub bakterii. Wyniki tych badań trudno zastosować do warunków naturalnych, gdzie konsument planktonowy dysponuje wieloma rodzajami pokarmu (bakterie, nannofitoplankton, detritus, rozpuszczona materia organiczna), bardzo różnorodnymi pod względem wartości energetycznej i dostępności. Co więcej, stosowane w tego rodzaju eksperymentach koncentracje pokarmu z reguły wielokrotnie przewyższają koncentracje pokarmu spotykane w środowisku naturalnym. Stąd też, roli pokarmu jako jednego z czynników regulujących rozwój i wzrost zooplanktonu nie udało się dostatecznie wyjaśnić.

Wykonane przeze mnie eksperymenty zostały przeprowadzone w ten sposób, aby ich wyniki można było bezpośrednio zastosować do interpretacji zależności pomiędzy pokarmem a konsumentem planktonowym w warunkach naturalnych. Doświadczenie polegało na zastosowaniu w hodowlach różnych koncentracji pokarmu naturalnego. Osiem różnych koncentracji pokarmu (od 0,4 do 10 mg/l) uzyskano przez odpowiednie rozrzedzenie lub dogęszczanie, codziennie odnawianej, wody z eutroficznego Jeziora Mikołajskiego z naturalnym zespołem bakterii i fitoplanktonu¹. Każda zastosowana koncentracja pokarmu odpowiadała realnie istniejącym w zbiornikach różnej trofii koncentracjom bakterii i nannofitoplanktonu. Analizowano wpływ różnych koncentracji pokarmu na tempo rozmnażania, rozwoju i wzrostu pojedynczych osobników filtratorów planktonowych, podstawowych parametrów, na których opiera się wyliczenia produkcji biomasy zooplanktonu.

W cyklu rozwojowym pięciu dominujących w pelagialu jeziora Mikołajskiego gatunków filtratorów planktonowych: *Daphnia cucullata* Sars, *Daphnia longispina* (Leydig), *Diaphanosoma brachyurum* (Lievin), *Chydorus sphaericus* (O. F. Müller) i *Eudiaptomus graciloides* Lilljeborg, wyróżniono okres rozwoju embrionalnego (rozwój jaja) i okres rozwoju postembrionalnego (od wylęgu z jaja do osiągnięcia dojrzałości płciowej). Okres rozwoju embrionalnego u wszystkich badanych gatunków był sta-

¹ Naturalna koncentracja pokarmu w jeziorze Mikołajskim wynosiła 2,5 mg/l mokrej masy.

ły i bardzo mało zależny od zmian koncentracji pokarmu, a tym samym od stopnia odżywiania samicy w okresie poprzedzającym składanie jaj.

Natomiast długość rozwoju postembrionalnego osobników wykazywała wyraźną zależność od zmian zagęszczenia pokarmu. Wraz ze wzrostem zagęszczenia pokarmu u wszystkich badanych gatunków obserwowano przyspieszenie tempa rozwoju i skrócenie czasu dojrzewania (fig. 1 i 2). Na przykład w przypadku wioślarki *Diaphanosoma brachyurum* przy wzroście koncentracji pokarmu z 0,4 do 2,5 mg/l następowało przeszło dwukrotne skrócenie okresu rozwoju postembrionalnego (fig. 2). W przypadku widłonoga *E. graciloides* zależność ta wystąpiła jeszcze wyraźniej, gdyż koncentracja pokarmu 0,4 mg/l okazała się niewystarczająca dla pełnej metamorfozy tego gatunku i rozwój osobników zatrzymał się na stadium larwalnym, a wraz ze wzrostem koncentracji pokarmu z 0,7 do 5,0 mg/l okres rozwoju osobników skrócił się z 39 do 22 dni (fig. 1). Ograniczający wpływ czynnika troficznego na rozwój filtratorów planktonowych obserwowano w określonym zakresie koncentracji pokarmu (w przypadku wioślarek w warunkach eksperymentu do 3,7 mg/l i 5,1 mg/l w przypadku widłonoga). Dalsze zagęszczanie pokarmu powyżej tych optymalnych koncentracji nie wywoływało żadnych widocznych zmian w tempie rozwoju osobników.

Na podstawie codziennych pomiarów długości ciała osobników należących do poszczególnych stadiów rozwojowych i osobników dojrzałych uzyskano informacje o ich tempie wzrostu i ostatecznych rozmiarach. Otrzymane wyniki pozwoliły na stwierdzenie, że wraz ze wzrostem koncentracji pokarmu zwiększają się tempo wzrostu i ostateczne rozmiary osobników (fig. 3). Na przykład ostateczna długość *Diaphanosoma brachyurum* osiągnięta przy koncentracji pokarmu 10 mg/l była o 59% większa niż rozmiary osobników tego samego gatunku przy 25-krotnie mniejszym zagęszczeniu pokarmu. Wpływ czynnika troficznego na wielkość zmienia się wraz z wiekiem osobnika. Rozmiary osobników wcześniejszych stadiów rozwojowych przy różnych koncentracjach pokarmu wykazywały dużo mniejsze zróżnicowanie w porównaniu z osobnikami dojrzałymi (fig. 3). Na przykład w wyniku 25-krotnego zwiększenia koncentracji pokarmu długość osobników *D. cucullata* w momencie dojrzewania wzrosła o 28%, a po następnych kilkunastu dniach o 47%.

Koncentracja pokarmu ma istotny wpływ również na płodność osobników. Ogólna liczba jaj wyprodukowana przez jedną samicę w ciągu 30-dniowego okresu życia wraz ze wzrostem koncentracji pokarmu wzrastała w zależności od gatunku od 3 do 8 razy. Wzrost ten był wynikiem zarówno zwiększenia liczby kładek jak i liczby jaj w poszczególnych kładkach (tab. I).

Całkowity przyrost biomasy pojedynczych osobników badanych gatunków (łączny przyrost ciężaru ciała i ciężaru wyprodukowanych jaj) w ciągu 30 dni życia przy 25-krotnym wzroście koncentracji pokarmu wzrastał od 3 do 5 razy w zależności od gatunku (tab. II).

W świetle przedstawionych powyżej wyników rola pokarmu naturalnego jako czynnika ograniczającego wzrost i produkcję filtratorów planktonowych staje się istotna, zwłaszcza przy mniejszych koncentracjach pokarmu. Na podstawie licznych danych z literatury (Č e č u g a 1961, P e t r o v i č 1961) o ilościach aktualnie dostępnego w warunkach naturalnych pokarmu można sądzić, że w zbiornikach o mniejszej trofii populacje filtratorów planktonowych nie realizują swoich potencjalnych moż-

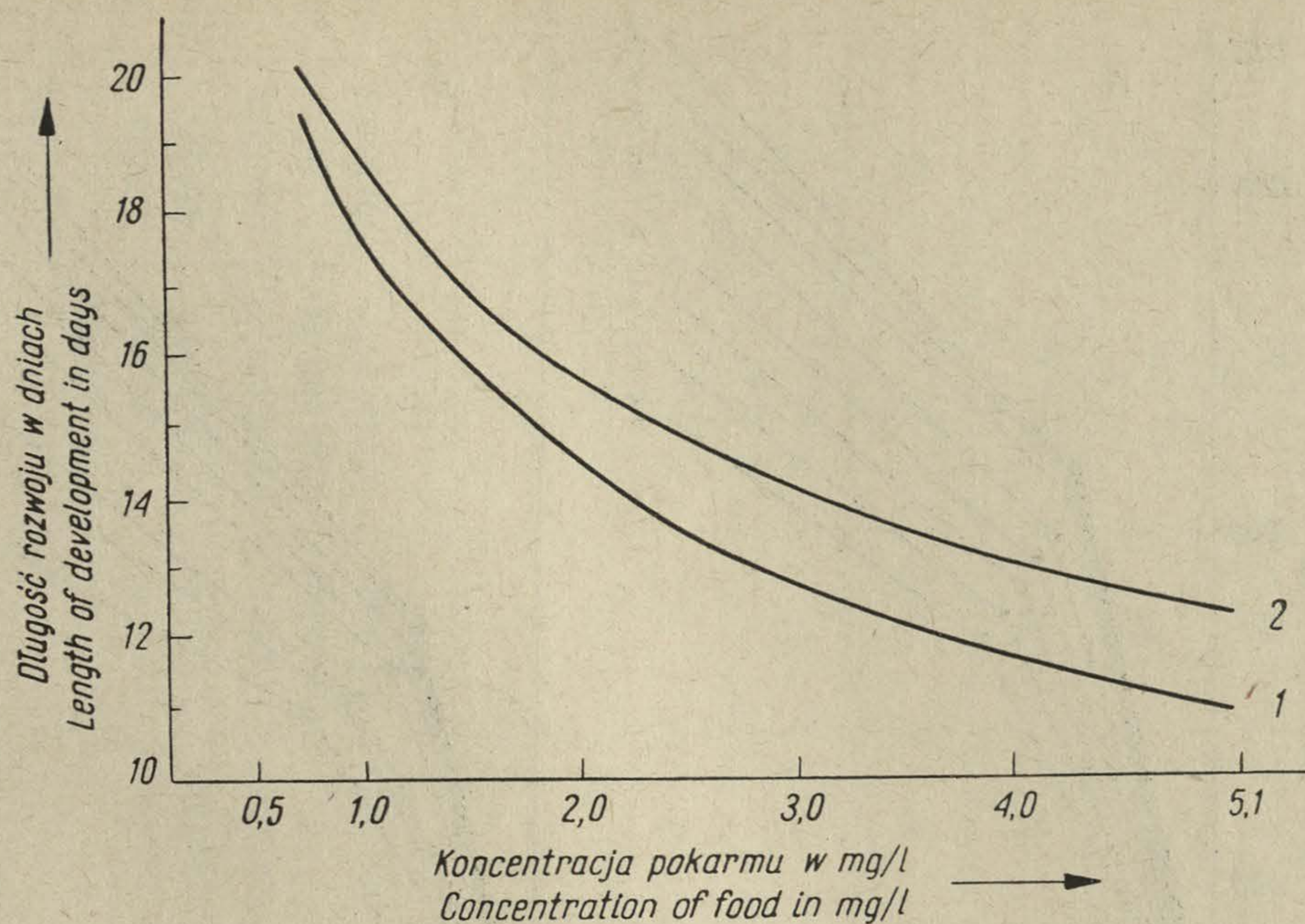


Fig. 1. Długość rozwoju *Eudiaptomus graciloides* przy różnych koncentracjach pokarmu naturalnego

1 — naupliusy, 2 — kopepodity

Length of development of *Eudiaptomus graciloides* with different concentrations of natural food

1 — nauplius, 2 — copepodites

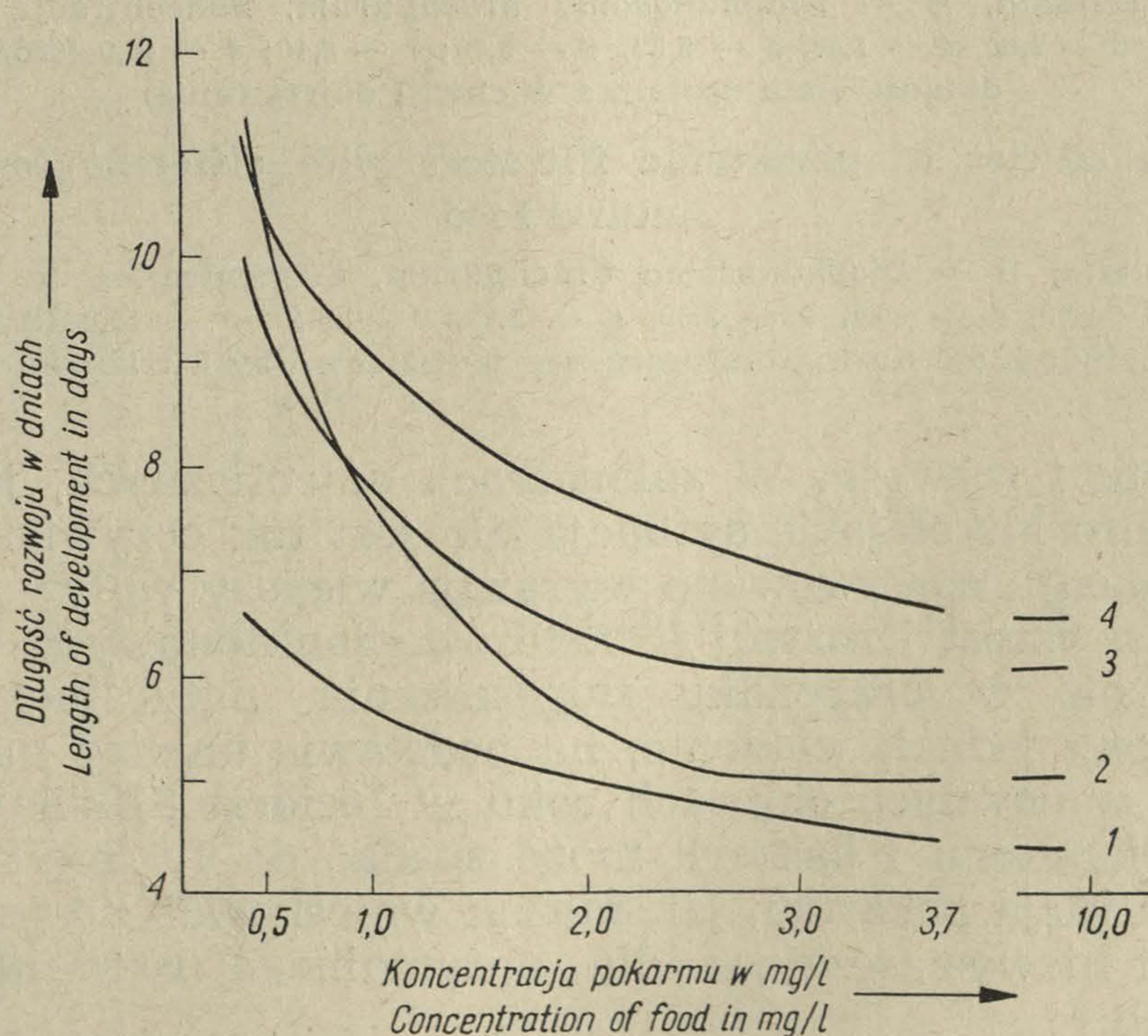


Fig. 2. Długość rozwoju *Cladocera* przy różnych koncentracjach pokarmu naturalnego

1 — *Chydorus sphaericus*, 2 — *Diaphanosoma brachyurum*, 3 — *Daphnia longispina*, 4 — *Daphnia cucullata*

Length of development of *Cladocera* with different concentrations of natural food

1 — *Chydorus sphaericus*, 2 — *Diaphanosoma brachyurum*, 3 — *Daphnia longispina*, 4 — *Daphnia cucullata*

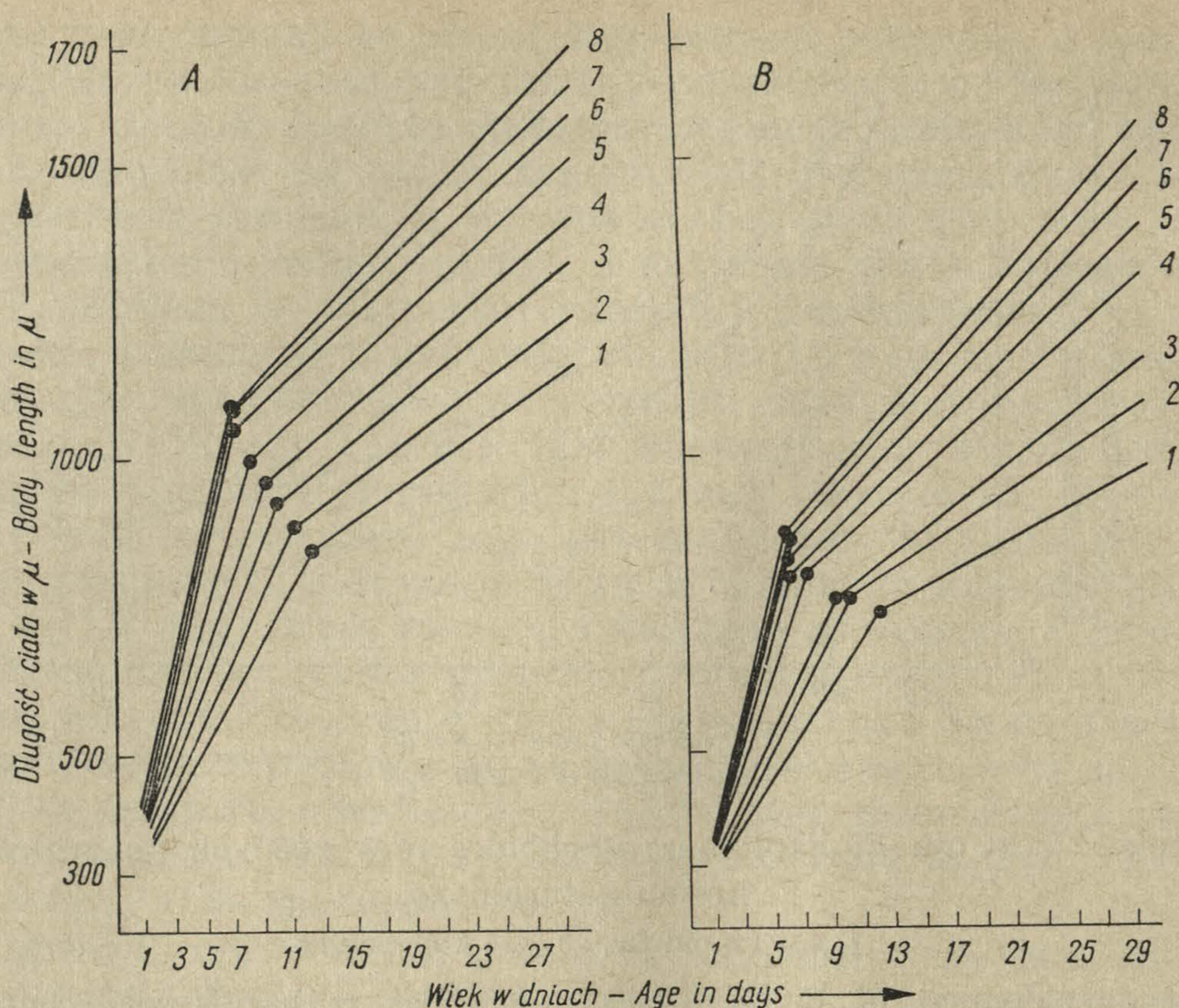


Fig. 3. Wzrost dwóch gatunków filtratorów planktonowych przy różnych koncentracjach pokarmu naturalnego

A — *Daphnia cucullata*, B — *Diaphanosoma brachyurum*, koncentracja pokarmu (mg/l) 1 — 0,41, 2 — 0,72, 3 — 1,00, 4 — 1,60, 5 — 2,50, 6 — 3,70; 7 — 5,10; 8 — 10,0 (trójkątem oznaczono długość ciała osobnika w chwili dojrzewania)

Growth of two species of planktonic filterators with different concentrations of natural food

A *Daphnia cucullata*, B — *Diaphanosoma brachyurum*, Concentration of food (mg/l) 1 — 0.41, 2 — 0.72, 3 — 1.00, 4 — 1.60, 5 — 2.50, 6 — 3.70, 7 — 5.10, 8 — 10.0 (Body length of an individual during maturation is indicated by a triangle)

liwości wzrostu i rozwoju. W zbiornikach eutroficznym, jakim jest na przykład Jezioro Mikołajskie sytuacja nie jest tak oczywista. W warunkach eksperymentu obserwowano wyraźnie większy wpływ czynnika pokarmowego na wzrost i rozwój filtratorów planktonowych w przypadku rozrzedzania niż w przypadku dogęszczania naturalnego pokarmu. Z drugiej strony jednak wiadomo, na podstawie analizy materiałów terenowych, że w pewnych okresach roku w Jeziorze Mikołajskim biomasa nanofitoplanktonu i bakterii może spadać do 1,0 mg/l mokrej masy. Ta koncentracja pokarmu, jak można wnioskować z wyników eksperymentu, jest niewystarczająca dla optymalnego rozwoju filtratorów planktonowych.

Oczywiste, że analizując wpływ czynnika troficznego na wzrost i produkcję konsumentów planktonowych należy brać pod uwagę nie tylko ilość dostępnego pokarmu, ale także i liczebność osobników w naturalnych zespołach filtratorów.

Omówione wyniki eksperymentów uzyskano przy hodowli pojedynczych osobników. Dodatkowo przeprowadzono doświadczenie nad wpływem różnego zagęszczenia osobników w hodowli na długość rozwoju

Tabela I

Plodność czterech gatunków filtratorów planktonowych przy różnych koncentracjach pokarmu naturalnego
Fecundity of four species of planktonic filtrators with different concentrations of natural food

Koncentracja pokarmu w mg/l Concentration of food in mg/l	<i>Daphnia cucullata</i>			<i>Daphnia longispina</i>			<i>Diaphanosoma brachyurum</i>			<i>Eudiaptomus graciloides</i>		
	liczba jaj na 1 samicę z jajami* numbers of eggs per female with eggs	liczba kładek number of deposits	ogólna liczba jaj total number of eggs	liczba jaj na 1 samicę z jajami* numbers of eggs per female with eggs	liczba kładek number of deposits	ogólna liczba jaj total number of eggs	liczba jaj na 1 samicę z jajami* numbers of eggs per female with eggs	liczba kładek number of deposits	ogólna liczba jaj total number of eggs	liczba jaj na 1 samicę z jajami* numbers of eggs per female with eggs	liczba kładek number of deposits	ogólna liczba jaj total number of eggs
0,41	1 (1)	4	4	1,2 (1—2)	5	6	1 (1)	4	4			
0,72	1,2 (1—2)	5	6	1,6 (1—2)	6	10	1,4 (1—2)	5	7	3 (3)	2	6
1,00	1,6 (1—2)	6	10	2,5 (1—3)	6	15	1,8 (1—2)	6	11	3,5 (3—4)	2	7
1,60	2,0 (1—3)	7	14	3,2 (2—4)	7	23	2,2 (2—3)	7	16	4,5 (3—6)	2	9
2,50	2,6 (2—4)	8	21	3,7 (2—5)	8	30	3,2 (2—4)	8	26	4,3 (4—5)	3	13
3,70	3,0 (2—4)	8	24	4,0 (2—5)	8	32	3,5 (2—4)	8	28	5,3 (4—6)	3	16
5,10	3,3 (2—4)	8	27	4,2 (3—6)	8	34	4,0 (2—5)	8	32	7,0 (5—8)	3	21
10,0	3,6 (3—4)	8	29	4,6 (2—7)	8	37	4,1 (2—5)	8	33			

* Liczby nad nawiasami oznaczają średnią liczbę jaj w jednej kładce, liczby w nawiasach oznaczają minimalną i maksymalną liczbę jaj w jednej kładce. Figures above brackets indicate mean number of eggs in one deposit, figures in brackets indicate minimum and maximum number of eggs in one deposit.

Tabela II

Przyrost biomasy (w mg mokrej masy $\times 10^{-3}$) pięciu gatunków filtratorów planktonowych przy różnych koncentracjach pokarmu naturalnego

Increase in biomass (in mg of wet mass $\times 10^{-3}$) of five species of planktonic filtrators with different concentrations of natural food

Gatunki Species	Koncentracja pokarmu w mg/l Concentration of food in mg/l							
	0,41	0,72	1,00	1,60	2,50	3,70	5,0	10,0
<i>Daphnia cucullata</i>	87,8	112,3	149,0	185,3	250,2	289,2	331,5	365,8
<i>Daphnia longispina</i>	125,6	183,3	252,3	373,9	448,5	498,7	588,9	612,3
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	103,5	149,7	183,8	281,5	381,7	422,1	465,9	495,6
<i>Chydorus sphaericus</i>	33,8	40,6	46,6	50,0	70,0	72,0	80,6	80,6
<i>Eudiaptomus graciloides</i>		46,5	71,0	90,2	103,3	126,2	139,4	

postembrionalnego wioślarki *Diaphanosoma brachyurum*. W eksperymencie zastosowano wodę jeziorną z naturalną koncentracją pokarmu w ilościach 3,5 mg/l mokrej masy. W czterech wariantach eksperymentu zagęszczenia osobników wynosiły odpowiednio 1, 2, 5 i 10 w 50 ml wody jeziornej. W miarę wzrostu zagęszczenia osobników obserwowano przedłużenie rozwoju *D. brachyurum* z 5 dni, przy hodowli pojedynczych osobników, do 8,5 dnia, przy zagęszczeniu dziesięciu osobników. Zastosowane w eksperymencie zagęszczenia (wynoszące odpowiednio od 20 do 200 tysięcy w przeliczeniu na 1 m³) są porównywalne z liczebnością osobników w populacjach filtratorów planktonowych w naturalnych warunkach, która w okresie letniego maksimum w epilimnionie Jeziora Mikołajskiego dochodziła do 230 000 m³. Można przypuszczać, że przy tego rodzaju liczebności osobników, nawet stosunkowo duże koncentracje pokarmu są niewystarczające dla optymalnego wzrostu i produkcji zooplanktonu.

Z punktu widzenia oceny produkcji netto filtratorów planktonowych szczególne znaczenie ma ustalenie wpływu czynnika pokarmowego na długość rozwoju osobników w warunkach naturalnych. Informacji o długości życia i rozwoju skorupiaków planktonowych nie można uzyskać bezpośrednio z danych terenowych, szczególnie tam, gdzie eliminacja, rozmnażanie i wzrost zachodzą w sposób ciągły i gdzie zawsze w populacji występują wszystkie stadia rozwojowe osobników. Przy każdorazowym wyborze długości rozwoju osobników dla oceny ich produkcji w zbiorniku powstaje zatem konieczność jednoczesnej oceny ilości pokarmu aktualnie dostępnego filtratorom planktonowym w tym środowisku.

Piśmiennictwo

- C e č u g a, B. 1961 — Sezonnje izmenenija obščego čisla bakterii w ozerach raznogo tipa (Pervičnaja produkcija morej i vnutrennych wod) — Minsk: 262—265.
- P e t r o v i č, P. G. 1961 — Sootnošenje biomassy i produkcii zoo- fito- bakterio- planktona i makrofitow w ozerach Naroč, Mjastro i Batorin (Pervičnaja produkcija morej i vnutrennych wod) — Minsk: 381—385.

The effect of natural food on the development and production of zooplankton

Summary

Investigation was made by means of experiment on the effect of different concentration of natural food and different density of crustaceans (within limits observed in nature) on the development and production of dominating species of planktonic filtrators. The results showed that the concentrations of food encountered in nature may be insufficient for optimum growth and development of the individuals of these species.