

ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN—POLONIA

VOL. XXXII, 23

SECTIO C

1977

Instytut Biologicznych Podstaw Produkcji Zwierzęcej Akad. Roln. w Lublinie
Zakład Zoologii i Hydrobiologii

Stanisław RADWAN, Barbara POPIOŁEK

**Porównanie biomasy i produkcji wybranych gatunków wrotków
(*Rotatoria*) w sezonach wiosennym i późnoletnim w pelagialu trzech jezior
Łęczyńsko-Włodawskich**

Сравнение биомассы и продукции некоторых видов коловраток (*Rotatoria*)
в весеннем и летнем сезоне в пелагиале трёх Ленчинско-Влодавских озер

Comparison of Biomass and Production of Some Species of Rotifers (*Rotatoria*)
in Spring and Summer in the Pelagic Zone of Three Lakes
in the Łęczna—Włodawa Region

WSTĘP

W latach 1968—1970 w trzech okresach: późnoletnim (27 VIII—18 IX 1968), wiosennym (20 V—17 VI 1969) i zimowym (II—III 1970) przeprowadzono wstępne badania nad biologią i ekologią zooplanktonu w trzech jeziorach: Piaseczno, Brzeziczno i Bikcze na Pojezierzu Łęczyńsko-Włodawskim. Są to jeziora położone w niewielkiej odległości od siebie, nie przekraczającej 2 km i cechujące się odmiennymi właściwościami troficznymi. Jezioro Piaseczno, pow. 84,7 ha, głęb. maks. 38,8 m (25), określane jest jako zbiornik a-mezotroficzny (17), a nawet oligotroficzny (9). Jezioro Bikcze, pow. 85 ha, głęb. maks. 3,3 m (25) zaliczane jest do typowych zbiorników eutroficznych (9). Jezioro Brzeziczno, pow. 7,5 ha (25), głęb. maks. 2,54 m (23), uważane za typowy zbiornik dystroficzny* (9).

W pelagialu tych różniących się limnologicznie jezior prześledzono zmiany zachodzące w składzie gatunkowym, w strukturze dominacji oraz w stosunkach ilościowych i w wartościach biomasy podstawowych

* Obszerniejsze dane dotyczące warunków abiotycznych, panujących w tych jeziorach w okresie badań, zawiera praca Kowalczyka, Popiołek i Radwana (17).

grup zooplanktonu (*Rotatoria*, *Cladocera* i *Copepoda*) w okresie stagnacji zimowej i w pełni sezonu wegetacyjnego (17).

W wyniku dalszych badań przedstawiono biomasę i produkcję dominujących gatunków wrotków w zależności od charakteru troficznego jeziora oraz dokonano porównania wielkości tych parametrów w dwu okresach wegetacyjnych, wiosennym i późnoletnim. Na okresy te przypada bowiem w naszych jeziorach masowy rozwój filtratorów, a zwłaszcza mikrofiltratorów**, do których zalicza się większość gatunków wrotków planktonowych.

MATERIAŁ I METODA

Materiały zbierano w dwóch okresach, seriami po 3—4 razy w okresie wiosennym oraz po 3 razy w okresie późnoletnim — z zachowaniem 7-dniowego odstępu pomiędzy poszczególnymi terminami badań. W każdym jeziorze próby planktonowe pobierano zawsze w pobliżu maksymalnej głębokości, przy użyciu 5-litrowego czepacza typu Bernatowicza (1). W głębokim jeziorze Piaseczno pobierano 3 próby składane, po jednej z każdej warstwy termicznej: z epilimnionu 0,0—7,0 m, z metalimnionu 7,0—12,0 m i z hypolimnionu 12,0—35,0 m. Odstępy pomiędzy kolejnymi poziomami pobrania prób wynosiły 1 m od powierzchni do 20,0 m głębokości oraz 5 m poniżej tej głębokości. W płytkich jeziorach Biczce i Brzeziczno próby pobierano z dwóch poziomów: 0,0—0,5 m oraz 1,0—1,5 m i zlewano również w jedną próbę składaną. Następnie każdą próbę zagęszczano w siatce planktonowej nr 25 do objętości 50—100 ml i dopiero z nich pobierano podpróby, stanowiące 1/15—1/10 objętości próby wyjściowej, do szczegółowej analizy mikroskopowej (używano mikroskopu odwróconego typu Utermöhla). W każdej podpróbie określano liczebność poszczególnych gatunków oraz liczbę jaj u samic gatunków i form „noszących” jaja (*Keratella cochlearis*, *K. cochlearis hispida* i *Kellicottia longispina*), a także mierzone wielkość osobników każdego gatunku. Z reguły dokonywano pomiarów 10 okazów z każdego gatunku, określając takie parametry, jak długość i szerokość ciała. Parametry te stanowiły podstawę do wyliczenia biomasy i produkcji wrotków. Ciężary poszczególnych gatunków, niezbędne do wyliczenia biomasy, a także produkcji, przyjęto z prac Kosowej (16) i Morduchaj-Bołtowskiej (18). Natomiast dane dotyczące tempa rozwoju jaj każdego gatunku w zależności od temperatury otrzymano z prac: Gałkowskiej (11), Edmondsona (5, 6), Pourriota i Hillbricht-Ilkowskiej (12) oraz Pourriota i Delouzar-chesa (21).

Do oceny produkcji netto wrotków posługiwano się dwiema metodami (w zależności od rodzaju parametrów posiadanych dla danego gatunku): metodą Edmondsona (5, 6) oraz metodą Gałkowskiej (11). Przy metodzie Edmond-

** Mikrofiltratory są to organizmy odżywiające się najdrobniejszym sestonem (nannofitoplankton, bakterioplankton, detritus). Zaliczane są do nich wrotki oraz drobne wioślarki. Organizmy te na zasadzie sedimentacji (*Rotatoria*) bądź też ty-powej filtracji (*Cladocera*) pobierają z toni wodnej lub warstw przydennych bardzo drobne cząstki pokarmowe (o wielkości $> 20 \mu\text{m}$).

sona, opartej na założeniu prostoliniowego wzrostu populacji, zastosowano następujący wzór:

$$P_n = B' \cdot N \cdot T \quad P_w = P_n \cdot w$$

gdzie:

$$B' = E \cdot 1/De,$$

$$E = Ne/N/l,$$

$1/De$ — dobowe tempo rozwoju jaj w danych warunkach termicznych,

D — okres „podwojenia się” wrotka, tj. rozwój osobnika od „wylupania się” z jaja poprzez osobnika dojrzałego do złożenia jaja,

B' — tempo przyrostu populacji (*birth rate*),

N/l — liczba osobników w 1 litrze,

Ne/l — liczba ♀ z jajami w 1 litrze,

T — czas (przedział czasowy pomiędzy połowami),

w — ciężar.

Według tej metody wyliczono produkcję dla następujących gatunków i form wrotków: *Filinia longiseta*, *Kellicottia longispina*, *Keratella cochlearis* i *K. cochlearis hispida*.

Natomiast przy metodzie Gałkowskiej, opartej na podstawie „czasu generacji” (*generation time*) posłużono się następującym wzorem:

$$P_t = 1/D \cdot T \cdot \bar{B}$$

gdzie: B — średnia biomasa danego gatunku za dany okres badań, pozostałe symbole — jak przy metodzie Edmondsona. Przy metodzie Gałkowskiej tempo rozwoju jaj i czas generacji określono wg normalnej krzywej Krogla. Przy zastosowaniu metody Gałkowskiej oceniano produkcję wszystkich dominujących gatunków i form wrotków występujących w pelagialu badanych jezior.

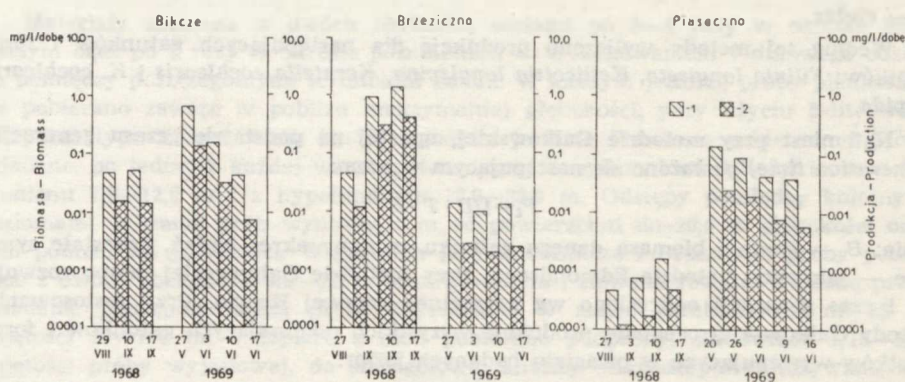
Biomasę i produkcję dominujących gatunków wrotków kalkulowano oddzielnie dla każdego przedziału czasowego, przyjętego przy pobieraniu prób (7 dni). Wyliczono także średnie wartości biomasy i produkcji oraz dobowego współczynnika P/B w danym okresie badań, wynoszącym dla jeziora Piaseczno $T=28$ dni w okresie wiosennym i $T=21$ dni w okresie późnoletnim oraz $T=21$ dni dla pozostałych jezior i w obydwu sezonach badań. Otrzymane wyniki dla obydwu okresów czasowych wyrażono w mg/l/dobę.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Na podstawie zgromadzonych materiałów wyodrębniono zespół wrotków dominujących w pelagialu badanych jezior, złożony z 7 następujących gatunków i form: *Asplanchna priodonta* Gosse, *Filinia longiseta* (Ehrb.), *Kellicottia longispina* (Kell.), *Keratella cochlearis* (Gosse), *K. cochlearis hispida* (Laut.), *Polyarthra vulgaris* Carl. i *Synchaeta pectinata* Ehrb., dla których opracowano średnią biomasę i produkcję (tab. 1, 2, ryc. 1, 2).

Biomasa

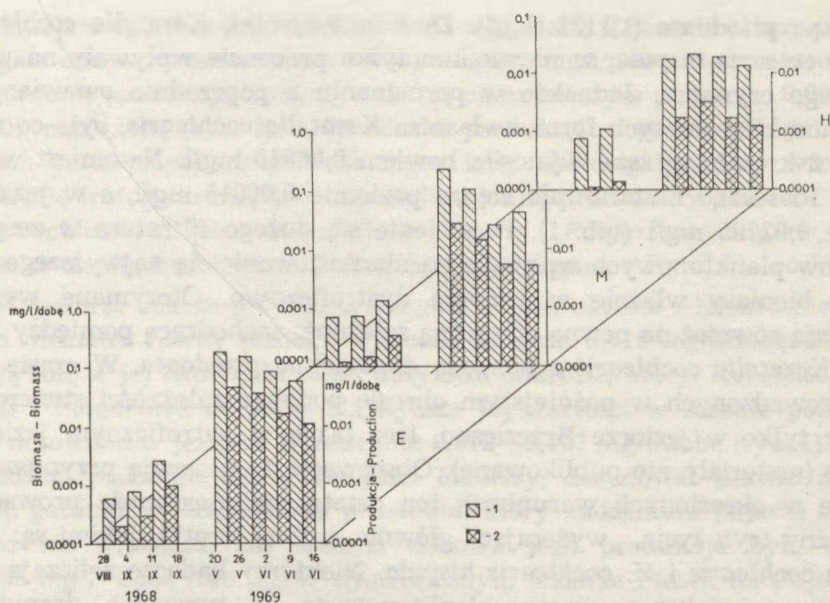
W badanych jeziorach największe wahania w średnich wartościach biomasy omawianych gatunków notowano w sezonie późnoletnim (ryc. 1). Najniższe jej wartości stwierdzono w a-mezotroficznym jeziorze Piaseczno, gdzie w całym słupie wody kształtowały się na poziomie 0,0004—0,0016 mg/l (ryc. 1). W tym okresie badań w poszczególnych warstwach termicznych notowano zbliżone wartości biomasy — 0,0006—0,0025 mg/l (ryc. 2). Około 50-krotnie wyższą biomasę niż w jeziorze Piaseczno stwierdzono w eutroficznym jeziorze Bிகче, wynosiła ona 0,05 mg/l. Najwyższe wartości tego parametru rejestrowano w dystroficznym jeziorze Brzeżiczno, wahały się one w granicach 0,048—1,439 mg/l (ryc. 1).



Ryc. 1. W sezonach wiosennym i późnoletnim w jeziorach Piaseczno, Bிகче i Brzeżiczno w całym słupie wody; 1 — biomasa, 2 — produkcja
Biomass and production in the lakes; Piaseczno, Bிகче and Brzeżiczno in the seasons of spring and summer in the whole water column; 1 — biomass, 2 — production

W sezonie wiosennym odmiennie kształtował się przebieg wartości biomasy w badanych jeziorach. Najniższe jej wartości stwierdzono w dystroficznym jeziorze Brzeżiczno, w którym utrzymywały się na niskim i wyrównanym poziomie, w przedziale 0,0103—0,0143 mg/l.

Znacznie wyższe i bardziej zróżnicowane wartości biomasy stwierdzono w a-mezotroficznym jeziorze Piaseczno. Wahały się one w granicach 0,039—0,149 mg/l w całym słupie wody i były ok. 100-krotnie wyższe niż w okresie późnoletnim (ryc. 1). W sezonie tym w epi- i metalimnionie notowano najwyższą biomasę (0,029—0,231 mg/l), która wysokie wartości osiągała w maju. Natomiast w hypolimnionie biomasa utrzymywała się na niskim i stosunkowo równym poziomie, zamykającym się w przedziale 0,014—0,021 mg/l (ryc. 2). W mezotroficznym jeziorze Tał-



Ryc. 2. W sezonach wiosennym i późnoletnim w trzech strefach termicznych jeziora Piaseczno; 1 — biomasa, 2 — produkcja; E — epilimnion, M — metalimnion, H — hypolimnion

Biomass and production in the three thermic zones of lake Piaseczno in spring and in summer; 1 — biomass, 2 — production; E — epilimnion, M — metalimnion, H — hypolimnion

towisko na Pojezierzu Mazurskim również w okresie wiosennym występował najwyższy wzrost biomasy filtratorów, wśród których dominowały wrotki planktonowe (14). Natomiast w jeziorze Narocz na Białorusi, o podobnym charakterze troficznym, średnie wartości biomasy za cały okres wegetacyjny wynosiły 0,24 mg/l (11) i zbliżone były najbardziej do wartości biomasy uzyskanych w jeziorze Piaseczno w sezonie wiosennym.

Najwyższy wreszcie wzrost biomasy stwierdzono w eutroficznym jeziorze Biczce, gdzie wahał się w dość szerokich granicach 0,044—0,616 mg/l (ryc. 1).

O wielkości biomasy w poszczególnych jeziorach w badanych okresach decydował skład gatunkowy wrotków pelagicznych. W sezonie letnim w jeziorach Piaseczno i Biczce występowała przewaga drobnych filtratorów, jak: *Keratella cochlearis*, *K. cochlearis hispida*, *Kellicottia longispina* i *Polyarthra vulgaris*, przy czym gatunki te osiągały wielokrotnie wyższą biomasa w jeziorze Biczce, gdyż znajdowały w nim korzystniejsze warunki pokarmowe (w wodzie stwierdzono duże ilości detritusu, a w fitoplanktonie prawdopodobnie przeważały najmniejsze jego frakcje). Natomiast w dystroficznym jeziorze Brzeziczo głównie tworzyła biomasa As-

planchna priodonta (1,1132 mg/l). Dwa inne wrotki, *Keratella cochlearis* i *K. cochlearis hispida*, w niewielkim tylko procencie wpływały na wartość tego czynnika. Jednakże w porównaniu z poprzednio omawianymi jeziorami biomasa tych form, zwłaszcza *Keratella cochlearis*, była co najmniej 2-krotnie wyższa, wynosiła bowiem 0,06540 mg/l. Natomiast w jeziorze Piaseczno kształtowała się na poziomie 0,00015 mg/l, a w jeziorze Bikcze 0,02795 mg/l (tab. 1). Pojawienie się dużego filtratora w zespole wrotków planktonowych wpłynęło na ukształtowanie się najwyższego poziomu biomasy właśnie w jeziorze dystroficznym. Otrzymane wyniki wskazują również na pewną odwrotną zależność zachodzącą pomiędzy biomasą *Keratella cochlearis* a biomasą *Asplanchna priodonta*. W czasie badań prowadzonych w późniejszym okresie podobne zależności stwierdzono nie tylko w jeziorze Brzeziczo, lecz także w eutroficznym jeziorze Bikcze (materiały nie publikowane). Obserwacje te sugerują przypuszczenie, że w określonych warunkach ten ostatni gatunek może prowadzić drapieżny tryb życia, „wyzerając” głównie drobne wrotki, jakimi są: *Keratella cochlearis* i *K. cochlearis hispida*. Niektórzy badacze zaliczają nawet tego największego wrotka planktonowego do typowych drapieżników (2, 4, 15, 24), polującego na pospolicie występujące w wodach stojących populacje *Keratella cochlearis*. Inni zaś (8, 10, 20) uważają go przede wszystkim za makrofiltratora, odżywiającego się większymi gatunkami fitoplanktonu. Wydaje się jednak, że wrotka ten w zależności od istniejących warunków pokarmowych w danym środowisku może być zarówno zoofagiem (drapieżnikiem), jak i fitofagiem (filtratorem). Pewna grupa badaczy na podstawie danych eksperymentalnych i obserwacji terenowych zalicza go nawet do typowych polifagów (7, 12, 19).

W sezonie wiosennym obserwowano odmienną strukturę dominacji w poszczególnych jeziorach. W Bikczu biomasę tworzyły głównie dwa mikrofiltratory: *Keratella cochlearis* i *Filinia logiseta*, a w Brzeziczo natomiast *Keratella cochlearis*. W Piaseczno — trzy mikrofiltratory: *Polyarthra vulgaris*, *Keratella cochlearis* i *Kellicottia longispina* oraz w niektórych terminach badań dwa makrofiltratory: *Asplanchna priodonta* i *Synchaeta pectinata* (tab. 1).

P r o d u k c j a

Poziom produkcji wrotków w poszczególnych jeziorach i w obydwu sezonach badań był zróżnicowany i kształtował się podobnie jak wielkości biomasy, przy czym największe wahania wystąpiły w sezonie późnoletnim (ryc. 1). W tym okresie najniższe wartości tego parametru notowano w jeziorze Piaseczno — 0,0002 — 0,0005 mg/l/dobę. Porównanie wyników z poszczególnych warstw termicznych wskazuje na najwyższe tempo

produkcji w epilimnionie: 0,0002—0,001 mg/l/dobę. Znacznie niższy poziom osiągała ona w metalimnionie: 0,0001—0,0003 mg/l/dobę. Natomiast w hypolimnionie produkcja utrzymywała się na najniższym poziomie: 0,00007—0,0001 mg/l/dobę (ryc. 2). O wielkości produkcji w poszczególnych warstwach termicznych decydował nieco inny skład gatunkowy wrotków. W strefie trofogenicznej (epi- i metalimnionie) przeważały gatunki: *Keratella cochlearis hispida*, *Keratella cochlearis* i *Polyarthra vulgaris*, natomiast w strefie trofolitycznej: *Kellicottia longispina* i *Keratella cochlearis*.

W jeziorze Bikeze produkcja osiągała w tym okresie wielokrotnie wyższy i niemalże równy poziom, wynosiła bowiem 0,016 mg/l/dobę. Podstawową rolę w jej tworzeniu odgrywały dwa mikrofiltratory: *Keratella cochlearis* i *Polyarthra vulgaris*. Najwyższe jej wartości w sezonie późnoletnim notowano w jeziorze Brzeziczo: 0,012—0,427 mg/l/dobę (ryc. 1). O jej wielkości, podobnie jak o wielkości biomasy, decydował prawie zawsze jeden gatunek — *Asplanchna priodonta*, który maksimum pojawu osiągał tylko we wrześniu, zaś średnia dobowo jego produkcja była równa 0,3468 mg/l/dobę (tab. 1). W dystroficznym jeziorze Flosek na Pojezierzu Mazurskim największy udział tego wrotka w ogólnej produkcji filtratorów stwierdzono w czerwcu i w październiku (14). Otrzymane wyniki z dwu klimatycznie zbliżonych regionów kraju wskazują na zaznaczające się różnice czasowe w pojawianiu się maksimum rozwojowych u tego gatunku, nawet w podobnych pod względem troficznym zbiornikach. Wydaje się, że o wielkości populacji tego wrotka decyduje nie tylko skład pokarmowy, lecz także niektóre czynniki edaficzne, jak zawartość kwasów humusowych. Występuje on zazwyczaj mniej licznie w wodach o wysokiej zawartości kwasów humusowych — barwa wody 630° 3). W korzystnych warunkach środowiskowych może osiągać dwa wyraźne maksima rozwojowe w ciągu roku — wiosenne i letnie (15). Jednakowoż w niektórych wodach dystroficznych dość często występuje tylko jeden, letnio-jesienny lub wiosenny szczyt. Późniejsze badania, przeprowadzone w dwu kolejnych latach 1971—1972 w jeziorze Brzeziczo, potwierdziły występowanie u *Asplanchna priodonta* tylko jednego maksimum rozwojowego w sezonie wegetacyjnym (materiały nie publikowane).

W sezonie wiosennym poziom produkcji w badanych jeziorach kształtował się podobnie jak poziom biomasy (ryc. 1). Najniższą produkcję stwierdzono w Brzeziczu, przy czym jej ekstremalne wartości zamykały się w bardzo wąskim przedziale 0,002—0,003 mg/l/dobę (ryc. 1). Na jej wielkość miała zasadniczy wpływ *Keratella cochlearis*, której średnia produkcja w tym okresie wynosiła 0,0019 mg/l/dobę i była ok. 10-krotnie wyższa w porównaniu z wielkością tego czynnika dwu pozostałych komponentów. Średnia dobowo produkcja wszystkich gatunków wynosiła 0,00273 mg/l

Tab. 1. Średnie wartości biomasy (\bar{B}) i produkcji (\bar{P}) * dominujących
Averages of biomass (\bar{B}) and production (\bar{P}) * of the dominant species

Gatunek Species	Piaseczno						Brze		
	Wiosna 1969 Spring			Późne lato 1968 Late summer			Wiosna 1969 Spring		
	\bar{B} mg/l/dobę mg/l/day	\bar{P} mg/l/dobę mg/l/day	\bar{P}/\bar{B} dobowy daily	\bar{B} mg/l/dobę mg/l/day	\bar{P} mg/l/dobę mg/l/day	\bar{P}/\bar{B} dobowy daily	\bar{B} mg/l/dobę mg/l/day	\bar{P} mg/l/dobę mg/l/day	\bar{P}/\bar{B} dobowy daily
<i>Asplanchna priodonta</i> (Gosse)	0,06350	0,01200	0,19	—	—	—	—	—	—
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrb.)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Kellicottia longispina</i> (Kell.)	0,01285	0,00144	0,11	0,00043	0,00005	0,12	0,00048	0,00009	0,19
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse)	0,01582	0,00285	0,18	0,00015	0,00003	0,19	0,01030	0,00190	0,18
<i>K. cochlearis hispida</i> (Laut.)	0,00758	0,00111	0,15	0,00022	0,00005	0,22	0,00130	0,00024	0,18
<i>Polyarthra vulgaris</i> Carl.	0,02620	0,00572	0,22	0,00057	0,00028	0,49	0,00165	0,00050	0,3
<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrb.	0,01349	0,00131	0,1	—	—	—	—	—	—
Wszystkie gatunki Total species	0,13940	0,02570	0,18	0,00137	0,00041	0,3	0,01370	0,00273	0,2

* Produkcja wrotków wyliczona metodą Gałkowskiej.

i była ponad 100 razy niższa w porównaniu z okresem późnoletnim, kiedy wynosiła aż 0,3634 mg/l/dobę (tab. 1).

W jeziorze Piaseczno produkcja kształtowała się na znacznie wyższym poziomie: 0,0060—0,0249 mg/l/dobę (ryc. 1). Szczególnie wysokie jej wartości notowano w ostatniej dekadzie maja w górnych warstwach termicznych, kiedy licznie występowały dwa makrofiltratory: *Asplanchna priodonta* i *Synchaeta pectinata*. Natomiast w warstwach przydennych, podobnie jak w sezonie wiosennym, produkcja była w tym czasie wielokrotnie

gatunków wrotków w pelagialu w trzech badanych jeziorach
of Rotifers in the pelagial of the three investigation lakes

ziczno			Bikcze					
Późne lato 1968 Late summer			Wiosna 1969 Spring			Późne lato 1968 Late summer		
B mg/l/dobę mg/l/day	P mg/l/dobę mg/l/day	P/B dobowy daily	B mg/l/dobę mg/l/day	P mg/l/dobę mg/l/day	P/B dobowy daily	B mg/l/dobę mg/l/day	P mg/l/dobę mg/l/day	P/B dobowy daily
1,11320	0,34680	0,31	—	—	—	—	—	—
—	—	—	0,05340	0,02470	0,46	—	—	—
—	—	—	0,01250	0,00225	0,18	0,00090	0,00023	0,26
0,06540	0,01590	0,24	0,21256	0,03728	0,17	0,02795	0,00550	0,23
0,00280	0,00070	0,27	0,00650	0,00106	0,18	0,00384	0,00084	0,12
—	—	—	0,01460	0,00400	0,17	0,02075	0,00825	0,4
—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,18120	0,36340	0,31	0,29950	0,06930	0,23	0,05344	0,01582	0,3

* Production of the rotifers calculated according to the method of Gałkowska.

mniejsza (ryc. 2), a jej wartości wykazywały niewielkie wahania, w granicach 0,0013—0,0033 mg/l/dobę. Średnia dobową produkcja w całym słupie wody wynosiła 0,02570 mg/l/dobę i była ponad 100-krotnie wyższa niż w sezonie późnoletnim, kiedy to osiągała zaledwie wielkość 0,00041 mg/l/dobę (tab. 1).

Najwyższą produkcję w sezonie wiosennym stwierdzono w eutroficznym jeziorze Bikcze (ryc. 1). Wartości jej były bardzo zróżnicowane, ponieważ zamykały się w przedziale 0,0075—0,1343 mg/l/dobę. Poziom jej

Tab. 2. Średnie wartości biomasy (\bar{B}) i produkcji (\bar{P}) * wybranych
 Averages of biomass (\bar{B}) and production (\bar{P}) * of some species

Gatunek Species	Piaseczno			Brze		
	Wiosna 1969 Spring			Wiosna 1969 Spring		
	\bar{B} mg/l/dobę mg/l/day	\bar{P} mg/l/dobę mg/l/day	P/B dobowy daily	\bar{B} mg/l/dobę mg/l/day	\bar{P} mg/l/dobę mg/l/day	P/B dobowy daily
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrb.)	—	—	—	—	—	—
<i>Kellicottia longispina</i> (Kell.)	0,01285	0,00056	0,04	—	—	—
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse)	0,01582	0,00044	0,03	0,01030	0,00070	0,07
<i>K. cochlearis hispida</i> (Laut.)	0,00758	0,00115	0,15	0,00300	0,00026	0,09
Wszystkie gatunki Total species	0,03625	0,00215	0,06	0,01330	0,00096	0,07

* Produkcja wrotków wyliczona metodą Edmondsona.

tworzyły głównie dwa mikrofiltratory: *Filinia longiseta* i *Keratella cochlearis*, których średnia dobowa produkcja wahała się w granicach 0,02470—0,03728 mg/l/dobę (tab. 1). W tym sezonie średnia dobowa produkcja całego zespołu wrotków wynosiła 0,0693 mg/l/dobę i była ok. 4-krotnie wyższa niż w okresie późnoletnim, gdyż w owym czasie osiągała wielkość 0,01582 mg/l/dobę (tab. 1).

Dobowy współczynnik P/B

Wyliczenie współczynnika P/B daje możliwość porównania tempa produkcji i przyrostu biomasy gatunków o różnych cyklach życiowych, których długość uzależniona jest od zmiennych warunków środowiskowych. Współczynnik ten jest zatem wykładnikiem średniej wymiany populacji, czyli tzw. „średniego turnover” (14).

W badanych jeziorach najwyższe tempo produkcji w obydwu sezonach osiągała *Polyarthra vulgaris*, dla której współczynnik P/B wynosił od 0,22 w mezotroficznym jeziorze Piaseczno do 0,30 w dystroficznym jeziorze Brzeziczo w okresie wiosennym oraz od 0,40 w eutroficznym jeziorze Bikcze do 0,49 w mezotroficznym jeziorze Piaseczno w okresie późnoletnim. Natomiast najniższe wartości tego wskaźnika notowano u *Synchaeta pectinata* (0,10), która wystąpiła wyłącznie w jeziorze Piaseczno w sezonie wiosennym. Pozostałe gatunki charakteryzowały się podobnymi wartościami współczynnika P/B w każdym zbiorniku, jednak na ogół niższe były w okresie wiosennym (tab. 1, 2).

Występowanie wysokich wartości dobowego współczynnika P/B u większości gatunków, a zwłaszcza u *Polyarthra vulgaris* i *Filinia longiseta* wy-

gatunków wrotków w pelagialu w trzech badanych jeziorach
of Rotifers in the pelagial of the three investigation lakes

ziczno			Bikcze					
Późne lato 1968 Late summer			Wiosna 1969 Spring			Późne lato 1968 Late summer		
\bar{B} mg/l/dobę daily	\bar{P} mg/l/dobę mg/l/day	P/B dobowy daily	\bar{B} mg/l/dobę mg/l/day	\bar{P} mg/l/dobę mg/l/day	P/B dobowy daily	\bar{B} mg/l/dobę mg/l/day	\bar{P} mg/l/dobę mg/l/day	P/B dobowy daily
—	—	—	0,05340	0,00337	0,06	—	—	—
0,06540	0,00378	0,06	0,21256	0,01023	0,05	0,02795	0,00180	0,06
0,00260	0,00022	0,08	—	—	—	—	—	—
0,06800	0,00400	0,06	0,26596	0,01360	0,05	0,02795	0,00180	0,06

* Production of the rotifers calculated according to the method of Edmondson.

nika z zastosowania metody Gałkowskiej do oceny produkcji, która zakłada, że populacja rozmnaża się ze stałą szybkością, proporcjonalną wyłącznie do zmian temperatury. Założenie to prowadzi niekiedy do otrzymywania wyników wyraźnie zawyżonych, leżących na granicy „możliwości reprodukcyjnych” danej populacji. Jeżeli porówna się produkcję tych samych gatunków, skalkulowaną obydwiema metodami (Gałkowskiej i Edmondsona), to okazuje się, iż jej wartości otrzymane metodą Edmondsona są wielokrotnie niższe w porównaniu z wartościami produkcji uzyskanymi metodą Gałkowskiej. Dobowy wskaźnik P/B jest także wielokrotnie niższy w przypadku zastosowania metody Edmondsona do wyliczenia produkcji (tab. 1, 2). Bardzo wyraźne różnice w wartościach P/B występowały u *Filinia longiseta*, dla której współczynnik ten wynosił 0,46 (jez. Bikcze) przy użyciu metody Gałkowskiej oraz zaledwie 0,06 przy metodzie Edmondsona (tab. 1, 2). Chociaż w metodzie Gałkowskiej są pewne niedociągnięcia, to jednak często znajduje ona zastosowanie do oceny produkcji wrotków, gdyż można ją odnieść do wszystkich gatunków, a nie tylko do form „noszących jaja”.

Znamienne jest również to, że pospolity wrotek planktonowy *Keratella cochlearis* osiągał w tych jeziorach znacznie niższy dobowy współczynnik P/B niż w podobnych pod względem troficznym jeziorach mazurskich. I tak w eutroficznym Jeziorze Mikołajskim wynosił on 0,14 wiosną i 0,09 latem, a w mezotroficznym jeziorze Tałowisko od 0,16 wiosną do 0,07 latem (13). Natomiast w eutroficznym jeziorze Bikcze wahał się od 0,05 w okresie wiosennym do 0,06 w okresie późnoletnim, a w mezotroficznym jeziorze Piaseczno wynosił 0,03 w sezonie wiosennym (tab. 2).

Gatunki wrotków „noszące jaja” nie wykazywały wyraźnych różnic

wań dobowego współczynnika P/B, zarówno pomiędzy poszczególnymi jeziorami, jak i pomiędzy sezonami, ponieważ jego wartości wahały się od 0,05 w okresie wiosennym w jeziorze Biczko do 0,07 również na wiosnę w jeziorach Brzeziczno i Piaseczno (tab. 2). Otrzymane wyniki wskazują na to, że w badanych jeziorach, niezależnie od ich charakteru troficznego, podobne tempo produkcji wrotków „noszących jaja” występuje w obydwu sezonach badań. Wystąpiło natomiast większe zróżnicowanie wartości „średniego turnover” tych gatunków pomiędzy jeziorami w okresie wiosennym, gdy biomasa osiągała niższy poziom (tab. 1, 2). Podobną zależność otrzymano w czasie badań prowadzonych nad produkcją *K. cochlearis* w jeziorach mazurskich Mikołajskie i Tałtowisko), z tą tylko różnicą, że niższa abundancja tego gatunku wystąpiła nie w okresie wiosennym, lecz na przełomie lata i jesieni (13).

PIŚMIENNICTWO

1. Bernatowicz S.: Czerpacz do ilościowego połowu planktonu. „Wszechświat” 127—128 (1953).
2. Bregman J. E.: Rost i produkcja kołowratki *Asplanchna priodonta* w ewtrofnom ozerie Driwiaty. [w:] Metody opriedielenija produkcji wodnych żywotnych. Mińsk 1968, 184—194.
3. Czeczuga B.: Wpływ związków humusowych na zooplankton. Roczniki Akademii Medycznej im. J. Marchlewskiego w Białymstoku 3, 85—126 (1957).
4. Dumont H. J.: A Competition — Based Approach of the Reverse Vertical Migration in Zooplankton and its Implications, Chiefly Based on a Study of the Interactions of the Rotifers *Asplanchna priodonta* Gosse with Several Crustacea — *Entomostraca*. Int. Revue ges. Hydrobiol., Hydrograf. 57, 1—38 (1972).
5. Edmondson W. T.: Reproductive Rate of Rotifers in Natural Populations Men. Ist. Ital. Idrobiol. 12, 21—77 (1960).
6. Edmondson W. T.: Reproductive Rate of Planktonic Rotifers as Related to Food and Temperature in Nature. Ekol. Monogr. 35, 61—111 (1965).
7. Ejsmont-Karabin J.: Studies on the Feeding of Planktonic Polyphage *Asplanchna priodonta* Gosse (*Rotatoria*). Ekol. Pol. 22, 311—317 (1974).
8. Erman L. A.: Ob ispolzowanii troficzeskich riesursow wodojomow planktonnymi kołowratkami. Bjul. Mosk. Obszcz. Ispytat. Prirody, Odz. Biol. 67, 32—47 (1962).
9. Fijałkowski D.: Szata roślinna jezior Łęczyńsko-Włodawskich i przylegających do nich torfowisk. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska sectio B 14, 131—206 (1959).
10. Gałkowska G. A.: K woprosu o pitanii planktonnych kołowratok. Dokł. Akad. Nauk Biełorusk. SSR 7, 202—205 (1963).
11. Gałkowska G. A.: Planktonnyje kołowratki i ich rol w produktiwnosti wodojomow. Awtorief. kand. disiert. B.G.U. 1—19 (1965).
12. Gliwicz Z. M.: Studies on the Feeding of Pelagic Zooplankton in Lakes with Varying Trophy. Ekol. Pol. seria A 17, 663—708 (1969).
13. Hillbrich-Ilkowska A.: Attempt at Evaluation of the Production and

- Turnover of Plankton Rotifers on the Example of *Keratella cochlearis* Gosse. Bul. Acad. Pol. Sciences, CI II 15, 35—40 (1967).
14. Hillbricht-Ilkowska A., Spodniewska I., Węgleńska T., Karabin A.: The Seasonal Variation of some Ecological Efficiencies and Production Rates in Plankton Community of Several Polish Lakes of Different Trophy. *Proced. of the IBP-Unesco Symp. on Productiv. Problems of Freshwater.* Warszawa—Kraków 1972, 111—127.
 15. Hillbricht-Ilkowska A., Kajak Z., Ejsmont-Karabin J., Karabin A., Rybak J.: Ecosystem of the Mikołajskie Lake, The Utilization of the Consumers Production by Invertebrate Predators in Pelagic and Profundal Zones. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 22, 53—64 (1975).
 16. Kosowa A. A.: Wyzieslenije wiesia niekotorych form zooplanktona nizowjew dielty Wołgi. *Trudy astrach. gos. zapow.* 5, 151—159 (1961).
 17. Kowalczyk Cz., Popiołek B., Radwan S.: Porównanie liczebności i biomasy zooplanktonu w wybranych okresach w trzech jeziorach o różnej trofii. *Ann. Univ. Marie Curie-Skłodowska sectio C* 31 (1976).
 18. Morduchaj-Bołtowska E. D.: Materiały po sriedniemu wiesu wodnych biezpozwonocznych bassiejna Dona. *Trudy problem.-tiemat. nowoszcz.* 2, 75—88 (1954).
 19. Nauwerck A.: Die Beziehungen zwischen Zooplankton und Phytoplankton im See. *Erken. bot. upsal.* 17, 1—163 (1963).
 20. Pourriot R.: Recherches sur l'écologie des rotifères. *Vie et Milieu, supp.* 21, 1—224 (1965).
 21. Pourriot R., Delouzarches M.: Recherches sur la biologie des rotifères, II. Influence de la température sur la durée du développement embryonnaire et post-embryonnaire. *Ann. Limnol.* 7, 25—52 (1971).
 22. Pourriot R., Hillbricht-Ilkowska A.: Recherches sur la biologie de quelques rotifères planctoniques. I. Résultats préliminaires. *Bull. Soc. Zool. Fr.* 94, 111—118 (1969).
 23. Radwan S.: Wrotki pelagiczne jezior Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego. *Studium faunistyczno-ekologiczne. Rozprawy Naukowe. Akad. Roln. w Lublinie* 8, 1—57 (1973).
 24. Sorokin J. I., Morduchaj-Bołtowskaja E. D.: Izuczenije pitanija kolowratok *Asplanchna priodonta* s pomoszczju C¹⁴. *Bjul. Inst. Biol. Wodochr.* 12, 17—20 (1962).
 25. Wilgat T.: Jeziora Łęczyńsko-Włodawskie. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska sectio B* 8, 37—121 (1954).

РЕЗЮМЕ

Исследования проводились в 1968—1970 гг. в трех трофически разных озерах Ленчинско-Влодавского поозерья: мезотрофном озере Пясечно, эвтрофном Бикче и дистрофном озере Бжезично.

Подсчитывались биомасса и продукция доминирующих видов коловраток (при этом учитывался характер трофности) и сравнивались величины этих факторов в двух сезонах: весеннем и летнем.

На основе полученных данных установлено, что величины биомассы и продукции в отдельных озерах зависели от видового состава пелагических коловраток, выступающих в рассматриваемых сезонах. В летний период самые вы-

сокие величины биомассы отмечались в озере Бжезично. Решающее значение для величины биомассы и величины продукции имел один вид — *Asplanchna priodonta*. Несколько более низкие величины биомассы и продукции наблюдались в озере Бикче; решающее значение для параметров здесь имели два микрофильтратора: *Keratella cochlearis* и *Polyarthra vulgaris*. Самые низкие величины биомассы и продукции были в озере Пясечно. Сравнение результатов отдельных термических слоев озера Пясечно указывает на то, что наивысший темп продукции наблюдается в эпилимниоле, значительно более низкий — в металимниоле и самый низкий — в гипolimниоле. В трофогенической зоне решающим для продукции были следующие коловратки: *Keratella cochlearis hispida*, *Keratella cochlearis*, *Polyarthra vulgaris*.

Весной формирование биомассы и продукции в отдельных озерах происходило иначе. Наивысшие величины биомассы отмечались в эвтрофном озере Бикче, главными компонентами в образовании биомассы в котором были два микрофильтратора: *Keratella cochlearis* и *Filinia longiseta*. Средняя суточная продукция всего сообщества коловраток также была высокой — почти в 4 раза больше, чем в летний период. В озере Пясечно решающее значение для величины биомассы в этот период имели виды *Polyarthra vulgaris* и *Keratella cochlearis*, а временами и *Asplanchna priodonta*. Среднесуточная продукция во всем водянном столбе была более чем в 60 раз выше, чем в летнем сезоне. В весеннем сезоне самые низкие величины биомассы и продукции отмечались в озере Бжезично, а их значение зависело только от *Keratella cochlearis*. По сравнению с летним периодом среднесуточная продукция в этом озере была более чем в 100 раз ниже.

Самый высокий темп продукции в обоих озерах и в обоих сезонах достигала *Polyarthra vulgaris*, суточный коэффициент Р/В которой достигал 0,22 в мезотрофном озере Пясечно, 0,30 в дистрофном озере Бжезично (в весенний период) и 0,40 в эвтрофном озере Бикче, 0,49 в мезотрофном озере Пясечно в летний период. Самые низкие величины этого коэффициента наблюдались у *Synchaeta pectinata* (0,10), которая выступала в озере Пясечно только в летнем сезоне. Не обнаружено колебаний в величине суточного коэффициента Р/В у видов, „несущих яйца”, как между отдельными озерами, так и отдельными сезонами. Темп продукции у этих видов в обоих исследовательских сезонах был похожим и не зависел от трофии водоема.

SUMMARY

The investigations were conducted in 1968—1970 in three lakes, each with a different trophic character, of the Łęczna—Włodawa Lake Region. The lakes were: the mesotrophic lake Piaseczno, the eutrophic lake Bikcze and the dystrophic lake Brzeziczno. In the investigated lakes the amount of biomass and the production of the dominant species of rotifers in relation to the trophic character of each reservoir were calculated; then their amounts in spring and in summer were compared.

It was found, on the basis of the results obtained, that the amount of biomass and that of production were determined by the specific composition of pelagic rotifers occurring in the different seasons of the period of investigation. In summer the highest value of biomass was that in lake Brzeziczno. The amount of biomass as well as the amount of production were determined there by one species, *Asplanchna priodonta*. The same values were found to be slightly lower in lake

Bikcze. An essential role in determining these values in this particular reservoir was played by two microfiltrators: *Keratella cochlearis* and *Polyarthra vulgaris*. At the same time it was found that the lowest values of biomass and production were those of lake Piaseczno. A comparison of the results from the different thermic zones in lake Piaseczno shows that the rate of production is higher there in epilimnion, that it is considerably lower in metalimnion and the lowest in hypolimnion. The species of rotifers that jointly determined the production in the trophogenic zone were: *Keratella cochlearis hispida*, *Keratella cochlearis* and *Polyarthra vulgaris*.

In spring, biomass and production were different in the examined lakes. The highest value of biomass was found in the eutrophic lake Bikcze when the main components of biomass were the two microfiltrators, *Keratella cochlearis* and *Filinia longiseta*.

The mean daily production of the whole community of rotifers was also high and was about four times higher than its summer value. In summer, the value of biomass in lake Piaseczno was determined by: *Polyarthra vulgaris* and *Keratella cochlearis*; in some periods, in addition, the determining role was also played by *Asplanchna priodonta*. The mean daily production in the whole column of water was over 60 times that of the production in summer. The lowest values of biomass and production were recorded in lake Brzeziczno, where they were determined solely by *Keratella cochlearis*. The mean daily production in that lake was over 100 times lower than its production in the summer season.

In the investigated lakes, the highest production rate was reached in both seasons by *Polyarthra vulgaris*, for which the daily P/B coefficient ranged from 0.22 in the mesotrophic lake Piaseczno to 0.30 in the dystrophic lake Brzeziczno in spring, and from 0.40 in the eutrophic lake Bikcze to 0.49 in the mesotrophic lake Piaseczno in summer time. At the same time, the lowest values of this index were recorded in *Synchaeta pectinata* (0.10) which occurred only in lake Piaseczno and only in the spring season. In the case of the "egg-carrying" species no clear fluctuations were found in the daily P/B coefficient either in the comparisons of the particular lakes or of the different seasons. These species had a similar rate of production in both seasons in which the investigation was conducted, independently of the trophy of the given reservoir.

