

PRODUKTYWNOŚĆ PIERWOTNA PLANKTONU DWÓCH TROFICZNIE ZRÓŻNICOWANYCH JEZIOR POLESKIEGO PARKU NARODOWEGO*

K. Czernaś

Katedra Ekologii Ogólnej, Akademia Rolnicza, ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin, Polska
e-mail: kczeko@agros.ar.lublin.pl

S t r e s z c z e n i e. W latach 1996–1997, w okresie lata i jesieni badano produktywność pierwotną planktonu strefy śródziejerza i litoralu dwóch jezior różniących się pod względem troficznym, usytuowanych na terenie Poleskiego Parku Narodowego. Produkcję pierwotną brutto mierzono metodą tlenową a koncentrację chlorofilu *a* oznaczano metodą alkoholową. Wartości produkcji pierwotnej fitoplanktonu i stężenia chlorofilu *a* w wodzie były w obu jeziorach – w eutroficznym Łukie i polihumusowym Mosznie, zdecydowanie wyższe latem niż jesienią i w śródziejerzu niż w litoralu. Wysokie wartości produktywności pierwotnej i liczby asymilacyjnej wskazywały na żyzny charakter wody tych dwóch jezior.

S ł o w a k l u c z o w e: jeziora, trofia, fitoplankton, produkcja pierwotna, koncentracja chlorofilu *a*, liczba asymilacyjna

WSTĘP

Produktywność pierwotna jest to przekształcenie energii promieniowania słonecznego w energię wiązań chemicznych. Energia ta zostaje zmagazynowana w nowopowstających związkach organicznych z uwzględnieniem jej uwalniania w procesie oddychania. Jako pierwszy etap przepływu energii ogniwo prze łańcuch pokarmowym, jest ona miarą aktywności poszczególnych fitocenoz w ekosystemach zarówno lądowych jak i wodnych, np. dla fitoplanktonu w pelagialu i litoralu, czy dla peryfitonu w eulitoralu, są podstawowym parametrem wykorzystywanym przy klasyfikacji jezior. Produktywność pierwotną w wodzie można mierzyć metodami bezpośrednimi (pomiar produkcji pierwotnej brutto) lub metodami

*Badania wykonano w ramach projektu KBN, Nr 6 P04F05810

pośrednimi (np. poprzez oznaczenie koncentracji chlorofilu *a*). Z czterech jezior znajdujących się na terenie Poleskiego Parku Narodowego do badań wybrano jezioro Łukie i jezioro Moszne, znacznie różniące się między sobą pod względem florystycznym, faunistycznym i typem troficznym wód. Przeprowadzone badania były kontynuacją pomiarów produktywności fitoplanktonu dokonanych w latach 1993-1995 [1].

CHARAKTERYSTYKA TERENU BADAŃ

Badania prowadzono w jeziorach Łukie i Moszne, scharakteryzowanych przez Fijałkowskiego [3] odpowiednio jako eutroficzne i dystroficzne. Obydwa jeziora znajdują się na terenie Poleskiego Parku Narodowego, w wschodniej Polsce. Jezioro Łukie jest jednym z największych jezior na Pojezierzu Łęczyńsko-Włodawskim i zajmuje powierzchnię 150,1 ha. Linia brzegowa, której długość wynosi 6,05 km, otoczona jest zbiorowiskiem trzciny i innych roślin szuwarowych. Obniżenie w zlewni poziomu wód gruntowych oraz zaniechanie gospodarki rybackiej w tym jeziorze spowodowało w ostatnich latach silny rozwój makrofitów i znaczne wypłycenie zbiornika. Michalczyk [8] podaje maksymalną głębokość 6,5 m, ale w trakcie wykonywanych badań w śródziejzuru notowano od 2,5 do 3 m głębokości. Widzialność wody w tych miejscach była do dna. Odczyn wody wahał się w śródziejzuru od pH 8,0 do 8,9 a w litoralu od 8,0 do 8,3. Natomiast przewodnictwo elektrolityczne wynosiło od 206 do 280,1 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ i było nieco wyższe w strefie litoralu (Tabela 1).

Dystroficzne jezioro Moszne, Wilgat i in. [12] zaliczyli do zbiorników zanikających. Powierzchnia jeziora zajmuje 17,5 ha. Na całej długości linii brzegowej, która wynosi 1,68 km [8] sąsiaduje ono z torfowiskiem o charakterze przejściowym a miejscami z torfowiskiem wysokim. Notowana głębokość wody w strefie środkowej wynosiła 1,5 m a widzialność wody sięgała dna. Jezioro charakteryzuje się bardzo dużą miąższością osadów dennych. Odczyn wody notowany w trakcie badań wahał się od pH 7,3 do 8,1. Przewodnictwo elektrolityczne było znacznie niższe niż w jeziorze Łukie i zawierało się w granicach od 168 do 179 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ (Tabela 1).

METODYKA BADAŃ

Badania prowadzono w jeziorach Łukie i Moszne w sezonie letnim i jesiennym, w latach 1996-1997. Stanowiska badawcze zostały zlokalizowane w strefie

Tabela 1. Wartości pH, temperatury i przewodnictwa elektrolitycznego wody w śródziezierszu i w strefie litoralu w czasie pomiarów

Table 1. pH, temperature and electrolitical conductivity of water in the midlake and littoral zone during the time of measurements

Jezioro	Właściwości	05.07.1996		11.09.1996		17.07.1997		25.09.1997	
		Śródziez	Litoral	Śródziez	Litoral	Śródziez	Litoral	Śródziez	Litoral
Łukie	pH	8,5	8,0	8,0	8,4	8,9	8,3	8,3	8,1
	Temperatura wody °C	17,5	16,5	8,5	8,0	21,2	21,4	12,5	12,2
	Przew. elektr. ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	274,5	280,1	241,0	264,5	206,0	216,0	210,2	224,0
Moszne	pH	8,1	7,3	7,5	7,5	8,0	7,8	7,8	8,0
	Temperatura wody °C	17,5	17,5	7,8	7,5	20,0	20,5	11,5	11,5
	Przew. elektr. ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	177,0	179,0	168,0	174,6	170,0	176,0	174,0	179,0

śródzieziersza oraz w strefie litoralu, w niedalekiej odległości od pasa makrofitów. Próbkę wody z fitoplanktonem pobierane czerpaczem Patalasa eksponowano w miejscach ich poboru w jasnych i ciemnych butelkach o pojemności 175 ml. Czas ekspozycji był zawsze jednakowy i trwał od godz. 10 do godz. 14. Do bezpośrednich pomiarów globalnej produkcji pierwotnej (brutto) fitoplanktonu stosowano metodę jasnych i ciemnych naczyń o pojemności 175 ml [13], opartą na miareczkowej metodzie Winklera pomiarów koncentracji tlenu w wodzie, wydzielonego w procesie fotosyntezy. Wartości produkcji pierwotnej dla celów porównawczych zostały przeliczone na mg węgla pod powierzchnią 1 m^2 w słupie wody i na 1 godz. ($\text{mg C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ [11]).

Do określenia produktywności pierwotnej zastosowano jednocześnie (w tych samych stanowiskach) metodę pośrednią, polegającą na oznaczeniu stężenia chlorofilu *a* w fitoplanktonie. W tym celu filtrowano próby wody o objętości 1 dm^3 przez sączki Whatman GF/C. Następnie sączki wraz z zawiesiną homogenizowano i zalewano gorącym alkoholem etylowym. Koncentrację chlorofilu *a* mierzono za pomocą kolorymetru spektralnego Specol w zakresie fal 665 i 750 nm [9]. Wyniki przeliczono na powierzchnię 1 m^2 w słupie wody. Każda seria doświadczeń pomiarów produktywności była wykonana w trzech powtórzeniach, co pozwoliło na wyliczenie odchylenia standardowego i współczynnika zmienności V (stosunek odchylenia standardowego do wartości średniej $\cdot 100\%$), który jest miarą rozrzutu wyników a tym samym świadczy o powtarzalności pomiarów [10].

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Wartości produkcji pierwotnej brutto i stężenie chlorofilu *a* w śródziejerzu jeziora Łukie były znacząco wyższe w porównaniu do wartości w strefie litoralnej. Najwyższe wyniki tych parametrów zanotowano w lecie 1997, odpowiednio 205,99 mg C · m⁻² · h⁻¹ i 44,80 mg · m⁻². We wszystkich przypadkach niższe wartości produktywności fitoplanktonu notowano w terminach jesiennych, które w roku 1996 wynosiły: produkcja pierwotna w śródziejerzu 79,85 mg C · m⁻² · h⁻¹ i chlorofil 15,65 mg · m⁻² oraz w litalu odpowiednio 45,65 mg C · m⁻² · h⁻¹ i 5,56 mg · m⁻² (Tabela 2). Należy zwrócić uwagę na stosunkowo niskie wartości współczynnika zmienności.

Tabela 2. Wartości produkcji pierwotnej (mg C · m⁻² · h⁻¹) i stężenia chlorofilu *a* (mg · m⁻²) w wodzie śródziejerza i litoralnej w jeziorze Łukie, w poszczególnych terminach badań

Table 2. Values of primary production (mg C · m⁻² · h⁻¹) in water of the midlake and littoral of Łukie Lake during the time of measurements

Właściwości	05.07.1996		11.09.1996		17.07.1997		25.09.1997	
	Śródziejz.	Litoral	Śródziejz.	Litoral	Śródziejz.	Litoral	Śródziejz.	Litoral
Produkcja pierwotna								
n	3	3	3	3	3	3	3	3
Wartość średnia	135,41	66,85	79,85	45,65	205,99	148,9	98,54	59,32
SD	31,13	21,14	25,52	19,77	36,99	16,59	6,09	20,61
V	22,99	31,63	31,96	43,30	17,96	11,14	6,18	34,74
Stężenie chlorofilu <i>a</i>								
n	3	3	3	3	3	3	3	3
Wartość średnia	26,96	10,67	15,65	5,56	44,80	40,33	24,68	12,88
SD	9,69	1,81	1,63	0,55	1,78	22,98	5,49	3,81
V	35,93	16,96	10,38	9,89	3,96	56,97	22,23	29,57

W jeziorze Moszne produkcja pierwotna brutto i stężenie chlorofilu *a* fitoplanktonu charakteryzowały się zdecydowanie niższymi wartościami w porównaniu do jeziora Łukie. We wszystkich datach były one wyższe w śródziejerzu w porównaniu do wartości litoralnej a najwyższe wyniki zanotowano w lecie 1997 (pr. pierw. 45,89 mg C · m⁻² · h⁻¹; chlorofil *a* 10,23 mg · m⁻²). Także we wszystkich przypadkach w terminach jesiennych notowano niższe wartości produktywności fitoplanktonu. Najniższe wartości zanotowano jesienią 1996 roku, podobnie jak w jeziorze Łukie (Tabela 3).

Z zestawienia dla lat 1996-1997 wartości średnich rocznych produktywności fitoplanktonu śródziejerza i strefy litoralnej, wynika, że w jeziorze Łukie była ona

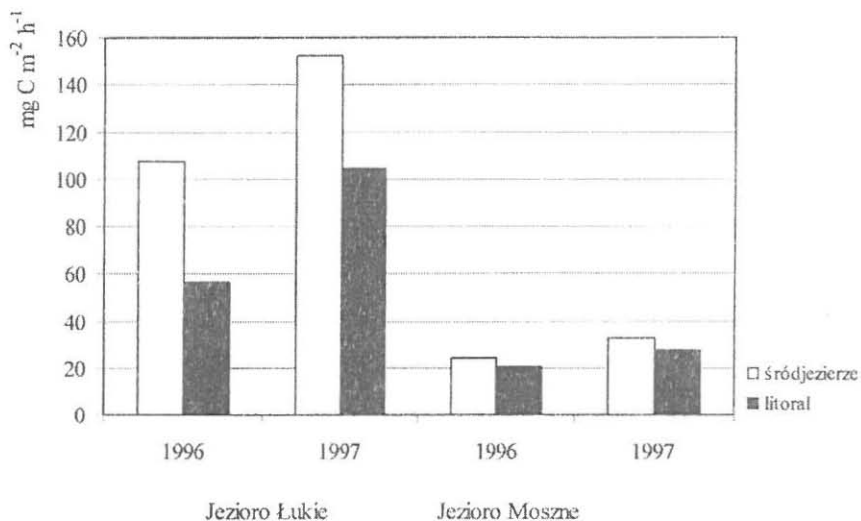
Tabela 3. Wartości produkcji pierwotnej ($\text{mg C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$) i stężenia chlorofilu a ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$) w wodzie śródziejerza i litoralu w jeziorze Moszne, w poszczególnych terminach badań

Table 2. Values of primary production ($\text{mg C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$) in water of the midlake and littoral of Moszne Lake during the time of measurements

Właściwości	05.07.1996		11.09.1996		17.07.1997		25.09.1997	
	Śródziez.	Litoral	Śródziez.	Litoral	Śródziez.	Litoral	Śródziez.	Litoral
Produkcja pierwotna								
n	3	3	3	3	3	3	3	3
Wartość średnia	34,28	29,25	14,69	11,56	45,89	39,66	18,90	15,67
SD	9,73	13,20	7,38	4,23	12,22	13,68	6,81	2,03
V	28,38	75,14	50,27	36,59	26,62	34,48	36,04	12,96
Stężenie chlorofilu α								
n	3	3	3	3	3	3	3	3
Wartość średnia	5,23	3,69	3,15	2,21	10,23	9,45	5,15	4,72
SD	1,53	1,17	0,25	0,84	3,32	3,97	1,58	2,68
V	29,29	31,63	8,08	38,03	32,45	42,05	30,64	56,90

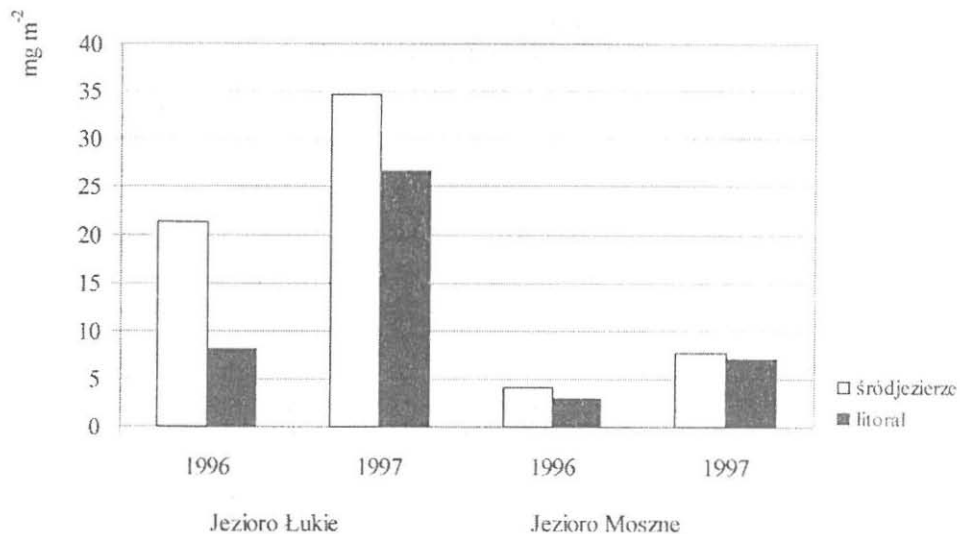
aż o 1,6 razy większa w strefie otwartej jeziora. Spowodowane jest to silniejszym falowaniem i mieszaniem się wód śródziejerza oraz jej kontaktem z osadem dennym, bogatym w substancje biogenne. W roku 1997 we wszystkich stanowiskach badawczych średnie roczne wartości produkcji pierwotnej i stężenia chlorofilu a były zdecydowanie wyższe w porównaniu do roku 1996 (Rys. 1 i 2.). Kajak [6] podając zakresy produkcji pierwotnej w zależności od trofii jeziora, uważa jezioro o charakterze eutroficznym wtedy, kiedy ta wartość przekracza $1000 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$. Gdyby otrzymane wartości produkcji pierwotnej w jeziorze Łukie przeliczyć na 16-godzinny dzień w okresie lata i 12-godzinny w jesieni, to wskazywałyby one także na eutroficzny charakter tego jeziora. Porównując produktywność fitoplanktonu z wynikami uzyskanymi w poprzednich latach, należy stwierdzić zdecydowanie niższe jej wartości w latach 1993-1994, kiedy zanotowano najniższą wartość produkcji pierwotnej $84,1 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ i chlorofilu a $15,27 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2}$ w śródziejerzu [1].

O eutroficznym charakterze tego jeziora świadczy także liczba asymilacyjna. Wyliczona jako iloraz produkcji pierwotnej brutto (w $\text{mg C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$) do stężenia chlorofilu a (w $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$) jest ona wskaźnikiem żyzności wód jeziornych w pelagialu. Jej wartość 0,1-1 wskazuje oligotrofię, 1-2 wskazuje na mezotrofię, a powyżej 3 na eutrofię [5]. Wartości liczby asymilacyjnej w jeziorze Łukie wahały



Rys. 1. Średnie roczne wartości produkcji pierwotnej w jeziorze Łukie i jeziorze Moszne w latach 1996-1997

Fig. 1. Mean annual values of primary production in Łukie Lake and Moszne Lake in 1996-1997



Rys. 2. Średnie roczne wartości stężenia chlorofilu α w jeziorze Łukie i jeziorze Moszne w latach 1996-1997

Fig. 2. Mean annual values of chlorophyll α concentration in Łukie Lake and Moszne Lake in 1996-1997

Tabela 4. Liczba asymilacyjna (produkcja pierwotna/koncentracja chlorofilu α) w jeziorze Łukie i jeziorze Moszne, w latach 1996-1997

Table 4. Assimilation number (primary production chlorophyll α concentration) in Łukie Lake and Moszne Lake in 1996-1997

Rok	Jezioro Łukie		Jezioro Moszne	
	Śródziejrze	Litoral	Śródziejrze	Litoral
1996	5,06	5,95	5,61	6,57
1997	4,3	4,2	4,1	3,8
Średnia	4,68	5,69	4,85	5,17

się od 4,3 do 5,95 a średnia dla lat 1996-1997 wyniosła 4,68 dla śródziejorza i 5,69 dla litoralu (Tabela 4).

Jezioro Moszne zaliczane jest do jezior o charakterze dystroficznym [2]. W zlewni tego jeziora przeważają lasy (46,2%), pastwiska i łąki (31,1%), grunty orne (10,6%) oraz torfowiska (2,3%), które na całej długości linii brzegowej sąsiadują bezpośrednio z jeziorem i wpływają na charakter wód tego zbiornika [4].

Odczyn wody zawierający się w przedziale pH 7,3-8,1, wysoka liczebność i znaczny udział procentowy gatunków z rzędu *Chlorococcales*, głównie *Chlorella vulgaris* i *Scenedesmus quadricauda* oraz mała liczebność *Cryptomonas* sp. [7], wskazuje na żyzny charakter wód tego jeziora. Także parametry produkcji pierwotnej i stężenia chlorofilu *a* wskazują, że jezioro to nie należy do typowych jezior dystroficznych. Chociaż produktywność fitoplanktonu maleje od roku 1993 i najniższe wartości zanotowano w 1996 roku, to i tak są one dość wysokie (Tabela 2, [7]).

Wartości liczby asymilacyjnej w śródziejrze jeziora Moszne wahały się od 4,1 do 5,61, a średnia dla lat 1996-1997 była wysoka i wyniosła 4,85 (Tabela 4).

Tylko po kompleksowych badaniach będzie można ustalić współczesny charakter troficzny tego śródtorfowiskowego jeziora.

WNIOSEK

Produktywność pierwotna planktonu i stężenie chlorofilu α eutroficznego jeziora Łukie i polihumusowego jeziora Moszne były w obu jeziorach wyższe latem niż jesienią i w śródziejrze niż w litoralu.

PIŚMIENNICTWO

1. **Czernaś K., Krupa D.:** Fitoplankton, produkcja pierwotna i koncentracja chlorofilu *a* wybranych jeziorach sąsiadujących z torfowiskami w Poleskim Parku Narodowym. W: Funkcjonowanie ekosystemów wodno-blotnych w obszarach chronionych Polesia (Red.: S. Radwan). UMCS Lublin, 133-135, 1996.
2. **Dawidek J.:** Cechy fizyczno-chemiczne wód jeziornych. W: Jeziora Łęczyńsko-Włodawskie (Red.: M. Harasimiuk, Z. Michalczyk, M. Tureczyński). UMCS Lublin, 113-127, 1998.
3. **Fijałkowski D.:** Szata roślinna jezior Łęczyńsko-Włodawskich i przylegających do nich torfowisk. Ann. UMCS, Sect. B, 14, 131-206, 1959.
4. **Furtak T., Sobolewski W., Tureczyński M.:** Charakterystyka zlewni jezior [w Harasimiuk M., Michalczyk Z., Tureczyński M. (red.) Jeziora Łęczyńsko-Włodawskie. UMCS Lublin, 73-85, 1998.
5. **Ichimura S.:** Phytoplankton photosynthesis. Algae, man and the environment. Syracuse, 1968.
6. **Kajak Z.:** Hydrobiologia. Ekosystemy wód śródlądowych. Filia UW w Białymstoku, 350, 1998.
7. **Krupa D., Czernaś K.:** Długoletnie badania zbiorowisk glonów planktonowych i ich produktywność w jeziorach Piaseczno i Moszne. W: Współczesne kierunki ekologii (Red.: T. Puszkarski, L. Puszkarska). Wyd. U MCS., Lublin, 293-299, 1997.
8. **Michalczyk Z.:** Stosunki wodne Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego. W: Jeziora Łęczyńsko-Włodawskie (Red.: M. Harasimiuk, Z. Michalczyk, M. Tureczyński). UMCS Lublin, 55-70, 1998.
9. **Nusch A.E.:** Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigment determination. Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol., 14, 14-36, 1980.
10. **Oktaba W.:** Elementy statystyki matematycznej i doświadczalnictwa, PWN Warszawa, 310, 1980.
11. **Strickland J.D.H.:** Measuring the production of marine phytoplankton. Bull. Fish. Res. Board, Kanada, 125, 1-182, 1960.
12. **Wilgat T., Michalczyk Z., Tureczyński M., Wojciechowski K.H.:** Jeziora Łęczyńsko-Włodawskie. Stud. Ośr. Dokument. Fizjogr. PAN. Oddz. w Krakowie. 19, 23-140, 1991.
13. **Vollenweider R.A.:** A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments. Oxford-Edinburgh, Blackwell, IBP Handbook, 12, 214, 1969.

PRIMARY PRODUCTIVITY OF PLANKTON IN THE TWO DIFFERENT LAKES
IN POLESIE NATIONAL PARK*K. Czernaś*

Department of Ecology, University of Agriculture, Akademicka 15 str., 20-950 Lublin, Polska
e-mail: kczeko@agros.ar.lublin.pl

A b s t r a c t. The primary productivity of plankton in the midlake zones and littoral zones of two trophically different lakes situated in Polesie National Park was studied during summer and autumn periods, in the years 1996-1997. The gross primary production was measured using the oxygen methods in light and dark bottles and the chlorophyll-*a* concentration in water was determined spectrophotometrically in alcohol extracts. The values of the phytoplankton production as well as the chlorophyll-*a* concentration in the both lakes eutrophic Lukie Lake and polyhumic Moszne Lake, were distinctly higher in the summer season than in the autumn, and in the midlake zones than in the littoral ones. The high values of the primary productivity as well as the assimilation number indicated the fertility of these lakes.

K e y w o r d s: lakes, trophy, phytoplankton, primary production, chlorophyll-*a* concentration, assimilation number