

Słowa kluczowe: zakwity sinicowe, czynniki środowiskowe, hepatotoksyny sinicowe, zbiornik Siemianówka

Andrzej KABZIŃSKI*, Magdalena GRABOWSKA**,
Renata JUSZCZAK*, Izabela KARKOSZKA*

BADANIE WPŁYWU CZYNNIKÓW ŚRODOWISKOWYCH NA WIELKOŚĆ ZAKWITÓW ORAZ BIOSYNTEZĘ HEPATOTOKSYN SINICOWYCH W ZBIORNIKU SIEMIANÓWKA W SEZONIE WEGETACYJNYM 2007

Sinice (cyjanobakterie, niebiesko-zielone algi) wchodzące w skład fitoplanktonu należą do królestwa *Prokaryota*. Charakteryzuje je brak jądra komórkowego, a cytoplazma wewnętrzna (centroplazma) zawiera kwasy nukleinowe i pełni rolę jądra organizmów wyższych. Sinice odegrały olbrzymią rolę w rozwoju ziemskiego ekosystemu i tworzeniu atmosfery tlenowej będąc pierwszymi organizmami, które około 2,8–3,5 mld lat temu wyewoluowały z pierwotnej materii organicznej. Występują one najczęściej w ekosystemach wodnych w dogodnych warunkach tworząc zakwity wody, mające niekorzystny wpływ na środowisko wodne. Sinicowe zakwity wody są między innymi źródłem dużej ilości różnego typu związków o wysokiej toksyczności. Z tego powodu należy dążyć do poznania czynników mających wpływ na wielkość zakwitów wody, efektywność biosyntezy toksyn sinicowych oraz mechanizmów ich uwalniania.

1. SINICE I ICH ZAKWITY: PODSTAWOWA CHARAKTERYSTYKA

1.1. ZAKWITY SINICOWE

W skład fitoplanktonu słodkowodnego tworzącego licznie toksyczne zakwity wchodzi głównie sinice (*Cyanobacteria*), które są grupą gram-ujemnych fotosyntezujących *Prokaryotów*. W chwili obecnej znanych jest ponad 40 gatunków sinic zdolnych do produkcji toksyn, a głównymi producentami są: *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Planktothrix*, *Aphanizomeon*, *Nodularia*, *Cylindrospermum*, *Cylindrospermopsis* czy *Nostoc*.

*Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Chemii Ogólnej i Nieorganicznej, Pracownia Badań Środowiskowych i Biomedycznych, 90-136 Łódź, ul. Narutowicza 68,

**Uniwersytet w Białymstoku, Instytut Biologii, Zakład Hydrobiologii, 15-950 Białystok, ul. Świerkowa 20B.

Posiadają one bardzo szeroką zdolność adaptacyjną do skrajnych warunków fizykochemicznych, stąd spotykane są one w różnych środowiskach od wód stref równikowych poprzez wody obszarów podzwrotnikowych aż do wód stref polarnych. Szczególnie często są jednak spotykane w przybrzeżnych wodach ciepłych mórz, a także w jeziorach i nizinnych zbiornikach zaporowych o wysokiej trofii. Dzięki posiadaniu wakuol gazowych, mogą one zmieniać ciężar właściwy komórek, a także regulować ich pływność. Duża pływność dodatnia komórek gwarantuje im możliwość skutecznego przemieszczania się ku powierzchni zbiorników wodnych, a co za tym idzie optymalne wykorzystanie światła słonecznego. Sinice są organizmami stosunkowo wolno rosnącymi w porównaniu z innymi gatunkami występującymi w fitoplanktonie. Czynniki mającymi decydujący wpływ na szybkość rozwoju populacji sinic są: średnia dzienna dawka naświetlenia, średnia dobowo temperatura wody, a także odpowiednia dostępność składników mineralnych w wodzie.

Tab. 1. Zestawienie czynników zewnętrznych i wewnętrznych mających decydujący wpływ na efektywność przyrostu biomasy i biosyntezy toksyn sinicowych [1]

Lp.	Czynniki zewnętrzne i wewnętrzne
1.	Średnie dzienne naświetlenie
2.	Średnia dobowo temperatura wody oraz zakres wahań rocznych (15-35°C) (maksymalny przyrost biomasy w 32°C) (maksymalna biosynteza toksyn w 18-25°C)
3.	Dostępność składników mineralnych, a głównie fosforanów, azotanów i amoniaku
4.	Optymalna wartość pH wody (maksymalny przyrost biomasy dla pH=9.0) (umiejętność biosyntezy toksyn w wartościach pH daleko odbiegających od wartości optymalnych)
5.	Optymalne stężenie jonów takich metali endogennych jak Fe i Zn (wzrost stężenia jonów Fe i Zn powoduje szybki przyrost biomasy i wzrost liczebności populacji)
6.	Umiejętność wykorzystywania szerokiego zakresu częstotliwości światła słonecznego
7.	Wysoka odporność na deficyt tlenu w środowisku
8.	Wysoka odporność na niskie wartości pH
9.	Umiejętność przeżycia przy niskich zawartościach soli azotowych i amonowych w wodzie
10.	Umiejętność korzystania z azotu atmosferycznego w przypadku jego deficytu w środowisku wodnym
11.	Biosynteza toksyn, redukujących liczbę konsumentów z drabiny troficznej
12.	Obecność w komórkach wakuol gazowych, umożliwiających zmiany ciężaru właściwego i ruch w pionie zbiorników wodnych, a co za tym idzie dobór właściwych warunków oświetlenia
13.	Wolny przyrost biomasy, umożliwiający zwiększenie biosyntezy toksyn

Ekologiczną przewagę nad innymi gatunkami sinice uzyskują dzięki zdolności do wykorzystywania średniego zakresu częstotliwości światła słonecznego, bardzo dobrej odporności na deficyt tlenu w środowisku, odporności na niskie wartości pH, jak też możliwości przeżycia przy niskich zawartościach azotu i fosforu w wodzie. Takie gatunki jak *Aphanizomenon* czy *Anabaena* mogą nawet korzystać z azotu atmosferycznego, w przypadku skrajnego deficytu soli azotowych oraz amonowych w wodzie. Zdolne są też one do kumulacji nutrientów. Wpływ na rozwój koloni

sinicowych mają również metale. Już niewielka ilość soli Zn powoduje znaczne zmiany szybkości wzrostu komórek i liczebności populacji. Jak do tej pory nie stwierdzono jednak aż tak wyraźnego wpływu nietoksycznych stężeń soli takich metali jak: Al, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni czy też Sn na rozwój sinic. Już jednak niewielkie ilości soli Fe powodują znaczny wzrost biosyntezy toksyn w komórkach. Innym czynnikiem wyraźnie wpływającym na efektywność wzrostu jest temperatura. O ile przyrost biomasy jest najszybszy w temperaturze 32°C, to jednak w zakresie temperatur 18–25°C (zakres najczęściej notowanym w polskich jeziorach i zbiornikach zaporowych) następuje gwałtowny wzrost biosyntezy toksyn w komórkach. Podobnie w pH=9.0 występuje największy przyrost biomasy, podczas gdy najefektywniejsza biosynteza toksyn ma miejsce w pH o wartościach dużo niższych lub wyższych niż w pH=9.0 (tab. 1) [1].

1.2. ZBIORNIK SIEMIANÓWKA NA RZECE NARWI

Zbiornik Siemianówka został utworzony jesienią 1989 roku w województwie podlaskim na terenie gmin Michałkowo i Narewka w rejonie wsi Rybaki i Łuka. Zlokalizowano go na 432,3 km rzeki Narwi. Zlewnia zbiornika jest zdominowana przez tereny torfowiskowe i leśne. Pojemność i powierzchnia zbiornika ściśle zależy od poziomu piętrzenia (tab. 2) [2].

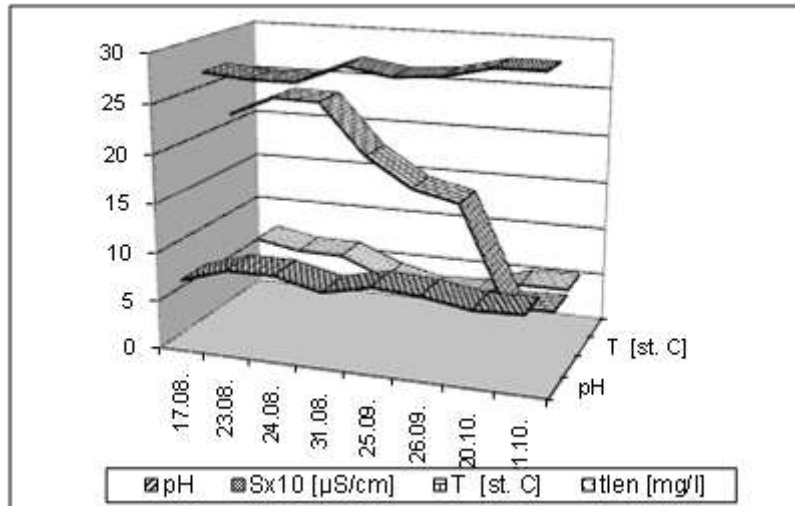
Tab. 2. Dane morfometryczne zbiornika Siemianówka

Parametr	Poziom piętrzenia [m n.p.m.]	
	Minimum (142,30)	Maksimum (145,0)
Pojemność całkowita	17,5 mln m ³	79,5 mln m ³
Pojemność użyteczna	x	62,0 mln m ³
Powierzchnia zalewu	11,7 km ²	32,5 km ²
Wysokość piętrzenia na zaporze czołowej	4,1 m	7,0 m
Max. długość zbiornika	6,5 km	13,5 km
Max. szerokość zbiornika	2,0 km	4,5 km
Zlewnia rzeki	1092,0 km ²	1092,0 km ²

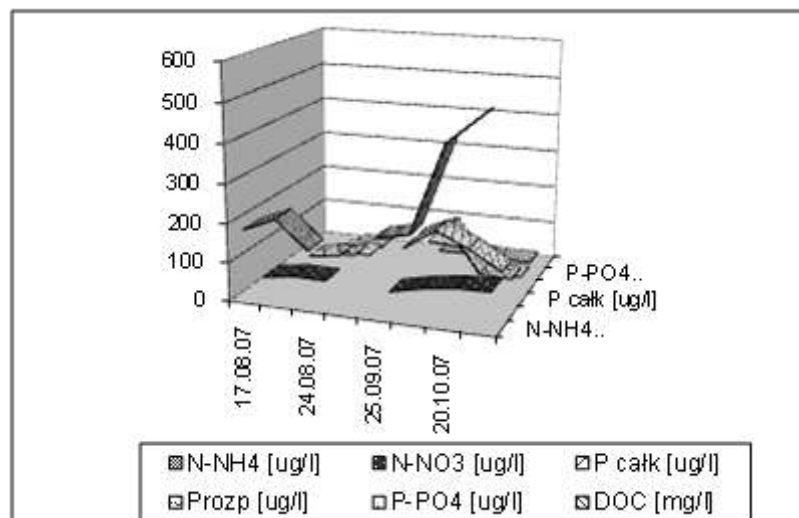
2. WPŁYW WYBRANYCH PARAMETRÓW WODY NA ZAWARTOŚĆ MIKROCYSTYNY-LR

2.1. BADANIE PARAMETRÓW FIZYKOCHEMICZNYCH I CHEMICZNYCH WODY

Badania wstępne zbiornika Siemianówka wykonywano w okresie od sierpnia aż do października 2007 roku. Oznaczano parametry fizykochemiczne (pH wody, przewodność właściwą, temperaturę, zawartość tlenu) oraz chemiczne (jony azotanowe(III) i amonowe, fosforany, fosfor rozpuszczony i całkowity, rozpuszczony węgiel organiczny – DOC) (rys. 1, 2).



Rys. 1. Wartości parametrów fizykochemicznych wody w zbiorniku Siemianówka w sezonie 2007



Rys. 2. Wartości parametrów chemicznych wody w zbiorniku Siemianówka w sezonie 2007

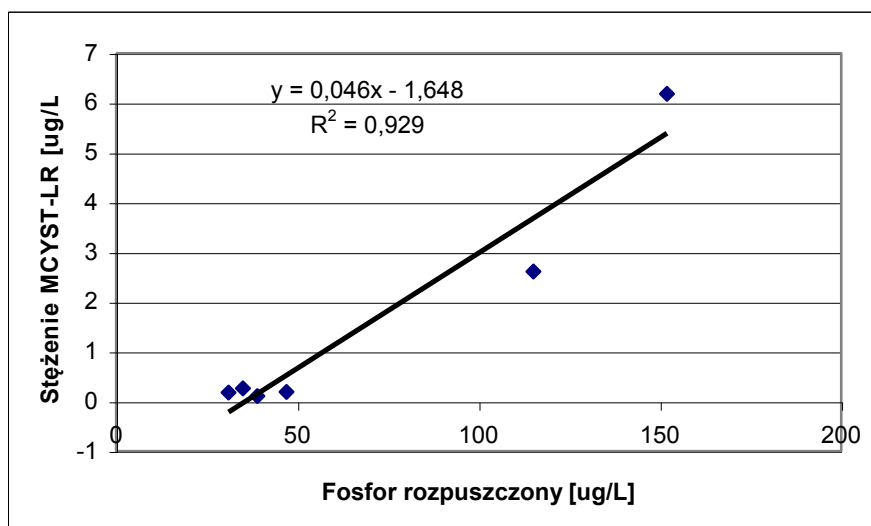
1.2. WPLYW WARUNKÓW ZEWNĘTRZNYCH NA ZAWARTOŚĆ MIKROCYSTYNY-LR

Zawartość MCYST-LR w warstwie powierzchniowej wody w okresie badań wahała się w zakresie 0,1–6,18 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$. Podobnie jak w przypadku innych zbiorników zawartość mikrocystryny była negatywnie skorelowana z zawartością tlenu w wodzie

powierzchniowej zbiornika. Ze względu na stosunkowo niskie zawartości fosforanów ($0,002\text{--}0,074\text{ mg/dm}^3$), fosforu rozpuszczonego ($P_{\text{rozp}}\ 0,031\text{--}0,152\text{ mg/dm}^3$) oraz fosforu całkowitego ($P_{\text{całk}}\ 0,066\text{--}0,171\text{ mg/dm}^3$) czynnikiem limitującym biosyntezę toksyny MCYST-LR mogło być stężenie tego pierwiastka (tab. 3). Odwrotną sytuację odnotowano w Zbiorniku Sulejowskim, gdzie przy bardzo wysokich stężeniach fosforu, nie był on czynnikiem limitującym produkcję toksyn [3–5]. Wyniki uzyskane dla rozpuszczonego węgla organicznego (DOC) także potwierdzają wyniki uzyskane wcześniej dla Zbiornika Sulejowskiego [3-5].

Tab. 3. Wartości współczynników korelacji pomiędzy parametrami fizykochemicznymi i chemicznymi wody a zawartością MCYST-LR w wodzie zbiornika Siemianówka w sezonie 2007

Parametr	Współczynnik korelacji
pH	+0,325
Przewodnictwo	+0,063
Temperatura	-0,082
Zawartość tlenu	-0,664
Jony amonowe	+0,278
Azotany(III)	+0,001
Fosforany	+0,832
Fosfor rozpuszczalny	+0,964
Fosfor całkowity	+0,827
Roz. węgiel organiczny	+0,869



Rys. 3. Przykładowa zależność pomiędzy stężeniem fosforu rozpuszczonego a stężeniem MCYST-LR w wodzie powierzchniowej zbiornika Siemianówka w sezonie 2007

LITERATURA

- [1] Kabziński A. 2005. *Toksyczne zakwity sinicowe: (II) Podstawy ekologii sinic*, BIOSKOP, 1: 6-13.
- [2] Grabowska M., Górniak A., Jekatierynczuk-Rudczyk E., Zieliński P. 2003. *The influence of hydrology and water quality on phytoplankton community composition and biomass in a humoeutrophic rese-voir, Siemianówka reservoir (Poland)*. *Ecohydrology and Hydrobiology* 2: 185-196.
- [3] Kabziński A., Grabowska H., Cyran J., Juszcak R., Szczukocki D., Szczytowski K. 2005. *Badanie wpływu czynników środowiskowych na efektywność zakwitów i biosyntezę toksyn sinicowych*, *Ecohydrology and Hydrobiology*, 5 Suppl.: 61-69.
- [4] Kabziński A., Grabowska H. 2008. *Rozwój zakwitów sinicowych w Polsce na przykładzie zbiornika Sulejowskiego*. *Gospodarka Wodna*, 5: 194-207.
- [5] Kabziński A., Macioszek B., Szczukocki D. 2007. *Badanie jakości wody powierzchniowej zbiorników zaporowych jako efektu wpływu czynników środowiskowych na wydajność zakwitów oraz biosyntezy toksyn sinicowych.* W: Stan i antropogeniczne zmiany jakości wód w Polsce. Tom V, pod red. Macieja Ziulkiewicza, Wyd. UŁ oraz Komisja Hydrologiczna Polskiego Towarzystwa Geograficznego, Łódź, 167-187.

DETRMINATION OF INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL FACTORS FOR VALUE OF CYANOBACTERIAL BLOOMS AND HEPATHOTOXIN BIOSYNTHESIS IN SIEMIANÓWKA DAM RESERVOIR IN SEASON 2007

Cyanobacterials (blue-green algae) belong to phytoplankton and *Procarota* kingdom and create gram-negative group. The characteristic is no present of cell nucleus and present of internal cytoplasm (centroplasma) containing nucleic acids and play role of nucleus of higher organisms. Cyanobacteria had play important role in progress of earth ecosystem and create of oxygenic atmosphere as the first microorganism which about 2,8-3,5 mld years ago evaluated from prebiotic soup. Cyanobacteria are often present in water ecosystem in which at good conditions they blooming. The blooms has unfavorable influence of water ecosystem producing organic substances, reducing water transparency and oxygen concentration, producing odour substances creating unpleasant smell and characteristic color of water depending on dominated species. Cyanobacterial blooms produced different toxic substances with high toxicity. From this reason is very important knowledge about factors had influence on yield of cyanobacterial blooming and toxins biosynthesis.