

*Słowa kluczowe: zakwity sinicowe, efektywność biosyntezy toksyn, zmienność dobową, mikrocystyna.*

Magdalena GRABOWSKA\*, Andrzej KABZIŃSKI\*\*, Izabela KARKOSZKA\*\*

## **DOBOWA ZMIENNOŚĆ ZAWARTOŚCI MIKROCYSTYNY W WODZIE ZBIORNIKÓW ZAPOROWYCH**

Sinice stanowią stały składnik fitoplanktonu w żywnych ekosystemach wodnych. W sprzyjających warunkach dochodzi do masowego ich rozwoju objawiającego się zmianą zabarwienia wody. Zjawisko to określane jest terminem sinicowych zakwitów wody. Masowemu rozwojowi sinic bardzo często towarzyszy produkcja toksyn niebezpiecznych nie tylko dla innych organizmów wodnych, ale także dla człowieka. Istnieje zatem pilna potrzeba rozpoznania czynników sprzyjających rozwojowi sinic, a w szczególności biosyntezie toksyn.

### **1. FIZJOLOGIA I EKOLOGIA SINIC**

#### **1.1. WPŁYW WARUNKÓW ŚRODOWISKOWYCH NA SINICE**

Masowo rozwijające się sinice planktonowe są olbrzymim problemem natury higienicznej, zdrowotnej, a także estetycznej, ponieważ tworzą podczas zakwitów na powierzchni wody nieprzyjemnie pachnący kożuch lub pianę. W chwili obecnej znanych jest ponad 40 gatunków produkujących toksyny, przy czym w środowisku słodkowodnym zagrożenie stanowią głównie takie rodzaje sinic jak: *Microcystis*, *Woronichinia*, *Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Oscillatoria* i *Planktothrix*. Duża umiejętność adaptacji sinic do skrajnych warunków fizykochemicznych otaczającego je środowiska stwarza im możliwość występowania w różnorodnych warunkach geograficznych. Szczególnie często i masowo są one spotykane w przybrzeżnych wodach ciepłych mórz, a także w żywnych jeziorach i zbiornikach zaporowych. Sinice są organizmami stosunkowo wolno rosnącymi w porównaniu z innymi grupami glonów fitoplanktonowych.

---

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

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

Czynnikami mającymi decydujący wpływ na szybkość rozwoju populacji sinic są: średnia dzienna dawka naświetlenia, średnia dobową temperatura wody oraz odpowiednia dostępność składników mineralnych w wodzie. Czynniki decydujące o efektywności zakwitów mają bardzo złożony charakter. Ilość dostępnego węgla może stać się czynnikiem ograniczającym w przypadku wód eutroficznych o wysokiej wartości pH. W tym przypadku zdolność sinic do wiązania CO<sub>2</sub> (80 krotnie wyższa niż u zielenic) daje im znaczną przewagę nad innymi roślinami. Niedostatek azotu w wodzie jest również czynnikiem pozwalającym na konkurowanie sinic z glonami planktonowymi. Jeśli deficyt azotu następuje w okresach stratyfikacji termicznej, szczególnie silnie będą rozwijały się gatunki z rodzaju *Aphanizomenon* i *Anabaena* zdolne do wiązania azotu atmosferycznego za pomocą heterocyst. W ekosystemach żyznych zasobniejszych w związki azotu dynamiczniej przebiega rozwój sinic pozbawionych heterocyst (gatunki z rodzaju *Microcystis*, *Planktothrix*, *Woronichini*). Bardzo istotnym czynnikiem jest stosunek zawartości całkowitego azotu do całkowitego fosforu (total nitrogen:total phosphorus – TN:TP). Długoletnie badania wykazały, że niska wartość współczynnika (TN:TP<29:1) stymuluje przyrost biomasy sinic planktonowych i wzmacnia ich przewagę nad innymi organizmami fitoplanktonowymi, podczas gdy wyższa wartość (TN:TP>29:1) sprzyja rozwojowi innych grup. Wpływ na rozwój kolonii sinicowych mają też metale ciężkie. Już niewielka ilość soli Zn powoduje znaczne zmiany szybkości wzrostu komórek i liczebności populacji. Podobnie nie-wielkie ilości soli Fe i innych metali powodują znaczny wzrost biosyntezy toksyn w komórkach oraz uszkodzenia struktur komórkowych [1–3].

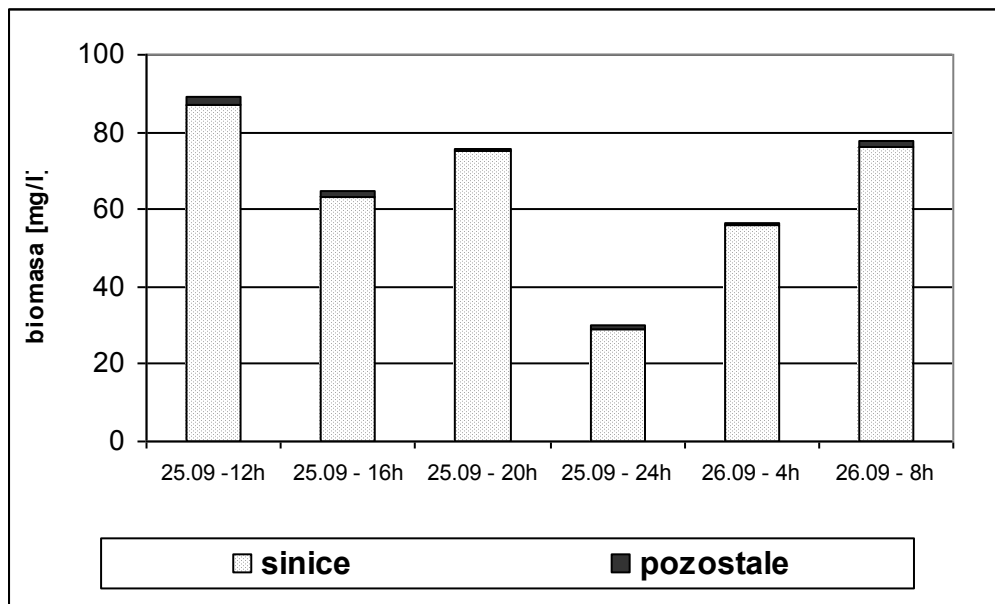
## 1.2. ZMIENNE DOBOWE CZYNNIKI ŚRODOWISKOWE

Ekologiczną przewagę nad innymi gatunkami sinice uzyskują dzięki zdolności do wykorzystywania średniego zakresu częstotliwości światła słonecznego oraz adaptacji do zmian temperatury. O ile przyrost biomasy jest najszybszy w temperaturze 32°C, to jednak w zakresie temperatur 18–25°C (takich jakie panują średnio w polskich jeziorach) następuje gwałtowny wzrost biosyntezy toksyn w komórkach. Innym bardzo ważnym czynnikiem wiążącym się z temperaturą jest średnie dobowe naświetlenie. Sinice wykazują gatunkowe zróżnicowane zapotrzebowania na aktywne napromieniowanie fotosyntetyczne (PAR), stąd biorą się różnice w głębokościach ich występowania. I tak *Microcystis* i *Nodularia* potrzebują dużej ilości światła, podczas gdy *Anabaena* znacznie mniejszej. Maksymalna produkcja biomasy odbywa się w szerokim zakresie promieniowania (12–95 μE m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>), podczas gdy do produkcji hepatotoksyn niezbędne jest niskie natężenie promieniowania PAR (zaledwie w granicach 12–24 μE m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>). W przypadku biosyntezy neurotoksyn przez *Anabaena* optymalny zakres natężenia PAR mieści się w zakresie 26–44 μE m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup> podczas gdy w przypadku *Aphanizomenon* jest on dużo szerszy (26–128 μE m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>). W przypadku sinic wpływ na biosyntezę toksyn posiadało nie tylko natężenie światła, ale też jego kolor. Wstępne badania dotyczące cyklu dobowego prowadzono też w Polsce [4–6].

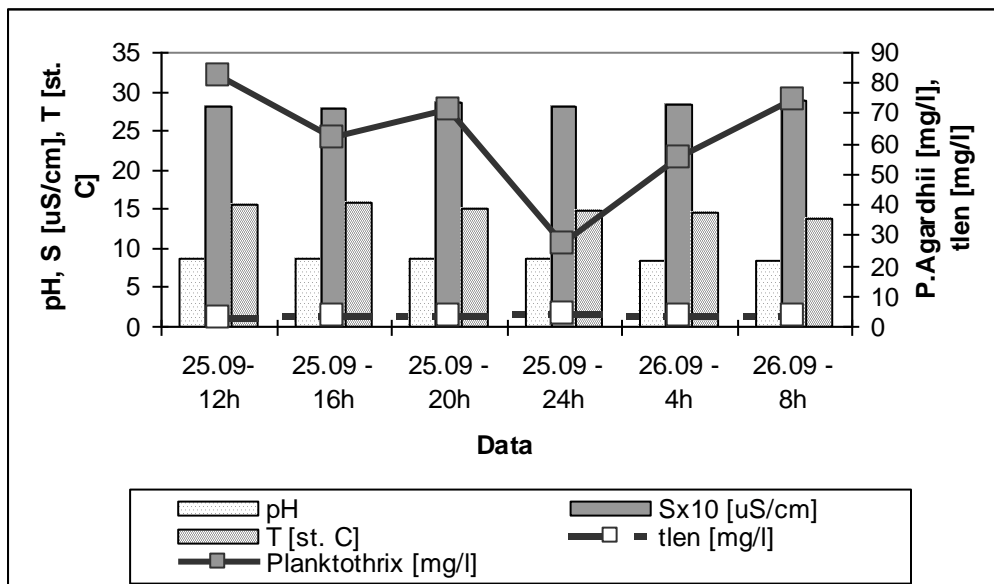
## 2. WPŁYW CYKLU DOBOWEGO NA BIOLOGIĘ SINIC

### 2.1. ZMIANY UDZIAŁU SINIC W BIOMASIE ZAKWITU

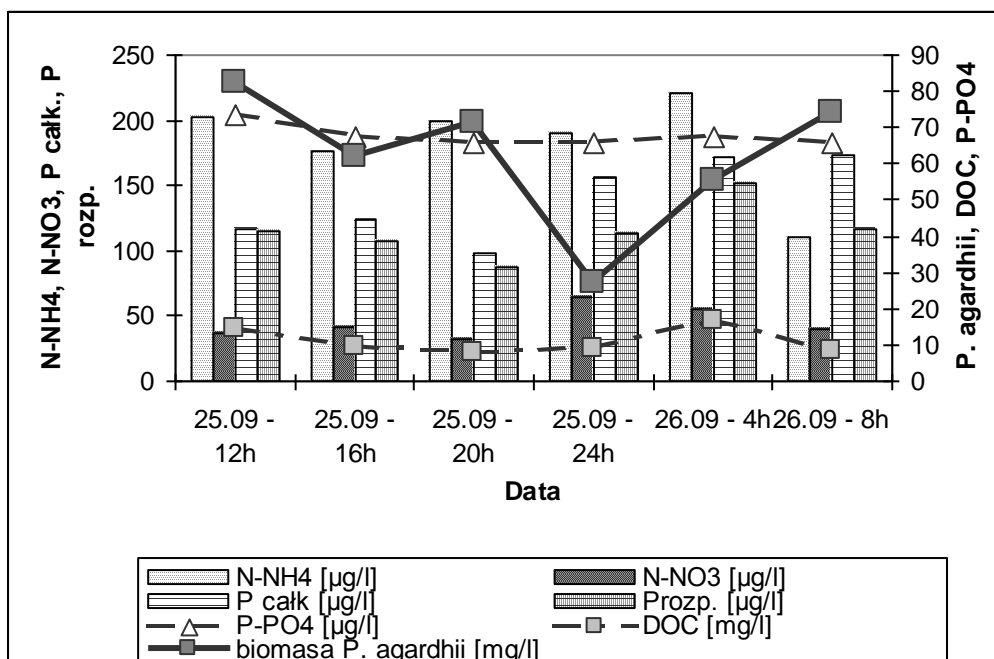
W nizinnych zbiornikach zaporowych Siemianówka i Sulejów sinice są zdecydowanym dominantem w fitoplanktonie w okresach letnio-jesiennych. W zbiorniku Sulejowskim notuje się masowy rozwój sinic z rodzaju *Aphanizomenon* i *Microcystis* [5,6], natomiast w zbiorniku Siemianówka coraz większą rolę odgrywa *Planktothrix agardhii* [7]. W zbiorniku Siemianówka we wrześniu 2007 r. sinice stanowiły ponad 90% biomasy. Nielicznych przedstawicieli posiadały wówczas zielenice, kryptofity, okrzemki i eugleniny. Analiza biomasy sinic w cyklu dobowym wykazała znaczne zróżnicowanie jej wartości. Najmniejszą biomasę sinic odnotowano o godzinie 24, a największą o godzinie 12 (rys. 1). W Zbiorniku Sulejowskim minimalną biomasę stwierdzono o godzinie 4. Badano także zależność pomiędzy dobowymi zmianami parametrów fizykochemicznymi (rys. 2) i chemicznymi (rys. 3) wody powierzchniowej a biomasą *P. agardhii*. Badania wykazały istotne korelacje pomiędzy zawartością tlenu ( $r = -0,806$ ), jonów azotanowych (III) ( $r = -0,917$ ), fosforanów ( $r = +0,498$ ), fosforu całkowitego ( $r = -0,413$ ), twardością wody ( $r = +0,578$ ) a biomasą *P. agardhii*. Dawało to wyniki podobne do danych uzyskanych wcześniej dla zbiornika Siemianówka w latach 2000–2004 [8] oraz dla Zbiornika Sulejowskiego [5,6].



Rys. 1. Dobowa zmienność świeżej biomasy fitoplanktonu w zbiornika Siemianówka w sezonie 2007 r.



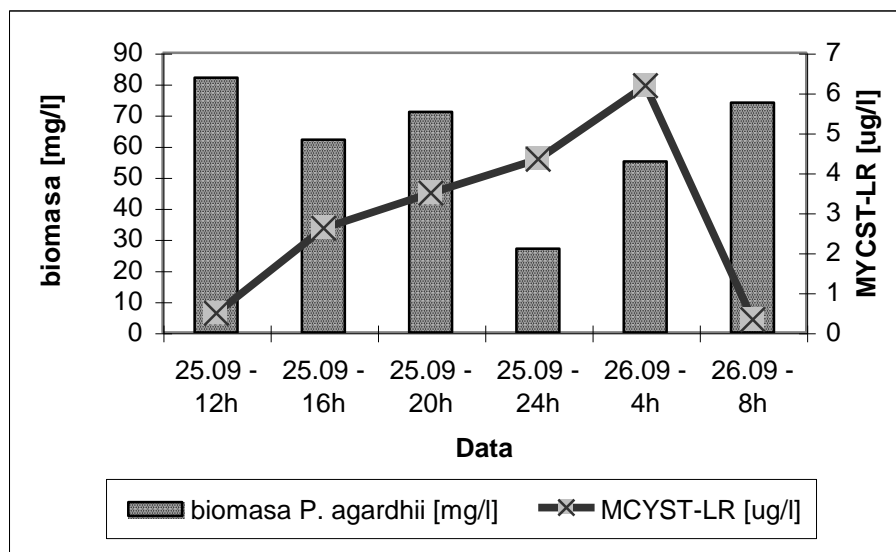
Rys. 2. Zależności pomiędzy biomasą *Planktothrix agardhii* a parametrami fizykochemicznymi wody powierzchniowej zbiornika Siemianówka w sezonie 2007



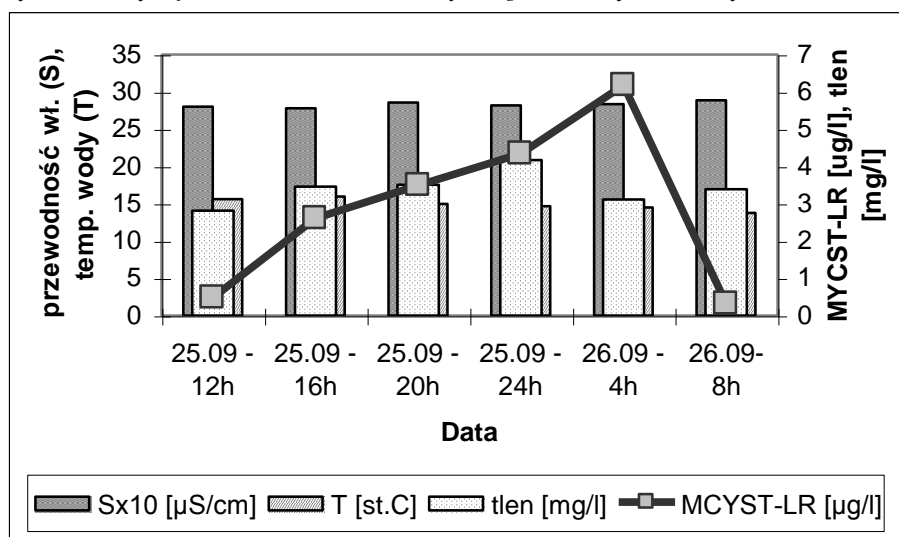
Rys. 3. Zależności pomiędzy biomasą *P. agardhii* a parametrami chemicznymi wody powierzchniowej zbiornika Siemianówka w sezonie 2007

## 2.2. ZMIANY ZAWARTOŚCI MIKROCYSTYNY-LR W CYKLU DOBOWYM

Badania wykazały dużą zmienność zawartości MCYST-LR w wodzie powierzchniowej w zbiorniku Siemianówka w cyklu dobowym. Stężenie toksyny wahało się w zakresie 0,32–6,18  $\mu\text{g/l}$ , przy czym najniższe wartości osiągało w godzinami rannych (rys. 4).



Rys. 4. Zmiany stężenie MCYST-LR i biomasy *P. agardhii* w cyklu dobowym we wrześniu 2007 r.



Rys. 5. Zależności pomiędzy biomasa *P. agardhii* a parametrami fizykochemicznymi wody powierzchniowej zbiornika Siemianówka w cyklu dobowym we wrześniu 2007 r.

Przykładowe zależności pomiędzy parametrami fizykochemicznymi wody a zawartością MCYST-LR przedstawiono na rysunku 5. Znalaziono korelację pomiędzy zawartością MCYST-LR a wartością pH ( $r = -0,3526$ ), stężeniem jonów amonowych ( $+0,6498$ ), azotanów (III) ( $r = +0,6430$ ), ortofosforanów ( $r = -0,4145$ ), fosforu rozpuszczalnego ( $r = +0,4258$ ) oraz twardością wody ( $r = +0,3873$ ). Uzyskane wyniki były zbliżone do danych uzyskanych dla Zbiornika Sulejowskiego we wcześniejszym okresie badań [5,6].

#### LITERATURA

- [1] Kabziński A. 2004. *Toksyczne zakwity sinicowe: (I) Biologiczna charakterystyka oraz charakter zakwitów*. BIOSKOP, 4: 6-8.
- [2] Kabziński A. 2005. *Toksyczne zakwity sinicowe: (II) Podstawy ekologii sinic*. BIOSKOP, 1: 6-13.
- [3] 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.
- [4] Kabziński A., Juszcak R., Miękoś E., Tarczyńska M., Sivonen K., Rapala I. 2000. *The first report about the presence of cyanobacterial toxins in Polish lakes*. Polish J. Environ. Stud., 9: 171-178.
- [5] Kabziński A. *Analysis of cyanobacterial toxins in Poland – present situation in period 1995-2006*, wysłano do druku.
- [6] Kabziński A. *The problems with analysis of cyanobacterial toxins by SPE and HPLC techniques*, wysłano do druku.
- [7] Grabowska M., Pawlik-Skowrońska B. *Replacement of Chroococcales and Nostocales by Oscillatoriales caused a significant increase in microcystin concentrations in a dam reservoir*, w druku.
- [8] Grabowska M. 2006. *Plankton roślinny i jego produktywność w zbiorniku Siemianówka w latach 2000-2004* W: Ekosystem Zbiornika Siemianówka w latach 1990-2004 i jego rekultywacja, Górniak A (pod redakcją). Wydawnictwo Uniwersytetu w Białymstoku, Białystok, 155-164.

#### DAILY DYNAMICS OF MICROCYSTIN CONCENTRATION IN WATER OF DAM RESERVOIRS

Cyanobacteria water blooms in course of the eutrophication of many lakes and dam reservoirs have become an important issue of scientific and public concern. The blooms has unfavorable influence of water ecosystem producing organic substances, reducing water transparency and oxygen concentration, producing odor substances creating unpleasant smell and characteristic color of water depending on dominated species. Cyanobacterial blooms produced different toxic substances with high toxicity (hepatotoxins, neurotoxins and endotoxins). From this reason is very important knowledge about factors had influence on yield of cyanobacterial blooming and toxins biosynthesis.