

Słowa kluczowe: zakwity siniowee, warunki hydrologiczno-meteorologiczne, mikrocystyna, Zalew Sulejowski

Andrzej KABZIŃSKI*, Renata JUSZCZAK*, Izabela JANIK*,
Marzena PIETRZAK*

WPLYW WARUNKÓW HYDROLOGICZNO- METEOROLOGICZNYCH NA POWSTAWANIE I PRZEMIESZCZANIE SIĘ ZAKWITÓW SINICOWYCH NA PRZYKŁADZIE ZALEWU SULEJOWSKIEGO

Sinice (cyjanobakterie, niebiesko-zielone algi) wchodzące w skład fitoplanktonu należą do królestwa *Procarvota*, tworząc grupę gram-ujemnych fotosyntezujących. 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. Występują one najczęściej w ekosystemach wodnych w dogodnych warunkach tworząc zakwity, mające niekorzystny wpływ na środowisko wodne. Wprowadzają duże ilości materii organicznej, zmniejszają przejrzystość wody oraz ilość rozpuszczonego tlenu, nadawac mogą charakterystycznie nieprzyjemny zapach oraz barwę. Zakwity są jednak źródłem dużej ilości różnego typu związków o wysokiej toksyczności (hepatotoksyny, neurotoksyny, endotoksyny, itp.) oraz o udowodnionej mutagenności i kancerogenności. Z tego powodu potrzebna jest dobra znajomość czynników mających wpływ na wielkość zakwitów oraz efektywność biosyntezy toksyn sinicowych oraz mechanizmów ich uwalniania.

1. ZAKWITY SINICOWE

1.1. HISTORIA I BIOLOGIA SINIC

Sinice (cyjanobakterie, niebiesko-zielone algi) wchodzące w skład fitoplanktonu należą do królestwa *Procarvota*, tworząc grupę gram-ujemnych fotosyntezujących a zajmujących różnorodne ekosystemy. Charakteryzuje je brak jądra a cytoplazma wewnętrzna (centroplazma) zawiera kwasy nukleinowe i pełni rolę jądra, jakie występuje u wyższych organizmów.

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

W zewnętrznej części (chromoplaźmie) rozpuszczone są różnego typu barwniki (chlorofil, karotenoidy, fikocyjanina i fikoerytryna) powodujące zabarwienie niebieskie, niebiesko-zielone, fioletowe, karminowo-czerwone lub brązowe.

W środowisku wodnym najczęściej tworzą maty dzięki śluzowi zlepiającemu poszczególne komórki, podczas gdy w glebach są formami wolnożyjącymi. Sinice odegrały olbrzymią rolę w rozwoju ziemskiego ekosystemu i tworzeniu atmosfery tlenowej będąc pierwszymi organizmami które około 2,8–3,5 mld lat temu wyeluowały z pierwotnej materii organicznej. W ostatnich kilkunastu latach odkryto bardzo dużą ilość substancji biologicznie aktywnych (cykliczne oligopeptydy, oligosacharydy, kwasy tłuszczowe, alkaloidy, itp.) produkowanych przez te mikroorganizmy [1–3].

1.2. ZAKWITY SINICOWE I ICH TOKSYNY

W normalnym stanie wód ilość komórek sinicowych w 1 cm³ wody waha się od kilkuset do kilku tysięcy, przy czym w okresach intensywnego zakwitu może dochodzić do kilkuset tysięcy na 1 cm³ wody. Nadają one wtedy intensywne zabarwienie wodzie, której kolor zależy od dominujących gatunków. W okresach intensywnego zakwitu może on przybierać postać piany lub nawet kożucha gromadzącego się na powierzchni wody. Kożuchy tworzone są przez komórki obumarłe oraz żywe i mogą być spychane przez wiatr i prąd wody do zatok oraz miejsc osłoniętych, gdzie nie są rozbijane przez fale i wiatr na mniejsze fragmenty, mogąc pozostawać tam przez dłuższy okres czasu. Obecność glonów oraz sinic w dużych ilościach może też nadawać wodzie charakterystyczny nieprzyjemny zapach, którego intensywność i charakter zależą od rodzaju kwitnących glonów i sinic oraz od ich ilości w wodzie podczas zakwitu. Za powstawanie charakterystycznej woni często odpowiedzialna jest geosmina i 2-metyloizoborneol. Charakterystyczny zapach nadają też rozkładające się karotenoidy. Zakwity mogą też być przyczyną wzrostu mętności wody, spowodowanego wprowadzaniem do niej dużej ilości substancji o charakterze koloidalnym, pochodzących z rozkładających się komórek sinic, glonów i bakterii. Zakwity występują prawie w całej Europie oraz spotykane są na terenach USA, Kanady, Australii i Chin, pojawiając się w okresie lata i jesieni. W skład fitoplanktonu tworzącego toksyczne zakwity wodne wchodzi przede wszystkim sinice (*Cyanobacteria*) a do głównych przedstawicieli zalicza się: *Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Cylindrospermopsis*, *Oscillatoria*, *Fischerella*, *Gleotrichia*, *Lyngbya*, *Nodularia*, *Gomphosphaeria*, *Hapalosiphon*, *Oscillatoria*, *Nostoc*, *Pseudoanabaena*, *Schizotrix*, *Scytonema*, *Umezaki* czy *Synechocystis*. Są one zdolne do produkcji kilkudziesięciu hepatotoksyn (cykliczne oligopeptydy) i neurotoksyn (alkaloidy i inne związki) o toksyczności ostrej (LD₅₀) o około 3 rzędy wyższej od tak silnie toksycznych substancji jak cyjanek sodu [1–3].

Dokładnie przyczyny i mechanizm syntezy toksyn nie jest dokładnie poznany jak też przyczyny wysokiej zmienności rodzaju syntezowanych związków toksycznych. Niemniej na efektywność biosyntezy biomasy jak też toksyn mają wpływ takie czynniki jak: (a) intensywność naświetlenia, temperatura, pH wody oraz wiek koloni, (b) ilość dostępnych nutrientów (związki azotowe i fosforowe) oraz (c) obecność jonów niektórych metali (Fe, Zn, Cu, Cd, Hg, Pb, itp.). W przypadku związków azotowych (TN – całkowity azot, total nitrogen) oraz fosforowych (TP – całkowity fosfor, total phosphorus) czynnikiem limitującym może być dostępność zarówno TN jak TP, przy czym bardzo istotny jest też ich wzajemny stosunek (TN:TP) [1–3].

Tab. 1. Porównanie toksyczności ostrej (LD_{50}) dla różnego typu związków toksycznych i toksyn

Lp.	Substancja toksyczna	LD_{50} [$\mu\text{g}/\text{kg}$]
1.	Cyjanek sodu Cyjanek potasu	15000 10000
2.	Strychnina	500
3.	Mikrocystyna-RR	600
4.	Mikrocystyna-LD Mikrocystyna-YR	68 68
5.	Mikrocystyna-LR	50
6.	Nodularina	30-50
7.	Anatoksyna-a	200
8.	Anatoksyna-a(s)	20
9.	Afanatoksyna I (Neosaksytoksyna)	10
10.	Afanatoksyna II (Saksytoksyna)	10
11.	Dyfteryt (toksyna)	0.3
12.	Tetanus (toksyna)	0,0001
13.	Botulina (toksyna-a)	0,00003

2. WPŁYW WARUNKÓW HYDROLOGICZNO-METEOROLOGICZNYCH NA PRZEMIESZCZANIE SIĘ ZAKWITÓW SINICOWYCH

2.1. WPŁYW ROZMIESZCZENIA NA WIELKOŚĆ ZAKWITÓW

Badania wpływu rozmieszczenia wielkości zakwitów na obszarze Zbiornika Sulejowskiego oraz szybkości przepływu wody w nurcie zbiornika oraz w miejscach zastoinowych o zmniejszonym przepływie badano w latach 2005–2006. Jak wykazały badania zakwit zazwyczaj rozpoczyna się w jednym miejscu (strefa zerowa) przenosząc się do dalszych punktów zbiornika na co wpływ posiada kierunek wiatru (przenosze-nie korzuchów lub piany zakwitów) do innych punktów zbiornika jak również kierunek i wielkość przepływów na obszarze zbiornika. Miejscami gdzie zapoczątkowywane są zakwity są okolice Tresty i Swolszowic, skąd biomasa zakwitu jest przenoszona przez nurt przepływu oraz wiatr. Przez cały okres zakwitu stężenia mikrocystyny-LR (MCYST-LR) w wodzie i w materiale biologicznym są tu wysokie

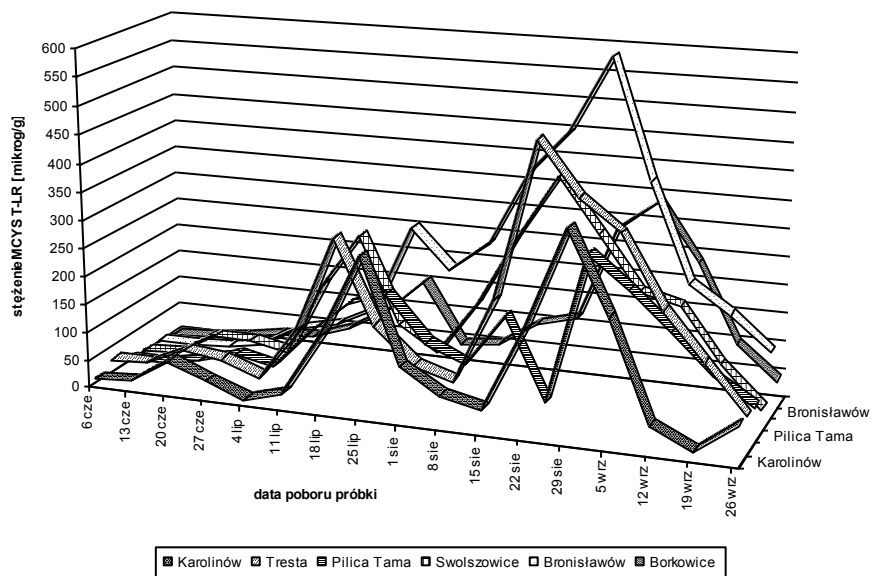
(rys. 1 oraz rys. 2). Średnie zawartości tej toksyny w materiale biologicznym wynoszą około 145–163 $\mu\text{g/g}$, a w wodzie około 2,4–2,6 $\mu\text{g/dm}^3$ (tab. 2 oraz tab. 3). W sezonie wysokie nagromadzenie materiału biologicznego zakwitów występuje w zatoce w okolicy Bronisławowa, gdzie wiatry spychają kożuchy zakwitów i gdzie pozostają one przez długie okresy ze względu na utrudnioną wymianę wody z otwartą częścią zbiornika (rys. 2 oraz rys. 3). Zawartość MCYST-LR w materiale zakwitów wynosiła średnio w sezonie 2005 około 197 $\mu\text{g/g}$ a w wodzie na obszarze zatoczki średnie stężenie toksyny wynosiło około 2,5 $\mu\text{g/dm}^3$ (tab. 2. oraz tab. 3).

Tab. 2. Średnie zawartości MCYST-LR w materiale zakwitów w poszczególnych punktach pomiarowych Zalewu Sulejowskiego w sezonie 2005

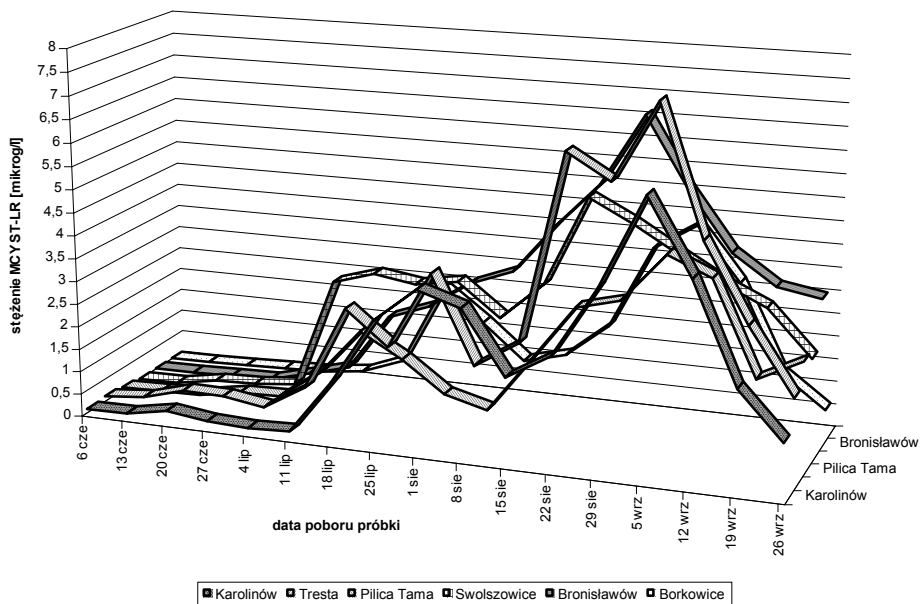
Miejsce poboru prób	Zawartość MCYST-LT [$\mu\text{g/g}$]				Średnio
	06.2005	0.7.2005	08.2005	09.2005	
Karolinów	30,13	113,55	149,38	87,85	98,41
Tresta	43,55	145,88	248,36	192,90	163,01
Pilica Tama	21,68	116,33	130,04	139,65	103,58
Swolszowice	30,13	145,48	243,98	135,50	144,86
Bronisławów	12,28	130,00	379,00	221,98	197,18
Barkowice	10,35	80,65	118,64	178,93	98,55

Tab. 3. Średnie zawartości MCYST-LR w wodzie powierzchniowej w poszczególnych punktach pomiarowych Zalewu Sulejowskiego w sezonie 2005

Miejsce poboru prób	Zawartość MCYST-LT [$\mu\text{g/dm}^3$]				Średnio
	06.2005	0.7.2005	08.2005	09.2005	
Karolinów	0,15	1,09	2,99	3,38	1,97
Tresta	0,31	1,45	4,01	4,37	2,62
Pilica Tama	0,14	1,16	1,85	3,09	1,57
Swolszowice	0,11	2,23	3,64	3,23	2,38
Bronisławów	0,04	1,21	4,40	3,98	2,51
Barkowice	0,04	0,81	1,84	2,28	1,28

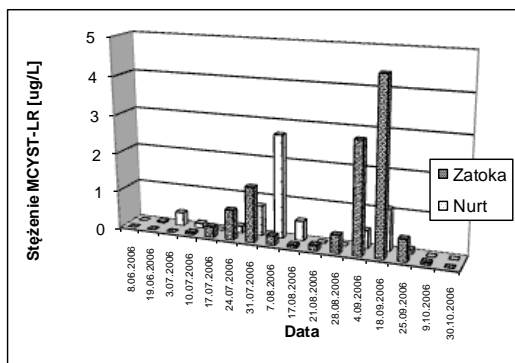


Rys. 1. Zmiany zawartości MCYST-LR w materiale biologicznym zakwit w wodzie Zbiornika Sulejowskiego w sześciu punktach pomiarowych w sezonie 2005



Rys. 2. Zmiany zawartości MCYST-LR w wodzie powierzchniowej Zbiornika Sulejowskiego w sześciu punktach pomiarowych w sezonie 2005

2.1. WPŁYW SZYBKOŚCI PRZEPIYU WODY PRZEZ ZBIORNIK ZAPOROWY



Rys. 3. Stężenie MCYST-LR w wodzie w obszarze głównego nurtu zbiornika Sulejowskiego i zatoczki w okolicy Bronisławowa w sezonie 2006

Prowadzono także badania wpływu szybkości przepływu wody przez obszar zbiornika na rozmieszczenie i wielkość zakwitów, jak też zawartość MCYST-LR w wodzie powierzchniowej. Stwierdzono zmienność fizykochemiczną parametrów wody mierzoną w nurcie zbiornika oraz w obszarze zastoinowym zatoki w okolicy Bronisławowa. Również stężenie MCYST-LR w obszarze przepływu było niemal dwukrotnie niższe niż na obszarze zatoczki, gdzie o wymianie wody i zawartej w niej biomasy decyduje głównie kierunek wiatru nawiewającego biomasę z obszaru całego Zbiornika Sulejowskiego (rys. 3).

LITERATURA

- [1] Kabziński A. 2004. *Toksyczne zakwitów sinicowe: (I) Biologiczna charakterystyka oraz charakter zakwitów*. BIOSKOP, 4: 6-8.
- [2] Kabziński A. 2005. *Toksyczne zakwitów sinicowe: (II) Podstawy ekologii sinic*. BIOSKOP, 1: 6-13.
- [3] Kabziński A. 2005. *Toksyczne zakwitów sinicowe: (III) Charakterystyka toksyny sinicowych*. BIOSKOP, 2: 7-13.

THE INFLUENCE OF HYDRO-METEOROLOGICAL CONDITIONS ON CREATION AND REMOVING OF CYANOBACTERIAL BLOOMS ON EXAMPLE OF SULEJÓW ARTIFICIAL LAKE

Cyanobacterials (blue-green algae) belong to phytoplankton and *Prokaryaota* kinkdom 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. 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 (hepatotoxins, neurotoxins and endotoxins) with high mutagenicity and cancerogenicity. From this reason is very important knowledge about factors had influence on yield of cyanobacterial blooming and toxins biosynthesis.