

Toksično svojstvo modrozelenih alga*

J. Jevtić

UVOD

Modrozeleni alge (**Cyanophyceae**) su veoma stara grupa organizama. Potiču iz prekambrijskog perioda i u toku svog života slabo su evoluirale. Proste su strukture, jer njihov protoplast nije diferenciran na protoplazmu i jedro. One su zbog svoje primitivne građe biološki veoma interesantne, a naročiti za evoluciju organizama. Evolucija je tekla u smislu diferenciranja protoplasta na protoplazmu i jedro. Protoplast je gust, ispunjava potpuno lumen ćelije i u njemu se obrazuju primetne vakuole. Na protoplastu se razlikuju periferni deo-hromoplazma i centralni bezbojni centroplazma, a granica između njih nije uvek jasna. Kao asimilacioni produkt nije skrob već glikogen, nagomilan u centroplazmi. Anabenin je rezervna materija bliska po sastavu glikogenu i nalazi se isto u centroplazmi. U hromoplazmi nalaze se rezervne materije u vidu zrnaca — sastavljene od lipoproteinskih materija koje nose naziv cijanoficijska zrnca. Boja im je modro zelena, jer pored hlorofila sadrže karotin i fikocijan. Fikocijan je dopunski pigment, belančevinaste prirode, zagrevanjem lako se raspada i rastvorljiv je u hladnoj vodi. Razmnožavaju se deobom i putem spora. Razvitak alga traje svega 2 do 3 dana, a posle toga obrazuju se spore.

Ove alge žive u vodama obogaćenim sa organskim materijama. Otporne su na temperaturne promene u vegetativnom obliku i u stanju spora. Izumrle modrozeleni alge ne padaju na dno već plivaju na površini gde obrazuju maslinasto zeleni sloj.

MODROZELENE ALGE I NJIHOVI TOKSINI

Kirpenko sa autorima (1977) dokazao je da modrozeleni alge mlade i aktivne kao i isušene sadrže toksična jedinjenja. Najtoksičnija alga je **Microcystis aeruginosa** Kuetz. Toksično dejstvo pripisuje se 21 vrsti modrozelenih alga:

1. **Microcystis aeruginosa** Kuetz. emend. Elenk.,
2. **M. flos-aquae** (Wittr.) Kirchn.,
3. **M. Toxica** Stephens,
4. **M. Wesenbergii** Komarek,
5. **Coelosphaerium kuetzingianum** Naeg.,
6. **C. dubium** Grun.,
7. **Woronichinia naegeliana** (Ung.) Elenk. syn. **Coelosphaerium naegelianum** (Ung.),
8. **Aphanocapsa (Microcystis) farloviana** Drouet et Daliy,

*Referat održan na simpoziju »Aktualni problemi ihtiologije i ribarstva«, Plitvice, 1980. god.

**Mr Jelena Jevtić, Poljoprivredni fakultet — Institut za stočarstvo — Novi Sad.

9. **Oscillatoria erythraea** (Ehr. Geitl.) syn **Trichodesmium erythraem** Ehr.,
10. **O. thiebautii** (Gom./Geitl.) syn. **T. thiebautii** (Gom.),
11. **Anabaena flos-aquae** Breb.,
12. **A. variabilis** Kuetz.,
13. **A. lemmermannii** P. Richt.,
14. **A. oscillarioides** Bory f. **turkestanica** (Kissel.) Elenk.,
15. **Aphanizomenon flos-aquae** (L.) Ralfs,
16. **Lynghya majuscula** (Dillw) Harvey.,
17. **Nodularia spumigena** Mert.,
18. **Gloeotrichia echinulata** (J. S. Smith) P. Richt.,
19. **G. pisum** (Ag.) Thur.,
20. **Nostoc rivulare** (Kuetz.) Elenk.,
21. **Hapalosiphon fontinalis** (Ag.) Born. emend. Elenk. f. **tenuissimus** (Grun.) Cool. et Setsh.

Smatra se da su samo predstavnici roda mikrocistis i anabena sposobni da izazovu toksične reakcije kod čoveka. Delovanjem toksičnih metabolita alga otkriven je eritematozni papulovezikularni dermatitis, konjuktivitis, obostrana bronhijalna astma, svrab i osip kože, dermatitis tkiva i degenerativne promene na tkivu čovečijeg embriona (Kirpenko, 1977. cit. Schwitter, D., Schwitter, M. 1955).

Vodeni filtrati alga takođe su toksični, ali u manjem stepenu od ćelične mase. Zamrzavanjem povećava se toksičnost alga. Kuvanjem opada toksično svojstvo alga, ali se ne smanjuje toksičnost vodenih filtrata. U prirodnim uslovima nastaje udruživanje pomenutih faktora sa hidrotehničkim osobinama vode (Kirpenko, 1977 cit. Gorham, 1960., Mihajlov, 1961., Davidson, 1959., Smirnov, 1963., Tec, 1964. i Milov, 1966).

Kirpenko, 1977 navodi rezultate Fitch-a sa saradnicima (1934) koji smatraju toksične agense alga termostabilnim, dobro očuvanim isušivanjem, a narušavaju se gnjilenjem, poseduju malu molekularnu masu usled čega prolaze kroz mikrofiltere.

Mnogi autori smatraju da se otrovnost modrozelenih alga javlja kao rezultat dejstva više materija (Kirpenko, 1977). Prva od ovih materija obrazuje se u ćelijama alga i nazvana je faktor brze smrti, a druga je označena kao faktor spore smrti i nastaje u prisustvu bakterija.

Toksin alga po hemijskim osobinama pripada cikličnim polipeptidima sastavljen je iz 5 peptida, sa toksičnim ciklopeptidom, koji se sastoji iz 7 aminokiselina: asparaginske, glutaminske, serina, valina, ornitina, alanina, lecitina (u odnosu 1 : 2 : 1 : 1 : 1 : 2 : 2) Rastvorljiv je u vodi i alkoholu, male je mase i teško hidrolizuje. Kirpenko (1977) navodi podatke Gorham-a (1960) da je toksično svojstvo ovog polipeptida uslovljeno prisustvom D-serina umesto obične L-forme. LD 50 navedene materije je 0,47 mg, koja iza-

ziva promene kod belih miševa pri paranteralnom unošenju.

Kod biološko aktivnih dominirajućih alga značajan je uticaj slobodnih radikala, a među njima izotiocianantne grupe sa najvišom aktivnošću algatoksina. **Microcystis aeruginosa**, kao dominantna vrsta uslovljava nakupljanje algatoksina sa malom molekularnom masom i znatnim sadržajem belančevina i povećanim brojem slobodnih radikala kao i izotiocianantne grupe. Ispitivanja Kirpenko, 1977 su pokazala da algatoksini sadrže disulfidne veze koje su znatnije u polikulturi alga sa **Aph. flos-aquae** i **Microcystis**, nego u monokulturi samo sa oblikom **Microcystis**.

Toksične materije izdvojene iz različitih vrsta alga imaju blisku hemijsku prirodu (Kirpenko, 1977). Pri unošenju anabene u kulturu mikrocistisa povećava se biološka aktivnost alga u prirodnim uslovima.

U mehanizmu jačeg trovanja toksini modrozelenih alga dejstvuju na mnoge fermentativne sisteme (holinesterazu, tiaminazu i oksidativne fermente, izazivajući hipo i avitaminozu vitamina B₁ i B₂ kao i alergična rastrojstva nastala narušavanjem metabolizma ugljovodika u mozgu) (Kirpenko, 1977 cit., Wheeler, 1942., Davidson i dr. 1959., Teplyj, 1961., Telitčenko., Gusev, 1964., Maljarevska ja i dr, 1971).

Odumiranjem alga i razlaganjem organskih materija opada nakupljanje algatoksina u algama, ali se toksičnost ne smanjuje u vodi usled obogaćenja sa toksičnim produktima razlaganja azotnih jedinjenja (amonijaka, merkaptana, fenola, indola i dr.).

Najintenzivnije izlučivanje toksičnih materija je na mestima mešanja slatke i slane vode, u deltama reka, a nastaje kao reakcija na nepovoljne uslove sredine (Kirpenko, 1977).

Biološki smisao produkovanja algatoksina je hemijsko oružje pojedinih vrsta alga u borbi sa konkurentima u procesu osvajanja areala.

Uticaj »vodenog cveta« modrozelenih alga na kvalitet vode

Povećano cvetanje vode povezano je sa ispiranjem pigmenta iz alga koji vodi daje difuznu boju. Pri razviću alga menjaju se i njena organoleptička svojstva. Voda u doba cvetanja ispitivanih alga ima muljevito travni miris, a pri razlaganju plesniv i intenzivniji miris po ribi, a može da se pojavi i zagušljiv neprijatan miris H₂S. Intenzivnost mirisa stoji u pravoj zavisnosti sa cvetanjem vode. Blagodareći fotosintetičkoj aktivnosti modrozelenih alga izdvajaju kiseonik i poboljšavaju gasni režim vode u letnjem periodu, što se odražava u bržem početnom opadanju BPK, ranijem završavanju anaerobne faze, pojavi slobodnog kiseonika i ubrzanju procesa nitrifikacije. Zasićenost površinskih slojeva sa kiseonikom je veća, a u isto vreme deficitarna je u nižim delovima. Alge producenti kiseonika javljaju se i kao njegovi potrošači. U gornjim slojevima alge stvaraju membrane koje pokrivaju donje slojeve vode izazivajući svetlosno gladovanje i narušavanje fotosinteze drugih alga, što se negativno odražava na oksidacioni balans u vodi. U periodu ja-

čeg razvića alga BPK opada, a u uslovima njihovog razlaganja raste. Uticaj alga na sredinu je u stvaranju antioksidanata što se objašnjava peroksidnom oksidacijom rastvorenih organskih materija i nakupljanjem algatoksina. Veličina pH se menja pod uticajem cvetanja alga. U toku dana skreće ka bazičnoj vrednosti (9—10), dok je u periodu razlaganja i odumiranja mase alga više kisel. Alkalna voda u doba cvetanja povezana je sa karbonantnom ravnotežom. Alge pri jačem razviću iz bikarbonata oduzimaju CO₂ i prevode ih u karbonate. Narušavanje bikarbonata dovodi do opadanja tvrdoće i povećanja bazičnosti vode.

U periodu primetnog razvića alga značajno je opadanje sadržaja nitrata, gvožđa, rastvorenih organskih materija, jer te materije koriste plankton za svoje razviće. Nasuprot tome u periodu razlaganja u vodi se nakuplja mlečna, sirćetna kiselina, amonijak i fenoli. Modrozelenih alge stvaraju povoljne uslove za razviće patogene mikroflore, koja prouzrokuje crevna obolenja. Pored navedene uloge algatoksini imaju i antimikrobno dejstvo na saprofitne i patogene mikroorganizme. Osnovni značaj u mehanizmu antimikrobnog dejstva je smanjenje funkcije dehidrogenaze i tiaminom nedostatku.

Toksično dejstvo modrozelenih alga na ribe

Maljarevska ja (1978) je ispitivala uticaj toksikanata različitog hemijskog sastava i načina dejstva na biohemijski sastav: grgeča, smuđa i tolstolobika. Upotrebljene su modrozelenih alge i njihovi toksini, fosforoorgansko jedinjenje hlorofos i hloroorgansko-DDT u letalnim koncentracijama. Letalne doze za modrozelenih alge su 3,2 g/l, a za njihove toksine 184.10⁻⁶ g/l (u količini koja odgovara modrozelenim algama), za hlorofos 0,1—3,2 g/l i DDT 0,04 g/l.

Toksini iz vode ulaze u ribu preko kože ili škrga stvarajući se u lipoproteinskim komponentama membrana ćelija.

Modrozelenih alge izazivaju niz promena u vodi: sadržaj H₂CO₃ se povećava od 11 do 86 mg/l, dok vrednost kiseonika opada od 52 do 78%, a pod uticajem DDT od 48 do 50%. Toksini modrozelenih alga smanjuju kiseonik od 7 do 28% u vodi.

Disanje kod riba pod uticajem toksikanata je površno i učestalo. Životinje pokazuju povećanu aktivnost (bežanje od nepovoljnih faktora sredine) i njeno opadanje pred uginuće.

Potrošnja kiseonika kod grgeča u kontroli je 8,28 mg/l/čas na 100 g težine tela i ona opada pod uticajem toksikanata: modrozelenih alga za 70% i njenih toksina 83%, pod uticajem hlorofosa za 20%, a u slučaju hipoksije za 54% (Maljarevska ja, 1978).

Toksini deluju na opadanje vrednosti oksidoredukcionih procesa, kao i na povećanje redukcionih dejstava, što uslovljava prelaz od aerobnog ka anaerobnom razlaganju ugljovodika. Pri ovom troše se energetske rezerve i vrlo brzo nastupa uginuće riba (Maljarevska ja, 1978).

Delovanjem toksikanata narušava se funkcija nervnog sistema, što je u vezi sa promenom holinesteraze. Ova materija je fermentativne prirode i vezana je za

površinu ćelične membrane. Ona ima važnu ulogu u razdraživanju nervnih, mišićnih i drugih ćelija. Holinesteraza kod grgeča, pod uticajem modrozelenih alga, opala je u mozgu i jetri od 50 do 60%, a delovanjem njihovih toksina opada od 22 do 38%, DDT od 8 do 50% i hipoksije od 87 do 89%; kod karaša modrozelenih alge smanjuju je za 21 do 51%, toksini 24 do 77% DDT od 5 do 59%; kod tolstolobika u prisustvu algi holinesteraza opadala je za 37 do 77% u poređenju sa kontrolom.

U složenoj strukturi belančevina i njenih fermenta značajna je uloga SH grupe. Delovanjem letalnih koncentracija modrozelenih alga na ribe opada vrednost SH grupe u mozgu za 37%, a u crevu i jetri za 11% (Maljarevska, 1978).

Transaminaze u procesu aminacije katalizuju prenošenje amino grupa sa aminokiselina na odgovarajuće ketokiseline, te na taj način vrše sintezu belančevina. Reakcija teče i u suprotnom pravcu, pa u slučaju dezaminacije obavlja se analiza belančevina. Aktivnost transaminaze povećava se u srcu za 11% i crevu 46%, a smanjuje se u jetri za 40% i mozgu 24%. U organima i tkivima riba pod uticajem modrozelenih alga povećava se količina slobodnih aminokiselina u jetri (suma asparaginske kiseline i serina je 191% i glutaminske kiseline i treonina 1240% više nego u normalnim uslovima. Povećana količina aminokiselina kod riba ima zaštitnu ulogu u borbi organizma sa toksičnim materijama.

Metod za otkrivanje toksina

Fizičko-hemijske metode za identifikaciju toksina su veoma složene. Kirpenko (1977) citira Martina, Chatterjeea (1969) koji smatraju, da je acetilholinesteraza inhibirana toksinima alga. Reakcija ovog enzima sa supstratom sastoji se u njegovom razlaganju na holin i sirćetnu kiselinu, pri čemu dolazi do promene pH sredine. Ona je i veoma osjetljiv indikator na sadržaj aktivnih, bioloških metabolita. Holinesterazu mogu da inhibiraju fenoli, heterociklični amini — materije koje se obrazuju razlaganjem alga.

Modrozelenih alge smanjuju aktivnosti proteolitičkih fermenta kao što je tripsin. Dokazano je da fenolna jedinjenja, koja nastaju raspadanjem alga u koncentraciji 0,01—0,1% ne utiču na aktivnost tripsina, te navedena reakcija ima više specifičan karakter od prethodne.

Najveće specifično dejstvo na toksične matabolite modrozelenih alga imaju imunološke reakcije. Stvaranje antitela je odgovor na toksične matabolite alge.

Biološki indikatori koriste se za otkrivanje algatoksina. Vodeni filtrati otrovni su za *Daphnia sp.* i *Cyclops sp.* Pri masovnom razviću *Microcystis aeruginosa* konstatovana je smrt zooplanktona. Manje su toksični za hidrobionte *Aphanizomenon flos-aquae* (L) Ralfs. Za određivanje toksičnosti metabolita alga primenjen je veoma osjetljiv i brz test pomoću *Daphnia magna St.* (Braginskij, 1955). Ovaj organizam omogućuje otkrivanje algatoksina u koncentraciji 0,0015 mg/l. Dafnie ne koriste samo za otkrivanje algatoksina već i produkata njihovih razlaganja.

Kvalitativan i kvantitativan sastav modrozelenih alga u ribnjacima Jugoslavije

Produkcija planktona u ribnjacima ima izvesna specifična obeležja, koja se odlikuju vegetacionim periodom u ciklusu razvića planktona, kao i nedostatkom zimskog perioda (Milovanović, 1963).

Postojalo je mišljenje, da se na osnovu pojedinih planktonskih organizama može da odredi tipologija ribnjaka. Pujin, 1971 navodi podatke Langhana, Nyagarda, Thynmarks-a, Weimanna i dr. Danas prevladuje mišljenje, da su kvantitativni odnosi i dinamika populacije planktonskih organizama mnogo značajniji (Boruckii., Contag., Hrbáček., Milovanović., Živković., Mitrović i Pujin (Pujin, 1971).

U Jugoslaviji kao i u Nemačkoj, u smislu kvantitativnog sastava planktona, izvršena je podela ribnjaka na dve velike grupe: ribnjake bez »vodenog cveta« i ribnjake sa »vodenim cvetom« (Milovanović., Živković, 1953). Ribnjaci bez »vodenog cveta« siromašni su sa fitoplanktonom i označeni su kao oligotrofni. Ovde spadaju Južni ribnjaci iz kompleksa Ribarskog gazdinstva-Ečke, koji se odlikuju sa malom količinom fitoplanktona od 20.000 ind/cm³ i zooplanktona oko 5.000 ind/l. Ribnjaci sa vodenim cvetom imaju bogato razvijen fitoplankton sastavljen iz grupe **Cyanophyceae**. U ribnjacima Ribarskog gazdinstva — Ečke razlikuju se dva tipa ovakvih ribnjaka: jedan sa predstavnicima **Anabaena-Cyclopus** i drugi sa **Aphanizomenon-Daphnia**. Najveće toviliste iz ovog kompleksa (Belo Jezero, Koča i Mika) pripadaju tipu **Aphanizomenon-Daphnia** sa brojem vrsta od 200.000 ind/cm³ (Milovanović., Živković, 1953).

U ribnjacima severne Evrope »vodeni cvet« je tip mikrocistis. U našim ribnjacima aphanizomenon je masovno zastupljen, a mikrocistis ne zaostaje mnogo za njim, dok su ostale vrste prateće (Milovanović., Živković, 1953).

Mikrocistis je znatno toksičniji od oblika aphanizomenon, te bi naši ribnjaci spadali u grupu manje otrovnih za razliku od istih na severu Evrope.

Fitoplankton je aktivan u svim slojevima ribnjaka i trofogeni sloj dopire do dna (Milovanović, 1960).

Ribnjak se odlikuje različitim balansom primarne produkcije organske materije u tri najvažnija aspekta godišnjeg ciklusa. U maju mesecu produkcija je veća od potrošnje (2,774 : 1,471 mg/l/O₂) i balans produkovanih organskih materija je pozitivan što je odlika eutrofnih voda. U junu potrošnja prelazi daleko proizvodnju (0,533 : 3,980 mg/l/O₂) i balans je negativan što je karakteristika siromašnih jezera i u avgustu, u doba najintenzivnijeg vegetacionog perioda, konstatovana je ravnoteža u balancu proizvodnje i potrošnje (4,129 : 4,727) što je svojstvo za oligotrofne vode (Milovanović, 1960).

Iz ovoga sledi da u doba intenzivnog razvića modrozelenih alga i stvaranja »vodenog cveta« količina produkovanog kiseonika putem fotosinteze jednaka je utrošenom kiseoniku u procesu respiracije. Ne samo da alge u masovnom razviću (avgust mesec) utiču na

pogoršanje kiseoničnog režima u ribnjaku, već je i apsorpcija kiseonika iz vazduha na višoj temperaturi smanjena (na 0° apsorbuje se 15,04 mg/l/O₂, a na 28° samo 7,94 mg/l/O₂). Kako su disimilacioni procesi najjači u jutarnjim časovima, kada se još ne vrši fotosinteza, a ako se još ovom doda i uticaj toksina alga onda je sasvim razumljivo zašto je dolazilo do »ribljeg ustanka« u letnjim mesecima u nedostatku osvežavanja sa čistom vodom.

Na tabeli br. 1 date su kvalitativne i kvantitativne vrednosti za grupu **Cynophyceae** u pojedinim ribnjacima u momentu njihovog masovnog razvoja. Ovde su korišćeni podaci različitih autora (Milovanović, Pujin, Debeljak i Seleši (u određenim godinama ispitivanja).

Za određivanje težinskih vrednosti alga korišćene su tablice autora Seničkina, 1978, gde je na osnovu dužinskih vrednosti alga data tablična, srednja, težina alga u mg. Broj konstatovanih modrozelenih alga zatim se pomnoži sa tabličnom vrednošću i preračuna na g/l radi lakšeg upoređivanja sa literarnim pokazateljima.

Iz tabele 1. može da se konstatuju različite vrednosti modrozelenih alga, koje su utvrđene u ribnjacima u doba njihovog masovnog razvoja. Najveća težina ovih alga zabeležena je u ribnjaku Kolut i iznosila je 1,47 g/l. Kako je ovde »vodeni cvet« sastavljen od mikrocistisa, koji je najotrovniji u grupi modrozelenih alga, to je toksičnost bila veća nego u drugim ribnjacima. U Ribarskom gazdinstvu—Ečki prisutnost modrozelenih alga je znatna sa tipom »vodenog cveta« sastavljenim od aphanizomenon, manje otrovnim, i mikrocistisa, kojeg je bilo nešto malo manje u odnosu na dominantnu vrstu. U navedenim ribnjacima prisutna je bila toksičnost, obrazovana od modrozelenih alga, ali je ona bila znatno manja od letalne koncentracije

3,2 g/l (Maljarevska, 1978). U ostalim navedenim ribnjacima Suseku, Draganići, Živači, Bečej i Jegrički formiran je »vodeni cvet« od modrozelenih alga tipa mikrocistis ili anabaena (kao dominantne vrste), ali je njihova težina znatno manja u odnosu na veličinu prva dva ribnjaka (tab. br. 1), a usled toga je i otrovnost u njima bila manja. U ribnjacima Zdenčina, Jelas Polje, Grudnjak, Bardača kao i u ribnjaku Jegrička, autori nisu naveli broj Gynophyceae pa se njihova vrednost nije mogla kvantitativno da izrazi. U ribnjaku Futog nije još bio obrazovan »vodeni cvet«.

Đubrenjem povećava se broj planktonskih organizama. Najveći broj fitoplanktonskih individua nađen je u ribnjaku »Draganići« nastao dodavanjem kombinovanog đubniva, nešto manji sa fosforom, a najmanji u kontroli gde nije đubreno (Bralić i dr., 1967).

Kombinacija biljnog-zelenišnog đubniva sa mineralnim dala je znatne količine bakterija i zooplanktona. Porast bakterio-planktona uvek je prethodio porastu zooplanktona (Ristić, Pujin, 1964).

Prilagodbenost hidrobionata na toksine, detoksikacija i iskorišćavanje sirovina alga

Biološkim, fiziološkim i histološkim metodama konstatovano je, da se uticaj toksikanata na vrstu **Daphnia pulex** sastoji u smanjivanju ćelijskog metabolizma. Smatra se, da su vodeni organizmi najosetljiviji na subletalne koncentracije štetnih materija usled čega Flerov, 1977 preporučuje zaštitu vodene sredine procesom razblaživanja.

Utvrđeno je opadanej ritma disanja kod larava **Chironomidae** pri povećanju njihove gustine. Navedena pojava je u vezi sa nakupljanjem metabolita koji inhibiraju oksidacione procese. Gasni promet životinja je smanjen delovanjem razloženih materija (Kon-

Tabela 1. Kvalitativni i kvantitativni sastav modrozelenih alga iz ribnjaka u toku njihovog intenzivnog razvoja

1. Naziv ribnjaka	Kolut	Ečka	Susek	Bečej	Draganići	Živača	Zdenčina, Jelas, Grudnjak, Bardača	Jegrička	Futog
2. Površina u ha	200	2840	230	650	417	369	887, 863 550, 2100	436	200
3. Godina istraživanja	1961	1949—51	1959—60	1978	1965	1955	1967—1968	1959—1960	1959—1960
4. Autor i datum objavljivanja rada	Milovanović 1963.	Milovanović, 1951.	Pujin 1965.	Seleši	Bralić i dr., 1967.	Milovanović, 1959.	Debeljak i dr., 1969.	Pujin 1965.	Pujin 1965.
5. Sa vodenim cvetom	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6. Bez vodenog cveta									+
7. Naziv dominantnih i pratećih vrsta	Microcystis Anabaena Aphanizomenon	Aphanizomenon Microcystis	Anabaena Microcystis	Microcystis Merismopedia Aphanizomenon	Microcystis Aphanizomenon	Microcystis Anabaena	Microcystis Aphanizomenon	Anabaena Microcystis	
8. Količina modrozelenih alga, g/l	1,47	1,05	0,06	0,06	0,03	0,02	Nisu brojane	Nisu brojane	—

stantinov, 1977). Hironomidi su visoko rezistentni organizmi na sadržaj kiseonika u vodi (Birger, Maljarevska, 1977). Sličnu pojavu zapazila je Maljarevska, 1978. kod riba. Potrošnja kiseonika kod grgeča u kontroli bila je 8,28 mg/l/čas, izraženo na 100 g težine tela, ali pod uticajem toksikanata ona opada (kod modrozelenih alga za 70%, njenih toksina 83%, hlorofosa 20% i hipoksije za 54%).

Smanjen metabolizam kod navedenih organizama ima zaštitnu funkciju jer onemogućuje unošenje u njega veće količine toksikanata.

Biljni organizmi poseduju veću rezistentnost prema toksinima od životinjskih (Kirpenko, 1977). Pojedine biljne vrste u cilju otpornosti na toksine imaju niz prilagodjenosti. Trska (**Phragmites communis Trin.**) poseduje aktivnu zaštitu na visoku koncentraciju DDT, koja je izražena u novo obrazovanim sekundarnim korenima, a što se rezultira u apsorbovanju DDT korenovim sistemom, kao i sprečavanju njegovog ulaska u stablo i lišće. Smatra se da trska ima značajnu ulogu u samoprečišćavanju voda od ostataka DDT (Merežko, Šokod'ko, 1978).

U organizmu riba pod uticajem modrozelenih alga povećava se količina aminokiselina, što ima značajnu ulogu u smanjivanju toksičnosti materija. Pod uticajem letalnih koncentracija modrozelenih alga suma slobodnih zamenljivih i nezamenljivih aminokiselina (cistin, metionin i glicin) povećava se u jetri 237%, crevima 97% i u mišićima 65% (Maljarevska, 1978).

Pored prirodne rezistencije organizama postoji i uklanjanje toksina iz vode sredine putem fizičke i hemijske detoksikacije. Metod prečišćavanja vode sastoji se od propuštanja vode brzinom 1 do 3 l/čas ili 5 l/čas kroz smolu, katran. Ovo može da se koristi za detoksikaciju vode od mase ćelija-modrozelenih alga, kao i od apsorbovanog toksina u njoj (Kirpenko, 1977).

Poznata je otrovnost olova u organizmu, ali ono sa vitaminima C obrazuje olovnu so askorbinske kiseline i prelazi u neaktivno jedinjenje. Askorbinska kiselina vezuje se sa materijama i smanjuje delovanje i nekim mikrobnim toksinima. Vitamini u uslovima aerobioze stimuliraju oksidativne procese i produžavaju život zatrovanih životinja u poređenju sa kontrolnim (Birger, Maljarevska, 1977).

Nikotinamid-koferment pri oksidaciji obrazuje jedinjenje tipa peroksidaze koje stupa u reakciju sa toksinom oksidiše ga i prevodi u manje toksično jedinjenje po organizam (Birger, Maljarevska, 1977).

Detoksikacija toksičnih materija može da se obavlja acetilovanjem, dimetilovanjem, dekarboksilovanjem i oksidacionim razlaganjem pri čemu učestvuju fermenti i vitamini. Pri ovome strane materije i njihovi metaboliti sjedinjuju se sa substratom-acetil, metil i stvaraju polarne lipide, molekule, manje rastvorljive koji lakše izlaze iz organizma (Kirpenko, 1977).

Kirpenko, 1977 citira Gorham-a, 1962 koji smatra da »vodeni cvet« ne može da predstavlja veliku opasnost za hidrobionte, jer su i najjači tokcini izdvojeni iz alga nestabilni u bazičnoj sredini.

Positivno dejstvo algatoksina je širok spektar antimikrobnog dejstva. Najosetljiviji organizmi bile su grupe Enterobacteria, Bacterium coli, Salmonella, manje su osetljive bakterije koke i gljive iz grupe Candida. Baktericidna koncentracija varirala je od 0,01 do 1,0, a bakteriostatička od 0,001 do 0,1 mg/l (Griгор'eva, Kirpenko i dr. 1977). Navedene koncentracije bile su zastupljene i u našim ribnjacima sa odgovarajućim antimikrobnim dejstvom.

Kako se belančevine nalaze u svetu u deficitu nije mali značaj korišćenja istih iz alga, a posebno iz modrozelenih. Pojedini predstavnici modrozelenih alga postali su objekti masovnog kultivisanja, jer i po bihemijskom sastavu i produkciji predstavljaju značajnu hranljivu rezervu. Poznata je visoka hranljiva vrednost alga iz porodice **Nostocaceae**, te su u istočnoj Aziji i Južnoj Americi upotrebljavaju u ishrani **Nostoc communis Vauch**, koji obrazuje sluzave kolonije. U Japanu u zaklonima nekih vulkana stvaraju se debeli slojevi zaledene mase, koji se sastoje od predstavnika roda **Gloeocapsa**, **Gloeothea** i **Microcystis**, sa visokim sadržajem belančevina (86,40%). Mesno stanojništvo još ga od davnina upotrebljava kao hranu. U Africi **Spirulina maxima** (Setch. et Gardn. Geitl.) sa 60 do 68% proteina koristi se masovno u ishrani (Kirpenko, 1977).

Upotreba modrozelenih alga u ishrani larava pojedinih vrsta riba: deverike, crvenperke i dr. nema samo metaboličku vrednost već i posebnu ulogu u funkcioniranju digestivnog trakta (Kirpenko, 1977 citira Pano va., Sorokin-a, 1965).

Braginskij, 1955 ukazuje na značajno veliki uticaj vrste **Gloeotrichia natans** kao hranljivog izvora za mnoge predstavnike zooplanktona.

SADRŽAJ

U našim ribnjacima, u doba intenzivnog razvitka, alga, najviše modrozelenih alga nadeno je u ribnjaku Kolut, a najmanje u Futogu gde nije bio ni razvijen »vodeni cvet«.

Za ova ispitivanja korišćeni su literarni podaci naših ribnjaka u doba masovnog razvoja modrozelenih alga.

Zastupljenost navedenih alga u našim ribnjacima, sa dominantnim vrstama **Microcystis sp.**, **Anabaena sp.** i **Aphanizomenon sp.**, ima toksična svojstva na vodu i hidrobionte, ali su to znatno manje vrednosti od letalnih koncentracija.

Pojedine modrozeleni alge (21 vrsta) poseduju toksična svojstva. Materije izdvojene iz različitih vrsta imaju blisku hemijsku prirodu sa izdvojenom izotiocianantnom grupom, koja u sebi sadrži najvišu, biološku, aktivnost algatoksina (Iz izvora strane literature).

LITERATURA

1. **Braginskij, L. P. 1955:** O toksičnosti sinezelenyh vodoroslej. Priroda, 1, 117.
2. **Bralić, V., Debeljak, Lj., Livojević, Z., Marko, S., Turk, M. 1967:** Pokusi povećanja produktivnosti ribnjaka uvođenjem dušičnih mineralnih gnojiva. Ribarstvo Jugoslavije, XXII, 2, 42—46.
3. **Birger, T. I., Maljarevskaja, A. Ja. 1977:** O nekotoryh biohimičeskikh mehanizmah rezistentnosti vodnyh bespozvonočnyh k toksičeskim veščestvam. Hidrobiologičeskij žurnal, XIII, 6, 69—73.
4. **Debeljak, Lj., Marko, S., Habeković D. 1969:** Hidrobiološka ispitivanja ribnjaka i njihovo značenje za proizvodnju. Ribarstvo Jugoslavije, XXIV, 1, 3—10.
5. **Grigor'eva, L. V., Kirpenko, Ju. A., Orlovskij, V. M., Stankević, V. V. 1977:** Ob antimikrobnom dejstvii toksičeskikh metabolitov nekotoryh sinezelenyh vodoroslej. Hidrobiologičeskij žurnal, XIII, 3, 57—62.
6. **Flerov, B. A. 1977:** Fiziologičeskie mehanizmy dejstija toksičeskikh veščestv i prisposobljenija k nim vodnyh životnyh. Hidrobiologičeskij žurnal, XIII, 4, 80—86.
7. **Kirpenko, Ju. A., Sirenko, L. A., Orlovskij, V. M., Lukina, L. F. 1977:** Toksini sinezelenyh vodoroslej i organizm životnogo. ANU SSR, 1—251, Kiev.
8. **Konstantinov, A. S. 1977:** Ob intensivnosti dyhanija ličinek hironomid pri odinočnom i gruppovom soderžanii. Hidrobiologičeskij žurnal, XIII, 6, 28—32.
9. **Milovanović, D., Živković, A. 1951:** Ispitivanje planktonske produkcije u ribnjacima Ečke. Zbornik radova SAN, XXIX, 3, 197—264.
10. **Milovanović, D., Živković, A. 1959:** Planktonska produkcija u ribnjaku Živača. Zbornik radova, Biološki institut, 2, 5, 1—17.
11. **Milovanović, D. 1960:** Primarna organska produkcija u ribnjaku Jegrička. Glasnik Prirodnjačkog muzeja, B, 15, 119—129.
12. **Milovanović, D. 1963:** Produkcija fitoplanktona i primarna produkcija u ribnjacima Koluta. Zbornik radova, Biološki institut, 6, 6, 1—16.
13. **Maljarevskaja, A. Ja. 1978:** Specifičeskie i nespecifičeskie izmenenija v organizme ryb pri dejstvii na nih različnyh toksikantov. Hidrobiologičeskij žurnal, XIV, 2, 60—69.
14. **Merežko, A. I., Šokod'ko, T. I. 1978:** Osobenosti pogloščenija DDT vyššimi vodnymi rastenijami. Hidrobiologičeskij žurnal, XIV, 3, 84—91.
15. **Pujin, V. 1965:** Prilog proučavanju ishrane i tempa porasta ribnjačkog šarana (*Cyprinus carpio* L.) sa naročitim osvrtom na odnos prirodne i dodatne hrane u crevnom sadržaju. Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu.
16. **Pujin, V. 1971:** Dinamika zooplanktonske produkcije ribnjaka u Futogu. Letopis naučnih radova, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, 15, 55—63.
17. **Ristić, O., Pujin, V. 1964:** Uzajamni odnos zooplanktona i bakterioplanktona ribnjaka pri različitim načinima dubrenja u eksperimentalnim uslovima. Mikrobiologija, 1, 1, 121—132.
18. **Seleši, Đ. 1978:** Neobjavljeni podaci iz ribnjaka Bečej.
19. **Seničkina, L. G. 1978:** K metodike vyčislenija obemov kletok planktonnyh vodoroslej. Hidrobiologičeskij žurnal, XIV, 5, 102—105.