

BACTERIOLOGICAL STUDY OF THE SEDIMENT IN THE TISZA AND ITS TRIBUTARIES

(A Tisza és mellékfolyói üledékének bakteriológiai vizsgálata)

MÁRIA B. TÓTH

Directorate of Water Conservancy of the Central Tisza Region,
H-5000 Szolnok, Tiszaígyet, Hungary

(Received May 15, 1980)

Abstract

During the Tisza expedition between August 27 and September 15, 1979, studies were performed on the benthic bacteria of the Tisza and its tributaries. In the course of that the total bacterial count was determined on membrane filters, the count of aerobic bacteria on Na-caseinate agar medium, and the count of anaerobic bacteria on FeS agar medium, using 30 °C incubation temperature. In the latter group colonies of obligate and facultative anaerobic bacteria were distinguished. The results are given in germ/g wet sediment unit.

In the Hungarian reach of the Tisza and at the mouths of its tributaries the total bacterial count proved to be 10^{10} – 10^{11} ind./g wet sediment. The counts of aerobic benthic bacteria and anaerobic ones were 10^6 – 10^7 resp. 10^4 – 10^5 germ/g on wet sediment basis.

Total bacterial count and the amount of aerobic bacteria showed a similar tendency in the longitudinal section of the Tisza. Total bacterial counts of samples of sediment were great below the Lónyai Canal (07), in the reach between the Bodrog and Sajó (10–13), in the area of Leninváros (17), in the impounded reach of Tisza at Kisköre (21–25), and in the region of the mouth of Körös (33) and at Szeged (35) [Fig. 1].

The activity of aerobic bacteria in the upper 2 cm layer of sediment examined by us was characteristic of most sampling places, the number of anaerobic bacteria, however, was fairly great in several places e. g. beyond the mouth of Lónyai Canal (08), in the area of Leninváros (20), in the impounded reach at Kisköre (21–25), beyond the mouths of Körös (33) and Maros (37–38) [Figs. 2–3].

The obligate anaerobic bacteria cultured during these studies were found at –45 and –165 mV redox potential and 10–15 mg/g total iron content (Figs. 4–5).

It can be stated that the tributaries are the source of effects causing more or less changes in the benthic bacterial flora of the Tisza. These changes depend on the quality of the organic matter transported by the tributaries, the oxygen supply of the sediment the settling rate of the sediment.

The results reported here are only tentative and it would be prudent to support them by more detailed future studies.

Az üledék allochton és autochton szerves anyagának lebontása és ásványosítása a bonyolult fizikai és kémiai folyamatok mellett legnagyobb részben az élő szervezetek által történik, melynek tetemes részét a baktériumok és gombák nagy számú csoportja végzi (*Rheinheimer* 1975). A szilárd vagy oldott állapotban levő szerves anyagot bizonyos feltételek mellett (megfelelő hőmérséklet, oxigén jelenléte, mérgező anyagok hiánya stb.) viszonylag rövid idő alatt képesek lebontani. Ezáltal nemcsak az üledék eredeti, természetes minőségét állítják helyre, hanem a mineralizált anyagokat visszajuttatják a körforgalomba.

Az adott ökoszisztémában jelenlevő baktériumok mennyiségéről, abszolút számáról tájékozódhatunk a membránfilteren végzett mikroszkópos számlálással. Arról, hogy a baktériumok a szerves anyagok lebontásához szükséges energiát milyen módon nyerik, vagyis a bomlási folyamatok oxigén jelenléte vagy kizárása mellett játszódnak le, adatokat kaphatunk az aerob és anaerob feltételek közötti tenyésztéssel.

A bakteriobentosz ilyen irányú mennyiségi viszonyaira vonatkozó vizsgálatokat *Oláh János* végzett a Balatonon (*Oláh et. al.* 1978), valamint napjainkban is végeznek szarvasi kutatók a hortobágyi halastavakon.

A Tiszán ez idáig ilyen jellegű üledék bakteriológiai vizsgálat még nem történt. A Tisza-expedíció során végzett bakteriológiai vizsgálatok célja a Tisza bakteriobentoszát érő természetes és mesterséges hatások (mellékfolyók, tározás stb.) kutatása volt.

Anyag és módszer

Az 1979. augusztus 27. szeptember 15. között végrehajtott Tisza-expedíció során a Tisza és mellékfolyóinak üledékéből 38 szelvényben vettünk mintát a folyók jobb és bal partjáról egyaránt. A mintákat steril körülmények között, az üledék felső 2 cm-es rétegéből egy 15 mm átmérőjű üvegcsővel szűrtük ki. A feldolgozáshoz 1 g nedves üledéket használtunk, melyet egyetemes rázógépen 99 ml fiziológiás sóoldatban 1 óráig rázattunk. Az így nyert szuszpenziót használtuk fel a további vizsgálatokhoz, amiből a hígítási sort készítettünk.

Az összes bakteriobentosz mennyiségének meghatározásához a bakterioplankton vizsgálatoknál használatos „Razumov” membránszűrő módszert vettük alapul, az iszapvizsgálati eljárásokkal módosítva. A 10^2 hígítási fokú szuszpenzióból az elővizsgálatok során megállapított mennyiséget 11306 típ. Sartorius membránfilteren, Zsigmondi szűrőkészüléken átszűrtük. Karbolsavas eritrozinnal történő festés után a baktériumokat immerziós technikával, 1600-szoros nagyítással számoltuk.

A bakteriobentosz aerob körülmények között tenyésztendő szerves anyag bontó szervezeteit nátrium-kazeinátagar táptalajra leoltva (vö. *Oláh–Vásárhelyi* 1970) 7 napig tartó 30 °C-os inkubálás után számoltuk. Az anaerob körülmények között megjelenő baktérium-kolóniák számát Oxoid vas-szulfid-agaron, Burri-cső módszerrel határoztuk meg (*Oláh–Vásárhelyi* 1970). A kifejlődött telepeket szintén 7 napig tartó 30 °C-os inkubálás után számoltuk. Megkülönböztettük a kifejezetten anaerob, obligát típusú telepeket (fekete színűek), valamint a fakultatív telepképző baktériumokat (fehér telepek).

A mikroszkópos számlálással kapott össz-baktériumszám eredményeket individuum/g nedves iszapra vonatkoztatva, a tenyésztés során kinőtt kolóniák számát pedig élő csíra/g nedves iszapra vonatkoztatva adtuk meg.

Eredmények

A hossz-szelvény vizsgálat során a membránfilteren számlált összes baktériumszám 10^{10} – 10^{11} ind/g nedves iszapnak adódott a Tisza magyarországi szakaszán (vö. 1. táblázat). A mellékfolyók üledékének baktériumtartalma is hasonló nagyságrendű volt. Az összes baktériumszám a Tisza két partján nem mindig hasonló, a beömlő mellékvizek nagymértékben meghatározzák alakulását. Az eredményekből látható, hogy a folyót jelentős szerves anyag terhelés éri, a mellékvízfolyások is szennyezettek.

1. táblázat. A Tisza és mellékfolyói üledékének bakteriológiai vizsgálati eredményei 1979. VIII. 27–IX. 15.

1 – összes baktériumszám ind/g nedves súly $\times 10^9$; 2 – aerob csíraszám nátriumkazeinát-agaron csíra/g nedves súly $\times 10^4$; 3 – obligát anaerob csíraszám FeS-agaron csíra/g nedves súly $\times 10^4$; 4 – fakultatív anaerob csíraszám FeS-agaron csíra/g nedves súly $\times 10^4$; x – mintavételi helyek

Table 1. Results of studies on the benthic bacteria of the Tisza and its tributaries
(27. 8. 1979–15. 9. 1979)

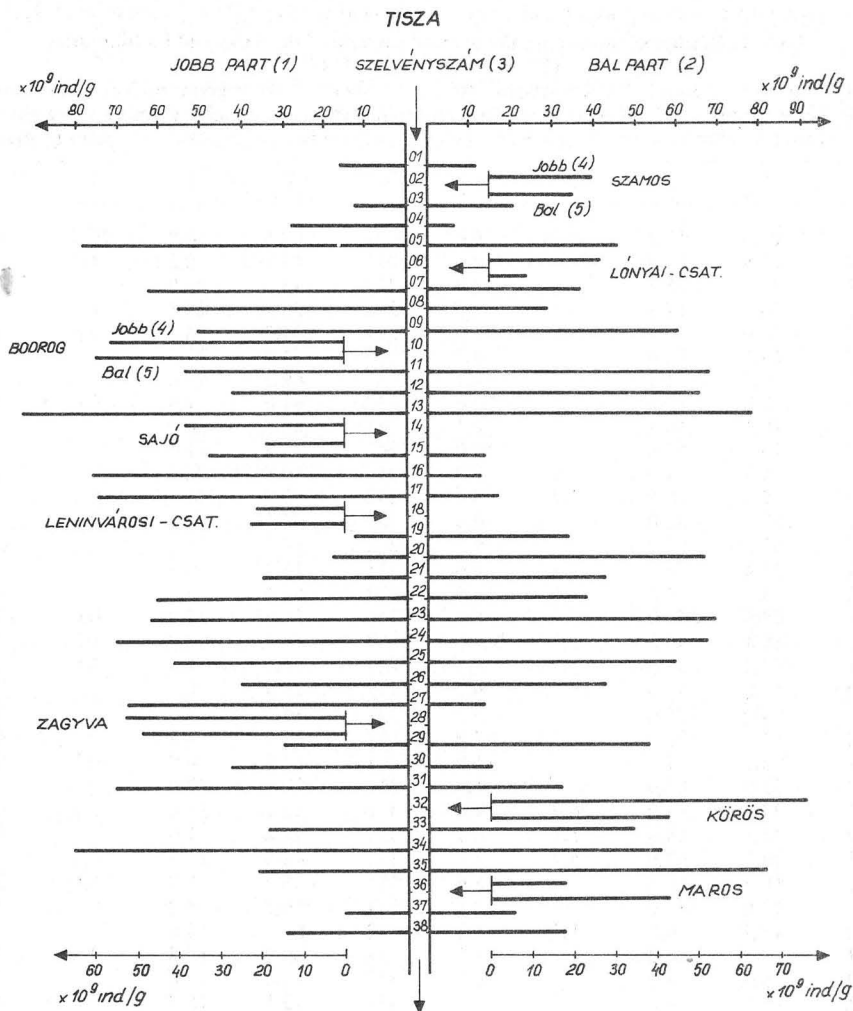
1 – Total bacterial count ind./g wet weight $\times 10^9$; 2 – Count of aerobic germs on Na-caseinate agar, germ/g wet weight $\times 10^4$; 3 – Count of obligate anaerobic germs on FeS agar, germ/g wet weight $\times 10^4$; 4 – Count of facultative anaerobic germs on FeS agar, germ/g wet weight $\times 10^4$; x – samling places

x	1	2	3	4	x	1	2	3	4
011	12,3	10,2		19,0	201	67,6	0,3	20,0	6,3
012	15,8	16,8		19,0	202	17,8	9,5	1,2	1,2
021	25,1	25,3		14,0	212	43,3	33,0		
022	20,2	12,9	3,1	8,2	212	35,4	22,3	1,3	1,1
031	20,6	70,0		15,0	221	34,2	6,7	0,6	0,8
032	13,4	12,4		3,3	222	71,4	23,3		
041	6,4	1,2		4,1	231	69,2	57,0		
042	27,9	12,6		23,0	232	61,5	7,6	0,6	0,8
051	46,1	10,4		8,1	241	68,3	80,0		
052	78,3	53,0	2,3	17,0	242	75,8	81,0		
061	26,9	4,9		17,0	251	59,9	32,0		1,8
062	8,6	10,0	1,2	18,0	252	57,0	44,0	0,1	0,9
071	37,7	83,0		10,0	261	43,1	7,3	0,3	
072	61,5	93,0		19,0	262	39,7	9,0		0,1
081	29,4	66,0	5,1	28,0	271	13,2	0,4		
082	55,0	74,0	1,1	13,0	272	68,4	6,8		0,2
091	62,0	110,0		5,4	281	52,5	73,0	0,6	12,0
092	51,4	43,0	2,1	260,0	282	49,1	60,0	1,2	7,1
101	57,4	59,0		9,1	291	53,3	16,0	2,5	1,8
102	60,8	17,0		6,3	292	29,4	8,0		0,1
111	69,0	125,0		8,2	301	14,6	1,6		0,1
112	54,0	102,0		13,0	302	42,7	4,4		0,9
121	66,2	7,3		11,0	311	33,0	6,9	0,1	0,1
122	42,9	87,0		11,0	312	70,9	47,0		1,5
131	79,4	93,0	6,2	14,0	321	43,1	11,0	1,2	0,2
132	93,1	65,0	1,1	4,2	322	74,8	1,6		1,0
141	39,2	63,0	8,2	7,2	331	48,9	12,3	6,4	0,9
142	18,7	61,0		18,0	332	33,7	7,7	1,5	3,3
151	13,6	87,0		2,1	341	56,1	4,2	6,2	1,2
152	48,2	0,7	1,2	4,3	342	81,4	14,6		6,8
161	10,7	20,2		1,1	351	80,9	18,8	0,2	2,2
162	75,0	1,9		6,2	352	36,8	10,6		0,8
171	18,1	4,0			361	43,1	15,7		0,2
172	75,2	15,2		3,3	362	17,8	11,4		0,5
181	20,9	0,6	5,1	4,2	371	20,5	185,0	0,8	25,2
182	23,1	12,7		7,1	372	15,8	9,1	5,4	13,3
191	33,7	1,5			381	32,6	0,02	10,8	4,9
192	13,3	84,0		3,1	382	29,8	00,03	1,7	5,7

Az aerob bakteriobentosz 10^6 – 10^7 csíra/g nedves súly volt, az obligát anaerobok száma 10^4 – 10^5 , a fakultatív baktériumok mennyisége szintén 10^4 – 10^5 csíra/g nedves súlynak adódott. A külső környezetből a mellékfolyók által szállított szerves anyag általában gyorsan, aerob módon bomlik le, de több esetben megfigyelhető volt a mellékfolyók torkolata utáni Tisza-szakaszokon az anaerob baktériumok jelenléte, fakultatívek pedig csaknem mindegyik mintavételi helyen előfordultak.

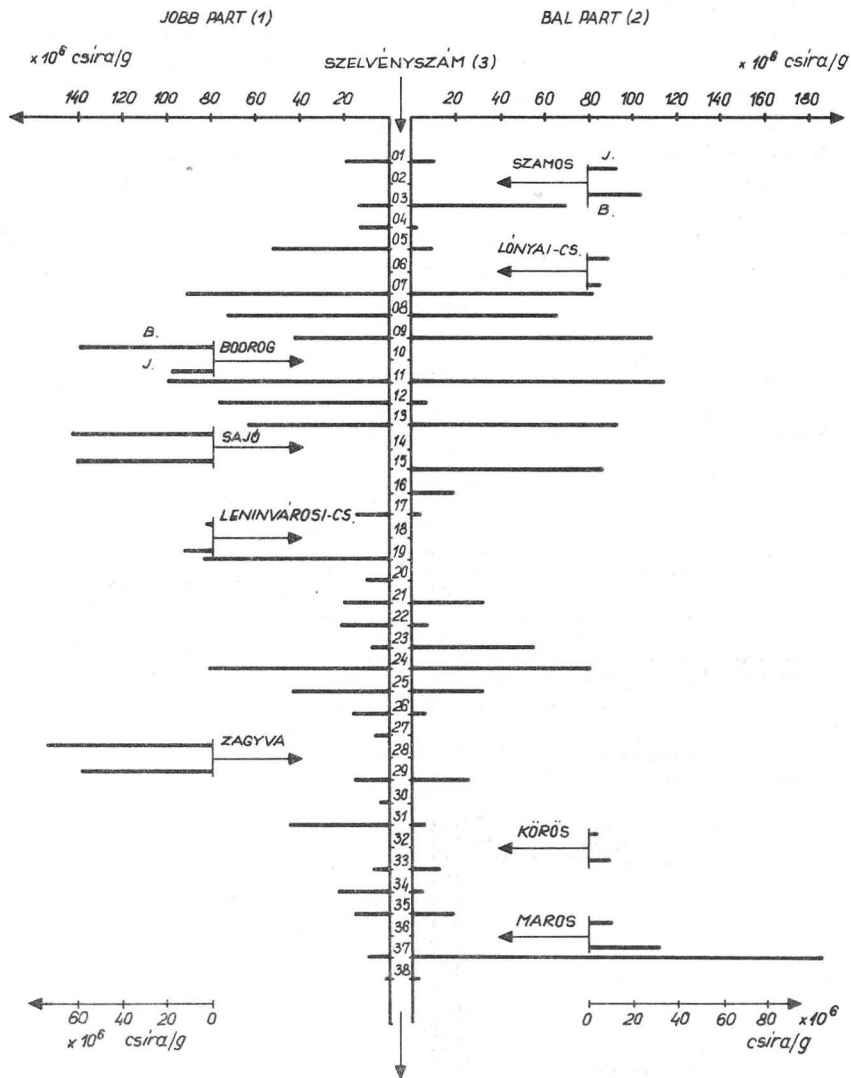
Eredményeinket összevetve a Balaton-vizsgálatok adataival, nagyon jó egyezést mutatnak azokkal. A halastavi üledékvizsgálatok eredményei azonban egy-két nagyságrenddel nagyobbak (Oláh et al. 1978).

A mellékfolyók Tiszába való torkolat előtti 1 km-es szakaszáról a következőket mondhatjuk el. A Szamos üledéke 20–25 milliárd/g baktériumtartalmú volt (v. ö. l. ábra).



1. ábra. Az összes baktériumszám változása a Tisza üledékének hossz-szelvényében

Figure 1. Changes of total bacterial count in the longitudinal section of the benthos of the Tisza
(1) = Right side, (2) = Left side, (3) = Code



2. ábra. Az aerob csíraszám változása a Tisza üledékének hossz-szelvényében

Figure 2. Changes of the count of aerobic germs in the longitudinal section of the benthos of the Tisza

A szerves anyag bontás az aerob környezet mellett anaerobe is lejátszódott (v. ö (2–3. ábra). A Bodrog és a Maros kivételével a mellékfolyók felső 2 cm-es üledékéből kitenyésztethetők voltak az obligát anaerob baktériumok. Ez a tény a mellékvízfolyások jelentős tápanyagterhelésére utal.

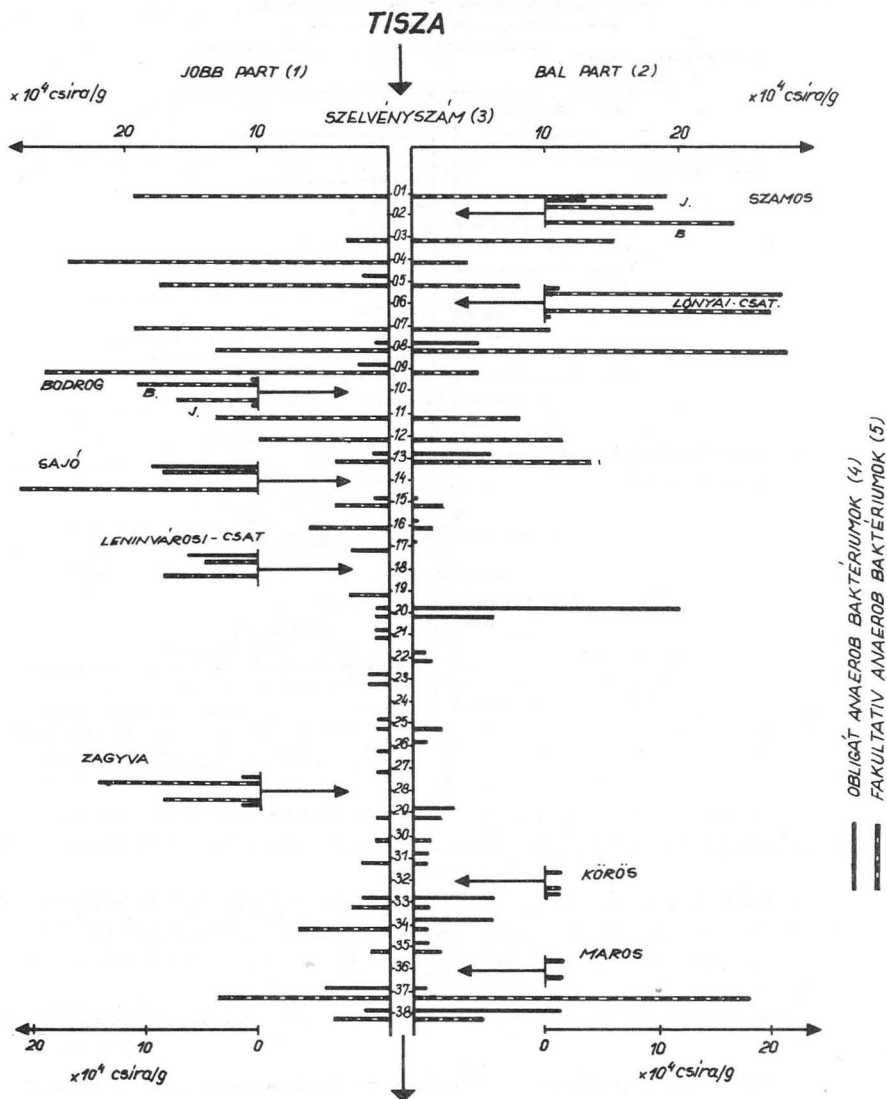
A mellékfolyók torkolatvidékén kijelölt tiszai mintavételi helyekre az alábbiak jellemzőek.

A Szamos torkolata után 1 km-re az összes baktériumszám és aerob bakteriobentosz mennyisége növekszik, majd a torkolattól 3 km-re már csökken, a befolyás előtti szakaszhoz viszonyítva. A Tisza ezen szakaszán anaerob mikroökörnyezet kialakulására utaló

telepek kifejlődését nem figyelhettük meg. A Tisza Lónyai-csatorna beömlése alatti szakaszán is baktériumszám emelkedés, majd csökkenés tapasztalható a torkolat előtti adatokhoz viszonyítva. Az emelkedés gyorsabb mérvű, a csökkenés viszont lassúbb, sőt a Tisza üledékében a Lónyai-csatorna torkolata után 3 km-re az aerob baktériumok mellett anaerobok is kimutathatók voltak. Ugyanakkor magas volt a fakultatívek száma is. Ezek a tények eléggé labilis üledékfelszínt feltételeznek.

A Bodrog torkolata utáni szakasz valamivel kedvezőbb képet mutat. A torkolat után 1 km-re jellemző magas baktériumszám 3 km-re már csökken az anaerobok megjelenése nélkül.

A Sajó torkolata után az aerob bakteriobentosz mennyisége csökken a torkolat előtti térséghez viszonyítva, holott a Sajó üledéke is jelentős baktériumtartalmú, vize is



3. ábra. Az obligát anaerob csíraszám és a redoxpotenciál közötti összefüggés az üledékvizsgálat során
Figure 3. Changes of the count of anaerobic germs in the longitudinal section of the benthos of the Tisza

szennyezett. Úgy tűnik, hogy a Sajó által szállított szerves anyaghoz csak távolabbi folyószakaszon adaptálódik az üledék baktérium flórája. A fenékre kiüledett szerves anyag nehezebben bontható, vagy esetleg toxikus is lehet. Ez a jelenség a Sajó bakterio planktonján is megfigyelhető volt (Andrik 1976, Tóth 1978).

A Leninvárosi Hőerőmű csatorna torkolata után az előző tiszai mintavételi szelvényben tapasztaltakhoz viszonyítva az aerob baktériumszám növekedése tapasztalható, a 3 km utáni mintavételi helyen pedig jelentős volt az anaerob baktériumok száma. Lehetséges, hogy a csatorna meleg vize a torkolat utáni szakaszon a lebontási folyamatok intenzitását növelte. A torkolat után 3 km-re az üledékből nagy számú obligát anaerob baktérium volt kitenyészthető. A csatorna hőmérsékletének hatását azonban még részletes vizsgálatokkal kell bizonyítani.

A duzzasztott kiskörei folyószakaszon az üledék baktérium tartalma jelentős volt, melyet valószínű a vízbeesség csökkenése miatt kiüledő hordalék szerves anyagain elszaporodó baktériumok okoztak. A legtöbb helyen aerob lebontás volt jellemző, de némelyik mintavételi helyről anaerob baktériumok is kitenyészthetők voltak.

A Zagyva üledékében élénk bakteriális tevékenység folyik, ugyanakkor a Zagyva torkolat utáni szakaszon a Tisza bentszában nem figyelhettük meg annak hatását.

A Körös torkolata után 1 és 3 km-re fokozatos baktériumszám-emelkedés figyelhető meg a torkolat előtti térséghez képest, ami főleg az obligát anaerob és fakultatív baktériumszámnál jelentkezik.

A Tisza Maros beömlése utáni szakaszán az üledék baktérium tartalma magas, az aerob és anaerob, valamint a fakultatívek egyaránt nagy számban voltak kitenyészthetők. Ez a Tisza nagyfokú szerves anyag terhelését mutatja, amit a Maros mellett Szeged város és környéke okoz.

A hossz-szelvény vizsgálatok során kapott eredményekből látható, hogy a Tisza fenéküledékének felső 2 cm-es rétegében a mellékfolyók torkolata utáni szakaszon az összes baktériumszám növekedése következett be. Az aerob csíraszám a Szamos, a Lónyai-csatorna, a Bodrog, a Leninvárosi-csatorna és a Maros torkolata után jelentősen emelkedett a torkolatok előtti térséghez viszonyítva. Az anaerob csíraszám mennyiségének növekedése a Lónyai-csatorna, a Körös és a Maros torkolata utáni szakaszokon volt tapasztalható. A Kiskörei tározó területéről vett minták összes baktériumtartalma jelentős. Az aerob csíraszám Tiszafüred–Tiszaderzs térségében a legnagyobb, továbbá több helyen kimutatható volt az anaerob csírák jelenléte is.

Az eredmények értékelése során megvizsgáltuk az üledékben mért redoxpotenciál adatok és az obligát anaerob baktériumok közötti összefüggést, melyet a 4. ábrán mutatunk be.

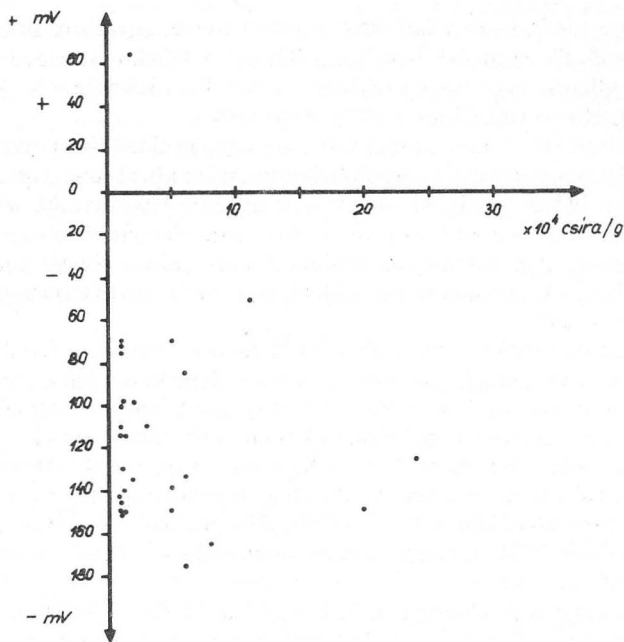
Vizsgálataink során 45 és 165 mV redoxpotenciállal jellemezhető mintákból tenyésztettünk ki obligát anaerob baktériumokat.

Az összes vas mg/g értékek és az obligát anaerob baktériumszám közötti összefüggés az 5. ábrán látható. A legtöbb obligát anaerob minta a 10–15 mg/g összes vas mellett fordult elő.

Összefoglalás

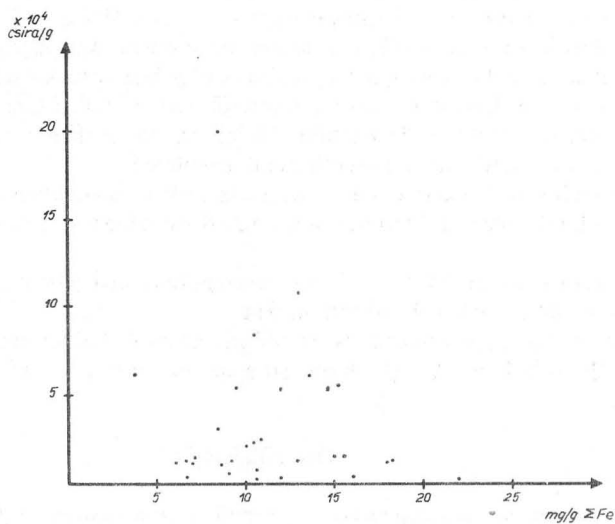
Az 1979. augusztus 27–szeptember 15. között a Tisza magyarországi szakaszán és mellékfolyói torkolatvidékén végzett bakteriobentosz vizsgálatok során a folyók jobb és bal partján kijelölt 38 szelvény mintavételi helyein meghatároztuk az üledék összes baktériumszámát, valamint aerob és anaerob szerves anyag bontó baktériumszámát az üledék felső 2 cm-es rétegében.

A membránfilteren számlált összes baktériumszám 10^{10} – 10^{11} ind/g volt a vizsgálat során. Az aerob bakteriobentosz 10^6 – 10^7 csíra/g, az anaerobok száma 10^4 – 10^5 közötti értékeknek adódott.



4. ábra. Az obligát anaerob csíraszám és a redoxpotenciál közötti összefüggés az üledékvizsgálat során

Figure 4. Relationship between the count of obligate anaerobic germs and redox potential



5. ábra. Az obligát anaerob csíraszám és az összes vas közötti összefüggés az üledékvizsgálat során

Figure 5. Relationship between the count of obligate anaerobic germs and total iron content

Az összes baktériumszám a Tisza két partján nem mindig hasonló. A betorkolló mellékfolyók többé-kevésbé meghatározzák azok alakulását.

Az üledék jelentős részében aerob lebontás megy végbe, de több esetben megfigyelhettünk anaerob bakteriális tevékenységet. Ez szembetűnő volt a Lónyai-csatorna, a Leninvárosi-csatorna, a Körös és a Maros torkolatvidéke környékén.

A vizsgálati periódusra jellemző kisvízes időszakban nem a legkedvezőbb képet kaptunk a Tisza bakteriobentoszáról. Az autochton és allochton szerves anyag bejutását a legtöbb esetben aerob bakteriális lebontás jellemezte, de a Tisza üledékének felső 2 cm-es rétegében a nagyobb arányú szennyezés bizonyos szakaszokon időszakiszerűen anaerob mikrokörnyezet kialakulását eredményezte. Ez főleg a Tisza felső és alsó szakaszáról mondható el.

Megállapítható, hogy a mellékfolyók a torkolatok utáni Tisza-szakaszon több-kevesebb változást okoznak a folyó bakteriobentoszában. Ez a változás nagymértékben függ a mellékvízfolyás által szállított szerves anyag jellegétől, az üledék oxigénellátottságától, a hordalék kiüledésének mértékétől.

БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОТЛОЖЕНИЙ ТИСЫ И ЕЕ ПРИТОКОВ

М. Б. Тот

РЕЗЮМЕ

В ходе проведенных 27 августа—15 сентября 1979 г. на всём протяжении Тисы через Венгрию и в устьях её притоков бактериологических исследований в местах взятия 38 проб по правому и левому берегам было определено общее число разлагающих органических веществах аэробных и анаэробных бактерий в слое верхних 2 см.

Общее число подсчитанных на фильтре мембраны бактерий составило 10^{10} — 10^{11} инд./г. При этом число аэробных бактерий составило 10^6 — 10^7 проростков/г, а анаэробных — 10^4 — 10^5 .

Показатели числа бактерий на двух берегах Тисы не всегда совпадали. На их формирование некоторое влияние оказывают впадающие в Тисы притоки.

В большей части исследуемых проб отложений наблюдалось аэробное разложение, но во многих случаях отмело места и анаэробная деятельность бактерий. Это, в частности, наблюдалось на канале Лонья, на канале г. Ленинварош, в устьях рек Кёрёш и Марош.

Период проведения исследования, отличавшийся небольшим количеством осадков, дал не слишком благоприятную картину бактериобентоса Тисы. Наличие в пробах autochton и allochton органических веществ в большинстве случаев свидетельствовало об аэробном бактериальном разложении, в то время как наблюдавшаяся на некоторых участках большая концентрация питательных веществ в верхних 2 см способствовало формированию анаэробной микросреды. Это имело место в первую очередь на верхних и нижних участках Тисы.

Установлено, что притоки на участке Тисы за их руслами оказывают некоторое влияние на бактериобентос реки. Вызванные этим изменения в значительной степени зависят от приносимого притоками количества органических веществ, от обеспеченности кислородом, от степени оседания наносов.

BAKTERIOLOŠKA ISPITIVANJA TALOGA TISE I NJENIH PRITOKA

B. Tóth M.

REZIME

Tokom bakteriobentosnih ispitivanja na madjarskoj deonici Tise i na području oko ušća njenih pritoka, koja su vršena u periodu između 27. augusta i 15. septembra 1979. sa vadjanjem uzoraka u 38. odredjenih profila, na desnoj i levoj obali vodotoka, odredjen je ukupan broj bakterija u talogu, kao broj bakterija za rastvaranje aerobnih organskih materija u gornjem sloju taloga od 2 cm.

Ukupni broj bakterija brojen na membranskom filtru bio je prilikom analize 10^{10} – 10^{11} ind./g. Za aerobni bakteriobentos dobivena je vrednost 10^6 – 10^7 klica/g., a za anaerobni 10^4 – 10^5 .

Broj bakterija na obim obalama Tise nije uvek sličan. Uviruće pritoke manje-više određuju formiranje istih.

U znatnom delu taloga odvija se aerobno rastvarenje, ali u više slučajeva bila je opažana i anaerobna bakterijska delatnost. Ovo je bilo uočljivo na kanalu Lónyai, na Leninvároškom kanalu i u okolini kod ušća reke Körös i Moriš.

U periodu malih voda, kada su vršena ispitivanja, nije dobivena najpovoljnija slika a bakteriobentosu Tise. Autohtono i alohtono ulaženje organske materije, bilo je najčešće karakterizirano aerobnim bakterijskim rastvaranjem, ali u gornjem sloju od 2 cm, u tologu Tise, opterećenje sa vecom količinom veštačkog gnojiva, na izvesnim deonicama, rezultiralo je formiranje anaerobne mikro sredine. Ovo se odnosi uglavnom na gornju i donju deonicu Tise.

Konstatirano je, da pritoke, na deonicama Tise nizvodno od svojih ušća uzrokuju veće-manje promene u bakteriobentosu reke. Ova promena u velikoj meri ovisi o kakvoći organskih materija transportiranih na pritokama, o zasicenosti taloga sa kisikom i o meri istoloženja nanosa.

Irodalomjegyzék

- ANDRIK, P. (1976): Baktériumok előfordulása a Sajó vizében. – Hidrológiai Tájékoztató, 41–44.
- DAUBNER, I. (1972): Die Bedeutung der Hydromikrobiologie bei Abwasserreinigung. – Gas (Wasser) Abwasser, 335–339.
- DAUBNER, I. (1972): Mikrobiologie des Wassers. – Akademie Verlag, Berlin. pp. 440.
- OLÁH, J., VÁSÁRHELYI, R. (1970): Comparative nutrient agar studies on the quantitative survey of saprophytic water microorganism. – Annal. Biol. Tihany, 37. 235–246.
- OLÁH, J. (1973): Bacterial gradients at the sediment – Water interface of shallow lakes. – Annal. Biol. Tihany, 40. 219–225.
- OLÁH, J., TÓTH, L., O. TÓTH, E. (1978): Szokatlanul nagy tápanyagterhelés hatása a Balatonra. – Hidrológiai Közlöny 4. 154–165.
- PÖNYI, J., OLÁH, J., FRANKÓ, A. (1972): Distribution of organic matter and bacteria in the upper layer of bottom deposit in the open water of lake Balaton. – Annal. Biol. Tihany, 29. 141–148.
- RHEINHEIMER, G. (1974): Aquatic Microbiology. – JOHN WILEY et SONS London, pp. 184.
- B. TÓTH, M. (1978): Hidrobiológiai tanulmányok a Kiskörei Vízlépcső térségében, valamint a Tisza hossz-szelvényében. – Kisköre, Doktori disszertáció, 89.
- ROMANENKO, V. I., KUZNECOV, S. I. (1974): Ekologia mikroorganizmov presznih vodoemmov. – Laboratornoe rukavodstva. Izd. Nauk., Leningrád, 193.