

KVANTITATÍV BAKTERIOLÓGIAI VIZSGÁLATOK A BALATONON (1978—1981)

GORZÓ GYÖRGY

Középdunántúli Vízügyi Igazgatóság Biológiai Laboratóriuma, Székesfehérvár

Bevezetés

A közvetlen mikroszkópos baktériumszámlálások (OLÁH, 1973) és a közvetett tenyésztéses módszerek (ZIH 1929, HARANGHY 1941, PAPP 1960, OLÁH 1973, GORZÓ 1979) a Balaton vizének és iszapjának baktériummennyiségeire vonatkozóan igen eltérő eredményekhez vezettek. Általában más vizek esetében is a membránfilteren mikroszkóppal számolt sejtszám (RAZUMOV 1932) két-három nagyságrenddel nagyobb, mint a tenyésztéssel nyert csíraszám (KUZNYECOV 1970). A különböző élettani csoportok kimutatásához alkalmazható határhígítási eljárással (POCHON 1954) a közvetlen sejtszámolásos módszert jól megközelíthető eredményeket kapunk (1. táblázat).

A vízgazdálkodási és a közegészségügyi gyakorlatban különböző táptalajok használatával tenyésztéses csíraszámbecslési módszerek terjedtek el. A tenyésztéssel kapott csíraszámok az elmúlt fél évszázadban a Balaton vizében csak kismértékben nőttek. ZIH (1929), HARANGHY (1941), és PAPP (1960) a Balaton nyílt vizében 40—50/ml-es csíraszámot talált, mi 1978 és 1981 között a nyíltvíz hossz-szelvényében 70—230/ml-es átlagos csíraszámokat mértünk. Az iszapban mért csíraszámok azonban nagymértékben megnöttek. ZIH (1929) és HARANGHY (1941) az iszap csíraszámát alacsonynak találta (aerob baktériumok: 10^3 /g, anaerob baktériumok: 10^2 /g). OLÁH (1971) már egy nagyságrenddel

1. táblázat

A különböző módszerekkel mért sejtszámok alakulása a K-i (3.) és a Ny-i (16.) medence vizében és iszapjában

(1. membránon számolt sejtszám; 2. különböző élettani csoportokba tartozó baktériumok folyékony táptalajokon határhígítással mért összsejtszám; 3. húspepton agaron, 20 °C-on mért csíraszám)

| | 4. hó | | 6. hó | | 8. hó | | 10. hó | |
|-------------------------------|-------|-----|-------|-----|-------|-----|--------|-----|
| | 3. | 16. | 3. | 16. | 3. | 16. | 3. | 16. |
| 1. víz $\times 10^6$ bakt./ml | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 1,1 | 0,5 | 1,0 | 0,7 | 1,0 |
| iszap $\times 10^8$ bakt./ml | 1,0 | 2,0 | 1,0 | 6,0 | 0,5 | 5,0 | 0,8 | 1,0 |
| 2. víz $\times 10^6$ bakt./ml | 0,8 | 8,0 | 1,0 | 10 | 0,1 | 0,8 | 1,0 | 10 |
| iszap $\times 10^7$ bakt./ml | 1,0 | 10 | 2,0 | 30 | 0,08 | 0,4 | 10 | 5,0 |
| 3. víz $\times 10^2$ bakt./ml | 0,6 | 2,0 | 0,5 | 3,5 | 0,3 | 3,0 | 0,9 | 1,2 |
| iszap $\times 10^6$ bakt./ml | 0,5 | 3,6 | 0,7 | 2,0 | 0,8 | 2,4 | 0,5 | 2 |

nagyobb értékeket mért. A mi méréseink szerint az azóta eltelt egy évtizedben az iszap csíraszámai kb. három-négyszeresére nőttek.

1978 és 1981 között a KDT VIZIG Biológiai laboratóriumában főként a kvantitatív változásokat igyekeztünk nyomon követni és regisztrálni.

Anyag és módszer

A 2. táblázatban feltüntetett 16 mintavételi helyen az elmúlt 4 évben évente 14—15 alkalommal, steril bakteriológiai mintavevővel majdnem 1000 víz-mintát és Hargrave típusú iszapmintavevővel 3 mintavételi helyen (3.9.16.) majdnem 200 iszapmintát vettünk. A mintákat 24 órán belül feldolgoztuk az alábbi csoportosítás szerint:

20 °C-on, húspepton agaron (HPA) szaporodni képes aerob baktériumok;

37 °C-on, húspepton agaron (HPA) szaporodni képes aerob baktériumok;

20 °C-on, húspepton agaron (HPA) szaporodni képes aerob spóráképző baktériumok (85 °C-on 15 percig hőkezelt mintákból);

20 °C-on, 0,1% tioglikolát és 0,1% glükóz tartalmú húspepton agaron (HPA) szaporodni képes anaerob spóráképző baktériumok (85 °C-on 15 percig hőkezelt mintákból);

46 °C-on, Wilson-Blair féle agaron szaporodni képes anaerob spóráképző baktériumok;

coliform baktériumok (laktózt fermentáló, Endo-táptalajon 37 °C-on telepet képző, citokromoxidáz negatív enterobaktériumok);

fekális coli-baktériumok (az indol, metilvörös, Voges-Proskauer és citrát tesztek feltételeit is kielégítő baktériumok: ++--; -+--; +---);

20 °C-on, húspepton zselatinon szaporodni képes aerob proteolitikus baktériumok;

2. táblázat

Mintavételi helyek (K-i medence nyíltvíz: 1,3; Középső medence nyíltvíz: 8, 9, 10, 17; Ny-i medence nyíltvíz: 16; iszapminták: 3, 9, 16)

törzsszám:

hely:

K-i medence:

1. Balatonvilágos, a déli parttól 3 km-re, tóközép
2. Balatonfüzfői öböl, parttól 300 m-re
3. Siófok-Alsóörs között, tóközép
4. Balatonfüredi öböl, parttól 150 m-re
5. Tihany-Szántód között, révtől 50 m-re

Középső medence:

7. Aszófői, öböl, parttól 1 km-re
8. Zánka, tóközép
9. Révfülöp, tóközép
10. Badacsony, tóközép
17. Szigliget, déli parttól 500 m-re
11. Szigligeti öböl, a Kétöles torkolata előtt 50 m-re
12. Balatonyörök, tóközép

Ny-i medence:

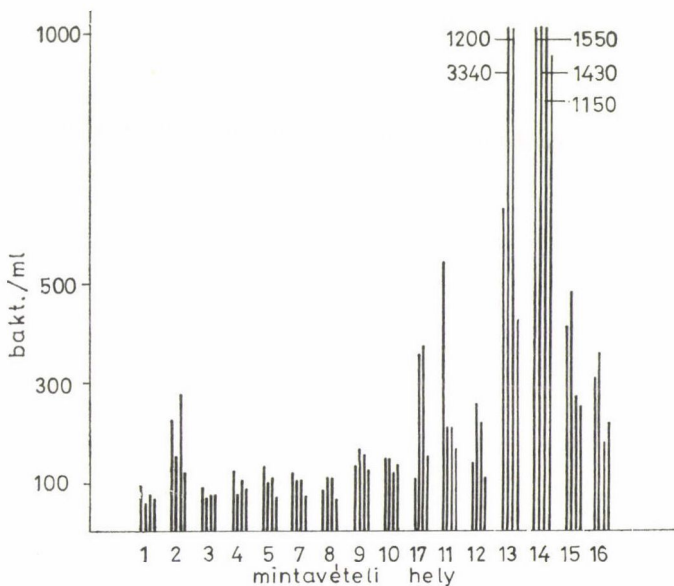
13. Keszthelyi öböl, strandtól 800 m-re
14. Zala torkolat előtt, a parttól 100 m-re
15. Balatoberény, a strandtól 100 m-re
16. Keszthely, tóközép

A táptalajok összetételére, az alkalmazott eljárásokra és a kiértékelésre az Egységes vízvizsgálati módszerek (KGST, 1977) és a Járványügyi és klinikai bakteriológia (LÁNYI 1980) című módszertani útmutatók előírásait tartottuk irányadónak. Megjegyezzük, hogy az alkalmazott csoportosítás nem jelent funkcionális vagy taxonómiai csoportosítást. A nagyszámú adat akkor válik igazán jelentőssé a gyakorlat számára, ha az egyes csoportokba tartozó baktériumok species szintű identifikálása megtörténik.

Eredmények, értékelés

Az egyes baktériumcsoportok hossz-szelvénybeli változása 1978 és 1981 között

1. 20 °C-on, HPA-n szaporodni képes baktériumok (1. ábra és 3. táblázat). Az általunk mért csíraszámok 40–60%-át a vízben és az iszapban ezek a baktériumok adják. Ny-i irányban haladva a csíraszám a nyíltvízben háromszorosára (K-i medencében 80 bakt./ml, Középsőben 130/ml, Ny-iban 230/ml), az öblökben tízszeresére, az iszapban tizennégyszeresére (K-i medencében 2×10^4 /ml, Középsőben 5×10^4 /ml, Ny-iban $3,2 \times 10^5$ /ml) nő. 1978 és 1981 között az egyes medencékben a nyíltvízben számszerű növekedés nincs, százalékos arányuk azonban a K-i medencében 21%-al, a Középsőben 10%-kal, a Ny-iban 7%-al nőtt. Ugyanakkor megnőtt a Gram-pozitív, aerob, spóras, pálcikaszerű

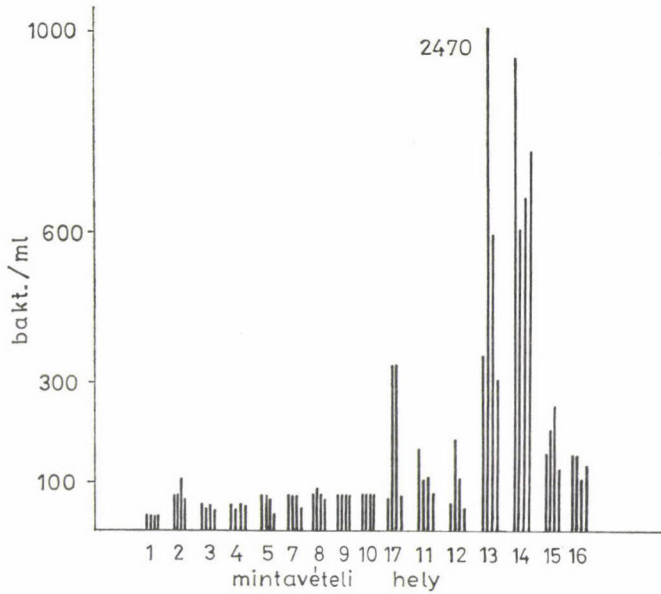


I. ábra. 20 °C-on, húspepton agaron szaporodni képes aerob baktériumok átlagos csíraszámának alakulása (1978—1981)

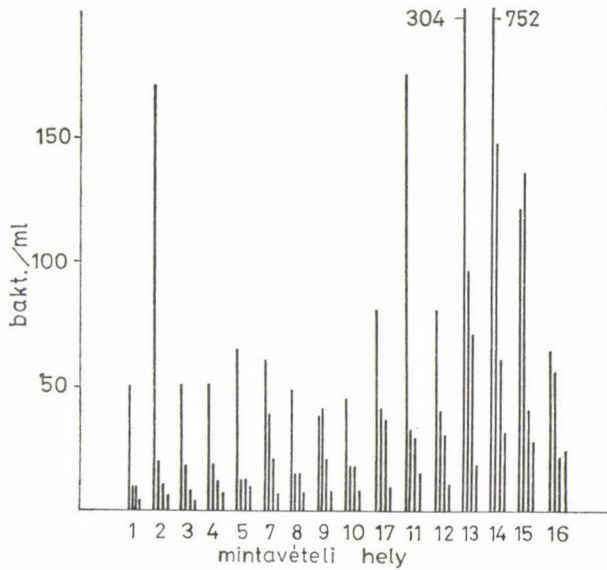
3. táblázat

A különböző baktériumcsoportok átlagos csíraszama a vízben és az iszapban a három medencében. 1. 20 °C-on, HPA-n növény aerob baktériumok
 2. 37 °C-on, HPA-n növény aerob baktériumok. 3. 20 °C-on, HPA-n növény spórás, aerob baktériumok. 4. 20 °C-on, tioglikolátos HPA-n növény anaerob
 spórás baktériumok. 5. 46 °C-on, Wilson agaron növény anaerob spórás baktériumok. 6. 20 °C-on, HP-zselatinon növény aerob proteolitikus
 baktériumok

| | K-i medence | | | | Középső medence | | | | Ny-i medence | | | |
|--|-------------|------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| | 78 | 79 | 80 | 81 | 78 | 79 | 80 | 81 | 78 | 79 | 80 | 81 |
| 1. Víz i/ml Iszap × 10 ³ /ml | 80 18 | 70 21 | 80 23 | 70 25 | 110 40 | 160 44 | 120 48 | 110 50 | 220 300 | 250 320 | 200 323 | 190 350 |
| 2. Víz i/ml Iszap × 10 ³ /ml | 40 10 | 40 13 | 40 16 | 35 18 | 45 27 | 100 30 | 60 32 | 57 40 | 140 190 | 140 190 | 100 191 | 110 200 |
| 3. Víz i/ml Iszap × 10 ³ /ml | 70 19 | 25 8 | 10 7 | 3,4 6 | 60 29 | 25 16 | 18 14 | 7 14 | 70 140 | 55 140 | 35 116 | 23 110 |
| 4. Víz i/ml Iszap/ml | 0 30 | 0,15 30 | 0,05 25 | 0,21 35 | 0,1 100 | 0,1 100 | 0,1 96 | 0,2 150 | 0,5 250 | 0,4 300 | 0,5 323 | 0,7 500 |
| 5. Víz i/ml Iszap/ml | 0,005 57 | 0,01 59 | 0,005 62 | 0,06 100 | 0,06 150 | 0,06 150 | 0,13 180 | 0,15 300 | 0,13 450 | 0,18 550 | 0,38 640 | 0,65 800 |
| 6. Víz i/ml Iszap × 10 ³ /ml | 2 0,4 | 1 0,45 | 2 0,5 | 1 0,9 | 2 1,0 | 2 1,0 | 3 1,2 | 1,4 1,5 | 5 4,0 | 5 5,0 | 10 5,0 | 5 5,5 |



2. ábra. 37 °C-on, húspepton agaron szaporodni képes aerob baktériumok átlagos csíraszámának alakulása (1978—1981)



3. ábra. 20 °C-on, húspepton agaron szaporodni képes aerob spórák baktériumok átlagos csíraszámának alakulása hőkezelt mintákban (1978—1981)

baktériumok száma is. A négy év alatt az iszapban a K-i medencében 38%-al, a Középsőben 25%-al, a Ny-iban 17%-al nőtt a csíraszám. Egyben százalékos arányuk is növekedett (K-i medencében 12%-al, Középsőben 8%-al, Ny-iban 5%-al). A változással egyidőben itt is megfigyelhető a Gram-pozitív, aerob, spórás, pálcikaszerű baktériumok telepeinek számszerű növekedése. A víz csíraszámja az iszapénak a K-i medencében 0,35%-át, a Középsőben 0,25%-át, a Ny-iban 0,06%-át teszi ki.

Összegezve megállapítható, hogy a 20 °C-on, HPA-n növekvő aerob baktériumok csíraszámjai térben és időben a vízben kevésbé, az iszapban azonban jól jelzik a három medence közötti különbséget. Az utóbbi 4 évben megfigyelhető csíraszám növekedést főként Gram-pozitív, spórás, pálcikaalakú baktériumok okozták, ugyanezek a vízben csak a 20 °C-on növekvő baktériumok százalékos arányát növelték, nagymértékben a K-i és kismértékben a Ny-i medencében. Feltételezhető, hogy a Ny-iban ez a jelenség már korábban lejátszódott.

2. 37 °C-on, HPA-n szaporodni képes aerob baktériumok (2. ábra és 3. táblázat).

Számuk a 20 °C-on, HPA-n növekvő után rendszerint a legnagyobb. Nyáron majdnem eléri a 20 °C-on szaporodók számát, tavasszal és ősszel lényegesen kisebb. A vízben és iszapban mért csíraszámok 20–30%-át adják. Az átlagos csíraszámuk Ny-i irányban haladva a nyíltvízben háromszorosára (K-i medencében 40/ml, Középsőben 60/ml, Ny-iban 130/ml), az öblökben tízszeresére, az iszapban tizenkétszeresére (K-i medencében $1,6 \times 10^4$ /ml, Középsőben $3,6 \times 10^4$, Ny-iban $1,9 \times 10^5$ /ml) nő. 1978 és 1981 között az egyes medencék vizében számszerű növekedés nem tapasztalható, százalékos arányuk azonban a K-i és a Középső medencében 10%-al nőtt. Az átlagos csíraszám a 4 év alatt az iszapban a K-i medencében 80%-al, a Középsőben 48%-al, a Ny-iban 5%-al nőtt, ugyanakkor százalékos arányuk is növekszik (K-i medencében 14%-al, Középsőben 9%-al, Ny-iban 0,4%-al). A K-i és a Középső medencében az iszapban és a vízben egyaránt növekszik a Gram-pozitív, aerob, spórás, pálcika alakú baktériumok aránya, abszolút csíraszám-növekedést azonban csak az iszapban okoznak. A víz csíraszámja az iszapénak a K-i medencében 0,25%-át, a Középsőben 0,18%-át, a Ny-iban 0,05%-át teszi ki.

Összegezve megállapítható, hogy a 37 °C-on, HPA-n növekvő baktériumok csíraszámja alacsonyabb, mint a 20 °C-on növekvő baktériumoké. Térben és időben itt is ugyanazok a változások jellemzők, mint az előző csoportban, csak kisebb mértékben. Megjegyezzük, hogy a termotoleráns baktériumok telepei mindkét inkubációs hőfokon jelentkezhetnek.

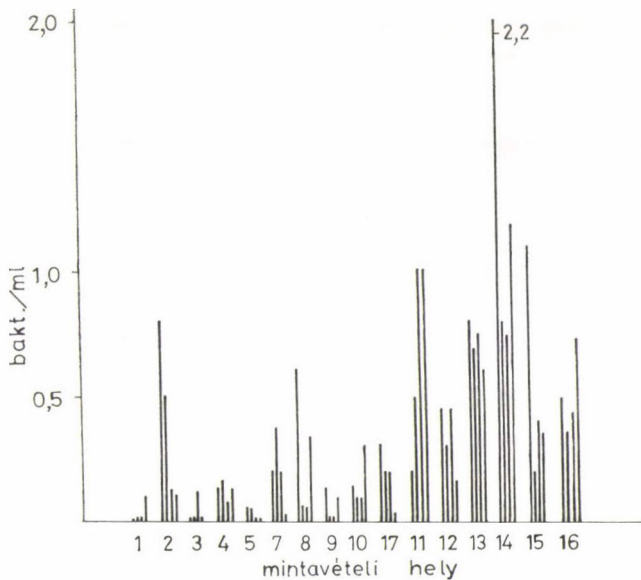
3. 20 °C-on, HPA-n, hőkezelés után szaporodó aerob baktériumok (3. ábra és 3. táblázat).

Számuk 1978-ban a 37 °C-on növekvő baktériumok számát meghaladta, 1981-re erősen csökken. Átlagos csíraszámuk Ny-i irányban haladva a nyíltvízben 1978-ban még egyenlő (70/ml), 1981-ben már hétszeresére nő (K-i medencében

3,4/ml, Középsőben 7/ml, Ny-iban 23/ml). Az öblökben a csíraszámnövekedés kétszeres, az iszapban tizenyoleszoros (K-i medencében 7000/ml, Középsőben 14000/ml, Ny-iban 110 000/ml). 1978 és 1981 között a nyíltvízben a csíraszámban számszerű csökkenés tapasztalható (K-i medencében 95%-os, Középsőben 85%-os, Ny-iban 67%-os), ugyanakkor százalékos arányuk csökkenése is megállapítható. A csíraszámok számszerű csökkenése az iszapban is kimutatható (K-i medencében 70%-os, Középsőben 50%-os, Ny-iban 17%-os) együtt jár százalékos arányuk csökkenésével is. A víz csíraszámja az iszapénak a K-i medencében 0,14%-át, a Középsőben 0,13%-át, a Ny-iban 0,03%-át teszi ki. A csíraszám (spóra alak) csökkenése összefüggésbe hozható az előző két csoportnál tapasztalt Gram-pozitív, aerob, spórás, pálcikaszerű baktériumok számának növekedésével.

4. 20 °C-on, 0,1% tioglikolát és 0,1% glükóz tartalmú HPA-n, hőkezelés után szaporodó anaerob spórás baktériumok (4. ábra és 3. táblázat).

Számuk a vízben alacsony (0,03—0,14%), a felkeveredés függvénye. Az átlagos csíraszám Ny-i irányban haladva a nyíltvízben tízszeresére (K-i medencében 0,05/ml, Középsőben 0,2/ml, Ny-iban 0,7/ml), az öblökben hússzorosára, az iszapban tizenötszörösére (K-i medencében 30/ml, Középsőben 120/ml, Ny-iban 500/ml) nő. 1978 és 1981 között a nyíltvízben és az iszapban lényeges csíraszámváltozást vagy százalékos aránybeli eltérést nem tapasztaltunk. A minták terítését ebben az esetben is 15 percig tartó 85 °C-os hőkezelés után végeztük el, így itt is a spóra alakok számának beclésére volt lehetőség. A víz csíraszámja az

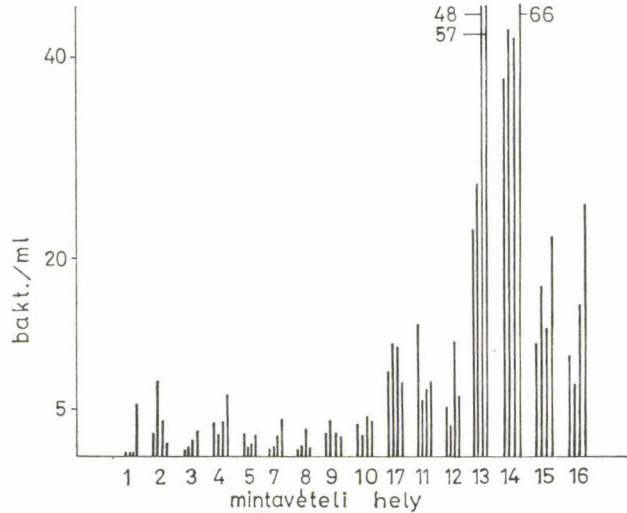


4. ábra. 20 °C-on, glikolátos húspepton agaron szaporodni képes anaerob spórás baktériumok átlagos csíraszámának alakulása hőkezelt mintákban (1978—1981)

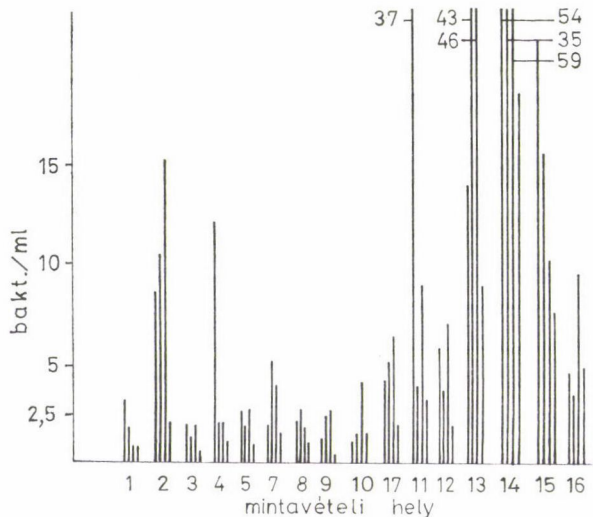
iszapénak a K-i medencében 0,21%-át a Középsőben és a Ny-iban 0,1%-át teszi ki.

5. 46 °C-on Wilson-Blair féle agaron szaporodni képes anaerob spórás baktériumok (5. ábra és 3. táblázat).

Számuk a vízben alacsony (0,003–0,11%), az iszapban magasabb (0,1–0,2%).



5. ábra. 46 °C-on, Wilson agaron szaporodó anaerob spórás baktériumok átlagos csíraszámának alakulása (1978–1981)



6. ábra. 20 °C-on, húspepton zselatinon szaporodó aerob baktériumok átlagos csíraszámának alakulása (1978–1981)

Átlagos csíraszámuk Ny-i irányban haladva a nyíltvízben ötvenszeresére (K-i medencében 0,01/ml, Középsőben 0,13/ml, Ny-iban 0,5/ml), az öblökben és az iszapban tízszeresére (K-i medencében 70/ml, Középsőben 200/ml, Ny-iban 640/ml) nő. Az eddig jellemzett csíraszámok közül egyedül ez növekszik Ny-i irányban haladva jobban a vízben mint az iszapban. Átlagos csíraszámuk 1978 és 1981 között a nyíltvízben a K-i, a Középső és a Ny-i medencében háromszorosára nőtt. Az iszapban mindhárom medencében 90—100%-os csíraszám-növekedés mutatható ki. A víz csíraszámja az iszapénak mindhárom medencében 0,06%-át teszi ki.

A két csoport (20 °C-on, és 46 °C-on) között átfedések lehetségesek, egyes hő- és aerotoleráns klostridiumok mindkettőben jelentkezhetnek. A közegészségügyi gyakorlat a 45—46 °C-on, Wilson agaron növekvő klostridiumokat durván általánosítva *Clostridium perfringens*-nek tartja. A valóságban a Balaton vízből és iszaphól származó telepeket alkotó baktériumok 10%-a sem felel meg a *Clostridium perfringens* legszembetűnőbb morfológiai (csillóhiány stb.) sajátosságainak. A gyakorlat számára fontos lenne a fenti kérdés egyértelmű tisztázása, hiszen a jelenleg elterjedt klostridium higiénias határértékek alapján a tó nagy része időnként „kissé szennyezett”-nek, a Ny-i medence parti zónája pedig egyenesen „szennyezett”-nek minősíthető. Az éves maximumok is a jelenleg elterjedt 10 bakt./40 ml-es határérték tarthatatlan voltát bizonyítják:

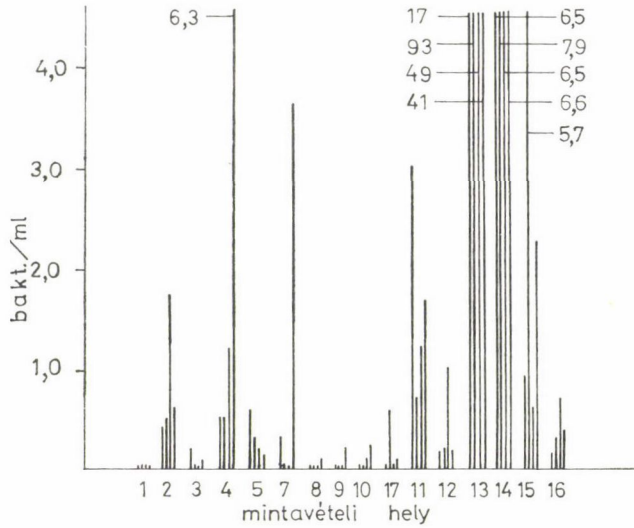
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|---|----|---|----|---|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|----|-----|
| 1978 | 1 | 8 | 1 | 6 | 3 | 3 | 2 | 10 | 8 | 10 | 15 | 10 | 50 | 70 | 20 | 20 |
| 1979 | 2 | 15 | 2 | 9 | 2 | 4 | 2 | 20 | 8 | 10 | 18 | 10 | 70 | 110 | 30 | 30 |
| 1980 | 1 | 10 | 2 | 12 | 3 | 12 | 15 | 15 | 13 | 16 | 16 | 35 | 110 | 120 | 28 | 56 |
| 1981 | 3 | 6 | 2 | 19 | 5 | 8 | 14 | 10 | 20 | 15 | 19 | 14 | 160 | 300 | 65 | 130 |
| m. hely: | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 9 | 10 | 17 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |

6. 20 °C-on, húspepton zselatinon szaporodni képes aerob proteolitikus baktériumok (6. ábra és 3. táblázat).

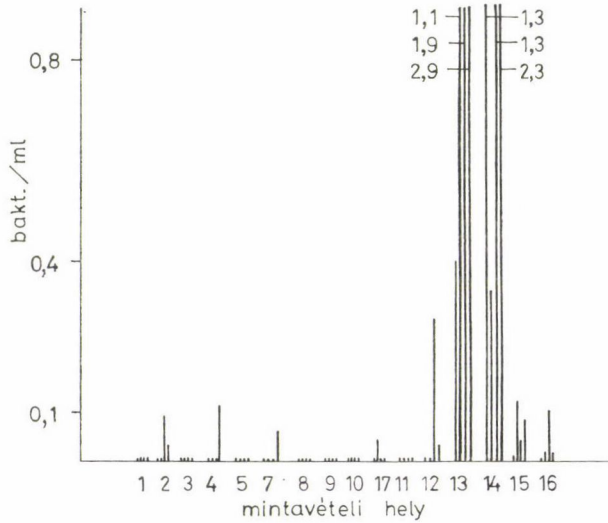
Átlagos csíraszámuk Ny-i irányban haladva a nyíltvízben ötszörösére (K-i medencében 2/ml, Középsőben 3/ml, Ny-iban 10/ml), az öblökben harmincszorosára, az iszapban tizenkétszeresére (K-i medencében 500/ml, Középsőben 1200/ml, Ny-iban 5900/ml) nő. 1978 és 1981 között csíraszámuk és százalékos arányuk a Középső és a Ny-i medencében nőtt. A víz csíraszámja az iszapénak a K-i medencében 0,5%-át, a Középsőben 0,25%-át, a Ny-iban 0,17%-át teszi ki.

7. Coliform és fekális-coli baktériumok (7—8. ábra).

Számuk a külső szennyezés függvénye, ugyanakkor térben és időben jól jellemezhető a változásuk. A coliform baktériumok átlagos sejtszáma Ny-i irányban haladva a nyíltvízben hússzorosára (K-i medencében 0,03/ml, Középsőben 0,08/ml, Ny-iban 0,5/ml), a nyíltvízhez viszonyítva az öblökben több százszorosára, az iszapban 1—2 nagyságrenddel nő. 1978 és 1981 között a coliformszám a nyíltvízben és az öblökben egyaránt nőtt. 1978 és 1979 között a fekál coli-t főként a Ny-i medence partközeli vizeiből tudtuk kimutatni, de 1980—1981-ben már a Ny-i medence tóközépi mintáiban is.



7. ábra. Coliform baktériumok átlagos sejtszámának alakulása (1978—1981)



8. ábra. Fekális coli-baktériumok átlagos sejtszámának alakulása (1978—1981)

Mindkét csoport a vízminőség higiénés mutatója. Határérték feletti (coli 100/ml, fekál coli 30/ml) mennyiségeket a partközeli 13. és 14. mintavételi helyeken mértünk, főként a nyári időszakban. A Balatonban mért coli és fekál coli szinte minden esetben jól identifikálható enterobaktériumot jelez. Laboratóriumunkban a coliformot vagy a fekál colit tartalmazó minták 90%-ából enterobaktérium specieuseket sikerült identifikálni (SEDLAK—RISE 1968 szerint,

illetve EWING, W. H., 1973-as nómenklatúráját alkalmazó PATHO-TEC biokémiai kollekciónal). Más vizeknél ez csak a minták 30—40%-ánál sikerült. Ez a tény is mutatja a tó vizének igen jó öntisztuló képességét, ami miatt csak a lényegesen szigorúbb határértékek (partközelen: coliform 10/ml, fekál coli 1/ml; nyíltvízben: coliform 1/ml, fekál coli 0,1/ml) tükröznék a valóságot. A 4 év alatt mért maximumok is ezt a megállapítást igazolják:

coliform/ml

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|
| 1978 | 0,2 | 1,3 | 0,2 | 2,3 | 4,9 | 1,3 | 0,2 | 0 | 0,6 | 11 | 0,9 | 160 | 24 | 7,9 | 0,4 |
| 1979 | 0,2 | 1,3 | 0,2 | 0,8 | 2,3 | 0,5 | 0,7 | 1,1 | 0,2 | 3,3 | 1,1 | 160 | 35 | 35 | 2,3 |
| 1980 | 0,5 | 13 | 0,2 | 11 | 0,5 | 0,8 | 0,2 | 0,5 | 0,8 | 7 | 6,4 | 160 | 24 | 27 | 2,1 |
| 1981 | 0,2 | 3,4 | 0,2 | 35 | 0,5 | 24 | 1,5 | 1,3 | 0,8 | 4,9 | 7,8 | 160 | 35 | 24 | 3,3 |

fekál coli/ml

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1978 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 4,9 | 0 | 0 |
| 1979 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,2 | 5,6 | 1,4 | 1,1 | 0,2 |
| 1980 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,2 | 3,3 | 7,9 | 7,9 | 0,5 | 0,5 |
| 1981 | 0 | 0,2 | 0 | 0,5 | 0 | 0,5 | 0 | 0,2 | 0 | 1,2 | 0,2 | 35 | 25 | 0,5 | 0,2 |
| m. hely | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |

Az iszapban talált sejtszámoknak kb. 10%-a található meg a vízben (9. ábra). Az iszapban szaprofita módon továbbélő, vagy kitartó enterobaktériumok, hosszú időn keresztül szennyezhetik a vizet.

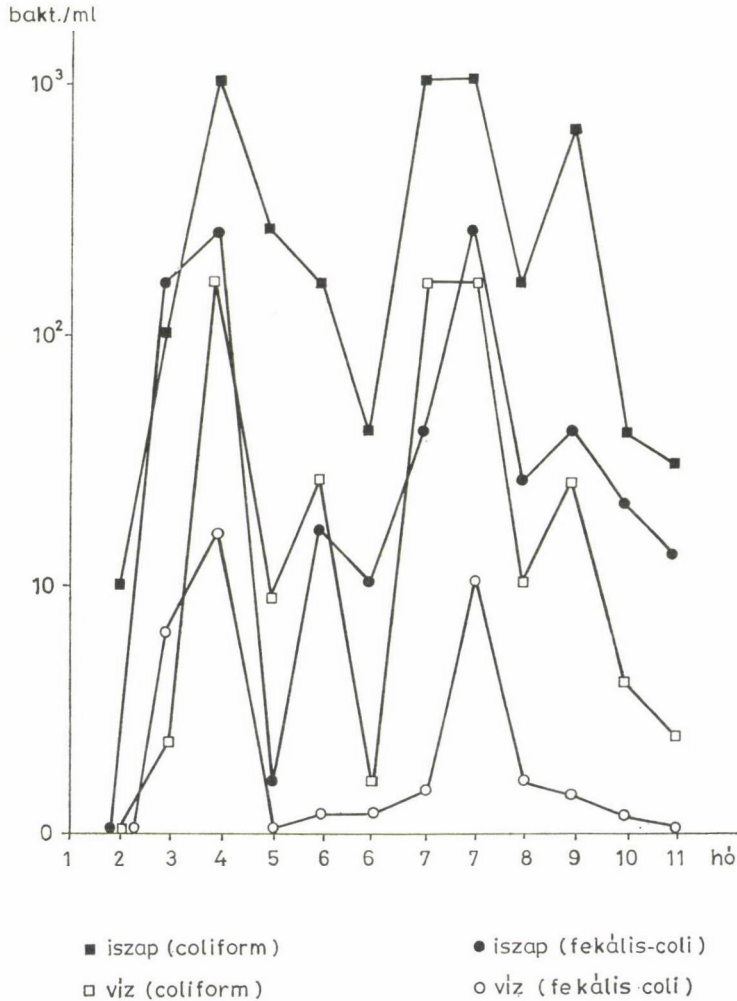
Az egyes baktériumcsoportok éves, évszakos és hosszú távú változása 1978 és 1981 között

HARANGHY (1941) a táplálék limitáló szerepét nem tartja lényegesnek a csíraszámok évszakos kvantitatív dinamikájában. OLÁH (1973) viszont kiemeli ennek korlátozó hatását a tavaszi és az őszi, illetve az eutróf Keszthelyi és Szigligeti térség nyári csíraszám-maximumainak alakulásában.

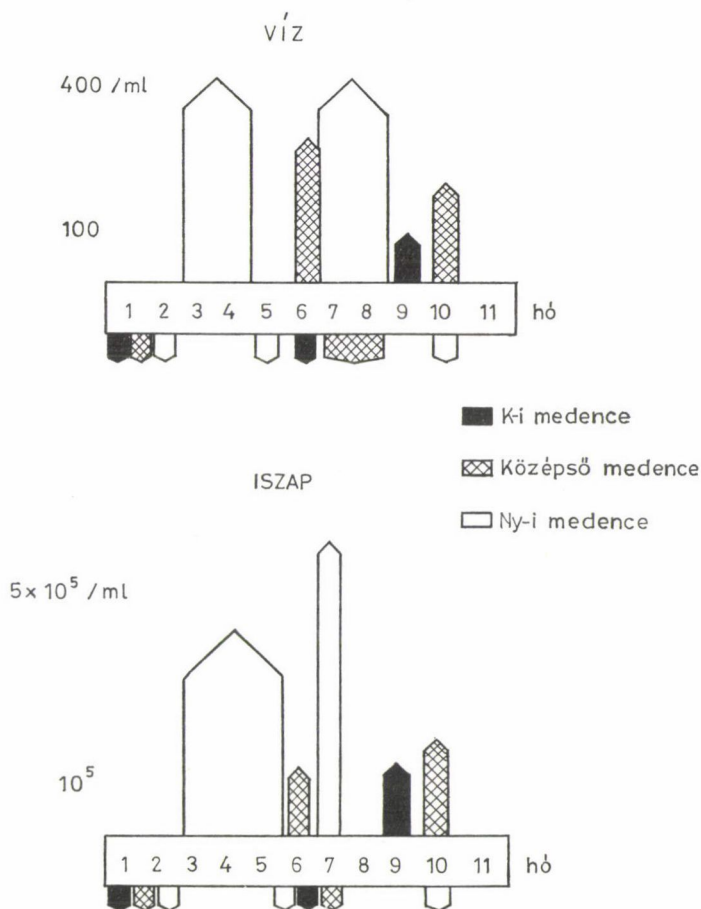
A 20 °C és 37 °C-on növekedő aerob, a 20 °C-on növekedő aerob spórás, valamint a 20 °C-on növekedő proteolitikus baktériumok csíraszámainak évszakos változása a nyíltvízben és a hozzátartozó iszapban meglepő hasonlóságot mutat (10. ábra). A négy csíraszám a nyíltvízben az egyes években a K-i medencében a 9., a Középsőben a 6. és a 10., a Ny-i-ban a 3—4. és a 6—7—8. hónapban mutat maximumot. A minimumok a téli és főként a nyári hónapokra esnek. 1981-ben már a K-i medencében is tapasztalható enyhe nyári (6. hó) maximum, amit eddig csak a Középső és a Ny-i medencében mértünk. A négy csíraszám a nyíltvízhez tartozó iszapokban a K-i medencében a 9., a Középsőben a 6. és a 10., a Ny-i-ban 3—4—5. és a 7. hónapban mutat maximumot, a minimum-értékek itt is a téli és a nyári hónapokra esnek (11. ábra).

A vízben és az iszapban mért maximum és minimum csíraszámok főként a K-i és a Középső medencében jól egybeesnek. A Ny-i medencében a víz és az iszap csíraszám-maximumainak időtartama kismértékben eltér egymástól. Tavasszal az iszapban hosszabb, a vízben rövidebb idejű, nyáron a vízben

hosszabb és az iszapban rövidebb idejű maximumok alakulnak ki. Feltételezhetően a tavaszi nagy kovaalgatömeg lebomlása elsősorban az iszapban, a nyári kékalgatömegé pedig a vízben és az iszapban egyaránt folyik. A kovaalgák lebomlása sejten belül kezdődik. A felszabaduló vegyületek bontása már a külső vztérben történik. A kékalgák elpusztulásuk után szinte azonnal szétesnek. Természetesen főként a Ny-i medencében (Zala hatás) nem zárható ki a nyári nagyobb tömegű, külső eredetű szervesanyagterhelés sem. A tavaszi csíraszámok (20 °C-on és 37 °C-on nőők) nagyságát csökkentheti a kovaalgák bakteriosztatikus hatása (GORZÓ 1979) is.



9. ábra. Az iszap és a víz coliform és fekális-coli számának éves változása (Keszthely partközeli, 1981)



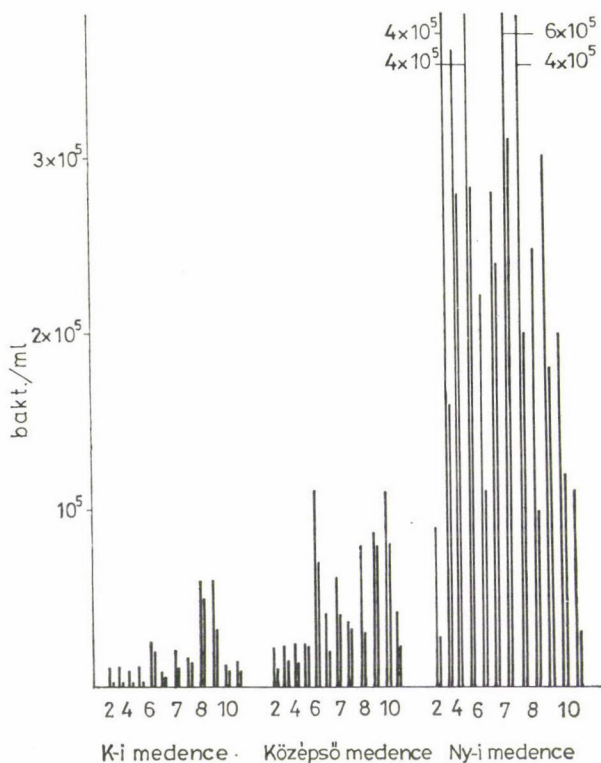
10. ábra. Az aerob baktériumok csíraszámának szezonális változása a vízben és az iszapban (magyarázatot lásd a szövegben)

Eltérő tehát a K-i, a Középső és a Ny-i medencék csíraszám dinamikája. A K-i medencére a nyári minimum és az enyhe őszi maximum, a Középső medencére az enyhe nyári és a nagyobb őszi maximum a jellemző. A Ny-i medence vízében tavaszi és nagy nyári maximumok alakulnak ki, szoros összefüggésben a fitoplankton változásával. Az iszapban mért csíraszámok szezonálisan a víz csíraszámával azonosan változnak. A vihar utáni felkeveredés és a hosszabb periodusú, szezonális jellegű csíraszámváltozások egymást befolyásolhatják. Méréseink alapján a hőmérséklet évszakok szerinti változásával a lehűlés a baktériumok iszap felé, a felmelegedés pedig a víz felé haladó áramlásának kedvez.

A 20 °C-on és a 46 °C-on mért anaerob spórás baktériumoknál egyértelmű szezonális változást a vízben kimutatni nem lehet. Számuk a felkeveredéstől

(vihar) függ. Az iszapban a K-i medencében 4. és 9. havi maximumot és nyári minimumot, a Középsőben és a Ny-iban 4. és 7. havi maximumot mértünk. A 4. és a 9. havi maximumokat általában a 20 °C-on, a 7. havi maximumokat főként a 46 °C-on tenyészők adták. Az anaerob spórás baktériumok nagyobb mennyiségben csak teljes felkeveredéskor juthatnak a víztérbe.

A négy éves mérések alapján kísérletet tehetünk a hosszabb periódusú változások előrejelzésére is. Mint láthattuk a vizsgált négy év alatt a vízben lényeges csíraszámnövekedés nem volt tapasztalható, ugyanakkor az iszap csíraszámát évente a K-i medencében 13–14%-al, a Középsőben 8–10%-al, a Ny-iban 6–7%-al nőtt. A jelenlegi csíraszámok megduplázódásához így a K-i medencében 6–8 év, a Középsőben 10–12 év, a Ny-iban 15–16 év lenne szükséges. Ez egyben azt is jelenti, hogy a K-i medence iszapjának csíraszámát 6–8 év múlva eléri a Középső jelenlegi csíraszámát. Utóbbi iszapjában a csíraszám 10–12 év múlva meghaladhatja a 10^5 bakt./ml-es értéket, mely már az eutróf tavak iszapjára jellemző, azaz a jelenlegi Ny-i medencéhez majdnem hasonlóvá válik.



11. ábra. 20 és 37 °C-on, húspepton agaron szaporodni képes aerob baktériumok csíraszámának alakulása a K-i, a Középső és a Ny-i medence iszapjában (1981)

Összefoglalás

1978 és 1981 között a Balaton vizében és iszapjában az aerob (20 °C-on és 37 °C-on, HPA-n), az aerob spórás (20 °C-on, HPA-n hőkezelés után) és az anaerob spórás baktériumok (20 °C-on, tioglikolátos HPA-n és 46 °C-on Wilson agaron) csíraszámát mértük. Vizsgáltuk továbbá a coliform és fekális coli-baktériumok számának alakulását a vízben és az iszapban.

A Balaton hossz-szelvényében a Ny-i irányban haladva az aerob baktériumok átlagos csíraszámai a nyíltvízben három-négyszeresére, az iszapban tíz-tizenötszörösére nőnek. Az anaerob spórás baktériumok átlagos csíraszámai a nyíltvízben és az iszapban egyaránt tízszeresére nőnek. A Ny-i medence nyíltvizében az iszap csíraszámához viszonyítva alacsony aerob és viszonylag magas anaerob spórás csíraszám alakul ki. A különböző csíraszámok a vízben kevésbé, az iszapban jól mutatják a három medence közötti különbséget.

A tó nyílt vize és iszapja a meso-, és eutróf tavakban tapasztalható évszakos csíraszám-maximumokkal jellemezhető. A Balaton K-i medencéjében őszi, a Középsőben nyári és őszi, a Ny-iban tavaszi és nyári aerob csíraszám-maximumok jelentkeznek.

1978 és 1981 között a vízben az aerob baktériumok csíraszámja alig változott, csupán a 20 és 37 °C-on, HPA-n tenyésztők százalékos aránya emelkedett. Az egyes medencék iszapjában az elmúlt négy évben határozott aerob csíraszám-növekedés tapasztalható (K-i medencében évi 13—15%, a Középsőben évi 8—10%, a Ny-iban évi 6—7%). Az anaerob spórás baktériumok száma a vízben és az iszapban mindhárom medencében nagymértékben emelkedett.

A coliform és a fekális coli-baktériumok mennyiségének térbeli és időbeli növekedése egyértelműen a külső szennyeződés fokozódását bizonyítja. A sűrűn szennyeződött területeken a vízhez viszonyítva az iszapban egy nagyságrenddel nagyobb coliform és fekális coli mérhető. Az iszap így önmagában is szennyezőforrássá válhat. A nyíltvízi minták coliform és fekális coli-baktériumszáma azt bizonyítja, hogy a tó vizének öntisztulóképessége rendkívül kedvező, ezért a jelenleg használt higiénias határértékeket túl magasnak tartjuk.

IRODALOM

- EWING, W. H.: Differentiation of Enterobacteriaceae by Biochemical Reactions, U. S. Department of Health, Education and Welfare, Public Health Service (1973).
- GORZÓ, GY.: Bakteriológiai vizsgálatok a Balatonon. Országos Vándorgyűlés, Keszthely III. A. I. Magyar Hidr. Társaság. (1979).
- HARANGHY, L.: Beitrage zur Bacteriologie des Balaton Magy. Biol. Kut. Munk. **13**, 57—73 (1941).
- KGST: Egységes vízvizsgálati módszerek. IV. Mikrobiol. VITUKI. (1977).
- KUZNYECOV, SZ. I.: Mikroflora ozer i geokimicseskaja dejatelnoszty. Izd. Nauka. Leningrád p. 440. (1970).
- LÁNYI, B.: Járványügyi és klinikai bakteriológia. Módszertani útmutató. Budapest. OKI. (1980).

- OLÁH, J.: Bacterial gradients at sediment-water interface of shallow lakes. *Annal. Biol. Tihany*, **40**, 219—225. (1971).
- OLÁH, J.: A bakterioplankton biomassája és produkciója a Balatonban. *Hidrol. Közl.* **8**, 348—358 (1973).
- OLÁH, J.: Number, biomass and production of planctonic bacteria in the shallow Lake Balaton. *Arch. Hydrobiol. Stuttgart* **2**, 193—217 (1974).
- PAPP, SZ. és munkatársai: A Balaton vizének komplex egészségügyi vizsgálata. *Hidrol. Közl.* **40**, 304—315 (1960).
- POCHON, J.: *Manuál technique d'analyse microbiologique du sol*. Masson Co. Paris (1954).
- SEDLÁK, J. and H. RISE: *Enterobacteriaceae-Infektionen*. Leipzig (1968).
- ZIH, S.: Bakteriologische Untersuchungen des Balatonsee-Wassers. *Magy. Biol. Kut. Int. Munk.* **2**, 346—354 (1929).