



J E L E N T É S

a Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat,  
valamint a Környezetvédelmi és Vizgazdálkodási  
Minisztérium Barlangtani Intézete között 1988-  
ban megkötött 1. sz. szerződés 4. pontjában  
rögzített

Növényesedést eltávolító vegyszerek kísérleti  
vizsgálata alkalmazástechnikai és hatásprog-  
nosztikai szempontból

című munkáról.

Készítette: Dr. Rajczy Miklós  
Budapest, 1988. november

**Jelentés a lámpaflóra irtására szolgáló vegyszerek  
=====**  
**vizsgálatáról**  
**=====**

A nagyközönség által látogatott barlangok kivilágításának egyik nemkívánatos velejárója, hogy a lámpák körül megváltozik a barlang természetes mikroklímája. Évről évre sok gondot okoz az így kifejlődött zöldelő alga és mohatömeg. A barlang eredeti látványosságait takarja, hangulatát teljesen megváltoztatja a növényesedés. A bevonatok károsíthatják az aljzatul szolgáló képződményeket, kristályokat. A megváltozott körülmények között olyan növény- és állatfajok telepednek meg, amelyek jelenlétükkel és/vagy versenyképességükkel hátrányosan befolyásolhatják a barlang eredeti élővilágának evolúciósan a speciális körülményekhez alkalmazkodott elemeit. E három károsító tényező (takarás, aljzatkárosítás, az élővilág egyensúlyának megbontása) miatt vilagszerte küzdenek a folyamat visszaszorításáért.

A védekezés eszközei korlátozottak, és minden módszer ellen szólnak érvek. Lényegében két fő stratégia alkalmazható: a bevonatok kialakulásának megakadályozása, valamint a kialakult bevonatok eltávolítása.

1. Megelőző módszer - minél gyengébb és minél rövidebb ideig tartó megvilágítás a látogatások alkalmával. Ez a legegyszerűbb, legolcsóbb, de azért megtehetően hatékony módszer. Sajnos hazai barlangjaink kivétel nélkül igen "túvilágítottak". Példaként megemlíthetjük, hogy a Szemlő-hegyi-barlang Furgatóriumában a fényerő radikális csökkentése teljesen megszüntette a makacs növényesedési göcöt anélkül, hogy a látvány esztétikai értéke megváltozott volna (Rajczó - Buczkó 1988). Sajnos sem a fényerő, sem a megvilágítás ideje nem csökkenthető minden esetben a szükséges küszöbérték alá, de még ilyen esetben is jelentősen lelassítható a lámpaflóra kialakulásának sebessége. Ilyen esetben a szükséges irtásra ritkábban lesz szükség, tehát a barlangi élővilág kevésbé károsodik. Minden esetben alkalmazandó!
2. Mechanikai eltávolítás - a már kifejlődött, szabad szemmel látható bevonat eltávolítása mechanikai eszközökkel (kaparók, vizsugar). Eredménye rövid hatású, mivel a propagulumokat (szaporító részecskék) nem távolítja el, sőt esetleg szétterjeszti. Elvégzése fáradságos, költséges és sok esetben végrehajthatatlan. Önálló alkalmazása kerülendő, esetleg vegyszeres irtás előtt alkalmazandó, hogy ne kelljen a vastag bevonatokra túl sok vegyszert kiszórni.
3. Ultraibolya sugárzás - a kialakult bevonatok irtása ultraibolya sugárzást kibocsátó lámpák segítségével. A sugárzás az élő sejteket elpusztítja. Hátránya: mivel a fény egyenes vonalban terjed, az árnyékban lévő algák, mohák túlélnek a kezelést, és azonnal új-

ra-népesítik a kezelt felszínt.

4. Vegyszerek alkalmazása - a kialakult bevonatok előlése különféle mérgek segítségével. Megfelelő vegyszer esetén hatásfoka nagyon jó, vastag jól fejlett bevonatok is eltávolíthatók így. Sajnos alkalmazásuk károsíthatja a barlang élővilágát.

Az ideális vegyszernek különféle követelményeknek kell megfelelnie:

- a/ Jó hatásfokkal irtsa az alacsonyabrendű zöld növényeket (algák, mohák, harasztok).
- b/ Ne, vagy csak kevéssé legyen mérgező a barlang természetes élővilágára.
- c/ A hatás ideje legyen minél rövidebb (a vegyszer minél gyorsabban tűnjön el a barlangból, tehát párologjon el, higuljon fel, bomoljon le ártalmatlan alkotórészekre).
- d/ Sem maga, sem esetleges ártalmas bomlástermékei ne halmozódjanak fel sem élő szervezetekben, sem az agyagfelszíneken.
- e/ Ne károsítsa a barlang képződményeit, ásványait.

Vizsgálódásunk tárgya három vegyszerféleség alkalmazhatóságának elemzése volt. Sajnos a harmadik vegyszert csak nagy késéssel tudták rendelkezésünkre bocsájtani, így annak tesztelése jövőre maradt. Ez az oka annak is, hogy a kémiai jellegű jelentésrészlet kimaradt, mert feleslegesnek tűnt két vegszerről külön szakvéleményt kérni. Tesztjeink a megállapodásnak megfelelően elővizsgálat jellegű in vitro modellkísérletek voltak.

## Anyag és módszer

### I. A felhasznált mérgek

1. Deflorit.  
Az anyagot Végh Zsolt bocsájtotta rendelkezésünkre.
2. Formaldehid 2%-os oldata.  
2-4%-os oldata az algológiai gyakorlatban leggyakrabban használt konzerváló szer. Könnyen párolog, fél órán belül észlelhetetlenné higul a légtérben. Csupán szénét, oxigént és hidrogént tartalmaz.
3. A Hegedüs János által ígert anyagot hosszas halogatás után, a kísérletek befejezése után kaptuk meg.

### II. Növénytanai kísérletek

Mindhárom K jelű törzs a Természettudományi Múzeum Növénytárának Algotheca gyűjteményéből származik. A választás során két szempontot vettünk figyelembe:

- a/ Reprezentatív legyen a barlangi lámpaflórára - lehetőleg hazai barlangjainkban végzett algológiai vizsgálatok mutassák ki.

b/ Rendszertanilag különbözzenek egymástól - feltételeztük, hogy a törzsfajlás különbözö fokain álló algafajok különbözben reagálnak.

Ezek figyelembevételével a következö törzsekre esett a választás:

1. Phormidium foveolarum (Cyanophyta) K 29

A kékalgák törzsébe tartozó fonálas, kocsonyás alga. Fonalátméröje 2,5-3 um. Prokarióta, azaz nincs a citoplazmától elkülönült sejtmagja. A törzsfajlás kezdeti szakaszára jellemző növény. A legtöbb vizsgált magyarországi barlangi lámpaflórában előforduló, domináns szervezet (Anna-, István-, Pál-völgyi-, Szemlé-hegyi-barlang). Növekedésére jellemző, hogy az agarba mélyen behatol, átszövi azt.

2. Chlorella vulgaris (Chlorophyta) K 124

A zöldalgák törzsébe tartozó szabályos gömb alakú alga. Nagy felület/térfogat aránya miatt feltehető, hogy a mérgek könnyen bejutnak a sejt belsejébe. Hazai barlangjaink közönséges lakója, az még nem tisztázott, hogy önmagában képes-e zöldülést okozni.

3. Chlorhormidium flaccidum (Chlorophyta) K 10

A zöldalgákhoz tartozó fonálas szervezet. A fonal átméröje ált. 8-10 um, vastag sejtfallal rendelkező alga. Talajflórában közönséges, több barlangból is előkerült (pl. Szemlé-hegyi-bg.)

4. Vegyes barlangi tenyészet

A Szemlé-hegyi-barlangból 1988. szeptember 10-én gyűjtött mintát használtuk fel (59. sz. lámpa). Vizsgálni kívántuk, hogy egy természetes barlangi növényegyüttesre a felhasznált mérgek szelektíven hatnak-e. A nyerstenyészetben 5 növényféleiség fordult elő:

- 4/1. Plectonema schmidlei
- 4/2. Phormidium foveolarum
- 4/3. Chlorella vulgaris
- 4/4. Fragilaria brevistriata
- 4/5. mohaprotonema

Ez a lámpaflóra jellegzetesnek mondható a Szemlé-hegyi-barlangban mind fajszámát, mind a fajok összetételét illetően. Említést érdemel a mintában szereplő mohaprotonema. Sok szempontból a fonálas algákhoz hasonlóan viselkedik a lámpa növényesedésének kezdetén, de a vastag nemezes bevonatokat a belőle kinövő mohánövények hozzák létre. Az algabevonatok általában makroszkóposan vékonyak, a vastag bevonatot mohák alkotják.

#### A vizsgálat menete

A kísérlet során Bold féle tápoldatot használtunk (Stein 1973). Az oldatból 11 g/l töménységű agarlemezt öntöttünk petricsészébe 1988. szeptember 12-én. Az Algothecából kiválasztott K 10 és K 124 jelű törzseket tartalmazó agarlemezek felületére Bold tápoldatot öntöttünk, és lemostuk az ott nőtt algákat. Az így nyert törzsoldatból a K 10 esetében 380 ml-t, a K 124 és a Szemlé-hegyi-barlangi minta esetében 190 ml-t szélesztettünk el a petricsésze agarlamezén. Mivel a K 29-es

törzs növekedése során áttörte az agart, ebből nem lehetett törzssoldatot készíteni, így ebből a törzsből minden új agarlemezre 3-3 az eredetiből kivágott agar-morzsat helyeztünk oltókaccsal. Kb. 3 hetes tenyésztés után (12 óra világos, 12 óra sötét, szobahőmérséklet) végeztük el az irtási kísérletet. Mind a Deflorit, mind a formalin esetében a felszínre juttatott anyagot igyekeztünk rázással egyenletesen szétteríteni. 30 perces inkubálási idő után minden kezelt tenyészetről a mikrobiológiai módszereknek megfelelően oltókaccsal 2-2 új tenyészetet oltottunk le. így a vizsgálat végére mind a négy törzsből rendelkezésünkre állt:

- 2 kontroll (oltva: IX. 12.)
- 1 formalinnal kezelt (oltva: IX. 12, kezelve: X. 5.)
- 2 formalinnal kezelt tenyészetről oltott minta = "formalin új" (oltva: X. 5.)
- 1 Deflorittal kezelt (oltva: IX. 12, kezelve: X. 5.)
- 2 Deflorittal kezelt tenyészetről oltott minta = "Deflorit új" (oltva: X. 5.)

A kísérlet értékelését X. 25-én kezdtük el, amikor makroszkóposan és mikroszkóposan is vizsgáltuk a tenyészeteket.

### III. Állattani kísérletek

Modellállatokként három csoportot választottam ki: egy laposféregfajt (Platyhelminthes: Euplanaria sp.), az alsórendű rákok közé tartozó ágascsapú rákokat (Crustacea: Cladocera: Daphnia magna) és evezőlábú rákokat (Crustacea: Copepoda: Cyclops vicinus), valamint több fajból álló ugróvillás rovar (Collembola) együttest. Az első kettő viselkedéséből a barlangokban nálunk is élő vízi szervezeteknek, a harmadikéből pedig barlangi rovaroknak a vegyszerekre adott reakciójára lehet következtetni. A két vegyszert fokozatosan adagoltam a petricsészében tartott állatokhoz, természetesen a kontroll-társaság állandó megfigyelése mellett.

#### 1. Planáriák

Petricésészében, kb. 30 ml tiszta vízbe helyezve vizsgáltam a 4-4, hegyi patakból frissen befogott planáriát.

#### 2. Alsórendű rákok

A rákokat 10 ml tiszta vízben tartottam.

#### 3. Ugróvillás rovarok

A rovarokat a 0,5 ml vegyszerrel befröcskölt kavicsrétegre, petricsészébe tettem, a fröcskölés után 2 perccel, hogy a vegyszer gőze telítse a levegőt.

## Eredmények és értékelésük

### I. Növénytan kísérletek

A makroszkópos vizsgálat eredményeit részletesen az I. táblázat tartalmazza.

#### 1. Phormidium foveolarum (Cyanophyta) K 29

- a/ Formalinnal kezelt tenyészet  
Fonalátmérő 2,5-3  $\mu\text{m}$ , csak az üres sejtek látszanak, azok is nehezen észlelhetők, mivel csak a vékony kocsonyafal maradt meg.
- b/ "Formalin új"  
Kékeszöld, kanyargós, vékony fonaltömeg. Az agarba belenöttek a fonalak, átszövik azt. Néhány üres sejtfa is látható, ezek feltehetőleg az átoltáskor kerültek oda.
- c/ Deflorittal kezelt tenyészet  
A tenyészet közepén sok szervesetlen kristály található, átmérőjük kb. 10-12  $\mu\text{m}$ . Az elpusztult fonalak falai megtalálhatóak. A tenyészet egy pontján zöldülés tapasztalható. A lemez szélén nagy kiterjedésű, barna folt volt (gombamicéliumok, köztük néhány élő *Phormidium* fonal. Feltehetőleg a tenyészet az oltás vagy az irtás során befertőződött.
- d/ "Deflorit új"  
Kevés fonalmaradvány található csupán.

Kontroll tenyészetek

élénk növekedésű, kékeszöld, kanyargós fonaltömeg, többé-kevésbé négyzetes sejtek. Fonalátmérő 2,5-3  $\mu\text{m}$

#### 2. Chlorella vulgaris (Chlorophyta) K 124

- a/ Formalinnal kezelt tenyészet  
2-2,5  $\mu\text{m}$  átmérőjű, torz alakú sejtek, sejtstruktúra nélkül. élő sejtet nem találtam.
- b/ "Formalin új"  
élő sejtek 3,5-4  $\mu\text{m}$  átmérővel, a falmenti plasztisz jól nyomonkövethető. Kevés autosporangium is található.
- c/ Deflorittal kezelt tenyészet  
3-3,5  $\mu\text{m}$  átmérőjű sejtek, általában a sejt belsejében két összetöppörödött részecske látható. Néhány apró élő sejt is.
- d/ "Deflorit új"  
A tenyészet egy ponton kihajtott, ebben a pontban 2-4  $\mu\text{m}$  átmérőjű szabályos sejtek vannak.

Kontroll tenyészetek

3,5-4  $\mu\text{m}$  átmérőjű sejtek, a sejtstruktúra jól tanulmányozható. Autosporangiumok találhatóak, 7,5  $\mu\text{m}$  átmérővel.

#### 3. Chlorhormidium flaccidum (Chlorophyta) K 10

- a/ Formalinnal kezelt tenyészet  
A mikroszkópos vizsgálat során elhalt fonalakat találni, a klorofill teljesen hiányzik, a sejtfaak valamint a sejtstruktúrák körvonalai jól kivehetők.

A sejtfaalak nagyon vastagnak látszanak, mivel a sejtartalom eltávolodott tőle. Feltehetőleg a pusztulás előtt plazmolízis történt.

- b/ "Formalin új"  
Fiatal erős tenyészet, hosszú, soksejtes fonalak.
- c/ Deflorittal kezelt tenyészet  
A Deflorit teljesen meglepő és megmagyarázhatatlan eredményt adott. Hatására az előregedőben lévő tenyészet intenzíven növekedett, sok fiatal, élénkzöld, határozott sejtstruktúrájú fonal található. A fonalankénti sejtek száma több száz, de a legrövidebb fonalak is 25-30 sejtből állnak. Úgy tűnik, hogy a Deflorit a Chlorhormidium növekedésére stimulálóan hat.
- d/ "Deflorit új"  
A Deflorittal kezelt tenyészettel megegyezően fiatal, élénkzöld, soksejtes fonalak.

#### Kontroll tenyészetek

A 6 hetes tenyésztési idő az algakultúráknál nem számít hosszú időnek, ez a tenyészet mégis az öregedés jeleit mutatja. A fonalak elkezdtek feldarabolódni, egyedülálló, ill. 4-5 sejtes fragmentumok találhatóak a tenyészetekben. A sejtstruktúra szétesésben, ill. betokozódásban van.

#### 4. Vegyes barlangi tenyészet

- a/ Formalinnal kezelt tenyészet  
Az 5 faj közül egyedül a *Plectonema schmidlei* nevű fonalas kékalga élte túl a kezelést. Nagy tömegben szaporodik, így makroszkopos zöldülést okoz.
- b/ "Formalin új"  
A *Plectonema schmidlei* és a *Chlorella vulgaris* szaporodott el mindkét tenyészetben.
- c/ Deflorittal kezelt tenyészet  
Élő *Plectonema* és *Phormidium* fonalak vannak a tenyészetben, bár a *Plectonema* fonalak rendellenesen összeszuszorodott sejtekből állnak.
- d/ "Deflorit új"  
A 6 átoltott pontból 2 zöldült be. Az egyik *Plectonema* és *Phormidium* fonalakat tartalmaz, a másik foltban az élő *Phormidium* és *Plectonema* fonalak mellett *Chlorella vulgaris* sejteket, sőt mohaprotonemát is találtam.
- Kontroll tenyészet  
Az anyag és módszer fejezetben felsorolt 5 növényféléesség jól növekedő telepeit tartalmazza.

A formalin mindhárom tiszta tenyészetet leirtotta. A 30 perces inkubálás után oltott tenyészetek viszont mind kihajtottak, az esetek felében 3 hét után már növekedtek is a telepek. Véleményünk szerint ez avval magyarázható, hogy a formalin és a formalingázok hatásához hosszabb idő szükséges. Mivel az új tenyészetekben a formalingáz már nem volt jelen (ill. csak jelentéktelen mennyiségben), ezért a sejtek nem pusztultak el, így átoltás után növekedésnek tudtak indulni. A várakozással ellentétben a növekedés megindulását tekintve legellenállóbbnak a nagy felület/térfogat aránnyal rendel-

kező Chlorocella, valamint a varrtak megfelelően a vastag falú Chlorohormidium volt. A vegyes bariangi tenyészetben a Plectonema túlélte a kezelést. A Deflorittal kezelt tenyészetek közepe a K 10-es törzs kivételével steril, a lemezek szélein viszont minden esetben növekedést tapasztaltunk. Ez egyértelműen annak köszönhető, hogy a kezelés során csak a szemmel látható foltokon szélesztettük el a vegyszert, az akkor még nem zöld széleken így életben maradhattak sejtek (ez egyébként attételesekn újra a formalingázók jelentőségét bizonyítja). Az "új" tenyészetek majdnem minden esetben sterilmek maradtak, nem hajtottak ki (az oltás minden esetben a régi lemez közepéről történt). A Chlorohormidium növekedésére kifejtett serkentő hatásra magyarázatot adni nem tudunk.

### III. Állattani kísérletek

#### 1. Planáriák

- a/ Egy csepp (kb. 0,025 ml) 2%-os formalin után semmi változás. 0,25 ml után már megváltozott az állatok normális mozgása, hosszúra kinyúltak, aztán összerzsugorodtak, felváltva. 0,5 ml formalinnál is ugyanezt csinálták. 20 perc elteltével a koncentráció növelésével kb. 1%-os formalinoldatot értem el, ebben az állatok picire összehúzódva kb. 1 perc múlva elpusztultak.
- b/ Egyetlen csepp (0,025 ml) deflorit oldattól a planáriák összerándultak, majd 15 perc elteltével egy újabb csepptől a négy állatból három elpusztult. Az élőt attettem tiszta vízbe, de már nem nyerte vissza normális mozgását, maradandó károsodást szenvedett.

#### 2. Alsórendű rákok

- a/ Egy csepp (0,025 ml) 2%-os formalin után nem volt változás az állatok mozgásában. 5 perc elteltével összesen 0,5 ml formalin volt a vizükben, a 12. perctől észrevehetően lelassult a mozgásuk, kb. 20%-uk már pusztulóban volt, a 20. percre az összes kiskrák elpusztult.
- b/ Egy csepp, majd 10 perc múlva még egy, 15 perc múlva még 2, 20 perc múlva még 4 csepp (összesen tehát 0,2 ml) deflorit után semmi gyengülés a mozgásban. A 25. percben még 0,25 ml deflorit, ekkor már az állatok egy kis része elpusztult. A 35. percben adott 0,5 ml (összesen tehát 0,95 ml) anyag hatására a már gyengülőben lévő állatok mind elpusztultak.

#### 3. Ugróvillás rovarok

- a/ 2%-os formalin: 3 perc múlva a Collembolák a csápjukat törölgették, ami a kellemetlen inger jele. A közvetlen érintkezést a még meglévő cseppekkel kerültek. A cseppekhez nozzaérintve őket gyorsan, néhány másodperc alatt elpusztultak. A petricsészében 20 perc múlva egy kicsit lelassult a mozgásuk, 25



perc múlva meg-megálltak és rezegtették csápjukat. 35 perc elteltével az állatok mind elpusztultak. Ugyanezt a kísérletet megismételve a petricsészében kavics helyett szűrőpapír-betéttel, a Collembolák hamarabb reagáltak (kevesebb a búvóhely, direkter az érintkezés a vegyszerrel), 20 perc múlva már 50%-os, 30 perc múlva teljes volt a pusztulás.

b/ deflorit: a 0,5 ml fröcskölés után 3 perccel az állatok 80%-a elpusztult, 4 perc elteltével az összes ugróvillás elpusztult. A deflorit-hoz való közvetlen nozzaéréstől azonnal elpusztultak.

A kapott eredmények összevetéséből az derül ki, hogy a két vegyszer közül két esetben a deflorit bizonyult sokkal "agresszívebbnek": a planáriáknál már 0,1%-os koncentrációban végzetes volt, és Collemboláknál is nagyon gyorsan hatott. Ugyanakkor a kátrák esetében 10%-os deflorit volt csak hatásos, ellenben 0,1% formalin már elpusztította őket. A másik két esetben a formalin gyengébb öltözék bizonyult: a planáriáknál 1%-os koncentráció kellett, az ugróvillás rovaroknál pedig kb. félorára volt szükség a teljes pusztuláshoz.

### Diszkusszió

A két szer közül a gyorsabb ölőhatásúnak a Deflorit mutatkozott mind a növényekre, mind az állatokra nézve. A kísérletek tanúsága szerint gőze nem mérgező a zöld növényekre, állatokra viszont gyorsan hat. Sajnos egy fonálas zöldalga teljesen rezisztensnek bizonyult vele szemben. A formalin hatásmechanizmusa lassúbbnak bizonyult, az állatok egy része ellen tudott állni mérgező hatásának (szabadban talán ez lehetőséget nyújthat a sikeres elmenekülésre), míg a planktonnak már egészen kis koncentrációnál elpusztultak. Növényekre csak huzamosabb kitettség esetén bizonyult mérgezőnek (tisztázandó mindenképpen, hogy a noszú kitettség alatt a hatás hanyadrészéért felel a formalingőz, tehát nyitott térben is létrejön-e a hatás).

összefoglalva: botanikailag a nagy, szabad, sima felszínek (pl. cseppköfolyások) esetén a Deflorit adhat jobb eredményt, mivel hosszútávú a hatása, a propagulumokat is elpusztítja. Hátránya, hogy a résekbe, repedésekbe nem tud jól behatolni, és ahová nem jut közvetlenül mérég ott a lámpaflóra sértetlen marad, és szaporítóanyagot szolgáltat a leirtott felületek újraneveléséhez. Tördelt, sok kiemelkedéssel és mélyedéssel rendelkező felszíneken a formalin adhat jobb eredményt, mivel a formalingőzök a legrejtettebb zugokba, résekbe is behatolnak, és elpusztítják az ott élő algákat, mohákat. Zoológiailag azonban inkább a formalin javallt (habár zoológus szakértőnk a 2%-os oldatot is túl töménynek tartja). Ami biztosnak tűnik az az, hogy formalinnal szigorúan tilos barlangi vizeket kezelni, hi-

szen a planktonrákok nagyon érzékenyeknek bizonyultak. Ugyanigy nem tanácsos a Defloritot olyan barlangban alkalmazni, melynek értékes szárazföldi rovarfaunája van.

Az eddigi eredmények mindenképen csak tájékoztató jellegűeknek tekinthetők. Az eredmény szórása nagy, újabb és újabb állat- és alga-csoportra is tesztelni kellene a szert. A következő fázisban figyelembe kell venni a kémiai eredményeket is, mindenképen vizsgálni kell a harmadik vegyszert is, hátha annak szélesebbkörű a hatása.

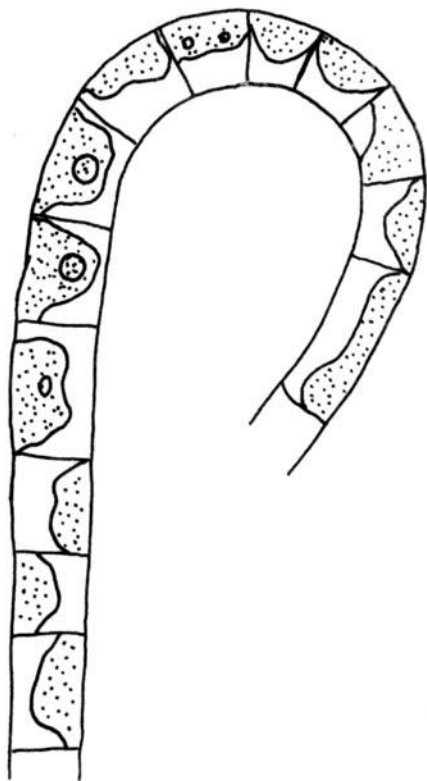
#### Irodalom

- Buczko K. & Rajczy M. (1988): Jelentés a Szemő-hegyi-barlang lámpafilónájáról. - KVM jelentés, kézirat
- Stein, J. R. (1973): Handbook of phycollogical methods. Culture methods and growth measurements. - Cambridge, Cambridge University Press. pp. 448.

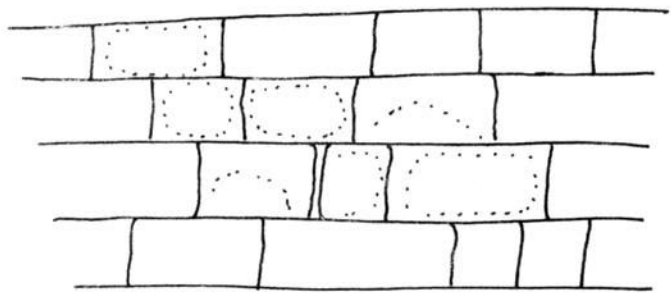
Dr. R. R. N.

I. Táblázat. Makroszkópos megfigyelési adatok a botanikai kísérletekről (-: szintelen folt, 0: élő, de nem növekedő folt, +: növekedő folt)

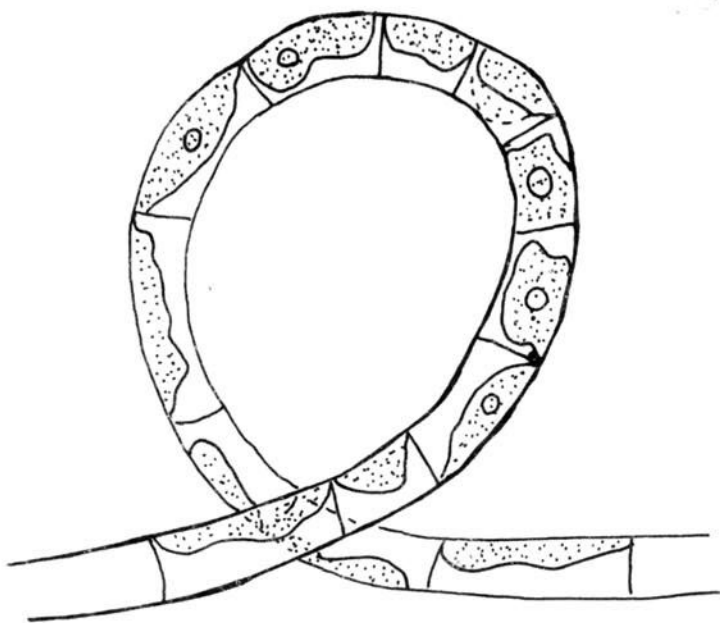
törzs	Formalinnal kezelt	"Formalin új"		Deflorittal kezelt	"Deflorit új"		Kontroll
		1	2		1	2	
K 29	steril	000	0++ kékeszöld	sárgászöld, a lemez széle barna	---	---	1,5-2 mm átm., jól fejlett, kékeszöld telepek
K 124	steril	+++	+++	közepe steril, széle vil. zöld	---	--0	a lemez világoszöld
K 10	steril	+++ élénkzöld	++0	egyenletesen élénkzöld	+++ élénkzöld	+++ élénkzöld	egyenletesen élénkz.
Szeml82	néhány kékeszöld és kékesz.	00+	++0	a lemez szélein sárgásbarnás foltok	--0 kékeszöld	--+ barn.	kékeszöld és barnás foltok



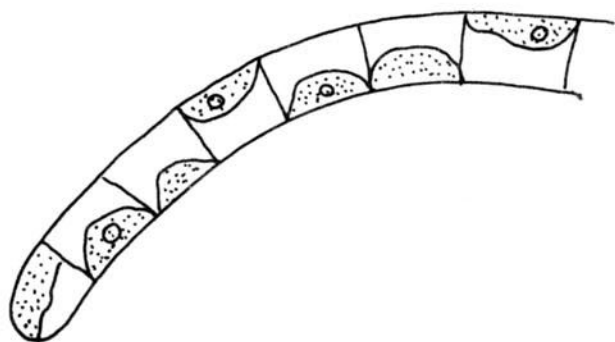
Deflorittal kezelt tenyészet



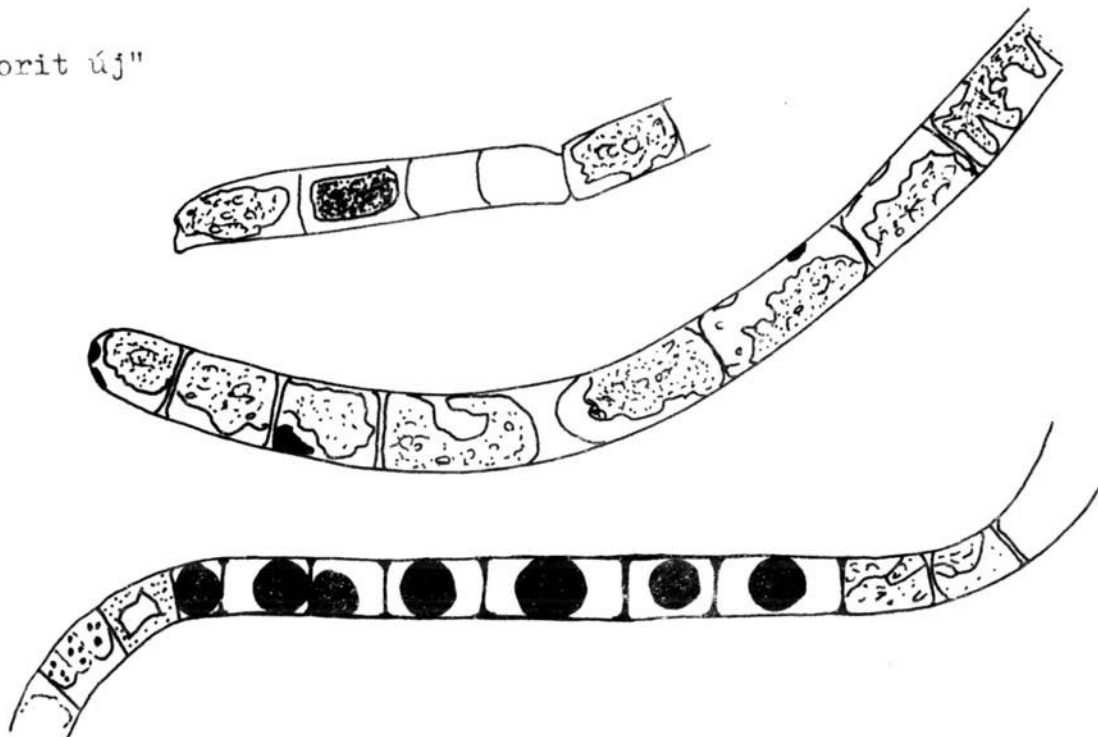
Formalinnal kezelt tenyészet



"Formalin új"

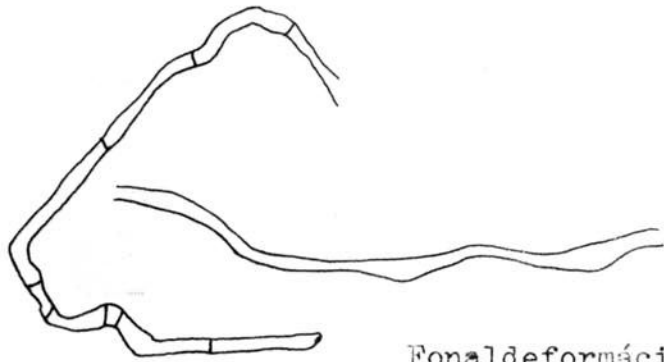


"Deflorit új"



Kontroll tenyészetek

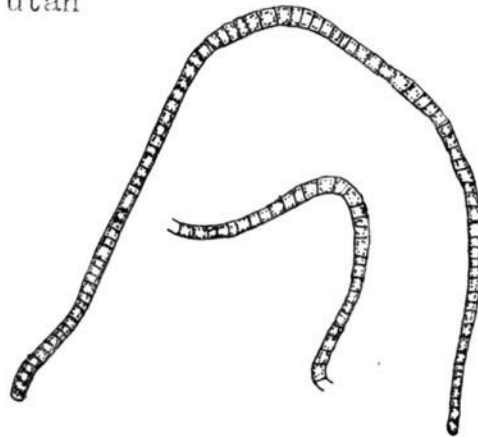
K 29. Phormidium foveolarum



Fonaldeformációk  
formalin kezelés után

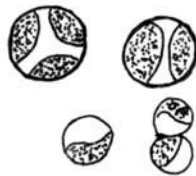


A Deflorit hatására fellépő  
elváltozások

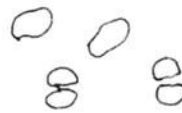


Égészséges fonalak

K 124. Chlorella vulgaris



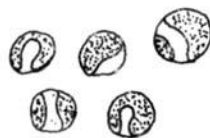
Kontroll tenyészet



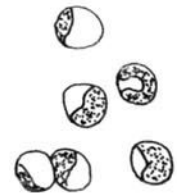
a sejtek formalinozás  
után



Deflorit  
kezelés hatása

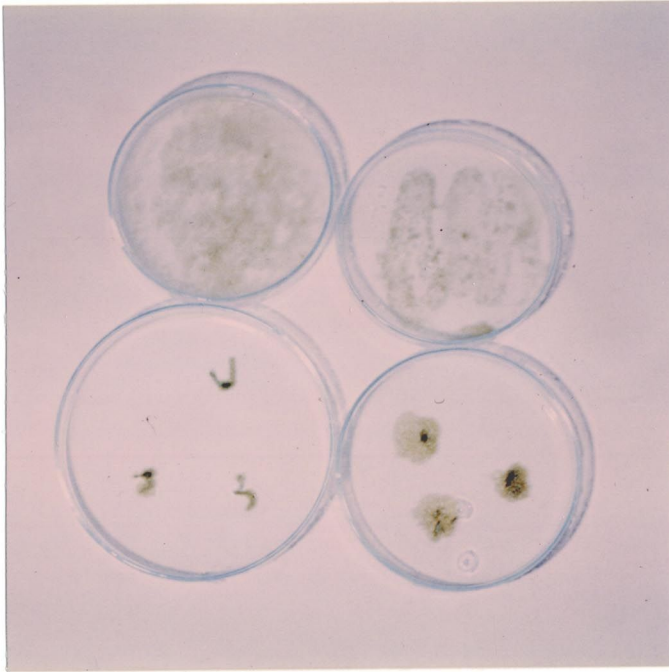


A formalinozott tenyészetéről  
készült átoltás

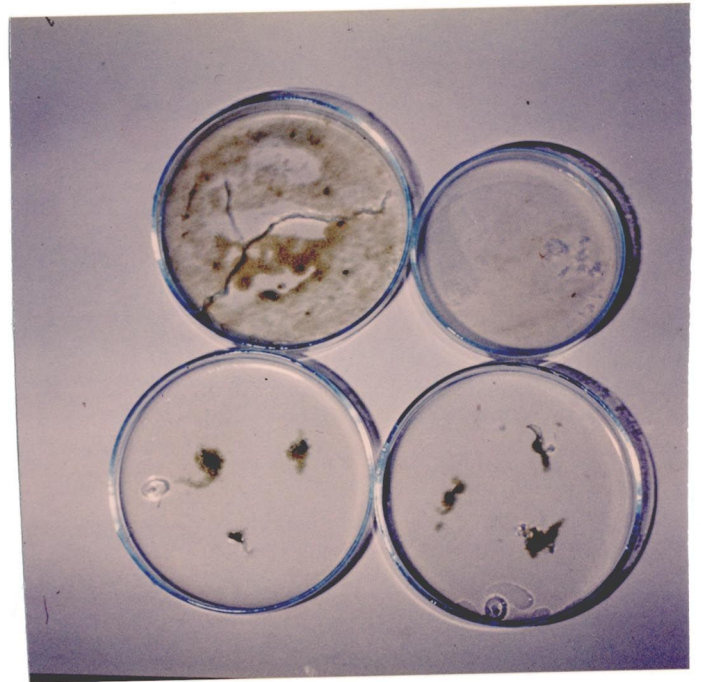


A Deflorittal kezelt  
tenyészetéről készült  
átoltás

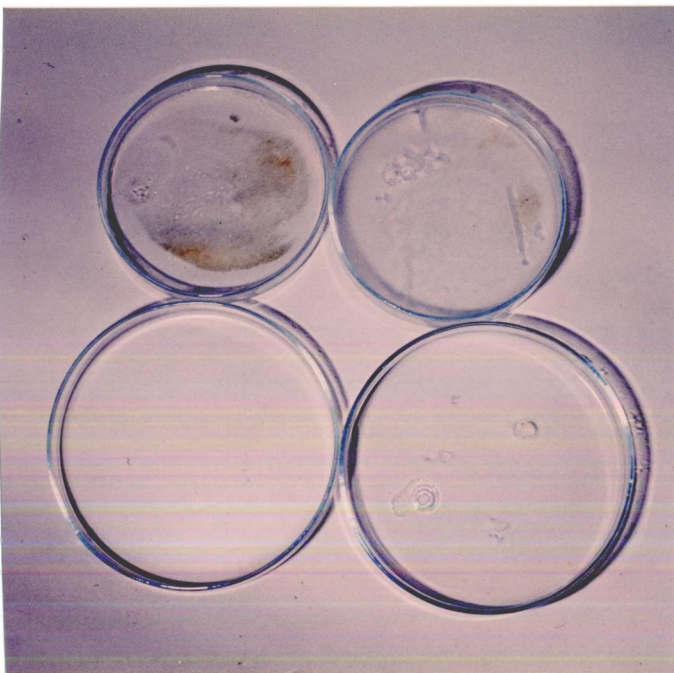
I. Tábla. Az algatenyészetek (bal felső: kontroll, jobb felső: kezelt tenyészet, alsók: "új" tenyészetek)



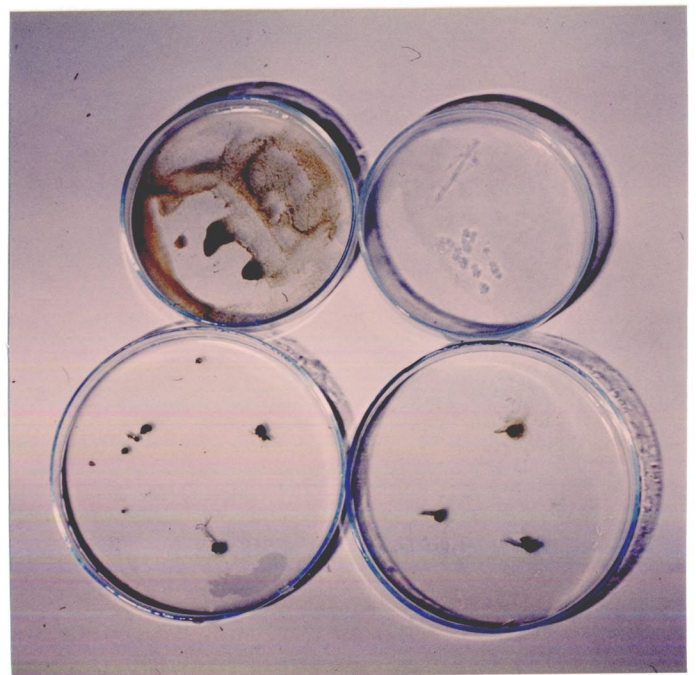
K 10-es törzs, Deflorit



K 10-es törzs, formalin

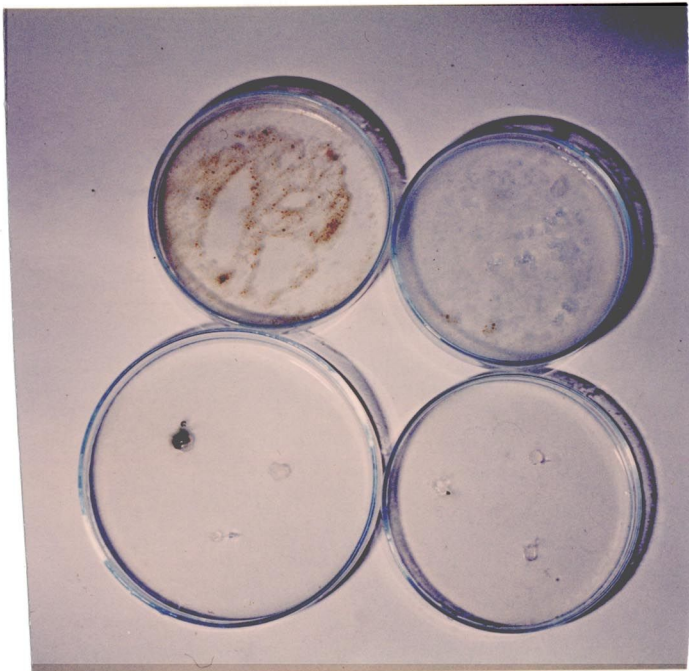


K 124-es törzs, Deflorit

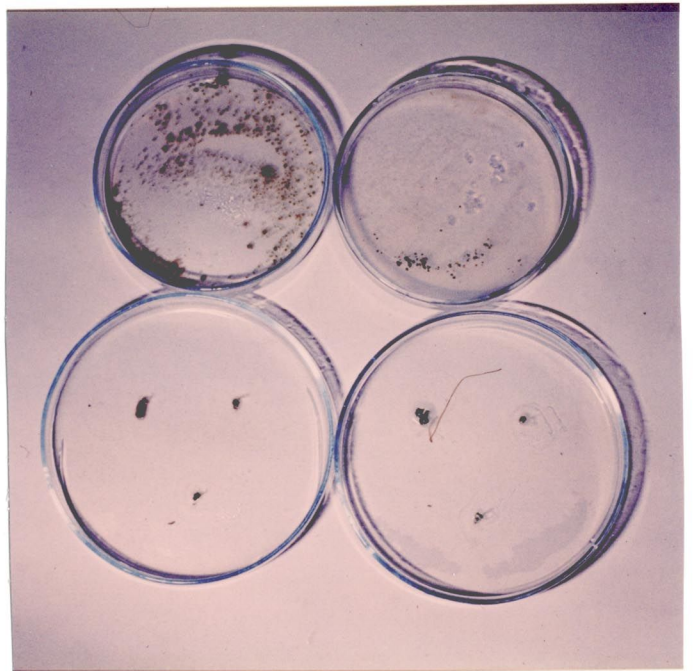


K 124-es törzs, formalin

II. Tábla. Az algatenyészetek (bal felső: kontroll, jobb felső:  
kezelt tenyészet, alsók: "új" tenyészetek)



barlangi minta, Deflorit



barlangi minta, formalin

Előzetes kutatási jelentés a lámpaflóra-irtási  
kísérlet eredményéről

I. Bevezetés

A lámpaflóra elleni küzdelem lehetséges módszerei

1. Megelőző (preventív) módszer

Minél gyengébb és minél rövidebb ideig tartó megvilágítás a látogatások alkalmával, így a makroszkópikus zöldülés hosszú ideig elkerülhető. Sajnos a legforgalmasabb barlangoknál ezzel együtt sem kerülhető el a lámpaflóra kialakulása.

2. Mechanikai eltávolítás

Ez azt jelenti, hogy a már kifejlődött, makroszkópiusan észlelhető bevonatot mechanikai eszközökkel (kaparók, vizsugár) eltávolítják. Eredménye rövid hatású, mivel a propagulumokat nem távolítja el, sőt esetleg szétterjeszti. Elvégzése fáradságos és sok esetben végrehajthatatlan.

3. Ultraibolya sugárzás

Lényege az, hogy az ultraibolya sugárzás elpusztítja az élő sejteket, megfelelő lámpák elhelyezésével a már kialakult bevonat irtható. Hátránya: mivel a fény egyenes vonalban terjed, az árnyékban lévő algák, mohák túlélnek a kezelést, és azonnal újra-népesítik a kezelt felszínt.

4. Mérgek, növényirtók alkalmazása

A vastag jól fejlett bevonatok is eltávolíthatók a használatukkal. Alkalmazásuk ellen a zoológusok tiltakoznak, mivel elpusztítják a barlangi állatokat is. (Eldöntendő kérdés, hogy valóban troglobionta-troglofil állatok népesítik-e be a lámpaflórát. A mikroflóra jelentősen eltér a természetes barlangbejárattól.)

- az alkalmazott mérgeknek lehetőleg gyorsan bomlónak kell lennie (a karsztvízbe mosódása minimális legyen)

- ne tartalmazzon olyan mikroelemet amely a karsztvízben, az agyag- és sziklafelszíneken, esetleg a lámpaflórát fogyasztó

valódi troglobionták szervezetében felhalmozódik

- ne tegyen kárt a barlangi ásványokban, képződményekben.

Mindezek figyelembevételével kezdtük el az irtási kísérletek végrehajtását.

II. Anyag és módszer

II. 1. A kísérletben felhasznált algatenyészetek kiválasztása.

Mindhárom K jelű törzs a Természettudományi Múzeum Növénytárának Algotheca gyűjteményéből származik. A választás során két szempontot vettünk figyelembe:

1. Reprezentatív legyen a barlangi lámpaflórára - lehetőleg hazai barlangjainkban végzett algológiai vizsgálatok mutassák ki.



2. taxonómiai szempontból is reprezentatív legyen. Feltételezzük, hogy a törzsfajlás különböző fokain álló algafajok különbözően reagálnak. Ezek figyelembevételével a következő törzseket választottuk:

1. *Phormidium foveolarum* (Cyanophyta) K 29

A kékalgák törzsébe tartozó fonalas, kocsonyás alga. Fonalátmérője 2,5-3  $\mu\text{m}$ . Prokarióta, azaz nincs a citoplazmától elkülönült sejtmagja. A törzsfajlás kezdeti szakaszára jellemző növény. A legtöbb vizsgált magyarországi barlangflórában előforduló, domináns szervezet (Anna-, István-, Szemlő-hegyi-, Pál-völgyi barlang). Növekedésére jellemző, hogy az agarba mélyen behatol, átszövi azt.

2. *Chlorella vulgaris* (Chlorophyta) K 124

A zöldalgák törzsébe tartozó szabályos gömb alakú alga. Nagy felület/térfogat aránya miatt feltehetőleg a mérgek könnyen bejutnak a sejt belsejébe és annak pusztulását okozza. Hazai barlangjaink közönséges lakója, az még nem tisztázott, hogy önmagában képes-e zöldülést okozni.

3. *Chlorhormidium flaccidum* (Chlorophyta) K 10

A zöldalgákhoz tartozó fonalas szervezet. A fonal átmérője ált. 8-10  $\mu\text{m}$ , vastag sejtfallal rendelkező alga. Talajflórában közönséges, több barlangból is előkerült (pl. Szemlő-hegyi-bg., lámpaflóra)

4. Vegyes barlangi tenyészet

A Szemlő-hegyi barlangból 1988. szeptember 10-én gyűjtött mintát használtuk fel (59. sz. lámpa). Vizsgálni kívántuk, hogy egy természetes barlangi növényegyüttesre a felhasznált mérgek szelektíven hatnak-e. A nyerstenyészetben 5 növényfajlás fordult elő:

4/1. *Plectonema schmidlei*

4/2. *Phormidium foveolarum*

4/3. *Chlorella vulgaris*

4/4. *Fragilaria brevistriata*

4/5. mohaprotónema

Ez egy jellegzetesnek mondható lámpaflóra a Szemlő-hegyi-barlangban mind fajszámát, mind a fajok összetételét illetően. Említést érdemel a mintában szereplő mohaprotónema. Sok szempontból a fonalas algákhoz hasonlóan viselkedik a lámpa növényesedésének kezdetén, de a vastag nemezes bevonatokat a belőle kinövő mohanövények hozzák létre. Az algabevonatok általában makroszkóposan vékonyak, a vastag bevonatot mohák alkotják.

## II.2. A felhasznált mérgek

1. Deflorit.

Az anyagot Végh Zsolt bocsájtotta rendelkezésünkre.

2. Formaldehid 2%-os oldata.

2-4%-os oldata az algológiai gyakorlatban leggyakrabban használt konzerváló szer. Könnyen párolog, csupán szén-dioxidot, oxigént és hidrogént tartalmaz. Lámpaflóra irtásra Hajdú Lajos is javasolta.

3. A Hegedüs János által ígért anyagot hosszas halogatás után sem kaptuk meg.

### II.3. A vizsgálat menete

A kísérlet során Bold féle tápoldatot használtunk (Stein 1973). az oldatból 11 g/l töménységű agarlemezt öntöttünk petricsészébe 1988. szeptember 12-én. Az Algothecából kiválasztott K 10 és K 124 jelű törzseket tartalmazó agarlemezek felületére Bold tápoldatot öntöttünk, és lemostuk az ott nőtt algákat. Így egy törzsoldatot nyertünk, amelyből a K 10-es esetében 380 ml-t, a K 124-es törzs és a Szemlő-hegyi barlangból származó minta esetében 190 ml-t szélesztettünk el. Mivel a K 29-es törzs növekedése során áttészte az agart, ebből nem lehetett törzsoldatot készíteni, így ebből a törzsből minden új agarlemeze 3-3 az eredetiből kivágott agarmorzsát helyeztünk oltókaccsal. Kb. 3 hetes tenyésztés után (12 óra világos, 12 óra sötét, szobahőmérséklet) végeztük el az irtási kísérletet. Mind a Deflorit, mind a formalin esetében a felszínre juttatott anyagot igyekeztünk rázással egyenletesen szétteríteni. 30 perces inkubálási idő után minden kezelt tenyészetről a mikrobiológiai módszereknek megfelelően oltókaccsal 2-2 új tenyészetet oltottunk le. Így a vizsgálat végére mind a négy törzsből rendelkezésünkre állt: 2 kontroll (IX. 12-én oltva) 1 formalinnal kezelt (IX. 12-én oltva X. 5-én mérgezve) 2 formalinnal kezelt tenyészetről oltott minta = "formalin új" (X. 5-én oltva), 1 Deflorittal kezelt tenyészet (IX. 12-én oltva, X. 5-én mérgezve), 2 Deflorittal kezelt tenyészetről oltott minta = "Deflorit új" (X. 5-én oltva). A kísérlet értékelését X. 25-én kezdtük el, amikor makroszkóposan és mikroszkóposan is vizsgáltuk a tenyészeteket.

### III. Eredmények és értékelésük

Az irtás hatása különböző algatörzsekre

A makroszkópos vizsgálat eredményeit részletesen az I. táblázat tartalmazza.

#### III. 1. *Phormidium foveolarum* K 29

1. Formalinnal kezelt tenyészet  
Fonalátmérő 2,5-3  $\mu\text{m}$ , csak az üres sejtek látszódnak, azok is nehezen észlelhetők, mivel a vékony kocsonyafal maradt csak meg
2. "Formalin új"  
Kékeszöld élénk kanyargós vékony fonaltömeg. Az agarba belenöttek a fonalak átszövik azt. Néhány üres sejtfa is látható, feltehetőleg az átoltáskor kerültek oda.
3. Deflorittal kezelt tenyészet  
A tenyészet közepén sok szervetlen kristály található, átmérőjük kb. 10-12  $\mu\text{m}$ . Az elpusztult fonalak falai megtalálhatóak. A tenyészet egy pontján zöldülés tapasztalható. A lemez szélén

nagy kiterjedésű, barna folt volt. Ezek gombamicéliumok voltak, köztük néhány élő Phormidium fonal. Feltehetőleg a tenyészet az oltás vagy az irtás során befertőződött.

4. "Deflorit új"

Kevés fonalmaradvány található csupán.

Kontroll tenyészetek

élénk növekedésű, kékeszöld, kanyargós fonaltömeg többé-kevésbé négyzetes sejtek. Fonalátmérő 2,5-3 um.

III.2. *Chlorella vulgaris* K 124

1. Formalinnal kezelt

2-2,5 átmérőjű, torz alakú sejtek, sejtstruktúra nélkül. élő sejtet nem találtam

2. "Formalin új"

élő sejtek 3,5-4 um átmérővel. a falmenti plasztisz jól nyomonkövethető. Kevés autosporangium is található.

3. Deflorittal kezelt

3-3,5 átmérőjű sejtek, általában a sejt belsejében két összetöporódott részecske látható. Néhány apró élő sejt is.

4. "Deflorit új"

A tenyészet egy ponton kihajtott, ebben a pontban 2-4 um átmérőjű szabályos sejtek vannak.

Kontroll tenyészet

3,5-4 um átmérőjű sejtek, a sejtstruktúra jól tanulmányozható. Autosporangiumok találhatóak, 7,5 um átmérővel.

III.3 *Chlorhormidium flaccidum* K 10

1. Formalinnal kezelt tenyészet

A mikroszkópos vizsgálat során elhalt fonalakat találni, a klorofill teljesen hiányzik, a sejtfaalak valamint a sejtszervecskék körvonalai jól kivehetők. A sejtfaalak nagyon vastagnak látszanak, mivel a sejttartalom eltávolodott tőle. Feltehetőleg a pusztulás előtt plazmolízis történt.

2. "Formalin új"

Fiatal erős tenyészet, hosszú soksejtes fonalak.

3. Deflorittal kezelt tenyészet

A Deflorit teljesen meglepő és megmagyarázhatatlan eredményt adott hatására az előregedőben lévő tenyészet intenzíven növekedett, sok fiatal, élénkzöld, határozott sejtstruktúrájú fonal található. A fonalankénti sejtek száma több száz, de a legrövidebb fonalak is 25-30 sejtből állnak. Ugy tűnik, hogy a Deflorit a *Chlorhormidium* növekedésére stimulálóan hat.

4. "Deflorit új"

A Deflorittal kezelt tenyézzettel megegyező.

Fiatal, élénkzöld, soksejtes fonalak.

Kontroll tenyészetek

A 6 hetes tenyésztési idő az algakultúráknál nem számít hosszú időnek. Ez a tenyészet mégis az

öregedés jeleit mutatja. A fonalak elkezdtek feldarabolódni, egyedülálló, ill. 4-5 sejtes fragmentumok találhatóak a tenyészetekben. A sejtstruktúra szétesőben, ill. betokozódoban van.

#### III.4. Barlangi vegyes tenyészet

##### 1. Formalinnal kezelt tenyészet

Az 5 faj közül egyedül a *Plectonema schmidlei* nevű fonalas kékalga élte túl a kezelést. Nagy tömegben szaporodik, így makroszkópos zöldülést okoz.

##### 2. "Formalin új"

A *Plectonema schmidlei* és a *Chlorella vulgaris* szaporodott el mindkét tenyészetben.

##### 3. Deflorittal kezelt tenyészet

Élő *Plectonema* és *Phormidium* fonalak vannak a tenyészetben, bár a *Plectonema* fonalak rendellenesen összezsugorodott sejtekből áll.

##### 4. "Deflorit új"

A 6 átoltott pontból 2 zöldült be. Az egyik *Plectonema* és *Phormidium* fonalakat tartalmaz, a másik foltban az élő *Phormidium* és *Plectonema* fonalak mellett *Chlorella vulgaris* sejteket, sőt mohaprotonemát is találtam.

##### Kontroll tenyészet

Az anyag és módszer fejezetben felsorolt 5 növényféleiség jól növekedő telepeit tartalmazza.

#### értékelés

A formalin mindhárom tiszta tenyészetet leirtotta. A 30 perces inkubálás után oltott tenyészetek viszont mind kihajtottak, az esetek felében 3 hét után már növekedtek is a telepek. Véleményünk szerint ez avval magyarázható, hogy a formalin és a formalingázók hatásához hosszabb idő szükséges. Mivel az új tenyészetekben a formalingáz már nem volt jelen, ill. jelentéktelen mennyiségben volt csak, ezért a sejtek nem pusztultak el, így átoltás után növekedésnek tudtak indulni. A várakozással ellentétben a növekedés megindulását tekintve a legellenállóbbnak a nagy felület/térfogat aránnyal rendelkező *Chlorella*, valamint a vártnak megfelelően a vastag falú a *Chlorhormidium* volt. A vegyes barlangi tenyészetben a *Plectonema* túlélte a kezelést. A Deflorittal kezelt tenyészetek közepe (ahol a szer érte a felületet) a K 10-es törzs kivételével steril. A lemezek szélein viszont minden esetben növekedést tapasztaltunk. Feltehetőleg ahová jutott mérég ott teljesen elpusztultak az algák és mohák. Az "új" tenyészetek majdnem minden esetben sterilek maradtak, nem hajtottak ki (az oltás minden esetben a régi lemez közepéről történt). A *Chlorhormidium* növekedésére kifejtett serkentő hatásra magyarázatot adni nem tudunk.

R. S. 1