

AZ ALGÁK FAKULTATÍV KRYOBIONTIZMUSÁNAK
VIZSGÁLATA

Fakultatív kryobiontikus tömegprodukciók Szegeden

Írta: KISS ISTVÁN

I. Bevezetés

A hegyvidékek és sarki területek jég- és hófelületein élő algák időnként olyan nagymértékben szaporodnak el, hogy tömegjelenlétükkel a jeget és havat színesre festik. E jelenség tágabb értelemben az ún. „jég- és hóvirágzás”, amelynek tudományos megjelölésére korábban a *flos glaciei* kifejezést javasoltam [7, 10]. E tömegprodukciók a fagyos élethelyeket pirosra, zöldre, kékre, sárgásra, bíborbarnára vagy néha feketésszürkére színezik, aszerint, hogy a „hóvirágzást”, vagy a gleccserjég „virágzását” milyen növényi mikroszervezet hozta létre.

E sajátosságos növényi mikroszervezeteket élettani szempontból főként az jellemzi, hogy tenyészésükhöz a fagyponthoz néhány C°-os hőmérsékletet igénylik, s a többszöri erős átfagyást is bántalom nélkül elviselik. Ezért e szervezeteket — más hidegvilági szervezetekkel együttesen — *kryobiontáknak* szokás nevezni. E kryobionta algák csak igen szűk hőmérsékleti határok között képesek tenyészni, azaz ökológiailag *stenotherm* jellegűek. Pl. a piros hóokozója a *Chlamydomonas nivalis* KOL [12] vizsgálatai szerint 4 C° feletti hőmérsékleten beszünteti mozgását, flagellumait eldobja, kerekded formát ölt és nyugalmi állapotba kerül.

A legtöbb algaszervezet azonban *eurytherm*ás, azaz tápláló szubsztrátumokban igen tág hőmérsékleti határokon belül képesek tenyészni. Az *eurythermia* szélsőséges formájaként már számos esetben észleltem, hogy téli időszakban jég alatt kialakuló vízvirágzások algaszervezetei a jégbe, vagy az azt borító hórétegbe kerülnek, s ezekben vagy ezek felületén tömegesen elszaporodva a hegyvidéki hófelületeken élő, azaz valódi kryobiontákhöz hasonló *kryobioses-ton-színeződéseket* hoznak létre. A vízvirágzásból így kialakuló „jég- és hóvirágzás” hasonló a hegyvidéki és sarkvidéki hófelületeket színező tömegprodukciókhoz, de azoktól legalább két szempontból különbözik is. Éspedig:

1. Létrehozóik édesvízi algaszervezetek, amelyek bizonyos körülmények következtében időszakosan hideget tűrő, hidegvilági életmódra kényszerülnek. Az ilyen hó- és jég-színeződések kezdete tehát a vízből származik, míg a hegyvidéki „hóvirágzások” mikroszervezetei — akár tenyésző, akár latens állapotban — állandóan a hóban és jégben találhatóak.

2. A „hóvirágzást” vízvirágzásból kialakító algák eurythermásak, amelyek az alacsony hőmérsékletet tenyésztésükben korántsem igénylik, hanem ezt inkább eltűrik vagy elviselik.

E különbségek jelentősek, ezért indokoltnak láttam, hogy az említett eurytherm jellegű és álló vizekben vegetációs színeződést okozó algák hideg környezetbe alkalmazkodott életmódjának e kényszerű formáját fakultatív kryobiontizmus néven különböztessem meg. E megkülönböztetés alapja az, hogy a magashegyvidéki vagy sarkvidéki valódi kryobionták a hideget valóban „kedvelő”, ún. kryophil szervezetek, amelyek a fagyponthoz közeli, vagy a fagyponthoz feletti néhány C°-os hőmérsékletet határozottan igénylik, tenyésztésük avval obligátnak mutatkozik.

Hangsúlyozom, hogy fakultatív kryobionta tömegtermékeket csak bomló szervesanyagokat bőven tartalmazó vizek jegén vagy jegére települt hófelületén észleltem. Az ilyen tömegtermékek sárgászöld, szennyes- vagy szürkészöld, olykor barna színű, rendszerint erősen kanyargó csíkok vagy szabálytalan foltok alakjában jelentkeznek. A csíkok és a foltok helyén a jég többnyire enyhén kiboltozódott, „kipárnásodott” a felszínből, mutatva, hogy a víztérből kiinduló mikroszervezet-invázió helyein a jég térfogata is megnövekszik. Ha a jeget hóréteg borítja, akkor a felületi bioseston-színeződés helyei csak kevésbé, vagy egyáltalán nem domborodnak ki. A fakultatív kryobionta tömegtermékek algszervezetei tehát trágyaanyagokkal szennyezett környezetet igényelnek a vegetációs színeződés létrehozásához, tehát β -mesosaprob vagy α -mesosaprob jellegűek.

A különféle eurytherm algák hideget tűrő képessége közismert. Néhány *Volvocales*-, *Chlorococcales*-, *Englena*- és *Phacus*-féleség gyakran a jég alatti vízben is létrehoz vegetációs színeződést, s e szervezetek olykor magát a jeget is zöldes árnyalatúra festik. Télen fonalas algák is gyakran befagynak a jégbe, s ezt különösebb bánatalom nélkül elviselik. Az is nagyon gyakori jelenség, hogy napsütéses téli időben a fagyos talaj is élénkzöld vagy zöldes vegetációs színeződést ölt. Az ilyen talajvirágzásokat („flos humi”) többnyire *Chlorococcales*-félék okozzák, de néha az *Ulotrichales* képviselői is előidézhetik.

A fakultatív kryobiontizmus jellegzetes formáit első ízben az 1944-es év elején Pápa város belterületén figyeltem meg. Az Alsó-város egyik vízlevezető csatornája a volt tanítónő-képző mellett fedetlenül kiszélesedett, s e helyen a többnyire jelentősen szennyezett víz tiszta állapotba került. Emiatt gyakran lehetett itt észlelni vegetációs színeződést.

E biotopban 1944 januárjától márciusig a következő vegetációs hó- és jégszíneződéseket figyelhettük meg [7]:

1. Január 9-től szennyeszöld csíkokban jégszíneződés, amelyet három *Englena*-féleség hozott létre. A fakultatív kryobiosestonban legtömegesebben az *Englena viridis* és az *Englena proxima* fordultak elő. Az *Englena spirogyra* csak néhány példányban mutatkozott.

2. Február 10-től sárgás-szennyeszöld kryobioseston-színeződés, amelyet ugyancsak *Englena*-félék idéztek elő. Legtömegesebben ismét az *Englena viridis* szerepelt. Járulékos alkotóknak mutatkoztak az *Englena polymorpha* és az *Englena proxima*.

3. Február 28-tól élénkzöld felületi hószíneződés, amelyet a *Chlamydomonas steinii* alakított ki. A kissé ülepedett hó felületén febr. 28-án néhány kisebb folt jelentkezett, amelyek közül febr. 29-re három jelentősen megnagyobbodott és smaragd zöld színben pompázott. A legnagyobb kb. egy négyzetméternyi lehetett. Úgy tűnt fel messziről e jelenség, mintha három csillogóan zöld bársonydarab heverne a hó felületén. A foltok pereme valamivel magasabb volt a térszínél, a kidudorodás miatt. A kevésbé havas, inkább „firn”-szerű felü-

leteken még sok zöld folt mutatkozott, amelyek egymással összefolyva 10—20 cm-es csíkokat alkottak. E helyeken szintén kiboltozódott a jég, s egész rétegében zöldes árnyalatú volt a benne levő mikroszervezetek tömegétől. Leginkább a jég víz felőli oldala volt színezett. A „hóvirágzás” foltokban a kb. 3—4 cm vastag hóréteg teljes vastagságában zöld eres-csíkos volt. Alatta a 4 cm-es jég ugyancsak zöld színeződést mutatott. A jég alatt a víz zöld bioseston színeződésű volt, ami kétségtelenül bizonyította, hogy a „jég- és hóvirágzás” „víz-virágzásból” származott.

E hószíneződés március elején hirtelen ment tönkre. A zöld csíkok csaknem megfelekedtek, s elnyálkásodtak. E téren is hasonlított a jelenség a magashegyvidéki hófelületek színeződéséhez.

4. Március 1-től az olvadó jégben *Bacillariophyceae* fajok alakítottak ki barnás színű tömegprodukción. A „firn”-szerű felületen néhány centiméter átmérőjű halványbarna foltok jelentkeztek. A színeződés néhány óra alatt barnává vált, s e helyeken a jég erősen olvadt, apró barnás szemcsékre esett szét, s a jégréteg kráterszerűen bemélyedt. A kovaalgák között a következőket determináltuk: *Neidium productum*, *Navicula muralis*, *Achnanthes minutissima*, *Achnanthes hungarica*. E jelenség kb. három óra alatt játszódott le. Ez az általam megfigyelt eset is igazolni látszik a balatoni halászkok ISTVÁNYFY [6] által közölt mondását, amely szerint a piszkos barna színű hófoltok olvasztják, „megeszik” a jeget.

E tömegprodukciónkat korábban [7] szinoptikus meteorobiológiai elemzésnek vettem alá, s kitűnt, hogy ezek is praefrontális jellegű időjárási helyzetekben alakultak ki.

Az előbbi értelmezés szerint ugyancsak fakultatív kryobiontikus jelenségnek tekinthetjük azt a klorobaktérium-tömegprodukción is, amelyet KOL [13] 1951-ben írt le a vácrátóti Botanikai Kutatóintézet területén átfolyó patak jégfelületéről. A klorobaktériumok felszaporodott tömege nemcsak a hó felületén okozott színeződést, hanem bizonyos fokig a jég egész rétegében is. E síkvidéki színes hóban KOL a következő klorobaktérium fajokat találta: *Pelogloea bacillifera*, *Pelodictyon clathratiforme*, *Tetrachloris inconstans*. KOL E. pontos időhöz rögzített adatait utólagosan biosynoptikus szempontból is kielemeztük [8], s kitűnt, hogy e baktériumféleségek hidegtűrő tömegprodukciónja is praefrontális időjárási helyzetre esett. A havas jég színeződése közvetlenül egy felsikló front átvonulása előtt következett be. E felsikló front egyedüli volt a megfigyelési idő tizenegy napja alatt, ezért a biológiai és meteorológiai történések egybeesése nagyon szignifikánsnak mutatkozott. Újabb bizonyíték volt ez arra, hogy a tömegprodukciónk és az időjárás bizonyos helyzetei között nemcsak felszínes párhuzamosság, hanem mélyebb összefüggés is lehetséges.

Az *Euglena*-félék, különösen az *Euglena viridis* és az *Euglena polymorpha* 1944-ben észlelt fakultatív kryobiontikus tömegprodukciónk részemre különösen meglepőek voltak, hiszen magam is többnyire azt tapasztaltam, hogy e szervezetek nyáron idéznek elő hatalmas tömegprodukciónkat. Hihetetlennek tűnt előttem, hogy e szervezetek nemcsak a rekkenő nyári melegben képesek szinte mérhetetlenül felszaporodni, hanem olykor télen, jeges-havas környezetben is! Többek között ez a jelenség is kényszerített arra, hogy a neuston-alkotó növényi mikroszervezetek tömegprodukciónk atmoszférikus feltételeit ne egyszerűen csak a száraz vagy meleg időjárásban keressem. Fel kellett adnom azt a gyakran hangoztatott nézetet, amely a tömegprodukciónk atmoszférikus feltételeiként csupán a meleget és szárazságot tekintette.

Csak jóval később, HUBER-PESTALOZZI [5] nagy összefoglaló munkájából szereztem először tudomást arról, hogy az *Euglena viridis* jeges-havas környezetben kialakuló tömegprodukciónját már több mint két évtizeddel korábban észlelték. VÁLIKANGAS [15] finn kutató a húszas évek elején közölte, hogy az *Euglena viridis* a helsinki-i kikötő jeges területén vegetációs színeződést hozott

létre. HUBER-PESTALOZZI erről röviden a következőket mondja: „Eine bemerkenswerte Erscheinung ist die von Välikangas (1922) beobachtete, durch *E. viridis* verursachte »Vegetationsfärbung« des Eises im Hafengebiet von Helsingfors.»

VÄLIKANGAS adata saját vizsgálataim szempontjából különösen jelentős, mert szakirodalmi bizonyíték arra, hogy az *Euglena viridis* és a többi *Euglena* faj fakultatív kryobiontizmusa lehetséges. A forró nyári napok tömegprodukcens algaszervezete nemcsak nálunk okoz néha téli időszakban is ökológiai *jurcsaságként* szereplő vegetációs színeződést, hanem a magas északon is.

A következőkben a fakultatív kryobiontizmusnak három újabb esetét mutatom be, mégpedig Szeged belterületéről. A tömegprodukción kialakulása kezdetét ezeknél is meg lehetett állapítani, így ezek is alkalmasak szinoptikus meteorobiológiai szempontból való kielemezésre.

II. Chlamydomonas-félék fakultatív kryobiontikus tömegprodukción Szegeden

Meglepően szép zöldes hősíneződéseket figyelhettem meg Szegeden az 1952. év márciusának első napjaiban. A Szent István téren két, a Lechner téren pedig egy hősíneződés kialakulásának voltam tanúja. Mindhárom „hóvirágzás” jég alatti víztér vegetációs színeződéséből, „vízvirágzásból” fejlődött ki. Rövid leírásuk a következő:

1. számú „hóvirágzás”

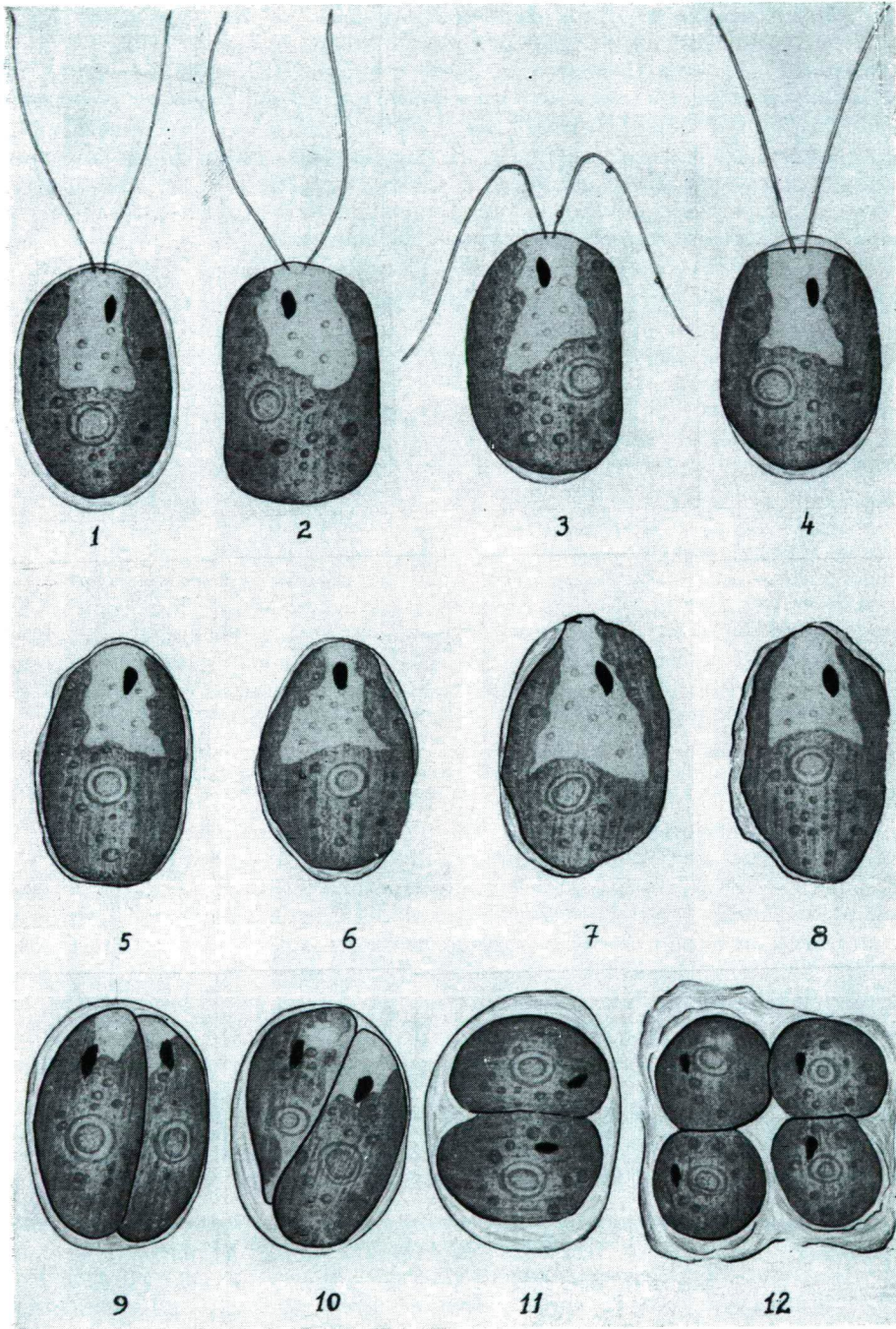
Észlelési ideje: 1952. március 3.

A Szent István tér az ötvenes évek elején még közvetlen volt, s a mélyebb helyein összegyülemelő vízben olykor feltűnő színeződésű alga tömegprodukciónkat lehetett megfigyelni. A víztorony közelében feküdt az a kis medence, amelynek vizét a *Volvocales*-félék inváziószerű felszaporodása gyakran megszínezte. E kis medence vizét március 3-án még kb. 2–3 cm vastagságú jég borította, amely azonban már olvadóban volt a rajta levő hóval együtt. Napközben e jég peremi része elolvadt, s látni lehetett, hogy az alatta levő 20–30 cm-es vízréteget algaszervezetek tömegprodukciónja zöldesre színezte. A jégkéreg középső részein még kb. 2–3 cm vastagságú összetömődött hóréteg volt található, amely erősen olvadni kezdett. Ennek az olvadóban levő, 5–6 cm vastagságú jeges-havas rétegnek a felületén március 3-án a délutáni órákban öt folton élénkzöld bioseston-színeződés mutatkozott. Két színezett folt kisebb tenyérnyi, a másik három pedig mindössze 2–3 cm átmérőjű lehetett. A jeges-havas réteg egész vastagságában csaknem egyneműen halványzöld vagy sárgászöld színeződést mutatott, s ez arra engedett következtetni, hogy a havas jégkéreg zöld foltjait létrehozó növényi mikroszervezetek a jég alatti tömegprodukciónból a jégben át kerültek a hó felületére, ahol a kedvező körülmények folytán hirtelen felszaporodtak.

A jég alatti víz zöldes bioseston-színeződését és a havas jégréteg fakultatív kryobiontikus „hóvirágzásait” egyaránt *Chlamydomonas* félék idézték elő. Valószínűleg két faj szerepelt, amelyek közül azonban csak az egyiket lehetett határozottan determinálni. Leírásukat röviden ismertetem:

a) *Chlamydomonas intermedia* CHODAT (I. tábla 1–12., II. tábla 1–3. kép). Az ellipszoidikus, illetve tojás alakú sejtek a jég alatti víztérben túl-

I. tábla



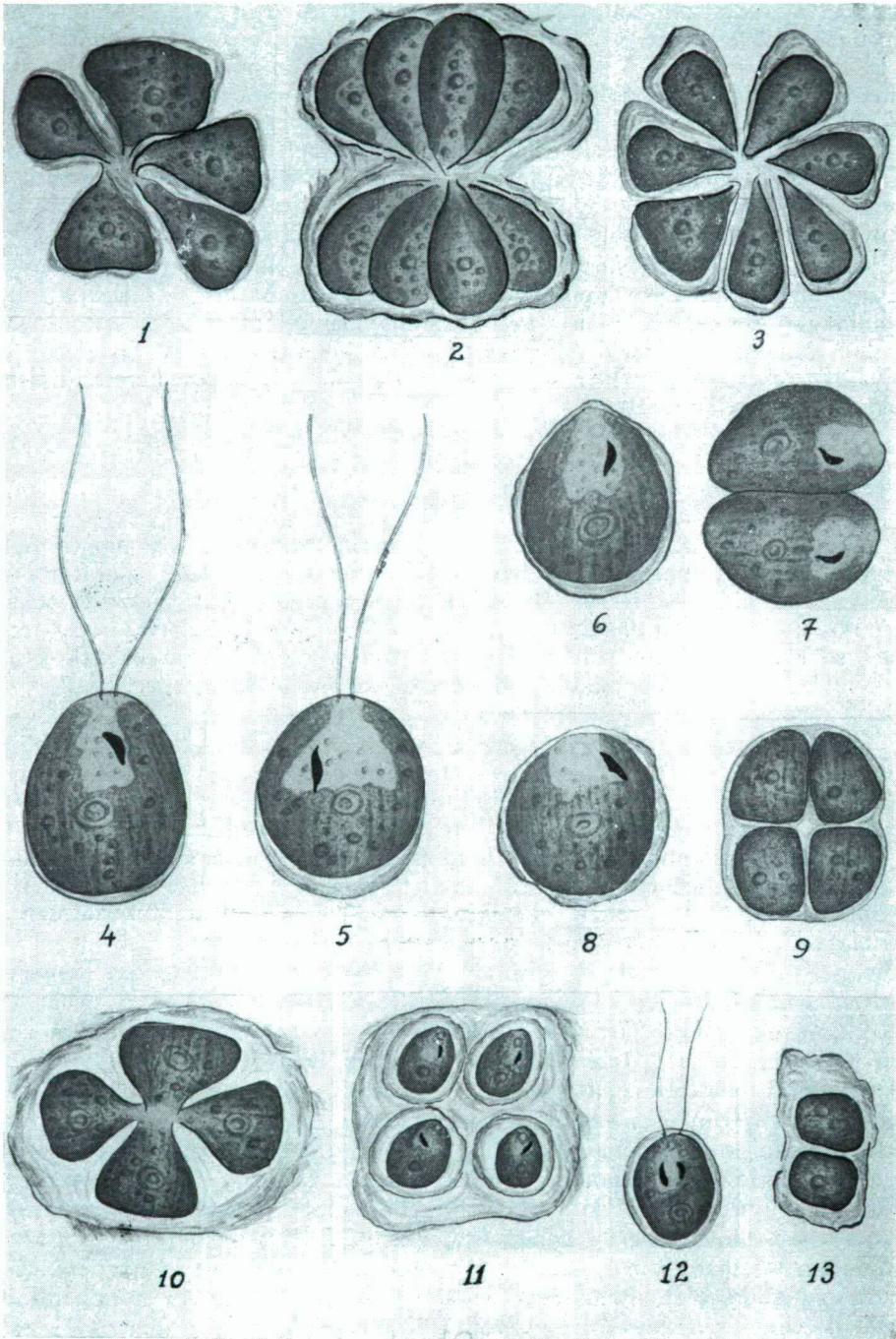
A *Chlamydomonas intermedia* fejlődési állapotai az 1. sz. „hóvirágzás”-ból.
Magyarázat a szövegben. Nagyítás 1900-szoros

nyomó többségben voltak (I. tábla 1., 4. kép), ritkán azonban kissé hajlott, illetve egyik oldalon kissé homorúan ívelt sejtek is előfordultak (I. tábla 2–3. kép). Hosszúságuk 18–19 μ , szélességük 10–12 μ között ingadozott. A sejt papilla nélküli, a viszonylag vékony sejtfal azonban igen gyakran elállt a plazmatesttől. A chromatophor alapi része többnyire fejlett, olykor a sejt félhosszúságát is túlhaladja; egyetlen pyrenoidja ugyancsak fejlett, s rendszerint a sejt közepe táján helyezkedik el. A stigma is jól látható, rövid vessző alakú, s mindig a sejt elülső részén található. A flagellum kb. testhossznyi, vagy annál valamivel nagyobb. A zoospóráképzés nyomai a víztérben jól felismerhetők voltak, a szaporodás leggyakoribb állapotaként azonban a két utódsejtre való osztódás mutatkozott (I. tábla 9–11. kép). Gamétaképzés és copulatio nem volt megfigyelhető.

A zölde színű jégből és hóból kikerülő sejteknél igen gyakran a kontúrban jellegzetes torzulások mutatkoztak (I. tábla 5–8. kép). Többnyire csak enyhé volt a sejtfal szabálytalan benyomódása vagy helyenkénti kitérkedése (5–6. kép), olykor azonban nagymérvű szögletes torzulások mutatkoztak. Pl. az I. tábla 7–8. képén látható, hogy a sejtfal csak a sejt egyik oldalán áll el a plazmatesttől, de szögletesen, gyűrötten. Ez a jelenség alighanem a fagy hatásával áll kapcsolatban. Mintha a sejt egyes részei között eltérő mértékű zsugorodásos folyamatok játszódtak volna le. A jeges-havas közegben a sejtosztódás, illetve a zoospóra-képzés bizonyos módosulást mutatott. A kétsejtes osztódási állapot helyett inkább a tetrádos osztódási forma uralkodott. A tetrádnak rendszerint vastag burka volt, mert az utódsejteket nemcsak az elálló sejtfa-luk vette külön-külön körül, hanem az egész tetrádnak még egy egységes tágabb burka is volt. Ez utóbbi ugyancsak szabálytalan hullámozottságot, összegyűrtséget mutatott (I. tábla 12. kép). A jégben és a hóban a rajzósejt-képzés sajátosságos sejthalmazokat eredményezett (II. tábla 1–3. kép), oly módon, hogy a halmazban a sejtek a hegyesebb végükkel befelé, egymás felé fordulva rendeződtek el. A II. tábla 1. képén öt sejtet tartalmazó kis halmazka látható, amelynek tagjai látszólag még egybetartoznak. Az egyes sejtek mérete különböző, ami nyilván az inekvális sejtosztódás következménye. A II. tábla 3. képe az előbbihez hasonló, de már hét tagú halmazt szemléltet. Az egyes sejtek közti nagyságbeli különbség, illetve a páratlan szám itt is azt mutatja, hogy a sejtek nem azonos időpontban osztódnak. A II. tábla 2. képe nyolctagú halmazt mutat be. Az előbbi radiális elrendeződés helyett itt a sejtek már két csoportban, szinte gerezdesen helyezkednek el. A sejthalmaz burka többretegűnek mutatkozott, s a kocsonyásodás is jelentkezett. Sajátosságos, hogy ez utóbbi három szaporodási formánál az egyes sejtekben a stigma nem volt felismerhető, s a pyrenoidok is inkább csak mint golyószerű testecskek tűntek fel. Mellettük számos kisebb plazmatikus szemcse is látható volt.

b) *Chlamydomonas* sp. E közelebbről nem determinálható fajnál a sejtek gömb alakúak voltak, s átmérőjük 8–12 μ között ingadozott. E jelentős méretbeli különbség arra mutatott, hogy közöttük szaporodási formák is gyakoriak voltak. Némelyik gömbszerű sejt enyhén ellipszoidikus alakjával átmenetet is mutatott a *Chlamydomonas intermedia* felé. Az ilyen sejtek mérete rendszerint elérte a 10 μ -t. A kisebbek azonban szinte szabályos gömb alakjukkal tűntek ki. A kisebb sejteknél stigma és pyrenoid többnyire nem volt észlelhető. Csak kultúrázással lehetett volna eldönteni, hogy ez utóbbi sejtformák egy-azon faj körébe tartoztak-e.

II. tábla



1—3. kép: a *Chlamydomonas intermedia* rajzósejtképzése az 1. sz. „hóvirágzás”-ból.
4—13. kép: a *Chlamydomonas reinhardi* a 3. sz. „hóvirágzás”-ból. Magyarázat a szövegben.
Nagyítás 1900-szoros

Március 4-én a borult, enyhe időben a jég tovább olvadt, s ezzel párhuzamosan a zöldes színeződés is folyton erősödött. A víz pH-ja 7. Március 5-re ismét fagy következett, s a *Chlamydomonas* sejtjeit a frissen képződött jégből is ki lehetett mutatni. A jégkéreg középső része még mindig 4–5 cm vastag, s már egész tömegében zöldes színeződésű. Délelőtt több ízben kisebb havazások, amelyek a következő három napon át többször is megismétlődtek. A jégre települt új hóréteg alól csak néhány helyen bukkant elő a zöldes színeződés. A fokozódó felmelegedés következtében márc. 9-re az új hóréteg jórészen elolvadt, így a régebbi vegetációs színeződés ismét teljes kiterjedésében láthatóvá vált. Közben azonban a zöld foltok meg is nagyobbodtak.

Március 11-re a *Chlamydomonas intermedia* fakultatív kryobiontikus tömegprodukciója hirtelen tönkrement. Az előző napon még élénkzöld foltok mindinkább sötétedtek, majd feketés színbe mentek át, s a bioseston-tömeg nyálkás csíkokba verődött. A jeges-havas kéreg maradványai a következő nap folyamán teljesen eltűntek, a víz azonban még néhány napon keresztül élénkzöld színeződést mutatott.

2. számú „hóvirágzás”

Március 4-én a Szt. István téren egy másik fakultatív kryobiontikus tömegprodukció is mutatkozott. Ezt is *Chlamydomonas*-féleség alakította ki, amely a jég alatti víztérben előzetesen felszaporodott. Egy mélyedés sekély, szennyezett vizét 2–3 cm vastag, már olvadóban levő jeges-havas réteg fedte, amelyen a déli órákban szürkészöld vagy szennyeszöld kanyargós csíkok mutatkoztak. A fejlettebb csíkok szélessége 8–10, a kevésbé fejletteké 2–4 cm között ingadozott.

A jég alatti víz csaknem egész mélységében halványzöld színeződésűnek mutatkozott. A víz és a jeges-havas felület vegetációs színeződését egyazon *Chlamydomonas* faj tömegprodukciója okozta. E szervezet leginkább a *Chlamydomonas cienkowskii* SCHMIDLE fajjal volt egybevethető, de néhány jellemvonásában különbözött is tőle. A többnyire erősen megnyúlt ellipszoidikus, olykor csaknem hengeres sejtek 17–22 μ hosszúak és 7–9 μ szélesek. Alapi részük tompán vagy ívelten lekerekített, csúcsi részük pedig fokozatosan elkeskenyedik, illetve csőrszerűen kihegyesedik. Csőrszerű papilla azonban nem volt észlelhető (III. tábla 2. kép). Néha a sejtek egyik oldalukon homorúan íveltek, a másik oldalon kissé domborodók (III. tábla 3. kép), vagy néha „vál-lasak”, azaz az elülső $\frac{1}{4}$ részen a legszélesebbek, s az alapi rész felé fokozatosan keskenyedők (III. tábla 1. kép). A sejt fal igen vékony, s nem áll el a plazmatest felületétől. A flagellum testhossznyi, ritkán hosszabb vagy rövidebb, s rendszerint igen vékony. A fejlett chromatophor a sejt elülső részét is fedi, de alapi vastagodása nincs, s 3–7, többnyire igen kisméretű és szabálytalanul elrendeződő pyrenoiddel rendelkezik. A kifejlett sejteknél a pyrenoidok száma többnyire 5–7, a fiatalabbnál rendszerint kevesebb. A stigma is fejlett, s a sejt elülső $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ részében helyezkedik el. A sejteknél két kontraktilis vakuolum található, amelyek felváltva működnek, illetve más-más ritmusban, ezért egy adott időpontban csak az egyik észlelhető. Ritkán mindkettő látható, de ekkor sem egyforma nagyok a ritmusbeli különbség miatt (III. tábla 1. kép).

Szaporodása leginkább hosszanti irányban való kettéosztódással történt, ritkán azonban rajzósejtképzésre mutató sejthalmazok is észlelhetők voltak. Gametogenesis és copulatio azonban egyetlen esetben sem fordult elő.

A felsorolt megegyezések és különbségek alapján a szervezet az előbb említett species új variációjának mutatkozik, ezért a *Chlamydomonas cienkowskii* alakkörén belül *var. minor* néven különböztetem meg. A törzsalakkal leginkább megegyezik a chromatophor felépítettsége, valamint a pyrenoidok száma és elhelyezkedése tekintetében. Többnyire a sejt alakja is hasonlóan mondható. A szegedi egyedek sejtalakja a CIENKOWSKI-féle illusztrációhoz hasonlít (PASCHER: Volvocales p. 286, Fig. 247—c). Különbözik a törzsalaktól:

a) A sejtek lényegesen kisebbek. PASCHER a sejt hosszúságának felső határát $40\ \mu$ -ban jelöli meg. A szegedi példányok hosszmérete ennek csupán a fele. A sejtek zömökebbek is; a szegedi példányok sejthosszúsága sohasem érte el a sejt szélességének háromszorosát.

b) A sejtfal és a protoplast között nincsen hézag, azaz a sejtfal nem áll el a plazmatest felületétől.

c) A sejt elöl kicsúcsosodik, a sejtfalnak azonban csörszerű papillája nincs.

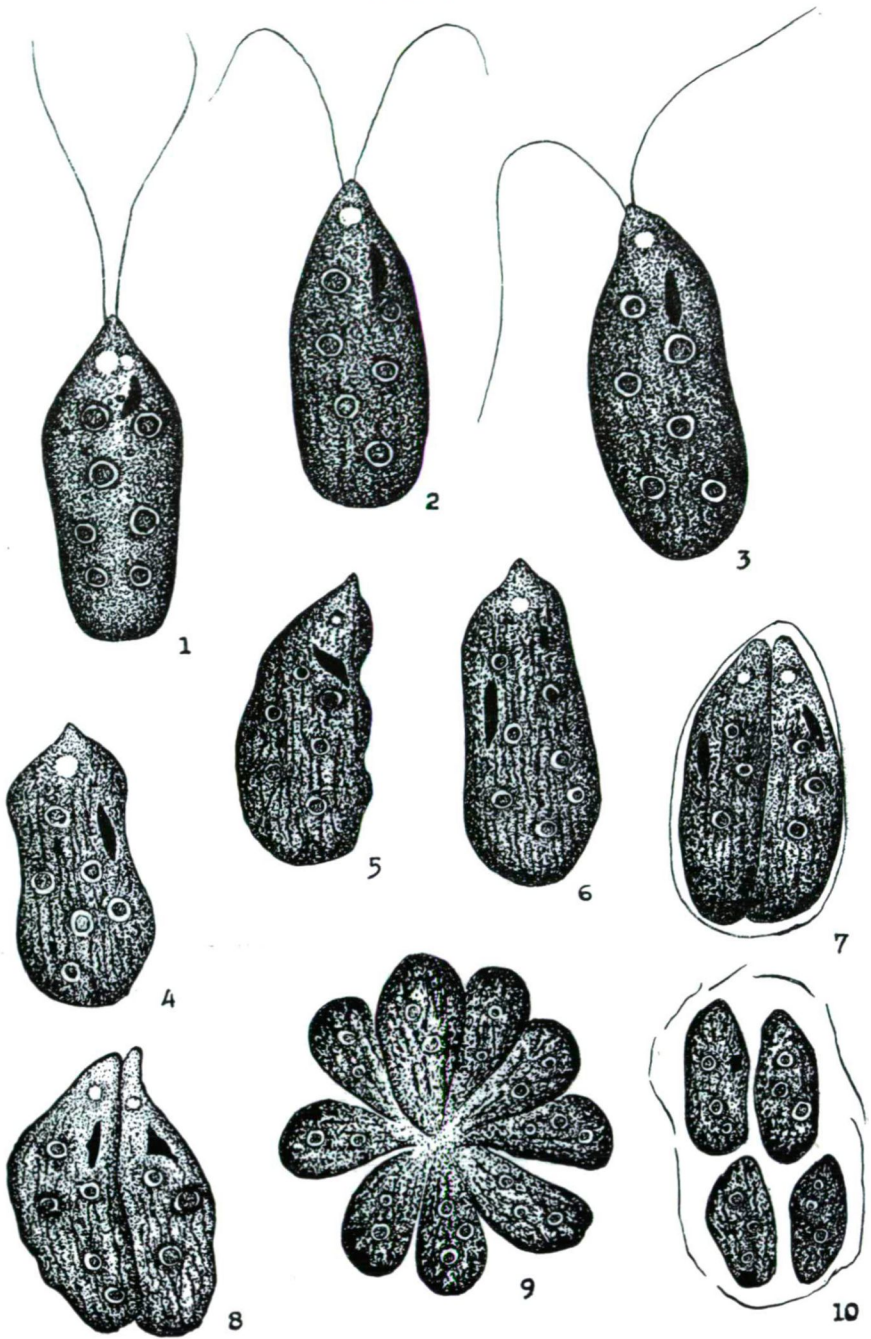
Rövid diagnózis a következő:

Chlamydomonas cienkowskii var. minor n. var. Cellulae differunt a typo: eo sunt minores, dimensiones cellularum: $17-22 \times 7-9\ \mu$. Distantia inter membranam et protoplast non est. Papilla quoque non est.

Külön vizsgáltam a jeges-havas környezetből kikerülő sejteket is, oly módon, hogy a zöld jeget csak lassan engedtem elolvadni. Általában tapasztaltam, hogy az ilyen sejtek eltorzult alakúak, s rendszerint „ráncos” vagy „erezett” chromatophorral rendelkeznek (III. tábla 4—10. kép). Kevésbé torzult sejtalakot mutat be a III. tábla 6. kép. A torzulás leggyakoribb eseteként a görbült sejtek említhetők, amelyeknél az egyik oldal domborúan ívelt és alig hullámos, a másik viszont többé-kevésbé homorú és szabálytalanul hullámos (III. tábla 5. kép). A görbülés még osztódó állapotban is mutatkozott (III. tábla 8. kép). Ritkán a mindkét oldalon ívelt sejtek is előfordultak (III. tábla 4. kép). A chromatophor „ráncoltsága” vagy „erezettsége” kétségtelenül nem csíkolttság, mert közbül világos mezők nincsenek. Úgy tűnik, mintha a plastis zsugorodásából eredne. Kismértékben a vízben levő sejtek némelyikénél is észlelni lehetett (III. tábla 2—3. kép). A jeges környezetben mind a kettéosztódás, mind pedig a többszörös osztódással végbemenő rajzóképzés egyaránt jelentkezett. A kettéosztódás után az utódsejtek még egy ideig rendszerint az anyasejt falából eredő és kissé táguló burokokban maradnak (III. tábla 7. kép), vagy néha gyorsan lefoszlik róluk a burok, és úgy tűnik, mintha a sejtek oldalaikkal egymáshoz tapadtak volna (III. tábla 8. kép). A III. tábla 9. képén látható sejthalmaz burkát elveszített rajzóképzésként fogható fel. A III. tábla 10. képe a rajzóképzés korai állapotát még burokkal ellátottan mutatja be.

Március 5-e után néhány napon át a vegetációs színeződés még kissé fokozódott, azonban nagyobb jégfelületre már nem terjeszkedett ki. Március 13-ra a jégkéreg teljesen eltűnt, a víz vegetációs színeződése azonban csak egy hét múlva szűnt meg teljesen. A víz pH-ja mindvégig 7-nek mutatkozott.

III. tábla



1—10. kép: a *Chlamydomonas cienkowskii* var. *minor* n. var. fejlődési alakjai a 2. sz. „hóvirágzás”-ból. Magyarázat a szövegben. Nagyítás: 2000-szeres

3. számú „hóvirágzás”

Színhelye a Szeged város belterületén levő Lechner tér, amelynek egy kis víztartója vizét március 4-én 3–5 cm vastagságú jég fedte. Mind a víz, mind pedig olvadóban levő jégtakaró halványzöld vegetációs színeződést mutatott. E jelenséget egyedül a *Chlamydomonas reinhardi* DANG. hozta létre. A sejtek rövid tojás alakúak vagy gömbszerűek. Hosszúságuk 15–20, szélességük 10–14 μ . A sejt fal gyakran eláll a plazmatesttől, különösen a sejt alapi részén. Papilla nem volt észlelhető. A flagellum rendszerint jelentősen hosszabb a sejtnél. A chromatophor az alapi részen erősen fejlett, azt teljesen befedi, az elülső részen viszont nem takarja be teljesen a sejt falat. Az egyetlen és rendszerint fejlett pyrenoid a sejt közepétől kissé hátrább helyezkedik el. A stigma fejlett, vonás alakú, s többnyire a sejt első harmadában található. Két fejlett kontraktilis vakuolummal rendelkezik, amelyek váltott ritmussal működnek (II. tábla 4–6., 8.).

Sajátságos jelenség, hogy e szervezetnél csaknem minden egyed chromatophorja bizonyos hosszanti sávozottságot mutatott. Ez azonban nem jelenti a chromatophor csíkos tagoltságát, mert a sávok között világosabb mezők nincsenek, s a sávok nem haladnak végig a chromatophor egész hosszán. Kialakulásuk különböző mértékű volt. A sávozottság rendszertani értéke még kérdéses; eldöntéséhez külön kultúrávizsgálatok szükségesek.

A vízben élő és a jeges környezetből kikerülő sejtek között csak a szaporodási módban mutatkozott bizonyos különbség. A vízben élő egyedek között a kettéosztódás volt általános (II. tábla 7. kép), a rajzoképzés csak ritkán fordult elő. A jeges környezetben viszont inkább a tetrádos osztódás dominált (II. tábla 9–11. kép), s az egyszerű kettéosztódás ritkábban mutatkozott. A tetrádképzésnél három fő típus mutatkozott:

a) A négy utódsejt viszonylag szűk burokban alakul ki (II. tábla 9. kép).

b) Egyenlőtlen osztódás gallertes, szétfoszló burokban. Az utódsejtek csúcsi részükkel befelé fordultak, s úgy tűnt, mintha még nem váltak volna teljesen szét egymástól (II. tábla 10. kép). Az ilyen sejthalmaz a négylevélkéjú „lóhere levelére” emlékeztetett. Csak két esetben fordult elő.

c) A tetrád egyes sejtjeit egy- vagy többretegű saját burok vette körül, s a tetrádnak még külön többretegű burka is volt. A burok gallertszerű és részben foszladozó. Gyakorinak mutatkozott.

Ritkán kis méretű flagellumos sejtek is előkérültek. A II. tábla 12. képe ábrázol egy ilyen egyed két stigmával. A II. tábla 13. kép gallertburokba ágyazott sejtpárt mutat be. Az ilyen *Chlorococcales*-jellegű sejtek vagy sejtcsoportok is csak ritkán mutatkoztak.

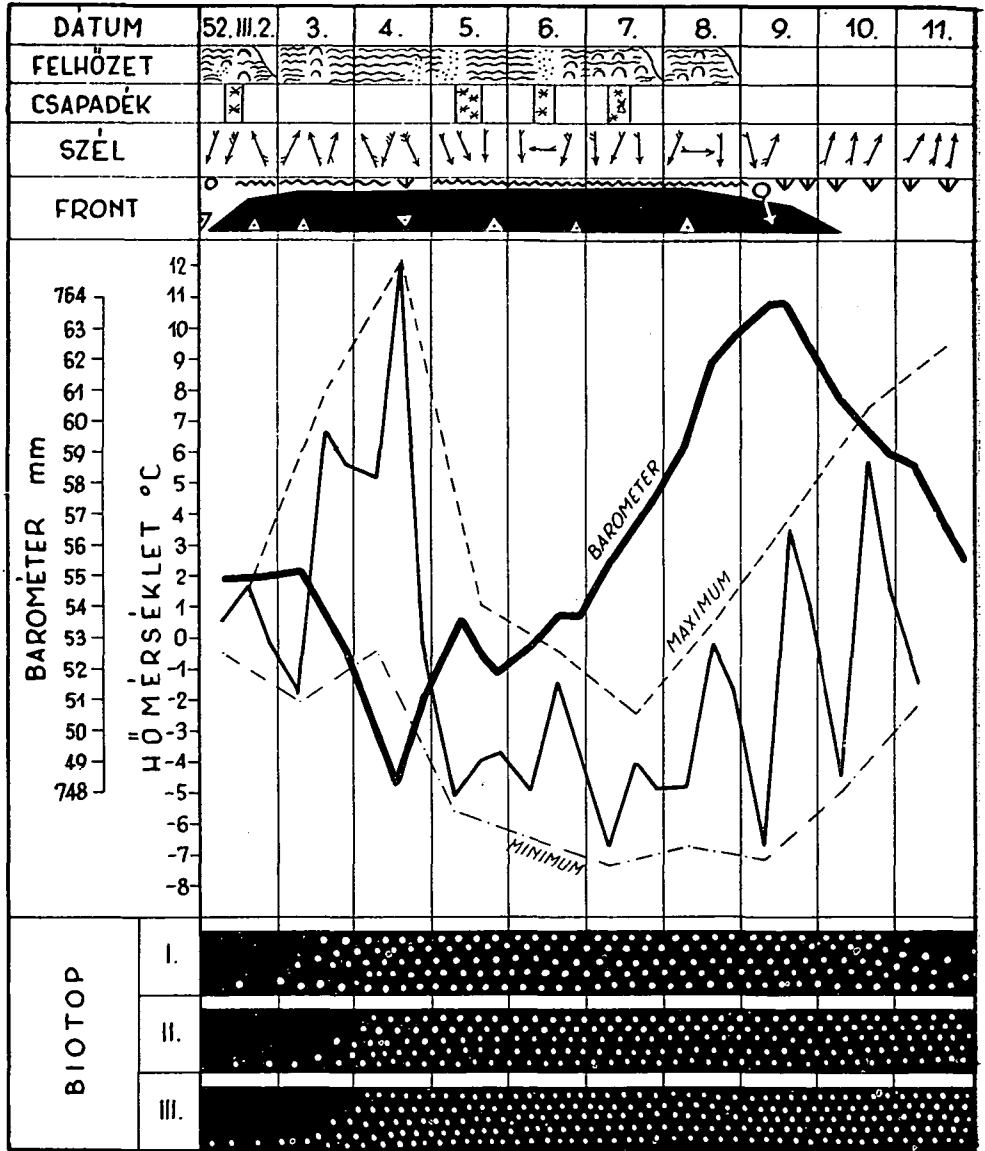
A bioseston-színeződés a továbbiakban változatlan maradt, s a jég elolvadása után márc. 15-re tűnt el teljesen.

III. A fakultatív „jég- és hóvirágzások” biosynoptikus elemzése

Az előbbieken ismertetett vegetációs színeződések kb. egy időben, azaz „halmazódásosan” alakultak ki, s ebből a szempontból emlékeztetnek az „időérzékenység” jelenségére. A tömegprodukciók kialakulási idejének ismerete lehetővé tette azok biosynoptikus elemzését is.

A Magyar Meteorológiai Intézet Központi Előrejelző Osztályán végzett front- és légtömegelemzések szerint a fakultatív kryobiontikus tömegtermelések kifejlődése egy ciklonális-depressziós időjárási helyzet kialakulásához kapcsolódott. Az elemzést az 1. sz. ábra szemlélteti.

Egy előző praefrontális időszak nyomában március 2-án hideg sarkvidéki (mA) légtömegek árasztották el Szeged térségét is. Éjfél után áramlot-



Levegőfajta: ~~~~~: mT, V V: cKM, O O: mA, Δ: felsikló front, ▽: betörési front

1. ábra. A fakultatív kryobiontikus tömegtermelések bioszoptikus elemzése

tak be egy közepesen fejlett betörési fronttal. Csapadék nem esett. Még a nap folyamán felmelegedés indul meg, mert ugyanekkor enyhén tengeri légtömegek (mWM) is beözönlenek. Ez utóbbiak során egy *gyenge fejlettségű felsikló front* vonult keresztül Szeged fölött, kb. 16 h-kor. Ez csapadéknyomot is eredményezett.

A praefrontális felsiklási folyamatok tovább tartanak, s március 3-án reggel 7 h-kor egy újabb, közepesen fejlett felsikló front vonult át Szeged térségében. Nyomában erős felmelegedés is következett, mert megindult a tengeri szubtrópusi légtömegek (mT) beáramlása. Március 4-én borult időben tovább folytatódik a szubtrópusi légtömegek beözönlése, s a levegő hőmérséklete 13 C°-ra felmelegedik. Erre azonban 17 h-kor egy jelentős hőcsökkenés következik, mért egy közepesen fejlett betörési front érkezik, s ennek nyomában szárazföldi hideg légtömegek (ckM) áramlanak be.

Március 5-én újabb felsiklási folyamatok indulnak meg. Egy közepes fejlettségű felsikló front 9–21 h közötti időben vonult keresztül Szeged térségében és kb. 4 mm-es csapadékot is eredményezett. Evvel az enyhe tengeri légtömegek (nWM) tartósabb uralma kezdődik, mert március 6-án újabb felsiklás következik, s a hőszállingózást is eredményező gyenge felsikló front 22 h-kor éri el Szeged térségét. Március 7-e frontmentes; továbbra is enyhe tengeri légtömegek (mWM) vannak uralmon. Március 8-án 8–12 h közötti időszakban egy újabb közepes fejlettségű felsikló front haladt át Szegeden, csapadéknyomot eredményezve. Ezen a napon is még fekete-tengeri levegő volt a vidék fölött. Március 9-én kb. 7 h tájban egy lesiklás, azaz szabad főhn kialakulása következett, s vele az időjárás fejlődésében egy új szakasz kezdődött. Szárazföldi hideg (ckM) légtömegek áramlanak be, s az idő teljesen derültté válik. Ezután még napokig az említett kontinentális légtömegek maradtak uralmon.

Az elemzésből kitűnik, hogy az említett *Chlamydomonas* fajok fakultatív kryobiontikus tömegprodukciónak megjelenése típusosan praefrontális jellegű időjárási helyzetre esett, amely egyben a szubtrópusi meleg légtömegek beáramlását is jelentette. *A Chlamydomonas inermédia nagymérvű felszaporodása március 3-án, a Chlamydomonas cienkowskii és Chl. reinhardi tömegprodukcója pedig március 4-én jelentkezett jég- és hószínezőként, vagyis abban az időszakban, amikor tartósan praefrontális jellegű atmoszférikus helyzet kezdődött hazánkban.* A kialakult fakultatív kryobiontikus tömegprodukciónkat ezután még napokig praefrontális jellegű atmoszférikus hatások érték.

IV. Az eredmények megvitatása, következtetések

1. A Szeged belterületén megfigyelt fakultatív kryobiontikus *Chlamydomonas*-tömegprodukciónak „halmazódása” mindhárom esetben praefrontális időjárási helyzetben következett be, ugyanúgy, mint azt a főként neustonalkotó algák korábban ismertetett [7, 10] „vízvirágzásos” vagy „hó- és jégvirágzásos” eseteinél már leírtam.

2. Az olvadó hó és jég felületén megjelenő *Chlamydomonas*-tömegprodukciónak ivaros szaporodást, illetve gametogenezist ugyanúgy nem észleltem, mint a *Chlamydomonas steinii* Pápán megfigyelt kryobiontikus tömegprodukcója esetében.

3. Sajátságos, hogy a jégben a *Chlamydomonas intermedia* sejtosztódása mozdulatlan sejthalmazokat eredményez, illetve a *Chlamydomonas cien-*

kowskii-nél a sejtek osztódása inekvális módon következik be. Hasonló jelenségeket észleltem 1942-ben Pápán a *Chlamydomonas steinii* fakultatív kryobiontikus tömegprodukciónjában is [7].

4. Az ismertetett fakultatív kryobiontizmussal kapcsolatban felmerül a kérdés: az eurytherm szervezetek milyen mértékben bírják a hideget? *Úgy látszik, hogy a kryophil algák hidegigénye nem egyforma mértékű, illetve, hogy az eurythermnek ismert szervezetek obligát kryophilnek tartott szervezetekkel együtt is előfordulhatnak, s fordítva.* Erre vonatkozólag a következő példák említhetők:

a) A Lomniczi-csúcs tetején egy víztartó valódi planktonjából KOL E. [11] 13 féle növényi mikroszervezetet determinált. Ezek között szerepeltek az *Ankistrodesmus nivalis*, a *Nodularia spumigena* és a *Chroococcus minutus* is. Az *Ankistrodesmus* BRUNNTHALER [1] Svájc és Karinthia hómezőiről említi, mint a vörös vagy zöld hó okozóját, az utóbbi kettő pedig az alföldi, illetve síkvidéki sós-szikes vizeknek vagy mocsaraknak jellemző lakója. KOL tehát egy magashegyvidéki biotop planktonjában olyan együttest talált, amelynek alkotói között egy obligát kryophil hóvirágzás-alkotó és a síkvidéki eutroph vizek közönséges lakói egyaránt előfordultak.

b) FILIPPOV [3-4] a *Dactylococcopsis raphidioides* fajt a Kaukázus hegység 2300-2700 méteres magasságokban fekvő hófelületeiről említi, azaz az örök-hóhatár alatti régiókból, mint hólakó szervezetet. Ez esetben tehát ugyan-csak egy síkvidéki planktonalkotó mikroszervezet vált kryophil szervezetté. Ez az eset is nyilván a fakultatív kryobiontizmusnak egyik példája, amely azt mutatja, hogy síkvidéki planktonalkotó faj magas hegyvidéki hólakóvá is válhat.

c) A *Stichococcus bacillaris* elismerten síkvidéki fonalas zöldalga, amelyet azonban már hófelületekről is leírtak. GAIN 1912-ben az Antarktiszról, FILIPPOV [3-4] pedig a Kaukázus 3000 méter magasságában levő hófelületeiről említi. Ez a faj is alighanem olyan fakultatív kryobionta, amely a síkvidéki vízi életmódot esetenként a hegyvidéki, hólakó életmóddal is képes felcserélni.

d) Hasonlóan az Antarktiszról említi GAIN az *Ulothrix subtilis* fonalas zöldalgát is, amely közismerten a síkvidéki vizek eléggé gyakori lakója. Ez esetben is az előbbi típusú fakultatív kryobiontizmusról lehet szó:

e) A Kaukázus hegységből KISS [9] írta le a *Hormidium fluitans* fakultatív kryobiontikus tömegprodukciónját. A „hóvirágzás” a Hram folyócska jegének hófelületén alakult ki. Valószínű, hogy itt az alga vízi életmódból (a jégrétegen átjutva) közvetlenül ment át hólakó életmódba. A szakirodalomban nem találtam adatot arra vonatkozóan, hogy ezt az egyébként vizekben is eléggé ritka alga-féleséget mint „hóvirágzás”-alkotót már valahol észlelték volna. A *Hormidium* kaukázusi fakultatív kryobiontizmusa is egy újabb adat arra vonatkozóan, hogy a „hóvirágzást” alkotó fonalas zöldalgák az *Ulothrichales* rendből kerülnek ki.

A felsorolt adatok joggal arra engednek következtetni, hogy a fakultatív kryobiontizmus jelensége a photoautotroph növényi mikroszervezetek világában eléggé elterjedt lehet.

5. A felsorolt példák alapján a kryobiontizmusnak két fő esete különböztethető meg:

I. *Obligát kryobiontizmus*: a szervezetek határozottan igénylik a hideg környezetet, azaz kryophilek. Két alelete tételezhető fel:

a) A kryophil szervezetek csak olvadó jég- vagy hófelületen tenyésznek, s plankton-életmód folytatására nem képesek. Ilyennek ismert ma pl. a *Chlamydomonas nivalis* és a *Raphidonema brevirostre*.

b) A kryophil szervezetek nem kizárólag csak a jég- és hófelületeken tenyésznek, hanem időlegesen plankton-életmód folytatására is képesek. Ilyen esetet biztosan eddig csak egyet ismerünk, azt a plankton-társulást, amelyet KOL a Lomniczi-csúcsról írt le, s amelyben az *Ankistrodesmus nivalis* is előfordult.

II. *Fakultatív kryobiontizmus*: a szervezetek inkább csak hidegtűrők, vagy talán csak időlegesen válnak hideget kedvelőkké. Ennek két alelete lehetséges:

a) *Szűkebb értelmezésű fakultatív kryobiontizmus*. Ez esetben a vízi életmódjukról közismert algák télen a víztérből a jégbe, vagy az azt borító hórétegbe kerülnek, ahol vegetációs színeződést okozó tömegproduktót hoznak létre. E jelenség felléphet síkvidéken és hegyvidéken egyaránt.

b) *Tágabb értelmezésű fakultatív kryobiontizmus*. Tágabb értelmezésben fakultatív kryobiontizmusnak azt az esetet tekinthetjük, amidőn síkvidéki eutroph vizek algái a magas hegyvidékek hófelületein kryobionta életmódot élnek. Ilyennek ismert pl. a Kaukázusból a *Dactylococcopsis raphidioides* és a *Stichococcus bacillaris*, illetve az Antarktiszról az *Ulothrix subtilis*, valamint a *Stichococcus bacillaris*. Ez esetben tehát a „hóvirágzást” létrehozó vízi algaszervezet földrajzilag más termőhelyről, esetleg síkvidéki vízből spórák útján kerül a magashegyvidéki hó felületére, s ott az olvadó hóban elszaporodik.

A fakultatív kryobiontizmus elemzésével kapcsolatban még meg kell vizsgálni a kryobionták két legfontosabb jellemvonását: a hidegtűrést és a csekély mennyiségű tápanyag igénylését, valamint az atmoszférikus hatások szerepének és a kryobiontizmus ún. „rejtett” formájának kérdését.

6. *A fokozott hidegtűrés kérdése* genetikai és fiziológiai szempontból egyaránt fontos. Hogyan alakul ki az a nagyobb mértékű hidegtűrő képesség, amely a fakultatív kryobiontizmusra való áttérést lehetővé teszi? Egyáltalán szükségük van-e az eurythermák szervezeteknek arra, hogy hidegtűrő képességük fokozódjék?

Hétköznapi tapasztalat, hogy a természetes környezetből begyűjtött algatömeg jobban érzi magát hűvös vagy hideg laboratóriumban, mint a melegben. Megfigyelhető, hogy a termőhelyről télen meleg helyiségbe kerülő *Spirogyra* csak rövid ideig marad károsodás nélkül. Nemcsak a baktériumok felszaporodása miatt kezd pusztulni, hanem a részére magas hőmérséklet miatt is.

A hideg hatásának tanulmányozására már több ízben végeztem fagyasztási kísérleteket. Ha a nyár elején begyűjtött *Spirogyrát* hűtőszekrényben hirtelen jégbe fagyasztottuk, akkor annak cytoplasmája, sejtmagja és chloroplastiszalagjai összetömrültek, s a fagy felengedése után a sejt állománya szétroncsolódott. Ha télen a jég alól, illetve a szikes tavak alzatáról gyűjtött *Spirogyrát* fagyasztottuk, úgy kisebb mértékűnek mutatkozott a zsugorodás, mint az előző esetben. Ez az észlelés arra mutat, hogy a hidegebb környezethez való fokozatos hozzáidomulás csökkenti a fagy károsító hatását.

A *Bacillariophyceae*, a *Volvocales* és az *Euglena*-félék képviselői a *Spirogyra*-nál ellenállóbbak a fagyhatással szemben. A *Bacillariophyceae* fajainál többnyire az mutatkozott, hogy az erős hidegben való tartás nemhogy csökkenené, hanem még bizonyos mértékben fokozza is az élettevékenységet. A fagyból fokozatosan kiengedett kovaalgáknál sajátos volt az a jelenség, hogy a sejtek fagyasztás előtti jelentős fénytűrő képessége csökkent, s a korábban barnásan csillogó sejtek észrevehetően elfakultak és elhomályosodtak. Mozgási képességüket többnyire nem veszítették el, sőt egyesek még élénkebben mozogtak. Nem lehetetlen, hogy ez a fénytűrési változás a fagyűrőréssel kapcsolatban áll, illetve azt a biokémiai mechanizmust tükrözi, amely a sejt élő anyagát védi a fagyhatás ellen. Az *Euglena polymorpha* és az *Euglena viridis* sejtjei ugyancsak kevésbé zsugorodnak akkor, ha előzőleg a hidegebb környezethez fokozatosan hozzászoktak. A nyári *Euglena*-tömegtermelésből származó sejtek hirtelen fagyasztásra azonban többnyire jelentős károsodást szenvedtek.

A hideghez való alkalmazkodás természetét a genetikai és fiziologiai vizsgálatok csak együttesen dönthetik el. Számos megfigyelt eset a fokozatos hozzászokás, a közvetlen alkalmazkodás lehetőségére utal, de jelek mutatnak arra is, hogy a hidegtűrőképesség fokozódása szelekciósan szintén bekövetkezhet. Az előzetes „akklimatizálás” nélküli fagyasztás károsító hatása arra mutat, hogy a hideghez bizonyos mértékig hozzászokhatnak a növények, de csakis fokozatosan. Ha ehhez az idő hiányzik, pusztulásra vezető károsodás következhet be. Lehetséges azonban az is, hogy valamely algafaj hidegtűrő képességének fokozódása a faj körén belüli biotípusok kiválogatódása révén megy végbe. Néha határozottan úgy tűnik, hogy fakultatív kryobionta tömegtermelés a kedvező edáfikus és atmoszférikus tényezők ellenére azért nem alakul ki, mert nincs hidegtűrő szervezet.

A hőmérséklet-szelektáló hatására következett KOL [14] a Sátorhegység jéges barlangjának mikrovegetációja vizsgálatánál. Azt találta, hogy a barlang bejáratának nedves környezetében kéreglakó, illetve talajon és kövön élő algafajok telepedtek meg, a barlang alacsonyabb hőmérsékletű belső részében viszont már csak a hideget kedvelő, illetve tűrő fajok szaporodtak el. A barlang belsejének nedves, illetve jéggel borított faburkolatán a következő fajokat találta: *Hormidium flaccidum*, *Hormidiopsis crenulata*, *Microthamnion kützingianum*, *Stichococcus bacillaris* f. *kryophila*, *Gloeotilia protogenita*, *Bumilleriopsis brevis*, valamint néhány kovaalga. A barlang jéges kövein a *Stichococcus bacillaris*, *Gloeotilia protogenita*, *Stichococcus minor*, *Chlorochloster terrestris* és néhány *Bacillariophyceae* faj mutatkozott. Közülük KOL széles termikus amplitudójú fajoknak tekinti a *Stichococcus bacillaris*-t (az Antarktisz zöld havának gyakori alkotója), a *Hormidium flaccidum*-ot (talajon, havon, tengeri jégen egyaránt előfordulhat), valamint a *Cylindrocystis brébissonii*-t, amely édesvizekben gyakori, de KOL Alaszka hófelületein is megtalálta.

Néhány megfigyelés arra is következtetni enged, hogy a természetben található algafajok az alacsony hőmérsékletet bizonyos ideig igénylik is ahhoz, hogy a fajra jellemző normális fejlődési ciklusukat befejezhessék. Valószínűleg a hideg környezet az oka annak is, hogy a *Chlamydomonas* fajok előbb ismeretett tömegtermelésükben a gametogenezis és a copulatio nem volt megfigyelhető.

7. A tápanyaggal való ellátottság szempontjából olykor jelentős különbség mutatkozik az obligát és a fakultatív kryobionta szervezetek között. Emlí-

tettük, hogy a síkvidéki fakultatív kryobiontikus tömegprodukciók mindig szerves anyagokkal jelentősen szennyezett vizek jegén vagy hófelületein alakultak ki, vagyis ez esetekben a szervezetek edáfikus életfeltételei igen kedvezők. Evvel szemben a hegyvidékek obligát kryobiontáira vonatkozólag az a vélemény, hogy igen csekély mennyiségű tápanyaggal is megelégszenek. Az olvadó hólé csak annyi tápanyagot tartalmaz, amennyi a szél által ráhordott porból vagy szerves törmelékből kikerül. Különösen fontosnak mutatkozik a nitrogénforrás kérdése, hiszen a kőzetek málladéka nitrogént nem tartalmaz. Háromféle nitrogénforrásra gondolhatunk:

a) A levegőből a csapadékkal lekerült nitritek. Ezek csekély mennyiségben a légköri elektromos folyamatok során, különösen zivatarok alkalmával a villámok kisülési csatornáiban keletkezhetnek. A légkörben csekély mennyiségben keletkező nitrogénoxidoknak a növények által történő hasznosítása még nem ismeretes.

b) Néhány alga N-fixáló képessége. Ez már számos talajalgánál bizonyított, különösen a *Cyanophyta* törzs köréből. Az N-fixáló képességre vonatkozóan vizsgálatokat kellene végezni a magas hegyvidéki hólakó algaszervezeteknél is.

c) Gondolhatunk végül bizonyos szerves eredetű nitrogénforrásokra is. Lehetséges, hogy a magas hegyvidéki „hóvirágzások” obligát kryobionta szervezetei olyan hófelületeken alakulnak ki, amelyekre időnként jelentősebb mennyiségű trágya, illetve bomló szervesanyag kerül. E feltételezést megengedi az a tapasztalatom, hogy hegyvidéken olyan helyeken észleltem kezdődő zöld „hóvirágzásokat”, amelyeken igen gyakran állatokat hajtottak keresztül. A hófelületre került trágya nemcsak nitrogént, hanem egyéb tápanyagot is nyújthat. Ilyen helyek lehetnek magashegyvidéken esetleg a juhnyájak és a madár-csapatok ideiglenes telephelyei. De erre enged következtetni KOL [12] közlése is, amely szerint a svájci Valsorey gleccser völgyében levő hómezőnkön a *Raphidonema chodati* kryophil alga azokat az alacsonyabban levő hófelületeket színezte halványzöldre, „... amelyeken meleg nyári napokon az ott megpihenő birkák déli álmukat aludták.”

8. Az atmoszférikus hatások jelentős szerepét a síkvidéki fakultatív kryobionta szervezetek tömegprodukciói esetében joggal feltételezhetjük. Ide vonatkozó vizsgálataimat a KOL által leírt klorobaktérium-tömegprodukció biosynoptikus elemzése is alátámasztja. Több jel mutat azonban arra is, hogy az atmoszférikus tényezők a hegyvidéki obligát kryobionták tömegprodukciós felszaporodásainál is jelentős szerepűek lehetnek. Magam is megerősíthetem azt a régebbi tapasztalatot, hogy a hólakó mikroszervezetek felszaporodása az enyhébb, illetve átmenetileg napfényes időszakokhoz kötött. Erre vonatkozólag KOL is említi, hogy a tömegprodukció létrejöttét elősegítő több kedvező tényező közül „... mindenekelőtt feltétlenül szükséges néhány napi száraz idő, hogy a hó felületét se eső, se friss hó ne érje.”

A néhány napos derült, száraz, illetve enyhébb idő hegyvidéken többnyire főhn-szerű időjárást jelent. A főhn-ről pedig már régóta ismeretes, hogy életlenülag az ún. praefrontális hatások hordozója. KOL azt is közli, hogy „... egy és ugyanazon hómezőn egy időben többféle színeződés is felléphet.” Ez viszont arra mutat, hogy egy időben többféle mikroszervezet is létrehozhat kryobionta-tömegprodukciót, azaz a kryophil szervezetek tömegprodukciói is „halmozottan” jelennek meg, csakúgy, mint az eutroph vizek vegetációs színeződései.

Az egyes biotopokon az edaphicus körülmények eltérők lehetnek, az atmoszférikus állapot viszont nagy területeken ugyanaz. A környezeti tényezők között tehát az időjárásbeliek itt is igen jelentősek lehetnek. A magashegyvidéki obligát kryophil szervezetek talán a legjobb objektumok volnának annak vizsgálatára, hogy valóban létezik-e, s milyen természetű a feltételezett időjárasi „faktor”? A táplálékszegény környezet ugyanis leginkább lehetővé tenné az atmoszférikus hatótényezők szerepének „izoláltabb” tanulmányozását.

9. A kryobionta növényi mikroszervezetek olykor „rejtetten” hoznak létre tömegproduktókat. Erre az jellemző, hogy a hófelületen nem észlelhető vegetációs színeződés, bár a mikroszervezetek a hórétegben, főként annak mélyebb részeiben jelen vannak. A tömegproduktós színeződés ilyenkor csak a hóréteg tömörítése révén figyelhető meg.

A mikroszervezetek tömeges felszaporodásának ez a „kryptogen” formája ritka jelenség ugyan, azonban mind a fakultatív, mind az obligát kryobionta algák létrehozhatják. Ilyen kryptogen jellegű vegetációs színeződést alakított ki pl. az *Euglena viridis* 1962–63 telén a kakasszéki rét egy kisebb, néhány négyzetméteres laposában, amelybe egy csatorna időnként trágyaleves vizet is juttatott. Az *Euglenáktól* színezett víz e laposból még a tél elején eltűnt, de a mikroszervezetek tömegei továbbra is zöld bevonatot alkottak a nedves talaj felületén. Csaknem minden *Euglena* sejt lekerekedett állapotban tenyésztett. Gallertburkuk jelentéktelen volt. Mikroszkópi megvilágítás hatására azonban e lekerekedett sejtek hamarosan normális alakjukat vették fel, majd élénk mozgásba kezdtek. A rétet később vastag hóréteg fedte be, amely több ízben olvadva kb. 8–10 cm vastagságúra csökkent. E területen járva a lábnyomok zöldes színeződése tűnt elő. Mennél többször tapostuk a hófelületet, az annál zöldebb árnyalatúvá vált. A fagyott talajfelületen az *Euglena*-tömegekből álló bevonat még mindig megtalálható volt, sőt a szervezetek mindinkább kezdtek szaporodni és terjeszkedni a felettük levő olvadó hóban is.

Az obligát kryobionta algák között a *Dactylococcopsis caucasica*-nál észleltem hasonló „rejtett” formájú vegetációs színeződést a Kaukázus-hegység-beli Hram folyócska szurdokvölgyében [9]. A viszonylag meredek hegyoldal átmeneti zónájának taposott hófelületén tenyérnyi vagy annál nagyobb foltokban szürkés-kék vagy halvány kékeszöld színeződés mutatkozott. Feltűnő volt, hogy a színezetlennek látszó hófelület csak a taposás nyomában vált színessé. Mintha cementpor került volna ezekre az összetömődött hófelületekre. E jelenséget a hegyoldal tövében kb. húsz lépés hosszúságban és két-három lépés szélességben lehetett észlelni. A fagyott talajfelületen nem mutatkozott vegetációs színeződés, s ebből arra lehetett következtetni, hogy ez esetben az algák az egész hórétegben kb. egyenletesen eloszolva tenyészték. Az algaszervezetek a taposás következtében azonos hőmennyiségben nagyobb egységszámmal szaporultak, úgyannyira, hogy a havat már láthatóan is színezték.

A hóban élő növényi mikroszervezetek „rejtett” vegetációs formáját már DARWIN [2] felismerte világszerte útja során. A Cordillerákon való átkelése alkalmával észlelte a piros havat, s erről a következőkben számolt be: „Több hómezőn megtaláltam a *Protococcus nivalis*-t, azaz a hóbíort, melyet oly jól ismerünk a sarkutazók elbeszéléseiből. Az hívta fel rá a figyelmemet, hogy észrevettem: az ösvérek lábnyomai halványvörösek voltak; mintha patáik kissé véresek lettek volna. Eleinte azt hittem, hogy ez a környékbeli hegyek vörös porfíriájának porától származik. A hókristályok nagyító hatása követ-

keztében ugyanis a mikroszkópikus növénykéek csoportjai durva szemcséknek látszottak. A hó csak ott látszott színesnek, ahol hirtelen megolvadt, vagy véletlenül összenyomódott. Ha egy keveset papíron szédörzsöltem, halvány, téglavörössel kevert rózsaszínű színeződést adott. Később lekapartam egy keveset a papírról, s láttam, hogy szintelen tokba foglalt parányi gömböcskék csoportjaiból áll, melyek mindegyike 1/1000 hüvelyk átmérőjű.”

10. Az algák fokozott hidegtűrésének két fő formája, a fakultatív és az obligát kryobiontizmus megkülönböztethetők ugyan egymástól, de jelenségeik közeloakonok, s az egyes fajok tág termikus amplitudói azt mutatják, hogy a hideg környezethez való alkalmazkodottságnak még egyazon faj keretén belül is fokozatai lehetségesek. Elfogadható KOL [14] azon véleménye, hogy „... a »*Stichococcus bacillaris*« fajt éppen olyan gyűjtőnévnek tekinthetjük ma, mint a vörös havat okozó *Chlamydomonas nivalis* algafajt.”

Úgy látszik, hogy a fakultatív kryobiontizmus jelenségeinek feltárása számos egyéb eurytherm algafaj esetében is hasonló felfogás kialakulására vezet. Nem lehetetlen, hogy pl. az *Euglena viridis* elnevezés is egy gyűjtőfajt jelöl, s hogy ennek a fajnak az előbbieken irodalmi adatok alapján ismertett tág hőmérsékleti amplitudója is több biotípus kimutatásával nyeri majd magyarázatát.

IRODALOM

- [1] BRUNNTHALER, J.: Protococcales. Pascher's Süßwasserflora Jena 5, p. 52—205, 1915.
- [2] DARWIN, C.: Egy természettudós utazásai (fordítás, Művelt Nép Könyvkiadó), 1951.
- [3] FILIPPOV, G. S.: Микрофлора красного снега некоторых районов кавказа
Die Mikroflora des roten Schnees des Kaukasusgebirge. Извест. акад. наук. отдел мат. 7, 1034—1036, 1934.
- [4] FILIPPOV, G. S.: Hefe und hefeähnliche Pilze des roten Schnees im Kaukasusgebirge. — Ebenda, 1037—1038.
- [5] HUBER-PESTALOZZI, G.: Euglenophyceen. Das Phytoplankton des Süßwassers 16/4, 1955.
- [6] ISTVÁNEFFY, GY.: A Balaton moszatflórája. A Balaton tud. tanulm. eredményei 2, 5—140, 1897.
- [7] KISS, I.: Meteorobiológiai vizsgálatok a mikroszervezetek víz- és hóvirágzásában. Meteorobiological investigation of the water- and snow bloom of microorganisms. M. Tud. Akadémia Biol. és Agrártud. Oszt. Közl. 2, 53—100, 1951.
- [8] KISS, I.: Néhány növényi mikroszervezet, baktérium és klorobaktérium tömegtermelésének meteorobiológiai elemzése. Die meteorobiologische Analyse der periodischen Massenproduktion einiger vegetabilischen Mikroorganismen, Bakterien und Chlorobacterien. Annal. Biol. Univ. Hung. 1, 387—396, 1952.
- [9] KISS, I.: Snow-blooms in the Caucasus, Botanikai Közlemények 48, 25—29, 1959.
- [10] KISS, I.: Synoptische meteorobiologische Analyse der Massenproduktion einiger pflanzlichen Mikroorganismen. Acta Biologica Academiae Scientiarum Hungaricae, 9, 317—342, 1959.
- [11] KOL, E.: Algák a Lomniczi-csúcs tetejéről (2634 m). Folia Cryptogamica, 221—228, 1926.
- [12] KOL, E.: Élet az örök havon és jégén. Természettudományi Közlemények, 1—8, 1937.
- [13] KOL, E.: A vácrátóti park zöldszínű jégéről. Borbásia, 9, 116—117, 1949.
- [14] KOL, E.: Algológiai vizsgálatok a Sátorhegység jeges barlangjában. Botanikai Közlemények, 47, 43—50, 1957.
- [15] VÄLIKANGAS, J.: Eine von *Euglena viridis* hervorgerufene Vegetationsfärbung des Eises im Hafengebiet von Helsingfors. Översikt av Finska Vetenskaps-Soc. Fört. 64, 1921—22, Avd. A. Nr. 6, Helsingfors 1922.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКУЛЬТАТИВНОГО КРИОБИОНТИЗМА ВОДОРΟΣЛЕЙ

Факультативная криобионтическая массовая продукция в Сегеде
И. Киши

Автор уже раньше описывал факультативный криобинтизм водорослей [7—8], то явление, что в зимные времена eurythermas организмы водорослей из образовавшейся под льдом вегетационной окраски подняться на поверхность льда или на поверхность его покрывающего снега, и там сомножаясь вызывают вегетационные окраски. Так образовавшиеся „ледовые и снеговые уветения” похожи на действительные заполярные „снеговые цветения”, но отличаются от них главным образом во двух свойствах: 1. начало этих массовых продукцией происходит из воды, 2. Создающиеся их организмы имеют eurythermas характер, не требуют низких температур, но выдерживают.

Автор только в таких водах наблюдал факультативные массовые продукция, которые содержали в избытке разлагающиеся органические вещества. Такие вегетационные окраски имеют желтозеленоватый, грязный-сероватозеленый или коричневатый цвет, и появились обычно в излучистых полосах или в неправильных пятнах. На окрашенных местах лед немного выпучивался, указывая, что на местах микроорганизма — инвазии, выходящегося из пространства — воды и объём льда увеличивался.

Вызывающимися факультативные массовые продукции в большинстве случаев наблюдал виды *Chlamydomonas* и *Euglena*, известные как eurytherm, которые и в теплые летние времена часто образуют массовые продукции. Иногда такими показывались и кварцевые водоросли. Автор указывал уже раньше [8], на то, что подобно образовались факультативные криобионты массовые продукции в префронтальных погодах. Это высказывание утверждала публикация е. кол о клоробактериях [13]. е. кол эти виды бактерий нашёл на ледовитой и снеговой поверхностях. Позднее kiss метеоробиологически анализировал время появления массовых продукций клоробактерий, и оказывалось, что снеговое-цветание падало на воздушное положение префронтального характера [8].

В данной работе автор познакомит с тремя новыми случаями факультативного криобионтизма в внутренних областях Сегеда. Возможно было наблюдение им начало образования, следовательно они подходящие для метеоробиологического анализа. 1-ое „снеговое цветание” вызвала *Chlamydomonas intermedia* от 3 марта 1952 года на льду, покрытым тающим снегом на пяти пятнах показывалась яркая зеленая окраска. Под ней была „водное цветание” этого вида, которое раньше образовалось. Вызывающимися 2-ое „снеговое цветание” показывался *Chlamydomonas cienkowskii, var. minor nr. var.*, также выходящий из „водного цветания” под льда. 4 марта на снеговой ледовитой поверхности маленького биотопа появились грязные зеленые полосы. Это явление исчезло 13 марта, но „водное цветание” наблюдалось ещё в течении недели. 3-ое „снеговое цветание” образовало *Chlamydomonas reinhardi*.

Графика показывает в последствии сделанный метеоробиологический анализ. Очевидно, что образование факультативной криобионтической массовой продукции происходит в префронтальной погоде, которая означает и приток субтропических воздушных масс. Подробно описываются вегетационные окраски и их биосиноитический анализ. Характерно, что полового размножения не наблюдались и инеквальное деление клетки часто вызывает неподвижную совокупность клеток.

Автор указывает на то, что потребность холоды водорослей kryophil не одинакова, и что организмы, известные как eurytherm бывают вместе с организмами obligat kryophil, и наоборот. Касаясь эти, автор перечисляет данные е. кол, Филиппов, gain, и kiss. Например е. кол наблюдал *Ankistrodesmus nivalis* в обществе образующих действительно планктон в водохранилище вершины — Ломниц. На основе этого автор различает два главных случая криобионтизма: I. Obligat kryobiontismus организмы требуют низкой температуру, т. е. они а) только на поверхности снега или на льду растущие: нр. *Chlamydomonas nivalis*. б) *Ankistrodesmus nivalis* растёт не только в снегу но и в воде [е. кол].

II. Факультативный kryobiontismus: эти организмы больше всего переносят холода, или временно любят холоду. Автор различает два подслучая: а) в узком смысле факультативный криобионтизм: водоросли из-под льда поднимаются на поверхность и там образуют массовую продукцию. б) в широком смысле факультативный криобионтизм: водоросли воды плоских областей на снеговой поверхности высоких гор живут криобионта жизнь.

Автор рассматривает и то, как оформляться способность организмов eurytherm выносить холода. Кратко познакомит исследования касающиеся это. Под воздействием морозы *Spirogyra* сильно портится, особенно летом. Зимой собранный *Spirogyra* уже в меньшей степени портится. Другие виды водорослей более сопротивляющиеся, чем *Spirogyra*. Все это показывает, что водоросли в течении некоторых времён в некоторой степени могут привыкнуть, акклиматизироваться к низкой температуре. Нельзя отрицать возможности того, что усиление способности выносливости холода и некоторых видов может произойти путем селекции некоторых типов внутри видов. Дальше автор отмечает, что отдельные виды требуют в известном мере воздействий холода, для того, чтобы совершить цикл своего развития. Рассматривая вопрос питания автор предполагает, что на горах только в таких местах появляется окраска снега, где бывало удобрение. На возможность этого показывает и данное е. кол. Влияния атмосферы могут значительными для образования массовой-продукции организмов kryophil. Излагает автор и тайную форму вегетационной окраска снега, которая наблюдается только при топтании, сжимании снега.

UNTERSUCHUNG DES FAKULTATIVEN KRYOBIONTISMUS DER ALGEN

Fakultative kryobiontische Massenproduktion in Szeged

Von

I. KISS

Verfasser berichtete schon früher über den fakultativen Kryobiontismus der Algen [7, 8], über die Erscheinung, dass in der winterlichen Periode die eurythermen Algenorganismen aus der unter der Eisedecke zustande kommenden Vegetationstönung auf die Oberfläche des Eises oder auf die das Eis bedeckende Scheeschicht geraten, sich dort vermehren und eine Vegetationsblüte hervorbringen. Die so entstehenden „Eis- und Schneeblüten“ erinnern an die echten „Schneeblüten“ der Hochgebirgsgegenden oder der Polarregion, unterscheiden sich aber hauptsächlich in zwei Eigenschaften von diesen: 1. Der Beginn der Massenproduktion stammt aus dem Wasser, 2. die sie hervorbringenden Organismen sind eurythermer Art, welche die niedrige Temperatur keineswegs verlangen, sondern sie höchstens tolerieren oder dulden.

Verfasser hat fakultativ-kryobiontische Massenproduktionen nur in Wässern vorgefunden welche reichliche Mengen zersetzlicher organischer Stoffe enthielten. Diese Vegetationstönungen waren von gelblichgrüner, schmutzig — bzw. graugrüner, oder bräunlicher Farbe und traten gewöhnlich in Gestalt stark schlängelnder Streifen oder unregelmässiger Flekken auf. An den verfärbten Stellen wölbte sich das Eis etwas vor, anzeigend, dass an den Stellen der aus dem Wasserraum hervorgehenden Mikroorganismen-Invasion auch das Volum des Eises grösser wird.

Auslösende Elemente der fakultativ kryobionten Massenproduktion waren meistens die als eurytherm bekannten *Chlamydomonas*- und *Euglena*-Arten, welche auch in der warmen Sommerszeit oft Massenproduktionen bilden. Manchmal erwiesen sich auch die Kieselalgen als solche. Verfasser hatte früher auch darauf hingewiesen [8], dass die fakultativ kryobionten Massenproduktionen ähnlich in präfrontalen Witterungslagen zustandekamen, wie er es bei den Organismen der Wasserblüten schon verschiedentlich beschrieben hatte. Bekräftigt wurde diese Feststellung durch die Mitteilung von E. Kol [13] über die *Chlorobakterien*. Kol fand Massenproduktionen dieser Bakterienarten auf Eis- und Schneeoberflächen. Kiss [8] hatte später die Zeit des Erscheinens der *Chlorobakterien*-massenproduktion meteorobiologisch analysiert, wobei sich herausstellte, dass die Schneetönung in eine präfrontale atmosphärische Situation fiel.

In der vorliegenden Arbeit führt Verfasser drei neuere Fälle von fakultativen Kryobiontismus im Binnenraum von Szeged vor. Er hatte Gelegenheit, den Beginn ihres Entstehens zu beobachten, so dass auch sie zur meteorobiologischen Analyse geeignet waren. Die erste „Schneeblüte“ brachten *Chlamydomonas intermedia* Individuen (beginnend am 3. März 1952) zustande. Auf dem mit schmelzendem Schnee bedeckten Eise erschien an fünf Stellen eine lebhaftgrüne Verfärbung. Darunter befand sich eine „Wasserblüte“ dieser Art, die noch früher begonnen haben dürfte. Als Erzeuger der zweiten „Schneeblüte“ erwiesen sich die *C. cienkowski n. var. minor*-Massen, ebenfalls von der unter dem Eis befindlichen „Wasserblüte“ ausgehend. Am 4. März erschienen auf der eisig-schneeigen Oberfläche des kleinen

Biotops schmutzig-grüne Streifen. Diese Erscheinung verschwand am 13. März, während die „Wasserblüte“ noch eine Woche bestehen blieb. Die dritte „Schneeblüte“ war durch *Chlamydomonas reinhardi* hervorgerufen.

Das Graphikon veranschaulicht die nachträglich durchgeführte meteorologische Analyse. Wie ersichtlich, fiel auch die Entwicklung dieser fakultativ kryobiontischen Massenproduktionen in die sog. präfrontale Witterungslage, die zugleich auch das Einströmen subtropischer warmer Luftmassen bedeutete. Die Beschreibung der Vegetationstönungen und ihre biosynoptische Analyse befindet sich ausführlich erörtert im ungarischen Text. Interessant ist, dass Spuren einer geschlechtlichen Vermehrung auch hier nicht zu beobachten waren und oft inaequale Zellteilung unbewegliche Zellanhäufungen zeitigt.

Verfasser weist darauf hin, dass der Kältebedarf der kryophilen Algen kein einheitlicher ist und dass als eurytherm bekannte Organismen auch mit den obligat als kryophil angesehenen Organismen zusammen vorkommen können, und umgekehrt. Diesbezüglich finden sich im ungarischen Text Angaben über die Befunde von E. KOL, FILIPPOV, GAIN und KISS. E. KOL sah z. B. im Wasserreservoir der Lomnitzer Spitze als Planktonbildner *Ankistrodesmus nivalis* in Gesellschaft zahlreicher echter planktonbildender Algen. Auf Grund dieser Befunde unterscheidet Verfasser zwei Hauptfälle von Kryobiontismus:

I. *Obligaten Kryobiontismus*: Die Organismen beanspruchen die niedrigen Temperaturen, d. h. sie sind kryophil. Hier sind zwei Untertypen möglich: a) Nur an der Schneeoberfläche oder auf Eis gedeihende Formen: z. B. *Chlamydomonas nivalis*, und b) *Ankistrodesmus nivalis*, die nicht nur auf dem Schnee, sondern als Plankton auch im Wasser leben können (Kol).

II. *Obligaten Kryobiontismus*: Die Organismen sind eher nur kältetolerierend oder eventuell nur zeitweise kryophil. Auch hier unterscheidet Verfasser zwei Unterformen: a) Fakultativen Kryobiontismus im engeren Sinne: Die Algen gelangen aus dem unter dem Eis befindlichen Wasser an die Oberfläche, um dort Massenproduktionen hervorzubringen, und b) Fakultativen Kryobiontismus im weiteren Sinne: Algen aus den Gewässern der flachen Gegenden führen an der Schneeoberfläche von Hochgebirgen ein kryobiontisches Leben.

Verfasser hat auch untersucht, wie die gesteigerte Kältetoleranz der eurythermen Organismen zur Entwicklung gelangen kann und gibt in Verbindung damit eine kurze Schilderung seiner diesbezüglichen Gefrierungsversuche. *Spirogyra* wurde durch das Gefrieren stark beschädigt, namentlich wenn die Prozedur im Sommer vorgenommen wurde. Die im Winter gesammelten *Spirogyra*-Exemplare wiesen Schädigungen schon in geringerem Grade auf. Andere Algenarten erweisen sich als widerstandsfähiger als *Spirogyra*. All dies beweist, dass die Algen sich innerhalb einer bestimmten Zeit bis zu einem gewissen Grade an das kältere Klima gewöhnen, sich akklimatisieren können. Es ist aber auch die Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen, dass die Steigerung des Kältetoleranzvermögens einer Art durch Selektion von Biotypen innerhalb der Art geschieht. Diesbezüglich wird auf die Mitteilungen von E. KOL verwiesen. Verfasser erwähnt ferner, dass gewisse Arten möglicherweise eine gewisse Kältewirkung direkt beanspruchen, um ihren Entwicklungszyklus durchmachen zu können. Hinsichtlich der Frage der Nährstoffversorgung ist Verfasser der Ansicht, dass auch in Gebirgsgegenden nur dort „Schneeblüten“ auftreten, wo tierischer Dünger hingelangt ist. Auf diese Möglichkeit weisen nicht nur seine eigenen Erfahrungen, sondern auch die Befunde von E. KOL hin. Die atmosphärischen Einflüsse können bei der Herausbildung von Massenproduktionen kryophiler Organismen ebenfalls von Bedeutung sein. Es wird auch die „verborgene“ Form der „Schneeblüte“ erörtert, die nur nach dem Betreten des Schnees, nach seinem Zusammenpressen, erkennbar wird.