

KVANTITATÍV PLANKTONTANULMÁNYOK A BALATONON ÉS A TERMELÉS KÉRDÉSE

SEBESTYÉN OLGA előadása 1951. december 13-án

A tavakban általában a parti öv makrovegetációja és a nyíltvíz növényi planktonja képviseli — autotrof táplálkozással — a trofikus összefüggések alapját. Növényekhez, mint táplálékforráshoz, az állati élet láncolata csatlakozik — heterotrof táplálkozással — mégpedig növényevők, vegyes táplálékon levők és zoofágok serege. A ragadozók általában a láncolat építő szakaszának csúcsán állanak.

Ezeket a trofikus csoportokat mind megtaláljuk a tó nyíltvizének planktonjában is, abban a társulásban, amelynek tagjai a belvizekben éppen hogy elérik a cm-es nagyságot. A plankton a maga összességében is táplálék, részben közvetlenül táplálja a nekton egyes tagjait, azt a részt pedig, amely elpusztulva, a fenékre süllyed (ävja), a lebomlás különböző állapotán fenéklakók fálják fel.

Mindezeket meggondolva, érthető, hogy a tavak életének kutatói régtől fogva törekednek a plankton összetételének megismerésére, a különböző időegységekben beálló változások megállapítására minőségi, mennyiségi szempontból egyaránt. Ha a kvantitatív planktontanulmányokhoz szükséges minta vétele kellő módon történik, hangsúlyozom elsősorban a *vízmennyiség* tekintetbevételét, tájékozódunk a nyíltvízben diffuzan elosztott mikroorganizetek *sűrűségéről*. Jellemző időszakban begyűjtött sorozatok alapján képet kapunk a tó planktonjában képviselt élőanyag minőségi és mennyiségi *változásáról* (egyedszámban, súlyban vagy térfogatban kifejezve) az évszakok és évek során, évtizedes stb. távlatban.

A planktonszervezetek vertikális elterjedése nemcsak a napszakokban, de általában is igen különböző a vizekben, s ez a sajátság főként a fénybehatolás mértékével van szoros kapcsolatban. Döntő tényező a meder mélysége is. A *Ceratium hirundinella* nevű kromatoforos kétostoros a Zürich-tóban, melynek legnagyobb mélysége 143 m, a felülettől 30 m-ig van elterjedve (Oltmanns, III. 374). A sekélyvízű Balatonban a felülettől a fenéig megtalálható. Ha a plankton valamely tagjának vagy az összplanktonnak népelessűrűségére nyert adatokat hasznosítani akarjuk abból a célból, hogy felbecsüljük a tó nyíltvizében levő plankton mennyiségét, nagy előny

a tó *sekélysege*. Ugyanis a felülettől a fenéig több szintből egyidejűleg vett mintasorozatok adataiból nyert átlag alapján az egész tóra érvényesíthető becsléseket végezhetünk.

A meder sekélységéből azonban hátrány is ered: a víz szintjének ingadozásával változik a tó víztömege, mely körülmény, elhanyagolva, jelentős hibaforrást visz számításainkba. Mély tavon az év folyamán beálló néhány m-es ingadozás, a tó egész víztömegéhez mérve, sokkal jelentéktlenebb, mint a mi Balatonunkon évente előálló átlagosan félméteres szintváltozás. A vízszint helyzetének alakulását munkáló tényezők között a *lefolysis* trofikus szempontból is figyelemreméltó, mert a lefolyó vízzel — a rheotaxis érvényesülése szerint — élőlények sokasága távozik a tóból. A tóban keletkezett és a nyíltvíz planktonjában felhalmozott szervesanyag nem marad mind benn a tóban, a táplálkozási összefüggések szövevényének kereteiben sem, mert *egyrésze elvész a tó háztartása számára*.

Mennyi élő anyag jön létre a tóban, mennyi szervesanyagot termel a tó? A *termelés* kifejezése használata még az ökológia vagy a limnobiológia területén sem egyértelmű. Mindezekre nem térek ki, de megjegyzem, hogy a továbbiakban, amikor termelésről, annak mértékéről lesz szó, ne a „*ki-termelés*“ vagy „*hozam*“ nagyságára gondoljunk, hanem *a tóban, annak nyíltvizében élő mikroszervezetek testében bizonyos idő alatt felhalmozódott szervesanyagra, annak mennyiségére*.

Az ilyen értelemben vett *termelés* mértéke kétségkívül kapcsolatban van valamely időpontban a tó nyíltvizében jelenlévő élő szervesállomány mennyiségével, de vele mégsem azonos. (A továbbiakban látni fogjuk, hogy ez nemcsak azért van így, mert a termelés nagyságának megállapításában *időtartamot* veszünk alapul, a mindenkori állomány felbecslésénél viszont valamely *időpontra* vonatkoztatjuk a mennyiséget.)

Kvantitatív planktonvizsgálatok során szinte közvetlenül megfogható adatokhoz jutunk, melyek a plankton valamely tagjának vagy az egész társulásnak a térfogategységnyi vízben lévő népességsűrűségére, illetőleg az egész tóban jelenlévő népességére (állományára) vonatkoznak. *E mennyiségek két ellentétesen ható tényezőcsoportnak eredői*. Az egyik a szervezet *elszaporodása*, a másik az elszaporodással előállott népességben történő *vesztés*. A plankton tagjai ugyanis — meroplanktikus elemek kivételével — *az év leforgása alatt általában több nemzedéket hoznak létre*. A szaporodás tempója és mértéke a pelágikus szervezetek mindenikén más és más, nemcsak fajok, hanem tavak szerint is. Ez azért van így, mert a szaporodást, mennyiségi vonatkozásaiban, lényegesen befolyásolják, módosítják környezeti viszonyok, elsősorban a hőmérséklet. Tudjuk, hogy a plankton valamely tagja népességsűrűségének változása az év folyamán olyan görbét ad, melynek csúcsa bizonyos időszakra esik. Balatoni vonatkozásban a Dinoflagellata-csoport és a zooplankton tagjain legtöbb esetben a melegvíz idején

alakul ki a csúcsérték (*Sebestyén—Török—Varga*), de mint közismert, vannak télen vagy hűvös vízben elszaporodó szervezetek is. Éppen ezért *állandó víztároló planktontársulásában a termelés szünet nélkül való folyamatos jelenség.*

A nyíltvíz planktonjának egyedei nem futják be valamennyien a fajra jellemző életpályát. Eltekintve attól, hogy a lefolyó vízzel távozó egyedek kikapcsolódnak a tó háztartásából, a népesség más úton is csökken. Egy rész — mint már utaltam rá — „természetes“ úton pusztul el. (Adatok vannak arra, hogy a *Ceratium hirundinella* viharban összetöredezik, és hogy a melegvíz időszakának végén tömegesen pusztul; Entz 1927/a, 323; Entz 1927, 432.) Közvetlen *táplálkozási összefüggések során is fogynak a népesség.* (Paraziták is l. Lund, 276). A szerves anyag, mely a népességből elevenen vagy elpusztulva ilyen utakon kikapcsolódott egyedek testében van felhalmozva, *nem veszteség a tó táplálékforgalmában*, ellentétben a lefolyással járó veszteséggel.

Elszaporodás és veszteség a plankton valamely tagja népességének kialakításában ellentétesen ható tényezők. E hatások *eredője* az a mennyiség, mely kifejezi azt, hogy *adott időpontban mennyi az élő anyag állománya* akár a plankton valamely tagjára, akár az egész társulásra vonatkoztatva, (egyedszámban stb.-ben kifejezve), a térfogategységnyi vízben vagy az egész víztömegben. *Ez az a szám, melyet kvantitatív vizsgálatok során közvetlenül megfogunk.*

Ha a továbbiakban kikapcsoljuk a lefolyással járó népességsökkenést, az említett biotikus veszteségeket pedig egybevonjuk, a népesség nagyságát kialakító ellentétesen ható tényezőcsoportokat leegyszerűsítettük *elszaporodásra és táplálékként való felhasználással* bekövetkező veszteségre.

Ezzel a megfontolással közelebb jutunk a termelés problémájának megvilágításához. A kérdés az, hogy mennyi szervesanyag áll elő a nyíltvíz planktonjában bizonyos idő alatt? (v. ö. 584. o.)

Ha a plankton valamely tagja korlátlanul szaporodhatna, életpályája és a környezet ismeretében megközelítőleg kiszámíthatnók azt, hogy bizonyos idő alatt népessége mekkorára növekedik. Ilyen számítások mennyiségi planktonvizsgálatok nélkül is végezhetők. De éppen a mennyiségi planktonvizsgálatok valószerű adatai hívják fel a figyelmet arra, hogy hogyan kell értelmezni az előbbi kérdést. A kérdés az, hogy *mennyi szervesanyag jön létre a plankton-társulás keretein belül, tehát biocenotikai összefüggések mellett, bizonyos idő alatt valamely víztároló nyíltvizében; az állományból mennyi használandó fel táplálékkul, és mennyi tartja fenn a népességet az évek során a fajra és környezetre jellemző mértékben?*

Az elmondottak alapján nyilvánvaló az, hogy ha a termelés lényegébe akarunk betekinteni, szükséges ismernünk a plankton tagjainak *életpályáját* és közvetlen *trófikus kapcsolatait.*

A Balaton planktonjának egyik legjellemzőbb és, nagy népességben előforduló tagja a *Ceratium hirundinella* nevű kromatoforos kétostoros szervezet, melyet cellulóze-páncél burkol, és amely kettéosztódással szaporodik. E szervezettel számos bűvár, hazánkban ifj. Entz Géza foglalkozott. Ez a tavunkban középértékben 160 μ -t (Entz—Sebestyén, 1939.) elérő növényke a nyíltvízben március közepén jelenik meg, fokozatosan elszaporodva, népessége nyár derekán a legnagyobb. A víz lehülésével a népesség egy része elpusztul, más része betokozódik. Nyugalmi állapotban a fenékiszap lakója (passzív alkalmazkodás, Zsadin 223). Természetes körülmények között tett megfigyelések adatainak körültekintő kiértékelésével Entz kimutatta, hogy e szervezet osztódása milyen növekedési szakaszok lefutása után következik be. Megállapította, hogy amint a felek kiegészülnek, az osztódáshoz vezető növekedési folyamatok ismétlődnek, s a ciszta tavaszi „csírázásától“ az őszi betokozódásig mintegy 24 nemzedék jön létre. Az osztódás gyakorisága, illetőleg a növekedési időtartam a hőmérséklettel látszik kapcsolatban lenni. Nyár derekán 20 C°-ot meghaladó hőmérsékleten az osztódások 3—5 naponként követik egymást, míg a ciklus kezdetén 30 nap választja el az egymást követő nemzedékeket. Két osztódás közötti időben a sejttartalom megkétszereződik. Entz-nél adatokat találunk a dinospora és ciszta térfogatára, felületére, a páncél vastagságára és az asszimilátumokra is (Entz, 1931, 1933).

E kromatoforos növényke trofikus kapcsolatairól tudjuk, hogy táplálékfelvételében nem szorítkozik csupán szerves anyagra. Mint a Dinoflagellata-csoport más tagjai is, formált táplálékot is felvesz. (Entz—Sebestyén, 1935/36, 24—25. o.). Utóbbinak jelentősége és mértéke e szervezeten még nincs kiderítve.¹ A *Ceratiumot* egyedenként fogyasztó állatok közül a Balatonban elsősorban Rotatoriák jöhetnek tekintetbe, mert a nagy népességben élő szűrő pelágikus rákok sokkal kisebbrendű táplálékot kebeleznek be. A Rotatoriák közül annak a kis csoportnak, mely táplálkozásában páncélos Peridineákra specializálta magát (Wesenberg—Lund, 214—215 o.), egyes képviselői a Balatonban is élnek. Varga L. néhány pelágikus és tíz planktonon kerekesszékelyben talált *Ceratium*-töredéket (Entz—Kottász—Sebestyén, 10 o.) A melegvízkezelő *Asplanchnában*, melyet Rylov mindenevőnek és ragadozónak minősít, egy alkalommal 7 épen elnyelt *Ceratiumot* találtam. E faj népességének kicsiny volta miatt, *Ceratium*-fogyasztása mégis csekély lehet.

Összplankton fogyasztó szervezetek (halivadék) minden valószínűség szerint *Ceratiumot* is felvesznek. (v. ö. 583. ol.)

¹ Ilyen probléma megoldása tenyészetekkel volna megkísérélhető. A Dinoflagellata-csoport tagjainak tenyésztését illetőleg még csak a kezdeti lépéseket tette meg a tudomány (Pringsheim, 97).

A közelmúltban befejezett mennyiségi planktonvizsgálatok eredményeként három egymástkövető évre¹ adataink vannak a *C. h.* balatoni népességére is. (1. táblázat.) Az egyes évek adataiból nyert görbék (szintre való különbség nélkül átlagértékek) a balatoni állomány (népesség) mindenkori nagyságának változásáról tájékoztatnak. (Ezek a görbék, mint már az előzőkben érintve volt, tulajdonképpen a szaporodásnak és veszteségnek, mint ellentétesen ható tényezőknek eredőiből épülnek fel.)

1. TÁBLÁZAT

A Ceratium hirudinella népességsűrűségének (szintre való különbség nélküli átlagértékek, e/l.) változása a Balatonban 1937-ben (v. ö. 1. ábra a görbe)

Idő	e/l.	Havi átlag e/l.	Idő	e/l.	Havi átlag e/l.
Január 7	—	—	Július 6	2622	2955
Január 19	—	—	Július 24	3289	—
Február 3	—	—	Augusztus 5	2772	1638
Február 26	—	—	Augusztus 25	503	—
Március 8	—	15	Szeptember 13	223	255
Március 25	30		Szeptember 25	287	
Április 9	41	27	Október 4	180	94
Április 26	8		Október 25	7	
Május 11	161	162	November 10	4	2
Május 19	162		November 24	—	
Június 4	513	553	December 4	1	1
Június 23	590		December 18	—	

Ha az 1937. évi *Ceratium*-görbét összevetjük Entz görbéjével, (1931, 337), (1. ábra c. d.), mely kifejezi azt, hogy e szervezet elszaporodásának tempója a hőmérséklet változásával kapcsolatosan hogyan alakul a tenyészeti idő folyamán, észrevevessük, hogy nyár derekán *mindkét görbén bizonyos egyenletesség mutatkozik*. Júliusban és aug. első felében, kikerekítve, 3000 egyed van egy l, Balatonvízben². Ugyanekkor az osztódás 3—5 naponként ismétlődik. A továbbiakban ezt a megállapítást használjuk fel a termelés mértékének megközelítésére.

A literenként 3000 egyedes sűrűségnek másfél hónapon át való állandósága, háromnaponkénti osztódás mellett, tulajdonképpen azt jelenti, hogy *ebben az időszakban, növekedési állapotot tekintve, a Ceratium-népességben három csoportot lehet megkülönböztetni*: egyik ma osztódik, másik más-

¹ A három év közül az 1937. látszik mind környezeti vonatkozásban, mind a planktonszervezetek népességének változása és nagysága tekintetéből „normálisnak”. (V. ö. *Sebestyén—Török—Varga.*)

² Noha a görbe egycsúcsú (1. ábra a) a két júliusi és az augusztus első felére eső ordinata-értékek egymáshoz igen közel vannak, és ezek valamennyien feltűnően távol esnek a szomszédos értékektől (június második fele, augusztus második fele) (1. táblázat; 1. ábra a) úgy, hogy kb. hat héten át, nyár derekán a népességsűrűség általában egyenletesnek vehető (3000 e/l; 1. ábra b).

nap, a harmadik két nap múlva (2. ábra). *Mindennap előáll tehát 1000 egyed/l.* Ez a többlet mégis rejtve marad, nyilván azért, mert *naponta ugyanennyi használódik fel táplálékkul*, ennyi a napi biotikus veszteség.¹ Ez így megy kb. másfél hónapon át. Csak így maradhat az állomány nagyjából egy szinten, abban az időszakban, amikor az osztódás tempója, hosszabb időn át nem változva, háromnaponként követi egymást.

2. TÁBLÁZAT

A Ceratium hirundinella népességében beálló változások május, június és július hó folyamán az időnynek megfelelő osztódási gyakoriság mellett, literenként és a Balaton viztömegében, ha a termeléssel egyidejűleg fogyasztás is van (A) és ha a veszteségeket kikapcsolva, korlátlan szaporodást tételeznénk fel (B); balatoni (1937) és Entz G. adatainak (1931, 1933) felhasználásával

	Literenként		Balatonban	
	egedszám	térfogat mm ³	egedszám	térfogat m ³
I. Július, 3 napos osztódás				
A napi állomány	3000	0,066	54 × 10 ¹⁴	118,8
napi szaporulat ill. veszteség.	1000	0,022	18 × 10 ¹⁴	39,6
havi termelés ill. veszteség ...	3 × 10 ⁴	0,66	54 × 10 ¹⁵	118,8
B korlátlan elszaporodással:				
állomány júl. elsején	3000	0,066	54 × 10 ¹⁴	118,8
Szaporulat júl. 1—3.	3000	0,066	54 × 10 ¹⁴	118,8
Állomány a hó végén	3 × 10 ³ × 2 ¹⁰	67,584	54 × 10 ¹⁴ × 2 ¹⁰	121,651,2
II. Július, 5 napos osztódás				
A napi állomány	3000	0,066	54 × 10 ¹⁴	118,8
napi szaporulat ill. veszteség.	600	0,0132	108 × 10 ¹³	23,76
havi termelés ill. veszteség .	10 × 10 ³	0,396	324 × 10 ¹⁴	712,8
B korlátlan elszaporodással:				
Állomány júl. elsején	3000	0,066	54 × 10 ¹⁴	118,8
Szaporulat júl. 1—5.	3000	0,066	54 × 10 ¹⁴	118,8
Állomány a hó végén	3 × 10 ³ × 2 ⁶	4,224	3456 × 10 ¹⁴	7603,2
III. Június, 4 napos osztódás				
A napi állomány	560	0,01232	1008 × 10 ¹²	22,176
napi szaporulat ill. veszteség.	140	0,00308	252 × 10 ¹²	5,544
havi termelés ill. veszteség .	4200	0,0924	756 × 10 ¹³	166,32
B korlátlan elszaporodással:				
Állomány június elsején	560	0,01232	1008 × 10 ¹²	22,176
Szaporulat jún. 1—4.	560	0,01232	1008 × 10 ¹²	22,176
Állomány a hó végén	560 × 2 ⁸	3,15392	258048 × 10 ¹²	5677,056
IV. Május, 15 napos osztódás				
A napi állomány	150	0,0033	27 × 10 ¹³	5,94
napi szaporulat ill. veszteség.	10	0,00022	18 × 10 ¹²	0,396
havi termelés ill. veszteség .	300	0,0066	54 × 10 ¹³	11,88
B korlátlan elszaporodással:				
Állomány május elsején	150	0,0033	27 × 10 ¹³	5,94
Szaporulat május 1—15.	150	0,0033	27 × 10 ¹³	5,94
Állomány a hó végén	150 × 2 ²	0,0132	108 × 10 ¹³	23,76

¹ E veszteség előidézésében szerepelhetnek: A *Ceratiumot* egyedenként felfaló tagjai a zooplanktonnak; *Ceratium*-töredékét felfaló pelágikus szervezetek; öszplanktonfogyasztók; paraziták; árva-falók és lebontók.

A 2. táblázatban fel van tüntetve az a *Ceratium*-mennyiség (egyedszámban és térfogatban), mely ebben az időszakban előáll (termelődik) egy l. vízben és az egész tóban egy hónap alatt. A havi szaporulat, mely az előbb elhangzottak szerint egyenlő a biotikus veszteséggel (fogyasztás) literenként 3×10^{14} egyed, illetőleg $0,66 \text{ mm}^3$; az egész tóban 54×10^{15} egyed, illetőleg 1188 m^3 . (Ötnapos tempóval ugyanebben az időszakban 713 m^3 -t kitevő szerves anyag állana elő). (A *C. h.* térfogata $22\,000 \mu^3$, Entz, 1933).¹

Május és június hónapokra is vannak számadatok (2. táblázat) a termelés mértékére vonatkozólag, ugyanis a népsűrűségi adatok e hónapon belül is meglehetősen egyenletesek (1. táblázat). Azonban oly nagy a ugrás a május—júniusi és a június—júliusi népsűrűség között, hogy tulajdonképpen csak annyit állapíthatunk meg, hogy a termelés e két hónap folyamán föltétlenül magasabb értékű a nyert számadatoknál. E két hónapban a *termelés lényegesen meghaladja a fogyasztást*, s ennek következménye a népség hirtelen megnövekedése. Érdekes az, hogyha májusban teljesen kikapcsolnók a fogyasztást, a népségnek a hó végére elért nagysága jól megközelíti a június havi kiindulási értéket (600 : 560).

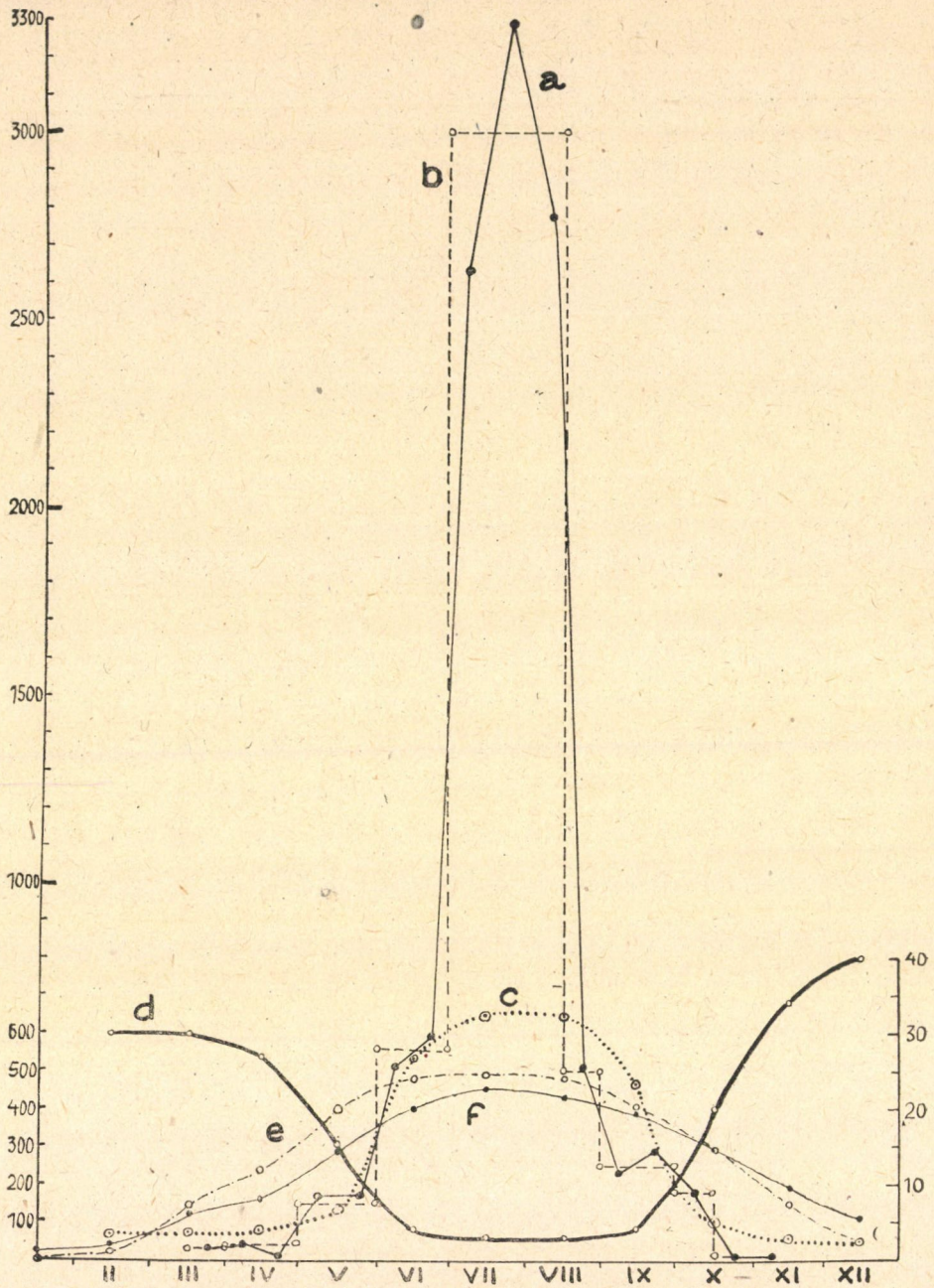
A *C. h.* tenyészeti idejének többi szakaszán végbemenő termelésre vonatkozó számításokat nem végeztem, azonban a görbe további részleteit is értelmezhetjük a termelés és veszteség alábbi mérlegelésével.

Az a hirtelen esés, mely nyár derekának elmúltával következik be, és tart a tömeges betokozódás idejéig (augusztus második fele + szeptember első fele), arra utalhat, hogy ebben az időszakban a *C. h.* termelése nem tud lépést tartani a nagyméretű fogyasztással, noha az osztódás tempója még mindig elég gyors (szeptemberben 4 napos).²

A tenyészeti idő legelején (március második fele + április) a termelésről nem kaphatunk tiszta képet, még akkor sem, ha a táplálkozási

¹A valóságot jobban megközelítő értékeket kapnánk, ha az osztódási tempó és népségváltozás adatai nemcsak egy és ú. a. szervezetre, de ugyanazon víztárolóra is vonatkoznának. Entz az osztódási gyakoriságára (növekedés) vonatkozó tanulmányát 1914—1915-ben a budapesti Lágymányosi-tó *Ceratium*-ján végezte. A népsűrűségi adatok balatoniak (1937). Minthogy az osztódási tempó a hőmérsékletváltozással kapcsolatos, a 2. ábrán mindkét víztároló vízhőmérsékleti adatai fel vannak tüntetve a vizsgálati évekre vonatkozóan. — E tanulmányban nem is annyira az értékek valószínűségén van elsősorban a hangsúly, hanem a módszerben, melynek alkalmazásával betekinhetünk a termelés és fogyasztás mértékébe.

²Ismert tény, hogy a zooplankton görbéje a fitoplankton görbéjéhez képest mintegy megkétszerezve éri el a csúcserőket. Ezt a jelenséget általában trofikus alapon magyarázzák. Nagyon lehetséges, hogy fogyasztás szempontjából ebben az időszakban nem annyira a *Ceratium*-ot egyedenként fogyasztó ragadozó planktonszervezetek jönnek tekintetbe, hanem a plankton (és *Ceratium*) nagy népsége miatt a nektonnak planktonfogyasztó tagjai. E kérdés megvilágításához élelmilánc-vizsgálatok szükségesek. — A közeljövőre tervezett, még az ötéves terv keretein belül végzendő vizsgálatok vannak hivatva arra, hogy fényt derítsenek a táplálkozási összefüggések részleteire a Balatonon a plankton-társulás keretein belül, valamint az öszplankton táplálékul való felhasználásának mértékére.



1. ábra. *a* = 1937-ben havonta kétszer a Balaton nyíltvizében különböző szintből vett mintasorozatok átlagértékeiből felépített görbe, mely a C. h. népességsűrűségének (egység/liter) változását tünteti fel az év folyamán (v. ö. 1. táblázat)

b = U. a. havi kikerekített átlagértékekkel;

c = *Ceratium hirundinella*. Osztódó egyedek gyakoriságának változása az év folyamán a népesség %-ban kifejezve. (Entz 1931. 9 görbe alapján);

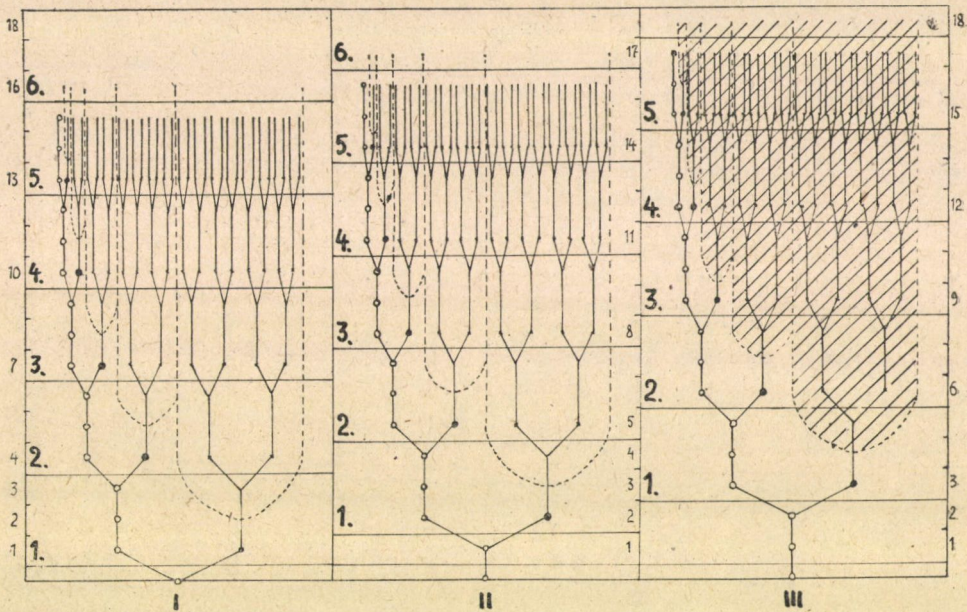
d = Az osztódás gyakorisága napokban kifejezve, az előbbi *c* görbe adatai alapján;

e = A Balaton vizének hőmérséklete 1937-ben (havi középértékek, Bacsó 1939);

f = A Lágymányosi-tó vizének hőmérséklete (Entz 1931, 9. görbe). A baloldalon levő ordinata (literenkénti egység) az *a*–*b* görbékre, a jobboldalon levő *c* (%), *d* (napok száma) és *e*–*f* (C°) görbékre vonatkozik.

összefüggések során beálló veszteséget teljesen kikapcsolnók azon az alapon pl., hogy ebben az időszakban mind a *Ceratium*-nak, mind pl. a ragadozó Rotatoriáknak népessége igen alacsony értékű. A „csirázás“ u. i. a népességen belül elhúzódhat.

A ciklus végén (szeptember második felétől kezdődőleg) a betokozódás zavaró hatása miatt a fogyasztással történő veszteséget nem mérhetjük fel kellőképpen. A betokozódás szintén elhúzódik, bár tömegesen szeptember második felére esik.¹



2. ábra. A *Ceratium hirundinella* népességszaporulatának, az élelmilánc következő fokozatán táplálékul való felhasználásának és az állati élet korlátozó hatásának (szaggatott vonallal elkerített területek) mértéke július első napjaiban, háromnapos osztódási gyakoriság mellett.

o = a havi törzsállományt osztódással fenntartó és a valódi termelésben résztvevő egyedek száma az egyes napokon (ezer/lit);

\bullet = a népességből táplálékul való felhasználással kiesett egyedek száma az egyes napokon (ezer/l);

x = Az állati élet korlátozó hatása miatt létre nem jött egyedek száma (ezer/l) az egyes csoportokon belül, harmadnaponként.

Az abszcisszán levő római számok a *Ceratium h.* júliusi népességének osztódás tekintetéből egyidejűleg három különböző állapotban levő csoportja. Az osztódások rendszámát az egyes csoportokon belül vastag szám jelöli. Az ordinátán a hónap napjai vannak feltüntetve.

¹ Említett planktonvizsgálatok során közel 60 mintasorozat közül csupán kettőben volt számbajövő mennyiségben betokozódott *C. h.*: 1936 szept. 26-án (e/l átlagosan, dinospora 969, ciszta 59) és 1938 szeptember 25-én (e/l átlagosan 5457 dinospora, 68 ciszta). A ciszta előfordulási gyakorisága 5,7%, ill. 1,2%.

Látjuk, hogy a tenyészeti időnek kezdeti és végső szakaszán a víz kedvezőtlen hőmérsékleti viszonyaihoz passzívan alkalmazkodó (sztenotermikus) *Ceratium hirundinella*, a Balaton növényi planktonjának oly tagja, mely tömeg (= térfogat \times egyedszám) tekintetéből a melegvíz idején vezető szerepet játszik, egy átlagévben, nyár derekán egy hónap alatt, annak az állománynak, mellyel az időszak elején rendelkezik, 6—10-szeresével felérő szervesanyagot állíthat elő. 3000 e/l-es népelessűrűség mellett ez az állomány a Balatonban 713—1188 m³-t tesz ki. Ennek a tömegnek legalább 14%-a cellulóze. (A dinospora felülete 6100 μ^2 , a páncél vastagsága 0,5 μ , Entz 1933.)

Az eredményeket összefoglalva a következő megállapítások tehetők:

1. A *Ceratium hirundinella*, a Balaton növényi planktonjának oly tagja, mely tömeg (= térfogat \times egyedszám) tekintetéből a melegvíz idején vezető szerepet játszik, egy átlagévben, nyár derekán egy hónap alatt, annak az állománynak, mellyel az időszak elején rendelkezik, 6—10-szeresével felérő szervesanyagot állíthat elő. 3000 e/l-es népelessűrűség mellett ez az állomány a Balatonban 713—1188 m³-t tesz ki. Ennek a tömegnek legalább 14%-a cellulóze. (A dinospora felülete 6100 μ^2 , a páncél vastagsága 0,5 μ , Entz 1933.)

A kiinduláskor meglévő tömeg, mondhatni törzsnépelesség, mennyisége fennmarad 4—6 héten át, noha ennek állománya is kicserélődik.

A törzsállománynak (3000 e/l) a népelesség fenntartását meghaladó produktuma mintegy napi adagolásban (napi 24—40 m³; havonta 713—1188 m³) táplálkozási kapcsolatok során belekerül a tó táplálékforgalmába.

Nyár derekán a termelés és fogyasztás körülbelül kiegyenlíti egymást.

2. Májusban és júniusban a termelés lényegesen meghaladja a fogyasztást. Így éri el a népelesség nyári csúcsertékét.

3. Nyár végén a fogyasztás hatalmas mértékével nem tud lépést tartani a még mindig szapora tempóban történő osztódás.

4. A tenyészeti idő legelején és legvégén az életpályából eredő körülmények, a „csírázás“ és betokozódás hatnak zavarólag a termelés, illetőleg a fogyasztással beálló veszteség felmérésére.

5. A szervesanyag termelése a plankton valamely tagját (*C. h.*) illetőleg a planktontársuláson belül ciklusban történik, mely ciklus biocenotikai (elsősorban táplálkozási) összefüggések miatt és abiotikus környezeti körülmények hatására szakaszosságot mutat.

6. Összevetve a társulás keretein belül létrejött szervesanyag mennyiségét a korlátlan elszaporodás lehetőségeivel (2. tábl.; 2. ábra), kitűnik az állati élet szabályozó (korlátozó) hatásának hatalmas mértéke, annak a hatásnak, melyet az — heterotrof táplálkozással — a növényi plankton népelességére gyakorol. Erre mutat reá Maucha 1950. márciusában az Akadémián tartott előadásában, s erre vonatkoztathatjuk Liszenko alábbi szavait: (1950, 533) „A növények és állatok a korlátlan szaporodás belső lehetőségeivel valóban rendelkeznek. Ez a sajátság minden fajra nézve hasznos, azonban a dolog úgy áll, hogy a korlátlan szaporodás megvalósulásához elengedhetetlen körülmények a környezetben soha sincsenek meg“.

7. A fenti megállapítások alapján, melyek egy bizonyos plankton-szervezet felépítésének, életpályájának, táplálkozási kapcsolatainak, a környezethez való kölcsönös viszonynak ismeretében alakultak ki, a mennyiségi planktontanulmányok során nyert görbék értelmezése bővült.

Ha hasonló értékű megállapításokat a plankton más termelő tagjaira is kidolgoznának, a termelés folyamatának mibenlétét és mértékét mindjobban megismerhetnők.

Balatoni vonatkozásban hasonló nagyságrendű planktonnövény életpályájáról, szervezeti felépítéséről aligha ismeretesek oly részletekbemenő adatok, hogy azok felhasználásával hasonló számításokat és becsléseket tehetnénk. S habár a *Ceratium*-on a kettéosztódással való szaporodás is lényegesen leegyszerűsíti számításainkat, mégis azt látjuk, hogy az egész tenyészeti időszakra kiterjedő termelési, ill. fogyasztási adatoknak megállapítása e szervezeten is nehézségbe ütközik.

Van-e értelme tehát a számításoknak, amikor a gyakorlati élet annak a szervesanyagnak mennyiségét kívánja megismerni, melyet az ember közvetlenül felhasználhat. A gyakorlat azt kérdi, hogy valamely víztárolónak mennyi a *termelőképessége*, s hogy vajjon milyen beavatkozással tudnók a termelés minőségét és mennyiségét kívánt cél szerint *irányítani*?

Ezek ma a felszínen levő kérdések. A szakemberek törekednek is arra, hogy az ilyen értelemben vett „termelés“ (termelőképesség) mértékét egyszerű úton fogják meg. Nem feladatom ezekre kitérni, de hazai vonatkozása miatt megemlítem a fitoplankton O_2 -produkciójának indikátorként való felhasználhatóságát (Maucha 1924.).

A termelés mértékének és minőségének irányítása azonban aligha lehet eredményes a termelést kic拉克ító bonyolult folyamatok lényegének ismerete nélkül.

Zsadin azt mondja (1950, p. 83.) „hogy a vizek biológiai termelőképességét hathatósan megnöveljük“ ... „a... biológusoknak és ichtiológusoknak nemcsak a víztároló anyagjogalmi folyamatainak összes finomságait, a biológiai termelési folyamatok valamennyi apró részletét és azt az egész történelmi konjunktúrát kell tökéletesen ismerniök, amely az egyes vizekben a mai biológiai termelési képhez vezetett, hanem meg kell tanulniok tudatosan irányítani a biológiai termelőképesség folyamatait“.

Mind a termelés és annak irányítása, mind e kérdésekkel összefüggő említett részlettanulmányok — az élenjáró szovjet hidrobiológia útmutató-sára — hazai tervünkben is előtérben vannak.

IRODALOM

- Entz G.* 1927: Beiträge zur Kenntnis der Peridineen II. resp. VII. Studien über Süßwasser-Ceratiën. Arch. Prot. Kunde. 58, 344—440.
- Entz G.* 1927 a: A Balaton Peridineáiról. Über Peridienen des Balaton-Sees. Arch. Balat. 1, 275—342.
- Entz G.* 1931: Analyse des Wachstums und der Teilung einer Population sowie eines Individuums des Protisten *Ceratium hirundinella* unter den natürlichen Verhältnissen. Arch. Prot. Kunde 74, 310—361.
- Entz G.* 1933: Über Veränderung von Volum und Oberfläche beim Wachstum, der Teilung und Encystierung eines Protisten (*Ceratium hirundinella*). Arch. Prot. Kunde 79, 380—390.
- Entz—Kottász—Sebestyén*, 1937: Quantitativ tanulmányok a Balaton biosestonján. Magyar Biol. Kut. Munk. 9, 1—153.
- Entz—Sebestyén* 1939: Biometriai variációs tanulmányok a balatoni *Ceratium hirundinellán*. Mat. Term. Tud. Ért. 58, 220—341.
- Entz—Sebestyén* 1935/36: Morphologiai, biologiai és physicochemiai tanulmányok a *Peridinium aciculiferumon* stb. Magyar Biol. Kut. Munk. 8, 15—73.
- Liszenko, T. D.* 1950: Agrobiologia. Mezőgazd. Kiadó Budapest, 5. kiad. ford.
- Lund, J. W. G.* 1949: The dynamics of diatom outbursts, with special reference to *Asterionella*. Verhandl. IVL. 10, 275—276.
- Maucha E.* 1924: Upon the influence of temperature and intensity of light on the photosynthetic production of nannoplankton. Verh. I. V. L. Innsbruck, 381.
- Maucha R.* 1950: A dialektika szerepe a vízi-életter anyagforgalmában. M. Tud. Akad. IV. oszt. 1950. III. 30. Előadás.
- Pringsheim, E. G.* 1946: Pure cultures of algae. Cambridge, Univ. Press.
- Oltmanns, Fr.* 1922—23: Morphologie u. Biologie der Algen. Jena G. Fischer III.
- Rylov, W. M.* 1935: Das Zooplankton der Binnengewässer. Stuttgart, Die Binnengewässer Bd. XV.
- Sebestyén—Török—Varga*, 1951: Mennyiségi plankton tanulmányok a Balatonon I. Tihanyi Int. Évkönyve. (Sajtó alatt.)
- V. I. Zsadin.* 1951: Az édesvízi állatok alkalmazkodásának formái az életfeltételekhez és ezek jelentősége az evolúcióban. Term. és Techn. CX, 223—226.
- Pavlovskij E. N.* és *V. I. Zsadin* 1950: A Szovjetunió édesvízeinek élete. III.
- Welch, P.* 1935: Limnology. McGraw-Hill Co. New York—London.