

## A genetikus felelőssége az ionizáló sugárzás világában

Tényleg az ionizáló sugárzás világában élünk? Van-e, lehet-e örökléstanai jelentősége az egész népesség és egyes személyek besugárzásának? Melyek a genetikus lehetőségei, amelyek felelőssége mértékét meghatározzák? A rendelkezésemre álló tér szabta határok között megpróbálom a válaszokat vázolni.

### Sugárterhelésünk

A genetikust mindig a csirasejteket károsító sugármennyiség érdekli, ezért itt mindvégig az ivarmirigyek besugárzási szintjéről lesz szó: ez az ún. gonáddózis (megkülönböztetésül pl. az egésztest- vagy a csontvelődóztól). Populációs szinten az ivarmirigyeket érő sugárzás az ún. *genetikailag szignifikáns dózis* (GSD — genetically significant dose). A GSD az a gonáddózis, amelyet ha a népesség minden tagja elszenvedne, ugyanakkora genetikai kockázatot jelentene a népesség számára, amekkorát egy azonos dózis az egyén számára jelentene.

A természet ősidők óta mindmáig egyenletesen erősebb ionizáló sugárháttérrel „biztosít”, mint eddigi mesterséges sugárkeltő tevékenységünk, és Földünk minden egyes lakóját átlag 100 mrad/év gonáddózissal terheli (*rad* = egy g anyag által elnyelt 100 erg sugárzási energia; *mrad* = a rad ezredrésze). A háttérsugárzás forrásai közül csak a legfontosabbakat említem. A földgolyó légrétegén tengerszinten 30 mrad/év kozmikus sugárzás jut át, de ugyanez 4000 m magasságban elérheti a 250—500 mrad/év, a szuperszonikus repülési magasságban a 0,3—3 mrad/óra szintet. A földi eredetű háttérsugárzás termelői az altalaj sugárzó izotópjai, amelyek főleg gamma-sugárzók, és külsőleg átlag 30 mrad/év sugárterhelést jelentenek. Az uránium, tórium és aktínium család izotópszármazékai belső besugárzás forrásai is lehetnek (a 90-es stroncium, a 40-es kálium és a 14-es szénizotóp beépül szervezeteinkbe), s ez átlag 20 mrad/év gonáddózist összegez. Időben és térben a háttérsugárzás nem egyenletes. Ismerünk olyan földtörténeti időszakokat, amikor a kozmikus sugárzás a mai érték sokszorosát tette ki, és vannak olyan területek a Földön, ahol állandóan magas az altalaji eredetű háttérsugárzás.

Az ember által teremtett sugárveszély említésekor mindenki a nukleáris hadiiparra és az atomreaktorok környezetére gondol. Az előbbi állandó potenciális sugárveszélyt (és nemcsak sugárveszélyt) jelent, de az atomcsend-egyezmény megkötése óta a kísérleti atomrobbantások hasadási termékeiből származó besugárzás nem éri el a háttérsugárzás 5—25 százalékát. Ne feledjük azonban: egy emberi generáció 0,02 rad sugárdózist kénytelen elviselni egy olyan hidrogénbomba besugárzása által, mint amilyent 1954-ben a Bikini atollon robbantottak fel. És hol vagyunk még a „modern” hidrogén- és a „csak sugárzó” neutronbombától! Az atomreaktorok szinte elhanyagolható sugárveszélyt jelentenek; baleseti lehetőségektől eltekintve a nukleáris ipar 2000-ben sem fogja a háttérsugárzás 0,2 százalékánál nagyobb sugárdózissal terhelni az emberiséget. Az ipar legváltozatosabb ágazataiban felhasznált, elektromágneses sugárzást kibocsátó berendezések, sugárzó kontrollműszerek (az öntvénydefektoszkópiától a repülőtéri csomagellenőrzésig) és még a tévé-képernyők is mind lényegesebb, számszerűen is egyre nagyobb néptömeget érintő sugárháttérrel jelentenek.

A mesterséges sugárterhelés „első helyezettje” az orvosi besugárzás. Nem feledkezve meg arról, hogy a röntgensugár a felfedezése óta eltelt háromnegyed század alatt talán többet lendített az orvostudományon, mint az összes többi orvosi felfedezés együttevésé, s hogy napjainkban méltó társra talált a sugárzó izotópok orvosi alkalmazásában, tudnunk kell, hogy az emberiség átlagosan a háttérsugárzás 10—50

százalékának megfelelő sugárdózist szenved el egészségügyi forrásból (tehát 10—50 mrad/év gonáddózist). Természetesen itt még nagyobb területi „szórással“ kell számolnunk, mint a háttérsugárzásnál — az egyes országok ipari-egészségügyi fejlettségének függvényeként. Indiában például 1000 lakosra 35, Romániában 238, az NSZK-ban 1530 röntgenátvilágítás esik évente. A nemzetközi és a hazai egészségügyi fórumok nagyon komolyan veszik az orvosi sugárterhelés ésszerű szinten tartását. Egyrészt a radiológia műszaki fejlődése, másrészt az orvosok tudatos szelektációs tevékenysége minimumra csökkenti az indokolatlan besugárzást. A röntgendiagnosztika egyéni dózisa az ivarmirigyek szintjén általában alacsonyak. A kolozsvári Radiológiai Klinikán például medencetáji röntgenfelvételnél 155 mrad — a nemzetközi átlag alatti — gonáddózistnak van kitéve a beteg nő, míg az UNSCEAR 1972-es statisztikája szerint a világotlag 230 mrad. Alig néhány röntgenvizsgálati eljárás van, amellyel elérhető az 1 rad gonáddózis. A legelterjedtebb izotópos vizsgálat, a radioaktív jódos pajzsmirigy-ellenőrzés 0,5 mrad gonáddózist jelent.

A foglalkozászerűen sugárveszélyes munkakörben dolgozók száma évről évre nő. Jelenleg a professzionális sugárterhelés az összlakosság szintjén még 1 százalékos többletdózist sem jelent a háttérsugárzásához viszonyítva, de a szakmailag besugárzottak száma egyre nagyobb. Ez a népességsoport különleges figyelmet érdemel, hiszen menthetetlenül az átlagnépességet meghaladó sugármennyiségnek van kitéve, s mivel e szakmák művelői zömmel fiatalok, „genetikailag aktív“ korcsoportról van szó. A szabályzatilag megengedett évi maximális dózis foglalkozászerű besugárzásban 5 rad, heti 100 mrad. Közhely, de nem feledkezhetünk meg róla: ahol ember dolgozik, ott hiba is történhet. Baleset e szakmakörben is előfordulhat a legdrágább rendszabályok ellenére is.

Tehát az átlagosan viszonylag alacsony népességi sugárterhelés mellett létezik egy olyan — létszámban növekvő — embercsoport, amely élete során szakmai, orvosi vagy baleseti sugárforrásból nagyobb sugármennyiséget visel el. Eltekintve a lehetséges szomatikus következményektől, ez a csoport választ vár a vállalt sugárgenetikai kockázat mértékére. Egyszerűen fogalmazva tudni akarják: van-e kimutatható sugár okozta elváltozás öröklési anyagukban, s milyen következményei lehetnek utódaikban az elszennvedett besugárzásnak? E kérdésekre kell — már ma — választ találnia egy olyan fiatal tudományágnak, amely a maga rendjén még igen komoly módszertani problémákkal küzd, és hosszú kísérletező évekre lenne szüksége: a *sugárgenetikának*.

### Génmutációs kockázatunk

Már a sugárbiológia „hőskora“ bebizonyította, hogy az ionizáló sugárzás: mutagén. Hermann Joseph Muller, akinek 1927-es berlini beszámolójától számítjuk a sugárgenetika mint tudomány létét, első Drosophila-kísérleteiben anyai génmutációt talált az X sugárzás nyomán, mint a Drosophila-genetika egész addigi húsz éve alatt összesen. Már ekkor megállapíthatta: minden természetes mutációtípust ki lehet váltani ionizáló sugárral is.

A *gén- vagy pontmutáció* egyszerűsített magyarázatban egy felismerhető jelleg kifejeződéséért felelős DNS-szakasz megváltozása vagy kiesése, ami az illető jelleg örökletes megváltozását idézi elő. Spontán gyakorisága egy a tizezer és egy a tízmillió között váltakozik. Megjegyzem, hogy „spontán“ mutációkról csak jobb kifejezés híján beszélünk, nem ismervén a kiváltó okot, de már Muller a háttérsugárzásra „gyanakodott“ e tekintetben. Modern világunk pedig mind több vegyszert, gyógyszert, rovar- és gyomirtózert kapcsol be a „spontán“ mutációkat előidéző környezeti mutagének hálózatába. Ennek ellenére a génmutációk viszonylag ritkák. A károsító mutagenezisben, statisztikailag értékelhető eredményeket várva, igen nagy létszámú kísérleti csoportokat kell vizsgálnunk. Alig néhány kutatóközpont „zsebe“ engedhette meg magának, hogy egerek millióin kísérletezzen, mint például a harwelli, ahol a Russel házaspártól a legértékesebb emlős-sugárgenetikai adataink származnak. Újabbban az emlős és emberi szomatikus sejtek tenyészteteinek alkalmazása lehetővé tette a sugármutációk tömeges vizsgálatát, de az adatok emberre való kivetítése igen nehézkes.

A tesztrendszerrel függetlenül bebizonyosodott, hogy — ellentétben a vegyi mutagénekkel — az ionizáló sugárzásnak *nincs küszöbdózis* a mutációk kiváltásában. Bár a tesztrendszerek érzékenysége nem mindig alkalmas egészen kis dózisos hatásának értékelésére, a sugármennyiség fokozatos növelésével kapott frekvenciagörbék mindegyike a koordinátarendszer 0 pontján megy át, nem lehet tehát „minimális hatástalan“ sugárdózissal beszélünk. Arra is rájöttünk, hogy bár az egyszeri rövid idejű besugárzással kiváltott mutagén hatás erőteljesebb, mint

ugyanaz a dózis hosszú idő alatt kis adagokban, végeredményben a sugárhatás összegeződik, a szervezet nem „felejt el” az egyszer kapott sugáradagot, s a következő már az előzővel együttes gyakoriságú mutációkat vált ki.

A küszöbdózis hiánya, a sugárzás összegeződő hatásmódja és az a tény, hogy a sugármutációk 85–95 százalékban károsak, teljes mértékben indokolja a sugárgenetika iránti társadalmi figyelmet. Sajnos, még nagyon hiányosak a módszertani fogódzók az emberre vonatkozó adatok gyűjtésében. Statisztikailag érvényesnek tekinthető adataink félkézen megszámálhatóak, kísérletezni pedig emberen nem lehet. A történelem legszomorúbb „emberi kísérlete”, a Hirosima és Nagaszaki elleni atomtámadás mindmáig ellentmondásos adatokat szolgáltat. A Drosophilán 6000 gént ismerünk, az emberen jelenleg mintegy 2000-et; nagy részük különleges örökletes betegséget okozó génmutáció következtében vált tanulmányozhatóvá. Spontán mutációs gyakoriságuk igen alacsony; egymillió csírsejtben például 4,5 akondroplázis (törpenövés és korai halállal járó) és 28 albinizmust okozó génmutáció lép fel. De míg az előbbi, *domináns mutáció* lévén, az első utódgenerációban már megnyilvánul, az utóbbi *recesszív mutációként* rejtve marad, s csak akkor jelentkezik, amikor elég gyakorivá válva a népességben, fennáll két hordozó szülő találkozásának lehetősége. Mivel a sugármutációk több mint 80 százaléka recesszív, érthető, miért irt Muller már 1950-ben az egész emberi fajnak a káros recesszív mutációk felhalmozódása következtében beállott genetikai veszélyeztetettségéről.

Az a sugárzás, amely a populációban megkettőzi a mutációk spontán előfordulási gyakoriságát, az ún. *duplázó dózis*; ez az emberben 20–200 rad/generáció. Ennek ismeretében a Nemzetközi Sugárvédelmi Tanács a populációt érő sugárzás megengedhető felső határának az 5 rad/generációt tartja. Ez a populációs gonáddózis az Egyesült Államok 3,6 millió újszülöttje között (1974) 100–180 új súlyos domináns vagy X-kromoszómához kötött mutációt vált ki. 20–200 rados duplázó dózist véve alapul, ez a csökkent egészségi állapotúak évi 1,2–12 százalékos növekedését jelenti. Egy medencetáji röntgenfelvétel például, amely a női gonádokat 115 mrad-dal terheli, 3500 petesejtenként egy mutációt válthat ki.

A recesszív halálos (letális) mutációk duplázó dózist egérkísérletek alapján 51 radra becsülik; 100 000 alanynál 9 új mutációt eredményez a jelenlegi 460-on felül. A domináns csontmutációk duplázó dózisa 31 rad; minden plusz rad 3,4 új mutációt vált ki. A példák sorát még folytathatnám. Ez ember azonban természeténél fogva nem aggodíks olyan jelenségek miatt, amelyek nem személy szerint, hanem csak mint egy statisztikai halmaz elemét érintik. Ezért olyan nehéz a dohányzás és a modern élet egyéb rizikófaktorai elleni küzdelem. Amikor viszont személy szerint érezzük veszélyeztetve magunkat, azonnal érdekeltté válunk. Ez a helyzet az orvosi, professzionális vagy baleseti besugárzottakkal. És éppen itt mutatkozik meg szakmám fiatalosága. Semmilyen direkt módszerrel nem tudjuk megállapítani, hordoz-e mutációt egy ismert vagy ismeretlen dózissal besugárzott ember. Jelenleg egy — kerülő — út tűnik járhatónak, magam is ezt választottam: *a kromoszómaaberrációk vizsgálata.*

### A „kromoszóma-doziméter”

Az első sugárgenetikai kísérletek végzői az ecetmuslica besugárzásakor a génmutációkon kívül súlyosabb, az egész kromoszómát érintő elváltozásokat is megfigyeltek. Ezeket *kromoszómamutációknak* nevezték. Keresetезéses genetikai módszerekkel megállapították, hogy több gént tartalmazó kromoszómadarabok eltűntek, más kromoszómárészek génsorrendje megfordítódott, esetleg átveddött egy újabb kromoszómára.

Az ionizáló sugár okozta strukturális kromoszómaelváltozások a *kromoszómaaberrációk*. Mikroszkópos vizsgálatukra a század első felében a növények voltak alkalmasabbak. 1938-ban Karl Sax jóformán minden lényegeset el tudott mondani a sugár okozta kromoszómaaberrációkról; tíz pontba foglalt összegezése ma is helytálló. E korai munkák előrevetítették annak lehetőségét, hogy emberi sejtek kromoszómavizsgálatával egyes úton győződjünk meg a sejt genetikai anyagát ért sugárkárosodásról. Kromoszómát viszont csak osztódó sejtől preparálhatunk — először tehát a szomatikus sejtek tenyésztését kellett megoldani, majd a kromoszómapreparálás technikáját. Az emberi kromoszómákat Arnold és Hanseman tanulmányozta először a múlt század végén. De még az ötvenes években is, amikor a növénygenetikuskok már évtizedek óta tökéletes preparátumokat elemeztek, az embert vizsgálók azon vitatkoztak, vajon 47-, 48- vagy 46-e a kromoszómaink száma. 1956-ban abortumok tüdőszövet-kultúráiban állapította meg bizonyosan a 46-os

számot Tjio és Levan, de három év múlva a japán és a kínai kutatók még „nem engedtek a 48-ból”.

Otto Koernicke talán már 1905-ben látott emberi szövet metszetében kromoszómaelváltozást sugárhatásra. De az első tényleges kromoszómaszintű sugárgenetikai vizsgálatot éppen húsz éve végezte Fliedner, a híres Oak Ridge-i atomközponban, baleseti besugárzást szenvedett dolgozók csontvelősejtein. Korszakot nyitott egy edinburgh-i csoport Court Brown vezetésével: először alkalmazták a fehérvérsejtek tenyésztését orvosi besugárzás genetikai ellenőrzésére. A Michael Bender vezette Oak Ridge-i genetikai laboratórium néhány év múlva újrazivizsgálta az edinburgh-i módszerrel a baleset áldozatait. A kromoszómaaberrációk továbbra is kimutathatóak voltak. Tizenhét évvel a baleset után Littlefield és Joiner a nyolc áldozat közül hatot újra megvizsgált a legkorszerűbb módszerekkel, és nemcsak a kromoszómaaberrációkat sikerült kimutatniuk; az elszennvedett dózis becslését is elvégezheték ilyen hosszú idő után is. Hasonló példákat még említhetnék. Amit e példák nyomán meg lehet állapítanunk, érthetővé téve az alcímet is: 1. a kromoszómaaberrációkra éppúgy, mint a génmutációkra, megdönthetetlenül igazolt a dóziszűggség, mégpedig küszöbhatás nélkül; 2. a keringő fehérvérsejtek mintegy elraktározzák sugár okozta kromoszómakárosodásukat, amit a genetikus a laboratóriumi sejtenyésztésben „hív elő”, és az aberrációk gyakoriságát doziméterként alkalmazza. Mivel a preparáció és a mikroszkópi megfigyelés kis mértékben ugyan, de megváltoztatja az eredményeket, minden sugárgenetikai laboratóriumnak önállóan kell szabályoznia „kromoszóma-doziméterét”.

Mi is ezzel a munkával kezdünk. Később tértünk rá a pajzsmirigy-hiperfunkció miatt nagyobb dózisu radioaktív jóddal kezelt betegek kromoszómaaberrációinak vizsgálatára. Az észlelt aberrációk alapján a dózis becslését is elvégezhetjük. Már a laboratórium létrejött pillanatától elkezdtek a sugárzással szakmai kapcsolatban levők rendszeres kromoszóma vizsgálatát. A megye radiológus orvosainak, technikusainak, az izotópiintézetek munkatársainak, a sugárterápiás részlegek dolgozóinak kromoszómaanalízisét folyamatosan végezzük azóta is.

Nagyon érdekesekek a kezdeti eredmények. Izotóplaboratóriumban például mindenki tudja társáról, mennyire tartja be a sugárzó anyag kezelésével kapcsolatos szigorú előírásokat. Talán didaktikai értéke sem elvetendő annak, hogy az egyesek „nagyvonalúbb” munkamódszeréről kialakult véleményt a kromoszóma vizsgálat is alátámasztja. Radiológusaink két csoportra oszlanak. Akik húsz évnél kevesebb időt töltöttek a röntgenernyő előtt, egyáltalán nem, vagy csak igen kis mértékben hordoznak kromoszómaaberrációt. A korosabb röntgenorvosok között viszont kimutatható az évek során „összegyűjtött” sugáradag. Igaz, sokan több mint két évtizede még olyan ősi gépeken dolgoztak, amelyek Zsebők professzor szavai szerint „alul-exponált filmet és túlexponált orvost” eredményeztek. A jelenlegi röntgenteknika ezt jórészt kizárja, s azok a fiatal radiológusok, akik jelenleg „tiszta” kromoszóma vizsgálati lappal szerepelnek nyilvánartásunkban, remélhetőleg így tartják meg azt évtizedekig.

A modern sugárterápia sokkal alacsonyabb dózissal dolgozik nem tumoros betegségek kezelésében, mint húsz éve. Ennek ellenére, amikor a Bechterew-kór (spondylitis ankylopoietika) sugárkezelteit vizsgálni kezdtek, komoly felelősséggel járó problémákkal is találkozunk. Hadd említsem ezek közül egy falusi fiatalember esetét. Orvosai figyelmeztették, ne nősüljön meg a kezelés ideje alatt, és utána se bizonyos ideig. A felvilágosítás, úgy látszik, nem volt elég szabatos, mert a beteg még a kezelési idő alatt apává lett, bár férjje nem. A gyermek egy ismert génmutáció okozta súlyos malformációval született, és 4 hónapot élt. Az apát fél évvel a történet után vizsgáltuk, nagyon kis számú kromoszómaaberrációt találtunk, s egy évvel később újra azonos eredményt kaptunk. Az apai besugárzás ténye bizonyított. Ennek ellenére ma még senki nem tudja: sugár okozta mutációt hordozó hímciséragejt vagy pedig „spontan” mutáció váltotta-e ki a torzszülést. Szinte túlzott óvatossággal még félèves várakozási időt javasoltunk a most már nős betegnek, aki a kezelés után három évvel jelentkezett újra, egy egészséges fiúgyermek születése alkalmából. Az ő személyes happy endje azonban további főfáját okoz a szakembernek: felhívja a figyelmet arra, hogy a kromoszómaaberrációk csak indirekt jelzői a mutagén ártalomnak. Maga az aberráció legtöbbször a genetikai anyag olyan súlyos veszteségével vagy strukturális átrendeződésével jár, amely az első osztódás alkalmával megöli a sejtet. A genetikailag károsodott sejtek a megtermékenyítésért folyó „versenyben” is hátrányban vannak (germinális szelekció). Így néhány kiegyensúlyozott kromoszómaaberráción kívül csak a legkisebb és a nemi kromoszómákárosodása élhet túl és válhatik örökölhetővé. Ezért igen nehéz a genetikai tanácsadás fiatal — reproductív — korban besugárzott, sugár-balesetet szenvedett betegek esetében.



A „kromoszóma-doziméter“ jelenleg az egyetlen objektív lehetőségünk az ismeretlen sugármennyiséggel besugárzott egyén szövetei elnyelte sugárzó energia mérésére. A fizikai dozimetria pontosabb ugyan, de gyakran a legfontosabb esetekben marad el. Ilyenkor utólag meg kell keresni azokat a biológiai jellemzőket, amelyek módosulása jelzi a sugárterheltséget. Bár e fiziológiai paraméterek száma nem csekély, szelektivitásuk sok kívánnivalót hagy maga után. Jellemző például, hogy eddig öt személy fordult hozzánk szakmai sugárártalom gyanújával, amit alacsony fehérvérsejtszámuk jelzett volna. Mind az öt esetben ki tudtuk zárni a sugárzást mint kórokat. A fehérvérsejtszám csökkenésének a sugárzáson kívül ugyanis még több magyarázata lehet, kromoszómaaberrációt viszont csak néhány vegyszer és gyógyszer nagy mennyisége okozhat. Ha ezek szervezetbe jutását az anamnézis során kizártuk, a kromoszómaaberrációt kiváltó ok csak a sugárzás lehet. (Megjegyzem, hogy a vírusfertőzések egy része is okozhat kromoszómaaberrációt, de ezek megjelenési formája eltérő.)

Nem tudom, nem tűntetem-e fel túl egyszerűnek ezt a sugárgenetikai kontrollmódszert. Tudnunk kell, hogy jó laboratóriumi feltételek és kellő szakképzettség mellett is igen időrabló munka. A tenyésztés 48—72 órát tart, a preparálás 3-4 órája után a genetikus még 10-20 órát tölt a mikroszkóp mellett a száz-kétszáz sejt elemzésekor. Nem is olcsó a módszer, régebbi angol források 20 fontra, újabb amerikaiak 10 dollárra becsülik az árat (nálunk valahol a két érték között mozog). A száz-kétszáz sejt gyakran nem elég, hiszen minél alacsonyabb a besugárzási szint, annál több sejtet kellene átvizsgálnunk. Ezért dolgozunk az utóbbi időben igen sokan szerte a világon gyorsabb kromoszómaaberráció-vizsgálási módszereken. Lehetőségként kínálkozik — kísérletileg már működik is egy-két helyen — a számítógépes kromoszómaanalízis. Számunkra ez anyagilag is elérhetetlen, meg azt sem tudom, hogyan lehet programozni a mikroszkopizáló szakember sokéves tapasztalatát, esetleges citológusi rátermettségét? Egy másik lehetőség: megvárni, amíg az aberrációt hordozó sejt befejezi az osztódást. Az aberrációs folyamat nyomán „letört“ kromoszómadarabok kizáródnak a sejtéből, s amolyan „mini“ sejtmagvacskát alkotnak az újraképződő sejtmag mellett. Ezek az ún. *mikronukleuszok*, amelyek dóziszfüggőségével sok kísérletet végzünk különböző egér- és hörcsögsejtek, valamint emberi sejtek tenyésztésén.

A kockázatbecslés ideális megoldása az lenne, ha magát a magzatot vizsgálhatnánk fejlődésének kezdeti szakaszában. Ennek a világ néhány „jól menő“ laboratóriumában kidolgozták a módszerét. Jelenleg az első lépéseket tesszük mi is ezen az úton: sikerült osztódásra bírunk a magzatvízből nyert embriósejteket. Remélhetőleg itt nem kell megállnunk. Hiszen minden felcsillanó gyakorlati megoldás, amely pontosabb, tisztább képet adhat a besugárzott ember genetikai kockázatvállalásáról — a megelőzést segíti elő. Minden gyakorlati lépés, még ha kezdetben botladozó is, amely a sugárzás és általában a környezeti mutagének vizsgálati lehetőségeit bővíti, csökkenti felelőségünket unokáinkkal szemben. Az ő génállományukat óvjuk — ma.

István S. István

## A biológia tanítása nyelvtanítás is

*Világot jelentenek,  
Meghaltál, ha már nincsenek.*

JUHÁSZ GYULA: SZAVAK

A történelmi-társadalmi múlt a kultúrában kodifikálódik, és minden nemzedék által újra meg újra birtokba veendő, tovább fejlesztendő. Legfőbb hordozója a nyelv, amely nem helyettesíthető más jelrendszerrel. A „második jelrendszer“ fajunk kiváltsága, amely képessé tesz a lét kétlépcsős, megjelölő tükrözésére. A tárgyakat jegyeikre bontjuk, s ezeket a nyelvre, a viselkedés e fajspecifikus formájára „ráültetve“, kodifikálva közöljük.

A megjelölő tükrözés a tudatosítás alapja: amit megjelöléssel (szó, szimbólum) látok el, azt beemelem tudatom tárházába. Különös jel a szó. Létrejöttét tekintve csak közvetve, a fogalmon keresztül van kapcsolata a valósággal, használata pillanatában viszont mindig közvetlenül vonatkozik rá. Ez megteremti a nyelvvel való visszaélés lehetőségét, hiszen szavak megtaníthatók anélkül is, hogy előzőleg világos

fogalmakat alakítanánk ki. A fogalom forrása ugyanis az első jelrendszerrel felfogható ismeret. Szó és fogalom, jelölő és jelölt kapcsolata kölcsönös felidézhetőségükben rejlik.

Minden tantárgy tanítása egyben nyelvtanítás, szerencsés esetben anyanyelv-tanítás. A nyelv átszövi a pszichikai rendszer megismerő és érzelmi-motivacionális komponensét egyaránt: az egész személyiség eszköze. Az anyanyelvtől elsajátító gyermek belső mechanizmussal újraterezi azt. Egyéni tudata anyanyelven keresztül táplálkozik a társadalmi tudatból, és ugyanezen keresztül járul majd hozzá ő is a felhalmozott tapasztalat gazdagításához. Ez ad létének történelmi távlatot.

Ezért nélkülözhetetlen eszközként az anyanyelv nevelési eszményképünk: a teljes értékű, sokoldalúan fejlett személyiség kimunkálásában.

Mindennek tudatában teendőinket újra és újra végig kell gondolnunk, át kell fogalmaznunk; ezek tárgyanként, helységenként, sőt koronként is sajátosak lehetnek ugyan, ám mindig ugyanaz a kötoerő tartja össze őket: a felelősség.

A szókincs bővülése elsődlegesen a fogalomkincs bővülése: az ismeretek gyarapodásának sodrában új és új fogalmak merülnek fel. Ezeket nem jelölhetjük mindig új névvel, mert akkor mérhetetlenül felduzzadna a szókincs. Ehelyett bizonyos ismerék alapján az egyik fogalom nevét a másik megjelölésére is felhasználjuk.

Íme néhány köznyelvi szó, amely a biológiába is bekerült, és esetenként azon belül is többértelmű: *szem, ér, lencse, rost, kagyló, bél, csésze, pártá, hüvely, telep, sövény, báb, hég* stb.

A jelentésváltozás során a szókincs minőségi gazdagításának legfőbb eszköze a névátvitel és a jelentésátvitel. A névátvitel legtöbbször tartalmi vagy hangulati hasonlóságon alapul, így akkor is, amikor élettelen dolgok nevével élőlényeket vagy azok részét, működését jelöljük. A virág szerkezetében *lepel, csésze, pártá, vacok, magház* lehet; a növényi sejtnek *fala*, a gyökérnek *süvege*, a gázcserenyilásnak *udvara* van; a szállítószövetben *edényeket* határolunk el; ismeretes *tölcsér-* és *kucsmagomba* stb. Az élettanban *küszöbértékről*, az etológiában *kulcsingerről* beszélünk.

Ugyanakkor élőlényekre jellemző jegyek neve jelölheti az élettelen világ dolgait. Az edénynek *füle*, a hajónak *orra*, az asztalnak *lába*, a csillárnak *karja*, a palacknak *szája*, a szemüvegnek *lencséje* van; az építőtelepen *daru* dolgozik.

Elő élővel is kapcsolatba kerülhet a hasonlóságon alapuló névátvitel során. Így például növény állattal az olyan szavakban, mint *hajnyagyma, pillangóvirág, mohaállat, ökörfarkkóró, kakukkfű, kutyatej, varjúkőröm, gyikfű* stb.

Az élőlények és tulajdonságaik neve emberi vonásokat, sőt elvont fogalmakat is jelölhet. Az ember lehet *gerinces*, de *gerinctelen* is; lehet *farkasétvágya, rózsás* hangulata, *virágos* kedve. Ilyen névátvitel ellenkező irányban, az embertől indulva is végbemegy: *táncoslegyek, szövőpintyek, ajakos virágok, leánysejtek* vallanak erről.

A névátvitellel ellentétben a jelentésátvitel során a fogalom mozdul a szó irányába. Így lett — tapadásos jelentésátvitellel — a „szarvas állat”-ból és a „farkas állat”-ból *szarvas* és *farkas*. A biológiai szókincsben a jelentésváltozás más típusait is felismerjük. *Boglár(ka)* szavunk csak a növénytanban él, ruhadísz, ékszer jelentése elavult. A *mirigy* szó váladéktermelő sejtcsoport értelemben használatos, pestis jelentésben már nem él. Jelentésszűkülésen ment át a századok során *állat* szavunk, *fehérje* szavunk pedig jelentésében gazdagodott. Fellép a jelentésmegoszlás is, amely szóhasadásban tükröződhet: egyet jelent a *szaru*, mást a *szaru* stb.

Az eddig jelzett esetek a poliszémia körébe tartoznak. De találunk azonos alakú szavakat, amelyeket annyi külön szónak kell tekintenünk, ahány jelentést hordoznak, hiszen jelentéseik nincsenek kapcsolatban egymással. Ezek a homonimák: *méh, lép* stb. A *toboz—doboz, ivás—ivás* stb. szópárokban hasonló hangzású szavakat ismerünk fel (paronimák), míg az *ivaros—ivartalan, gerinces—gerinctelen* párokban ellentétes értelmű szavakat (antonimák).

Természetesen egyetlen fogalomnak több szó is megfelelhet (szinonímia). Teljesen azonos értelmű szavakat találunk egyrészt a tudományos műszavak világában, másrészt a köznyelvi szavak és a nekik megfelelő tájszavak körében. A tudományos műszavak között kötetlen szinonimáknak tekinthetjük az olyanokat, mint: *fosszília—kövület, hermafrodita—hímnős, alga—moszat*.

Fontos a köz-, illetve szaknyelvi szavak és a tájszavak kölcsönös megfeleltetése. A tulajdonképpeni tájszó nincs meg az irodalmi nyelvben, ott a fogalomnak más jele van. A következő példákban a tájszó áll elől: *leánykamadár*—barázdabillegető, *békaláb*—zsurlo, *epefű*—fecsketarncs, *berbécs*—kos, *kokozza*—áfonya stb. A jelentés szerinti tájszónak van ugyan közismert irodalmi jelentése is, de mint tájszó mást jelöl: *füge*—egres, *boroszlán*—orgona, *pimpő*—barka stb. Az alak szerinti tájszavak ugyanahhoz a fogalomhoz kötődnek, mint az irodalmi nyelvben, de eltérő hangalakban használatosak: *berény*—beléndek, *csihány*—csalán, *bincs*—pinty stb.

A népi elnevezéseket következetesen egyeztetni kell a tudományos szakszókincssel. Ha nem tesszük, súlyos fogalomzavar léphet fel. (Például a *hernyó* az irodalmi nyelvben a lepke lárváját jelenti, nem a földigilisztát, mint a népnyelvben.) Máskülönb a rokonértelműség stílusformáló tényező, a válogatás alapja. Ez a jelenség élesen megkülönbözteti a nyelvi jelrendszert a többbitől: csak a nyelvben lehet ugyanazt a közléstartalmat többféleképpen kifejezni.

A szaknyelvnek — a nyelvjárástól eltérően — nincs külön hangtani, alaktani és mondattani rendszere. Fejlődése a köznyelvben kezdődik (a köznyelvnek bizonyos szakterületen való alkalmazásaként is definiálható), és attól csak sajátos szakszavai különítik el.

Míg valamely idegen nyelv szavai az anyanyelvre lefordíthatók, addig a szakszavak, a *terminus technicus*ok nem. A szakszavak ismeretelméletileg és logikailag pontosan meghatározottak. Összességük a szakszókincs, a nómenklatúra, amely csoportnyelvnek is tekinthető. Az utóbbi évtizedekre jellemző a szakszavak, közöttük a biológiaiak beáramlása az irodalmi nyelvbe: a fogalom közismertté válik, a szakszó köznyelvvé.

Eredetükre nézve a szakszavak köznyelvből vettek, más nyelvből kölcsönöztek vagy újonnan alkotottak lehetnek. A magyar nyelv könnyen alkot köznyelvi szavakból szakszavakat (magház, nyitva- és zárwatermök stb.). Néha éppen a bőség zavarával küszködünk: a nyitwatermök egyik osztályát különböző szerzőknél hol *leples-*, hol *fedett-*, hol *burkoltmagvúakként* látjuk viszont.

A szaknyelv és a köznyelv viszonyában a következő helyzetek adódnak:

— a szó közismert, jelentése a szaknyelvben és a köznyelvben egybeesik (*láb, gyökér, szív, légzés* stb.);

— a szó a szak- és a köznyelvben egyaránt megvan, de más jelentéssel (például a *termés, termelés* mást jelent a biológiában, mint a köznyelvben);

— a szó több szakmában is használatos terminus technicus, amely szakmánként mást-mást jelent (például a *mező* a fizikában, illetve a biológiában);

— a szakszót sem a köznyelv, sem más szakma nyelve nem tartalmazza, mert csak az illető területen ismert fogalmat nevez meg. Ilyen biológiai szakszó például a *merisztéma*, a *szövőcsév*, a *sokklábúak* stb.

A szaknyelv sajátossága, hogy a szinonimák kikapcsolására, a monoszémiára törekszik. Ez érthető, hiszen a többé-kevésbé hasonló jelentésű szavak felcserélésével könnyen hamis állításokhoz jutunk. Az anyanyelv tanításában viszont azt a követelményt állítjuk a tanuló elé, hogy ne használják túl gyakran ugyanazt a szót, hanem mással — azonos vagy hasonló jelentésűvel — helyettesítsék. Az ellentmondás feloldása nagyfokú tudatosságot, kristálytiszta fogalmakat feltételez.

Tiszta fogalmak csak világos, érzékletes képzetekből épülhetnek. Fogalmainkat a tapasztalati valóságból vonjuk el, ám megalkotásuk csak a második jelrendszerben mehet végbe, erőteljes elvonatkoztató-általánosító tevékenység eredményeként. Tehát csak az a tudás lehet teljesítményképes, amely a két jelrendszer együttes terméke.

Hogyan választható fel a tiszta fogalmakhoz vezető út? A természettudományok elsajátításában az összehasonlító elemzés a legfontosabb. Ennek során a megfigyelő sok és sokfajta egyedi tárgy esetében rögzíti az egyezéseket, a hasonló tartalmi jegyeket, de megállapítja a különbségeket is. Az invariáns, lényegesnek ítélt jegyeket elvonatkoztatja a variáns, lényegtelennek ítélt jegyeiktől, majd általánosítja őket. Így a képzetekből kidomborodik az új fogalom. Az invariáns jegyek a meghatározás *genus proximumához*, a variáns jegyek pedig a *differentia specificához* juttatják közelebb a vizsgálódót. Ekkor már megadható a fogalom nyelvi jele is. A változt eljárás indukció, ám járható út a dedukció is. Ekkor a nyelvi jelet előre ismertetjük, a tényanyag összehasonlító elemzése pedig utólag történik meg.

Az oktatás gyakorlatában hatékonyak bizonyultak az ilyenyszerű táblázatok (11-12 éveseknél):

| Fajnév        | A szárnyak száma és jellege                   | A lábak száma és jellege | Csoportnév                |             |
|---------------|---|--------------------------|---------------------------|-------------|
| Cserebogár    | 1 pár fedő-,<br>1 pár repülőszárny            | 3 pár ízelt láb          | fedelesszárnyú bogár      | R<br>O      |
| Káposztalepke | 2 pár pikkelyes<br>repülőszárny               | 3 pár ízelt láb          | pikkelyesszárnyú<br>lepke | V<br>A      |
| Házilégyc     | 1 pár repülő-,<br>1 pár csökevényes<br>szárny | 3 pár ízelt láb          | kétszárnyú                | R<br>O<br>K |

A rovarat hatlábú (*differentia specifica*) izeltlábúként (*genus proximum*) határozzuk meg, a bogarat pedig fedelesszárnyú (*differentia specifica*) rovarként (*genus proximum*). A fogalmak rögzítése az alá- és mellérendelések gyakoroltatása útján történik.

Szem előtt kell tartanunk Piaget intését: „... még a jelenlevő tárgy tulajdonságait is annál objektívebben lehet megragadni, minél gazdagabb közvetítő láncszemekkel rendelkezik az egyén, hiszen — éppen ellenkezőleg — a közvetítés hiánya a deformációnak, és nem az információnak a forrása.”

A fogalomalkotás folyamatának tudatos megtervezője a szaktanár. Célja, hogy a tanulót elvezesse a köznyelvi kifejezésektől az egyértelmű tudományos jelrendszerig. Sokszor a tanulónak nincs olyan köznyelvi szókincse, amelyre alapozhatunk, főleg ha nem anyanyelvén tanul. A számára érthetetlen szónak saját maga alkotta értelmet ad, és az egyik köznyelvi kifejezést a másikkal helyettesíti.

A biológia vizsgálja a legbonyolultabb rendszereket, mégis ezt tanítjuk először, és csak később a biológiába belefoglalható fizikát és kémiát. Amellett kétségtelen, hogy a fizika és a kémia szakkifejezései egzaktabbak (talán mert régebbiek), és a biológusok átveszik őket. Kezdetről gondot jelentenek emiatt az olyan szavak, mint *erő*, *energia*, *munka*, *hőmennyiség*, *hőmérséklet*, *égés* stb. Itt a következő dilemmával kell megbirkóznunk. Egyrészt tudjuk, hogy a hibásan megtanult fogalom utólagos módosítása rengeteg időt és erőt emészt majd fel; emiatt a szakkifejezéseket köznyelvi értelemben használni nagyon kockázatos. Másrészt, ha köznyelvi értelemben soha nem használnánk a szakszókat, nyelvünk egyoldalúvá, szárazzá válna. A dilemma feloldása csak egy lehet: a gyermekek köznyelvi kifejezéseit és a tudomány egyetlen jelentésű jeleit állandóan és sikeresen viszonyítani egymáshoz.

A siker feltétele az is, hogy előre tudjuk: milyen képzetek, emlékképek keletkeznek a tanulónak, amikor a fogalmat hallja vagy olvassa. Kifejeződnék-e ezekben a fogalom lényeges jegyei, amelyek megközelítik a definíciót? Tapasztalatom az, hogy ritkán, pedig a fogalom körül egész „asszociációs udvar” létezik. De mi kerül ebbe bele? Aminek erős jelzése értéke van, ami érzelmileg mozgósító, aminek tényleges vagy vélt haszna van. Márpedig a definíció szempontjából lényeges jegyek nem mindig, sőt ritkán ilyenek, tehát a tanárnak kell ilyené — érdekessé, érdeklődést keltővé — tennie őket.

A fogalomalkotáshoz belső látás kell. Ugyanakkor a kifejezőképesség feltétele a kimunkált belső hallás és a belső beszéd is. A külső, hangos beszédben a nyelvi kifejtés teljes, a belső beszédben nem. A belső beszéd önállóan strukturálódik, de mindig egy adott nyelvre alapoz. A nyelvi formával együtt születik a gondolat, és tévedés azt hinni, hogy a kifejezéséhez szükséges nyelvi elemeket csak „előkeressük” a készletből. A belső beszéd a kisgyermeki beszéddel rokon: ún. állítmányi jellegű tagolatlan beszéd, amelyről a külső, mondattanilag tagolt, mások számára is érthető beszédre áttérni csak bonyolult transzfórmációnak lehet. Aki ezt nem tudja elvégezni, az gondolatait nem tudja kifejezni, s ezt rendszerint érzi is. „Minden rossz mondat törött ablak, amin át egy beteg gondolatra látni” — írta Babits.

A gondolkodás közvetlen közege, amely minden áttétel nélkül elvezet a tartalomhoz: az anyanyelv. Eppen ezért lehet ez, és csakis ez a fogalomalkotás nyelve. Ezen nevezik meg az ember számára először, az érzékeléssel, észleléssel egyidőben a dolgokat. A fogalomalkotás fennebb vázolt útját is az járhatja végig eredményesebben, aki anyanyelvén tanul.

Ahhoz, hogy egy fogalmat más nyelven is sikerrel közvetítsünk, az anyanyelv szabatos használata, a struktúrájában való gondolkodás szükséges. Csak ez szavatolhatja a valóságnak megfelelő egyértelmű jelrendszer használatát, ami össztársadalmi érdek. Ellenkező esetben korán elakad az elvontabb fogalmak kimunkálása, és beáll a félig vagy alig értett szavak bódulata. Az anyanyelv sajátosságaival is számolni kell. A magyar nyelvben sok az olyan szó, amely a jelölt fogalom egyik-másik tartalmi jegyét kiemeli, értelemszerűen jelzi: *nyitvatermő*, *egyszikű*, *izeltlábú*, *emlős* stb. Ennek előnye, hogy megkönnyíti az indukciót és a rögzítést. Talán túlságosan is, hiszen könnyen háttérbe szorulhat a fogalom többi, egyenrangú tartalmi jegye, és csak az marad előtérben, amelyet a szó értelemszerűen jelez.

Az oktatás korszerűsítése végső soron a hatékonyságra való törekvést jelenti. A korszerűsítés kerékkötője minden pontatlanság, az objektív valóságnak meg nem felelő, nem egyértelmű jelrendszer. Ilyen összefüggésben az oktatás korszerűsítése anyanyelvűségének biztosítását is feltételezi.

Az ember kommunikációs viselkedése vokális-auditórikus, gesztikulációs-vizuális és cselekvéssel-helyzetbeli sávokon zajlik. Amennyiben a nyelv a kommunikáció eszköze, annyiban a beszéd eszközhasználat: működésben levő nyelv. A



tényinformációk, a kognitív tartalmak közlésére a beszéd szemantikai szférája szolgál, amely „igen—nem” típusú páros elemekre bontható. Ebben a szférában valószínűleg meg a beszéd referenciális, vagyis tényközlő és metanyelvi, vagyis a beszédre magára vonatkozó funkciója (Roman Jakobson).

A beszéd ektozsemantikai szférájában érzelmi-hangulati hatások érvényesülnek, mint amilyen a hangsín, a hangerő, a hangsúly, a beszédszünet. A beszéd ebben a szférában tölti be többi funkcióját: az emotív funkció kifejezésre juttatja a beszélő viszonyulását ahhoz, amiről beszél; a konatív funkció a partner cselekvését befolyásolja; a fatikus funkció ellenőrzi, hogy a kommunikációs csatorna működik-e; a poétikai funkció esztétikai hatásokra törekszik. Természeténél fogva az ektozsemantikai szféra alkalmas az értékinformációk cseréjére. Ezek azonban nagy nyelvi erőfeszítést kívánnak (stílus), ezért jelentős részüket a gesztikulációs-vizuális és a cselekvésvélt-helyzetvélt sávokra bizzuk.

A gyermek fokozatosan veszi birtokába a beszédfunkciókat. 8—12 hónapos korra az észlelés kategóriális lesz, a gyermek a tárgyat mint egyedit és mint általánost is érzékeli. A tárgy, a tér, az idő, a mennyiség, a mozgás, a sebesség mint gondolkodási kategóriák nem velünk születnek, hanem folyamatosan alakulnak ki. A beszéd-készség mindenesetre biológiailag determinált. Ezt éppen a második életév kritikus időszaka igazolja, amikor a kategóriális észleléssel egyidőben döntő fontosságú a nyelvi, anyanyelvi megjelölés.

A gyermeki beszéd kezdetben szituatív. Fatikus, konatív és emotív funkciókat tölt be (társkeresés, kapcsolatteremtés, az érzelmek kifejezése), és ezeket különböző helyzetekben begyakorolja. Bebizonyosodott, hogy a gyermek nemcsak a nyelvi eszközöket, hanem a nyelvhasználat stratégiáját is képes korán elsajátítani.

Az említett funkciók begyakorlása után a gyermek előrelép az összefüggő, kontextusos beszéd felé. Ebben fejleszti ki a referenciális, majd legkésőbbre a metanyelvi és a poétikus beszédfunkciót. Hogy mennyire hatékonyan, az már egy korábbi szakaszban, 2—7 éves korában eldől: ezért döntő fontosságú mindvégig az anyanyelv tiszta fogalmakat kínáló, biztonságot adó közege.

Mindennek tudatában újra és újra átgondolni oktatói, nevelői teendőinket — „ez a mi munkánk, és nem is kevés“.

Rab János

## Egy lánczem a táplálékláncban

A vizek világa sajátos varázsú, titokzatos világ; alig van ember, akit ne vonzana a lehetőség, hogy megismerje szépségeit, feltárja titkait. Miért lenne kivétel ez alól éppen a biológus?

Magam sem tartozom a kivételek közé: már középiskolás koromban sok délutánomat, sőt — most már bevállhatom — sok ellögött órát töltöttem a hajdani téglagyár vízzel telt agyagbányájánál, vagy a Berettyó partján barangolva. Halásztam, rákásztam, tegzeslárvákat, vízcisibort figyeltem; a víz mindig tartogatott valamilyen meglepetést.

Az egyetemen Gyurkó István professzor keze alatt kezdtem halbiológiával foglalkozni, tőle tanultam a kutatási módszereket. Államvizsga-dolgozatomat a *szélhajtó kűsz* biológiájáról írtam; most — tanári munkám mellett — a *törpeharcsát* tanulmányozom.

Miért éppen a törpeharcsát? Jogos a kérdés, hiszen neve is sejteti, hogy apró termetű halacskáról van szó, amelynek gazdasági jelentősége, gyakorlati haszna alig lehet. Választásomnak több oka volt. Hogy munkámnak értelme legyen, egyrészt olyan halfajt kellett keresnem, amelyet hazánkban még nem tanulmányoztak, másrészt olyat, amelyhez hozzájuthatok: megtalálható szűkebb pátriám, Bihar megye vizeiben. Így esett választásom épp a törpeharcsára. A későbbiekben ezt nem bántam meg, hiszen a jelentéktelennek tűnő faj egész sor érdekes problémát szolgáltatott.

Itt volt mindjárt az első érdekesség: a törpeharcsa nem őshonos vizeinkben. Észak-Amerikából telepítették be a múlt században, amikor szinte divatba jött a halak telepítése — jól meghatározott céllal, de gyakran rosszul megválasztott esz-közökkel. Így például tógazdasági haszonhálnak szánták az *ezüstkárászt*, de mint kiderült, szálkás húsa és lassú növekedése miatt erre nem alkalmas. A *naphalat*

mint az értékes *fogassüllő* lehetséges táplálékát importálták, az eredmények azonban azt mutatják, hogy nem emelte, sőt — ikrapusztító lévén — csökkentette a süllőállományt. A törpeharcsát szátkamentes, ízletes húsaért telepítették be. Eme jó tulajdonságaiban nem is csalódtak, annál inkább azonban a növekedésében, hiszen míg eredeti élőhelyén eléri a kilogrammos súlyt, nálunk ez sohasem fordul elő — talán még horgászmesékben sem. Mi lehet ennek az oka?

Ahhoz, hogy egy faj betelepítése sikeres legyen, számos tényező összjátéka szükséges. Ilyen az abiotikus környezeti tényezők hasonlósága az eredeti és az új környezetben, a betelepített faj bizonyos fokú plaszticitása, alkalmazkodóképessége, valamint az, hogy az újonnan elfoglalt biocönózis ne legyen telített, rendelkezze kihaszánlatlan potenciállal, létezzen szabad *ökológiai rekesz* (a kifejezést a román nyelvű szakirodalomban meghonosodott *nişă ecologică* megfelelőjeként használom), ahova beilleszkehdhet. Ebben az esetben valószínű, hogy a törpeharcsa az eredetiltől eltérő táplálékalap hasznosítására kényszerült, alkalmazkodóképessége megengedte ezt, de növekedési ritmusa megsínylette. Vizsgálataim tisztázták a hazai populációk táplálkozását, az összehasonlításához azonban hiányoznak a megfelelő amerikai adatok.

Problémát jelent az európai állomány rendszertani besorolása is. Észak-Amerika vizeiben ugyanis az *Ictalurus nebulosus* számos faja él, ezek közül kettő, az *Ictalurus nebulosus* és az *Ictalurus melas* egymáshoz nagyon hasonló. Az európai populációkat hosszú ideig egyöntetűen az első fajhoz sorolták. Később francia, majd hazai kutatók az utóbbi meghatározás mellett foglaltak állást, majd csehszlovák kutatók az ottani állományt újra az első fajhoz tartozónak határozták meg.

A kétségek fő oka a nem elég szerencsésen megválasztott rendszertani bélyegekből keresendő. Az amerikai határozók egyik fő megkülönböztető jele a farok alatti úszó sugarainak száma, ami 17—21 között váltakozik az *Ictalurus melas*, 21—24 között az *Ictalurus nebulosus* esetében. Csehszlovákiai adatokat összesítve, az ottani példányoknál ez az érték 17—25 között váltakozik, míg saját méréseim 16—22 közti értékeket adtak, mind a két eredmény átfedi tehát a két fajra jellemző változékonysága a honosítás során megnövekedett. A hazai populációk pontos meghatározása amerikai összehasonlító anyag segítségével folyamatban van.

Amint már említettem, az európai törpeharcsa-állomány egyedeinek növekedése messze elmarad az amerikaiakétól, ám ezen belül is észlelhetők különbségek. Saját méréseimet összehasonlítva a Szovjetunióban, illetve Csehszlovákiában nyert adatokkal, a hazai populációknál találjuk a legkisebb értékeket mind hosszúság (milliméterben; 1. táblázat), mind súly (grammban; 2. táblázat) tekintetében.

|                    | Életkor (években) |       |       |       |       |       |     |     |
|--------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|
|                    | 1                 | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7   | 8   |
| <b>1. táblázat</b> |                   |       |       |       |       |       |     |     |
| Csehszlovákia      | 73,5              | 126,8 | 203,4 | 271   | —     | —     | —   | —   |
| Szovjetunió        | 67                | 120   | 159   | 172   | 193   | 224   | 268 | 306 |
| Románia            | —                 | 74,8  | 126,4 | 141,7 | 155,4 | 160,2 | —   | —   |
| <b>2. táblázat</b> |                   |       |       |       |       |       |     |     |
| Csehszlovákia      | 6,5               | 37,4  | 77,5  | 135,6 | 285   | —     | —   | —   |
| Szovjetunió        | 4                 | 19    | 48    | 69    | 104   | 167   | 303 | 484 |
| Románia            | —                 | 12,8  | 51,5  | 78,6  | 98,9  | 111,6 | —   | —   |

Ennek lehetséges magyarázata az, hogy a hazai populációk kisebb vízfolyások, sekély vizű patakok, illetve állóvizek lakói, amelyek szegényesebb táplálékalapot biztosítanak.

Ha a törpeharcsa táplálkozását hozzuk szóba, minden halászembernek a hal-és ikrapusztítás jut eszébe. Ezeket a tulajdonságokat előszeretettel róják fel a törpeharcsa negatívumául. Mivel mindeddig a törpeharcsa táplálkozását minőségi szempontból csak Csehszlovákiában tanulmányozták, mennyiségi szempontból pedig sehol sem, érdekes eredményeket ígértek számomra az ilyen irányú vizsgálatok is. A törpeharcsa „étlapján“ 26 állati és 3 növényi eredetű „fogást“ sikerült kimu-

tatnom, s meghatároztam ezek százalékos arányát, valamint nem, életkor, évszak és élőhely szerinti változását is.

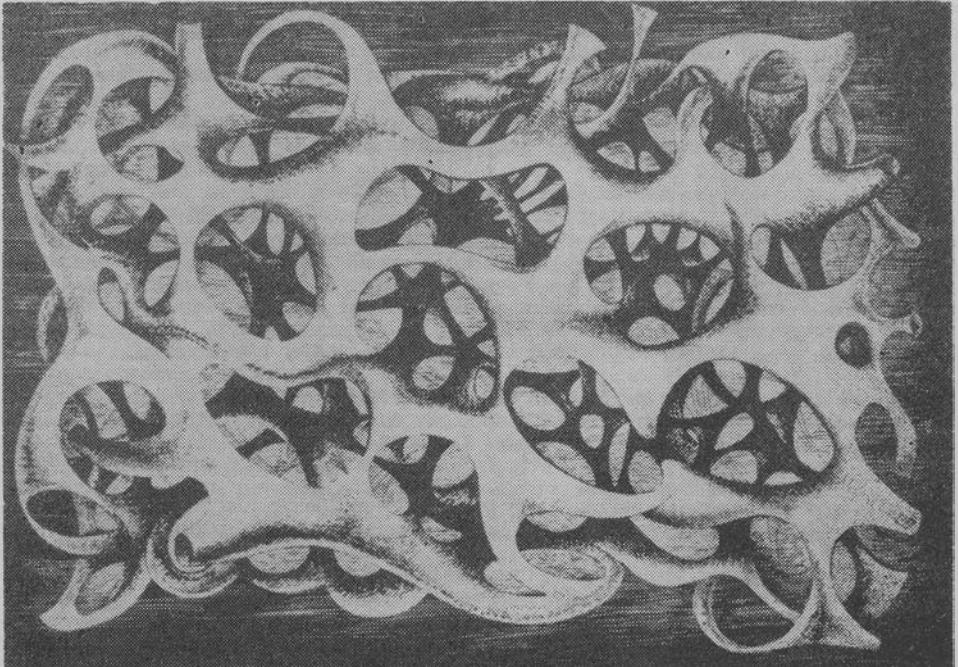
A táplálék túlnyomó többségét a rovarlárvák alkotják. Ezen belül a két-szárnyúak, kérészek és tegzesek dominálnak, de jelentős szerepük van az alsóbb-rendű (kagylós, evezőlábú és ágascsapú) rákoknak, különösen a fiatalabb korosztályok táplálkozásában. Halikrát aránylag kevés példánynál találtam, az elfogyasztott halak mérete pedig nem haladta meg a 30 millimétert. A meghatározható állapotban talált halak értéktelen fajokhoz tartoztak, előfordult köztük *fenékjáró küllő*, *sügér*, sőt törpeharcsa-ivadék is; a cséffai halgazdaságból származó példányoknál pedig különösen gyakori volt a kínai növényevő halakkal véletlenül betelepített apró kínai *razbóra*.

Mindezek alapján megállapítható, hogy a törpeharcsa kártétele nem elsősorban hal- és ikrapusztításban jelentkezik, hanem abban, hogy táplálékkonkurrensként lép fel, értékesebb halak elől fogyasztja el a táplálékot. Emiatt föltétlenül káros a halastavakban, ezekből jó volna kirekeszteni — ha lehetne. Véleményem szerint azonban a sekély vizű patakokban, a holtágakban és mocsarakban, ahol úgyszólam hiányoznak az értékes halfajok, a törpeharcsa jelenléte nem mondható károsnak. Itt különösen a sporthorgászattal ismerkedő fiatalabb korosztály számára lehet értékes ez a cseppet sem válogatós, falánk, ugyanakkor szálkátlan és jóízű hal.

Az egyes halfajok — köztük a törpeharcsa — tanulmányozásának gyakorlati haszna abban áll, hogy a táplálékhálózat korántsem elhanyagolható láncszemeinek szerepét ismerjük meg. Fölmérve a vizek biztosította táplálékalapot és az ezt fogyasztó halfajok táplálékának minőségi és mennyiségi összetételét, felszínre kerülnek egyes kihasználatlan táplálékforrások, amelyek hasznosítására most már tudományos alapon telepíthetünk értékes halfajokat. Példaként említem a halastavak táplálékalapjának komplex hasznosítására betelepített *fehér amurt* és *fehér busát*, amelyek mindegyike két, hazai halfajaink által csak részben vagy egyáltalán nem hasznosított táplálékot fogyaszt: az első magasabb rendű vízinövényekkel táplálkozik, a második pedig a vízben lebegő algákat szűri ki, és fogyasztja el.

Tanári munkám mellett végzett biológiai kutatómunkám, kedvező körülmények között, szűkebb pátriám gazdasági fejlődéséhez járulhat hozzá.

Wilhelm Sándor



Csutak Levente: Bioszféra