

Magyar Tudomány

POPULÁCIÓDINAMIKAI MODELLEZÉS

Vendégszerkesztő: Izsák János

Hogyan fedezték fel a levegőt?

Interjú Mezey Évával

Farkas Lajos, a római jogász

Vendler Zénó, a nyelvész és a filozófus

2005 • 4

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA FOLYÓIRATA. ALAPÍTÁS ÉVE: 1840
ÚJ FOLYAM 50. KÖTET – 2005/4. SZÁM

Főszerkesztő:

CSÁNYI VILMOS

Vezető szerkesztő:

ELEK LÁSZLÓ

Olvasószerkesztő:

MAJOROS KLÁRA

Szerkesztőbizottság:

ÁDÁM GYÖRGY, BENCZE GYULA, CZELNAI RUDOLF, CSÁSZÁR ÁKOS, ENYEDI GYÖRGY,
KOVÁCS FERENC, KÖPECZI BÉLA, LUDASSY MÁRIA, NIEDERHAUSER EMIL,
SOLYMOSI FRIGYES, SPÁT ANDRÁS, SZENTES TAMÁS, VÁMOS TIBOR

A lapot készítették:

CSAPÓ MÁRIA, GAZDAG KÁLMÁNNÉ, HALMOS TAMÁS, JÉKI LÁSZLÓ, MATSKÁSI ISTVÁN,
PERECZ LÁSZLÓ, SIPOS JÚLIA, SPERLÁGH SÁNDOR, SZABADOS LÁSZLÓ, F. TÓTH TIBOR

Lapterv, tipográfia:

MAKOVECZ BENJAMIN

Szerkesztőség:

1051 Budapest, Nádor utca 7. • Telefon/fax: 3179-524

matud@helka.iif.hu • www.matud.iif.hu

Kiadja az Akaprint Kft. • 1115 Bp., Bártfai u. 65.

Tel.: 2067-975 • akaprint@akaprint.axelero.net

Előfizethető a FOK-TA Bt. címén (1134 Budapest, Gidófalvy L. u. 21.);
a Posta hírlapüzleteiben, az MP Rt. Hírlapelőfizetési és Elektronikus
Posta Igazgatóságánál (HELP) 1846 Budapest, Pf. 863,
valamint a folyóirat kiadójánál: Akaprint Kft. 1115 Bp., Bártfai u. 65.

Előfizetési díj egy évre: 6048 Ft

Terjeszti a Magyar Posta és alternatív terjesztők

Kapható az ország igényes könyvesboltjaiban

Nyomdai munkák: Akaprint Kft. 26567

Felelős vezető: Freier László

Megjelent: 11,4 (A/5) ív terjedelemben

HU ISSN 0025 0325

TARTALOM

Populációdinamikai modellezés és fajközösségi mérőszámok

Vendégszerkesztő: Izsák János

Izsák János: Bevezetés	386
Farkas Miklós: K-stratégia és R-stratégia versengése (a cipzár- és a tépőzár-bifurkáció)	388
Garay József: Több fajra vonatkozó evolúciós stabilitási fogalmak	390
Izsák János: Fajközösségek számszerű jellemzésére szolgáló mérőszám: a diverzitási index	400
Jordán Ferenc – Wei-chung Liu: Topológiai kulcsfajok azonosítása táplálékhálózatokban – egy szociometriai módszer	404
Meszéna Géza: Populáció-reguláció és niche	410
Pongor Sándor: A molekuláris biológia ismeretábrázolási problémái	420

Tanulmány

Mészáros Emő: Hogyan fedezték fel a levegőt? – adalékok a légkör kutatásának történetéhez	426
Wollemann Mária: A kábítószeres molekuláris biológiai hatásmechanizmusa	438
Klaudy Kinga – Fóris Ágota: A nyelvészet és a magyar felsőoktatás modernizációja	449
Kovács Győző: „Téjfoggal kőbe miért haraptál?” – Fábry Zoltán József Attila-interpretációja	458
Kelemen János – Kiefer Ferenc: Vendler Zénó, a nyelvész és a filozófus	461
Hamza Gábor: Farkas Lajos, a római jogász (1841-1921)	467

Interjú

A szemednek higgy, ne a dogmáknak! – Gimes Júlia beszélgetése Mezey Évával	473
--	-----

Az MTA új levelező tagjainak bemutatása

Lakatos István	482
Pintz János	484
Szabó Gábor	485
Tulassay Zsolt	487
Vincze Imre	488

<i>Kitüntetések</i>	490
---------------------------	-----

<i>Kitekintés (Jéki László – Gimes Júlia)</i>	496
---	-----

Könyvszemle

Láng István: Agrártermelés és globális környezetvédelem (<i>Sáringer Gyula</i>)	500
Egy világméretű téma hazai megközelítésben (<i>Vámos Tibor</i>)	503
Természet és gazdaság: ökológiai gazdaság szöveggyűjtemény (<i>Boda Zsolt</i>)	504
A rejtőzködés identitása, avagy: ki is vagyok én? (<i>Szabó Tibor</i>)	508
Handbook of Nuclear Chemistry (<i>Berényi Dénes</i>)	510

Populációdinamikai modellezés és fajközösségi mérőszámok

BEVEZETÉS

Izsák János

az MTA doktora, egyetemi tanár – BDF Állattani Tanszék

Tavaly, a Tudomány Ünnepe akadémiai rendezvénysorozatának keretében került sor a fenti című tudományos előadóra. Megszervezését az MTA Biológiai Osztálya kezdeményezte, és abban a Fizikai Osztály is részt vett. Az előadók annak érdekében mutatták be kutatási területüket és saját kutatásaik egy-egy szeletét, hogy képet adjanak az adott szakterület helyzetéről és a kutatási lehetőségekről. Az előadások szerkesztett változatait olvasva azonban általánosabb benyomást is szerezhethet az Olvasó a biomatematika és azon belül a biostatistika tudományágáról.

Néhány évtizeddel korábban a „kis tudomány – nagy tudomány” összevetésben a biomatematika a „kis tudományok” körébe lett volna sorolandó. Mára az ilyenfajta osztályozás elavulttá vált, és pedig nem a diszciplínák arányainak változása miatt, hanem azért, mert manapság a biomatematika már nem „kis tudomány”. Az persze igaz, hogy részterületei inkább kötődnek az adott vizsgálati objektumokkal kapcsolatos biológiai diszciplínákhoz, mint egymáshoz.

A biomatematika felépítését illetően tehát sajátos hálózatos rendszerre kell gondolnunk, melynek részeit – kimondhatjuk – elsősorban a matematikai megközelítési mód köti össze.

Minden biomatematikai részdiszciplínának megvan tehát a maga kikülönült vizsgálati tárgya, eszközrendszere és egyfajta „törzsismeretanyaga”. Arra, hogy még a biometrián belül is milyen mértékű a szakmai tagolódás, példa lehet a következő adat: Németországban a Biometriai Társaságnak tizenhat munkacsoportja van, nagymértékben eltérő szakmai irányultsággal. (Egyesült Államok-beli példát a nagyságbeli összemérhetetlenség okán nem volna méltányos említeni.) Hazánkban egyetemi tanszékeken, akadémiai és egyéb kutatóhelyeken folynak biomatematikai, biometriai kutatások. A szakmai utánpótlás helyzete általánosságban talán nem ad okot aggodalomra, bár bizonyos kutatóhelyek e tekintetben nagyobb támogatást igényelnek. Örömdetes fejlemény, hogy az utóbbi időszakban fizikai

kutatóhelyeken is szaporodnak a biomatematikai kutatások. Nem véletlen, hogy az előadóiülés szervezésében az MTA Fizikai Osztálya is részt vett.

Néhány célzás erejéig vállalkozhattam csupán a biomatematikai kutatások helyzetének vázolására. Nem tértem ki például a biofizikával, biológiai modellezéssel való viszonyra, a biomatematika és annak részeként tekinthető biometria viszonyára, az utánpótlásnevelésben elsősorban szerepet vállaló doktori iskolák tevékenységére.

A biológiai modellezés és kapcsolódó biomatematikai kutatások egyik klasszikus területe a *populációdinamika*. Klasszikus eset egy ragadozó és egy préda faj populáció együttes egyedszámváltozásának modellezése. Bonyolultabb kérdés a részben vagy egészében K illetve r szaporodási stratégiát követő két vagy három ragadozó fajból és egyetlen préda fajból álló rendszer viselkedése, egyensúlyi pontjainak meghatározása. Ezzel a kérdéssel foglalkozik röviden előadaskivonatában Farkas Miklós.

Evolúcióelméleti szempontból alapvető kérdés egy adott faj genetikai változatai közti versengés kérdése. A fenotípusok, illetve tulajdonságaikban kifejeződő stratégiák versengésének leírására bevált módszer a játékelméleti szemléletmód, illetve játékelméleti módszerek alkalmazása. Garay József tanulmányában erről a populációdinamikai kérdéskörrel és vonatkozó biomatematikai eredményekről olvashatunk.

Sokfajú populációdinamikai rendszer modelje lehet olyan gráf, melynek gráfpontjai

a fajoknak felelnek meg, élei pedig a fajok közötti kapcsolatokat fejezik ki. Már ez a nagymértékben egyszerűsített modell is lehetőséget ad arra, hogy tanulmányozzuk az egyes fajok szerepét a rendszer stabilitásában. Ebbe a kérdéskörbe enged bepillantást Jordán Ferenc írása.

Fajok fennmaradásának az élő és élettelen környezetbeli tényezőkkel szembeni tűrőképesség szab határt. Egyszerűsített felfogás szerint a faj élettere a tűréshatárok által kijelölt többdimenziós térrész, a *niche*. A niche-fogalom pontosított változatainak kidolgozása a populációdinamika máig időszerű kérdése. Ezzel foglalkozik értekezésében Meszéna Géza.

Régi keletű törekvés bonyolult rendszerek leírására skalárjellemzők bevezetése, használata. Sokfajú populációk esetében többek között a fajdiverzitási indexek szolgálhatnak ilyen mérőszámként. A vonatkozó módszertani problémákkal, fejleményekkel foglalkozik Izsák János.

A megismert DNS- és fehérjeszekvenciák körének szakadatlan bővülése égetővé tette a hatalmas információhalmoz megfelelő tárolásának, processzálásának és nem utolsósorban értékelési lehetőségének megoldását. Ezzel a bioinformatikai kérdéskörrel foglalkozik közleményében Pongor Sándor.

Bizonyos, hogy a közeli jövőben egyre többet hallunk a biomatematika rohamosan gyarapodó tudományos eredményeiről.

Fentiek előrebocsátásával ajánlom a szerzők írásait a *Magyar Tudomány* olvasóinak figyelmébe.

K-STRATÉGA ÉS R-STRATÉGA VERSENGÉSE (A CIPZÁR- ÉS A TÉPŐZÁR-BIFURKÁCIÓ)

Farkas Miklós

az MTA doktora, professor emeritus, Budapesti Műszaki Egyetem, Matematikai Intézet
Differenciálegyenletek Tanszék – fm@math.bme.hu

K-stratégának nevez az ökológiai irodalom egy olyan fajt, amely képes fennmaradni viszonylag alacsony környezeti fenntartóképesség (*K*) mellett, és miután ilyen körülmények között gyenge az interspecifikus verseny, a születési rátája is viszonylag alacsony. Tipikus példaként az Andokban élő kondorkeselyűt szokták felhozni, amely két-három évenként rak egy tojást, és kicsinyét nagy gonddal neveli. *R-stratégának* neveznek egy olyan fajt, amely magas szaporodási rátájával (*r*) igyekszik versenytársai között fennmaradni, viszont életének jelentős részét táplálkozással kénytelen tölteni. Ennek tipikus példája az üregi és a mezei nyúl. Az Ausztráliába Európából behurcolt rendkívül gyorsan szaporodó nyúl komoly versenytársa a kengurúnak, amely inkább *K*-stratégának tekinthető.

Mintegy húsz évvel ezelőtt egy akkor sokak által vizsgált dinamikai rendszert tanulmányoztunk, amely két ragadozó faj versengését modellezte egy zsákmányfajért (Farkas, 1984, 1987). Sikertült olyan feltételeket találnunk, amelyek mellett az egyik ragadozó *K*-, másik *r*-stratégának tekinthető. A rendszer egyensúlyi helyzetei egy egyenes szakaszt töltöttek ki. Ha a környezeti fenntartó képesség (a zsákmányra nézve) alacsony, vagyis kevés a ragadozók tápláléka, akkor az egyenes szakasz a rendszer attraktora, és a három faj által alkotott ökológiai rendszer stabilisan fennmaradhat úgy, hogy a két ragadozó abundanciájának aránya

tetszőleges lehet. Ha elkezdjük növelni a fenntartó képességet, akkor az egyensúlyi helyzetek fokozatosan destabilizálódnak, kezdve azokkal, amelyekben a *K*-stratéga abundanciája nagyobb az *r*-stratégáénál. Meghatározott *K* értéknél már az összes egyensúlyi helyzet destabilizálódott, a *K*-stratéga kihalt, és fennmarad stabilisan az *r*-stratégából és a zsákmányból álló kétkomponensű rendszer. Ezt a jelenséget neveztük el *cipzár-bifurkációnak* (zip bifurcation).

Most chilei matematikusokkal a jelenséget általánosítottuk három ragadozó fajból és egy zsákmányfajból álló, négykomponensű rendszerre. Az első ragadozó inkább *K*- és kevésbé *r*-stratéga, mint a második, ez pedig inkább *K*- és kevésbé *r*-stratéga, mint a harmadik. A rendszer egyensúlyi helyzetei egy kétdimenziós háromszög lapot töltöttek ki, amely kis *K* értéknél a rendszer attraktora. Analóg eredményt kaptunk, mint korábban. Ha növeljük *K*-t, akkor fokozatosan először az első, majd a második ragadozó veszít teret, és végül, meghatározott *K* érték felett mindkettő kihalt, és az *r*-stratégából és a zsákmányból álló kétkomponensű rendszer marad fenn. Ezt a jelenséget *tépőzár-bifurkációnak* (velcro bifurcation) neveztük el.

Megjegyzem, hogy időközben ezt a jelenséget észleltük egy politológiai szituáció modellezésénél is (Farkas – Bocsó, 2003).

Kulcsszavak: *populációdinamika, bifurkációk, kompetitív rendszerek*

IRODALOM

Farkas Miklós (1984): Zip Bifurcation in a Competition Model. *Nonlinear Analysis-Theory Methods & Applications*. **8**, 1295–1309.

Farkas Miklós (1987): Competitive Exclusion by Zip Bifurcation. *In Dynamical Systems, IIASA Workshop*

1985 Sopron. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems 287. Springer, 165–178.

Farkas Miklós – Bocsó Attila (2003): Political and Economic Rationality Leads to Veltro Bifurcation. *Applied Mathematics and Computation*. **140**, 381–389.



TÖBB FAJRA VONATKOZÓ EVOLÚCIÓS STABILITÁSI FOGALMAK¹

Garay József

tudományos főmunkatárs, MTA Elméleti Biológiai és Ökológiai Kutatócsoport
ELTE Növényrendszertani és Ökológiai Tanszék – garayj@ludens.elte.hu

1. Bevezetés

Az evolúciós stabilitás az evolúciós játékelmélet alapvető fogalma. Ez az elmélet olyan folyamatokkal foglalkozik, amelyek során az egyedek játékelméleti értelemben vett kifizetése, illetve utódszáma nemcsak saját, hanem a velük kölcsönható egyedek viselkedésétől, illetve fenotípusától is függ. Ilyen esetek az ökológiában mindennaposak, gondoljunk csak a területüket védő madarakra vagy a ragadozó-préda kapcsolatban álló fajok egyedeire. Egy fajon belüli viselkedés-ökológiai jelenségek modellezése során frekvenciafüggő modelleket használhatunk, amikor is az egyedek utódszámát befolyásolja a populáción belüli fenotípusok relatív aránya. Az evolúciós játékelmélet klasszikus modellje ilyen. A fajok közötti ökológiai kölcsönhatások azonban denzitásfüggőek, így a koevolváló fajokra kidolgozandó evolúciós stabilitási modelleknek denzitásfüggőnek kell lenniük.

Elsőként összefoglaljuk azokat a legfontosabb feltételeket, amelyeket általában használunk a különböző modellezés-módszertani megközelítések kapcsán. Jelen dolgozat keretében kellően nagy és teljesen kevert populációkkal foglalkozunk. Ha a populáció kellően nagy, akkor egyetlen egyed kivétele a populációból lényegében nem befolyásolja a populációban a tulajdonságok eloszlását. Teljesen kevert egy populáció

akkor, ha a populáció egyedeinek páronkénti kölcsönhatása véletlenszerű abban az értelemben, hogy két típus kölcsönhatásának gyakorisága a különböző típusok relatív arányával, illetve denzitásával arányos. E területen kidolgozott elméletek döntő többsége aszexuális populációkra vonatkozik (vö. Garay – Varga 1998), és lényegében a tulajdonságok evolúciójának leírására törekszik. Ez az egyszerűsítő feltétel lehetővé teszi, hogy elkerüljük a tulajdonságok genetikai öröklődéséből adódó matematikai nehézségeket, hiszen aszexuális öröklődés esetén – a mutációktól eltekintve – az utódok és a szülők azonos tulajdonságokkal rendelkeznek. Egy másik fontos feltétel a mutáció ritkaságára vonatkozik, amely két következményt jelent. Egyrészt azt, hogy az egy időben megjelenő mutánsok egyedszáma kicsiny. Másrészt pedig azt, hogy a mutáció időben ritka, vagyis a természetes kiválasztódás folyamatának elég idő áll rendelkezésre az újabb mutánsok megjelenése előtt ahhoz, hogy a kevésbé rátermett tulajdonságokkal rendelkező egyedeket kisselektálja.

Az evolúciós stabilitási fogalom alapfogolata roppant egyszerű, nevezetesen a következő tulajdonságú stratégiát (fenotípust) nevezzük evolúciósan stabilisnak. Ha ezzel a tulajdonsággal rendelkezik a populáció túlnyomó többsége, akkor a populációban a ritka mutánsok nem képesek elterjedni. Az első három fejezetben ennek az alapgon-

¹ A kutatást az OTKA (T037271) támogatta.

dolatnak egy fajra vonatkozó különböző matematikai megfogalmazásait tekintjük át, majd a több fajra vonatkozó lehetséges általánosítással foglalkozunk.

2. Klasszikus evolúciós stabilitási fogalom

John Maynard Smith és George R. Price (1973) vezették be az evolúciósan stabilis stratégia (ESS) fogalmát: „Egy stratégia ESS, ha ezt a stratégiát alkalmazó populációban a ritka mutánsok nem képesek elterjedni, azaz a mutánsok átlagos utódszáma kisebb, mint a rezidens egyedeké.”

Vegyük észre, hogy e fogalom egy adott populációra vonatkozik és az utódszámok összehasonlítására épül.

Előzőnőlhetség

Tekintsünk most egy elegendően nagy egyedszámú populációt, amelynek $(1-\varepsilon)$ hányada rezidens, míg ε hányada mutáns egyedből áll (ε valamely 0 és 1 közötti szám). Tegyük fel, hogy a rezidensek és mutánsok egy-egy fenotípussal rendelkeznek. Az a feltétel, hogy a mutánsok ritkák, azt jelenti, hogy a mutánsok ε relatív aránya (tetszőlegesen) kicsiny. Tegyük fel, hogy a rezidensek és a mutánsok csak kölcsönhatási tulajdonságaikban térnek el, így utódszámuk is csak ezektől függ. Jelölje a_{rr} , illetve a_{mm} rendre egy rezidens egyed utódszámát (járástelméleti szóhasználattal kifejtését), ha egy másik rezidens, illetve mutáns egyeddel hat kölcsön, a_{mr} illetve a_{rm} pedig rendre egy mutáns egyed kifejtését, ha egy rezidens, illetve egy másik mutáns egyeddel lép kölcsönhatásra. Tegyük fel, hogy a párok véletlenszerűen lépnek kölcsönhatásra, a fitnesszek frekvenciafüggőek, és a különböző kölcsönhatásokból származó fitnesszértékek összeadódnak, a rezidensek átlagos nyeresége (kifizetése) tehát

$$W_r(\varepsilon) = (1 - \varepsilon)a_{rr} + \varepsilon a_{mr}$$

míg a mutánsok átlagos nyeresége

$$W_m(\varepsilon) = (1 - \varepsilon)a_{mr} + \varepsilon a_{mm}$$

A mutánsok akkor nem képesek elterjedni, ha az átlagos utódszámuk kisebb, mint a rezidenseké, azaz

$$W_r(\varepsilon) > W_m(\varepsilon)$$

Mivel a populáció elegendően nagy, feltehető, hogy ε tetszőlegesen kicsiny lehet. Ekkor könnyen látható, hogy az utódszámra vonatkozó egyenlőtlenség akkor teljesül, ha $a_{rr} \geq a_{mm}$ és $a_{rr} = a_{mm}$ esetén $a_{mr} > a_{mm}$. E feltételek a következőt jelentik: a mutánsok kiszelektálódnak, ha a rezidens-rezidens kölcsönhatás nagyobb kifizetést biztosít a rezidenseknek, mint a rezidens-mutáns kölcsönhatás a mutánsoknak. Továbbá neutralitás esetén, amikor az előbbi kifizetések azonosak ($a_{rr} = a_{mm}$), a rezidens-mutáns kölcsönhatás a rezidenseknek nagyobb kifizetést biztosít, mint a mutánsoknak a mutáns-mutáns kölcsönhatás. A rezidens tulajdonság akkor evolúciósan stabilis, ha az összes lehetséges mutáció esetén teljesülnek a fenti egyenlőtlenségek, azaz nincs olyan mutáns, amely képes elterjedni a rezidens populációban.

Természetes, hogy ha a populáció nem lehet tetszőlegesen nagy, akkor létezhetnek olyan mutációk, amelyek csak egy bizonyos mutációs küszöb alatt nem képesek elterjedni, de fölötte igen. Ilyenkor természetesen más feltételek adódnak, hiszen N számú egyedből legalább egy mutáns, és így nem használható az előbbi „ ε -os” technika, hiszen nem hanyagolhatjuk el, hogy az egyedek önmagukkal nem állhatnak kölcsönhatásban, illetve azt sem, hogy egy mutáns egyed kivétele a populációból eltorzítja a populáció átlagos fenotípus-összetételét.

A fenti gondolatmenettel könnyen jellemezhetjük azt az esetet is, amikor a mutánsok képesek „előzőnőlni” a rezidenst, ez akkor következik be, ha $a_{rr} \leq a_{mm}$ esetén $a_{mr} \leq a_{mm}$. Abban az esetben, ha $a_{rr} < a_{mm}$ és $a_{mr} < a_{mm}$, a mutánsok nem tudják teljesen kiszorítani a rezidenseket, így együttélés alakul ki. Ha

viszont $a_r < a_m$ és $a_m < a_{nm}$, akkor a re-zidens tulajdonság a természetes szelekció eredményeként eltűnik.

Mátrixjátékok

A mátrixjátékok keretében az egyedek tulajdonságait a következőképpen írjuk le. Tekintsünk az egyszerűség kedvéért két lehetséges viselkedési típust, mint például az agresszív területvédelmet és a harc imitációját pózolóással. Egy másik példa keretében az együttműködést vagy az együttműködés elutasítását. Ezeket a viselkedési típusokat tiszta stratégiának nevezzük, mert az egyedek egy adott kölcsönhatáskor csak az egyiket alkalmazzák, és a különböző kölcsönhatásból származó kifizetések összeadódnak. Tegyük fel továbbá azt is, hogy a kifizetések közvetlenül az utódszámokkal vannak megadva. Jelölje a_{ij} az i -edik tiszta stratégiát alkalmazó egyed kifizetését, ha egy j -edik tiszta stratégiát alkalmazó egyeddel lép kölcsönhatásra. E kifizetéseket az úgynevezett kifizetómátrixban foglaljuk össze:

$$A := \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}$$

Két alapmodell vezethető be: az egyik a polimorf modell, amelyben minden egyednek genetikailag rögzített tiszta stratégiája van. Az elnevezést az indokolja, hogy ebben az esetben a populációban egyidejűleg több tiszta viselkedési típus is előfordulhat. A másik a monomorf modell, amelyben minden egyed mindkét tulajdonsággal rendelkezhet, és ezeket a rezidens populáció minden egyede ugyanazon eloszlás szerint alkalmazza. Ebben az esetben ezeket az eloszlásokat tekintjük az egyedekre jellemző stratégiáknak. E modellben tehát a rezidens populáció minden egyede azonos (esetleg kevert) stratégiával rendelkezik.

Az evolúciós stabilitásnak a mátrixjátékokra érvényes pontos megadásához induljunk ki a monomorf modelltől. Legyen p_i

az i -edik tiszta stratégia alkalmazásának valószínűsége a rezidens populációban. Ekkor az egyedek viselkedése egy $\mathbf{p} := (p_1, p_2)$ ($0 \leq p_1, p_2 \leq 1$) és $p_1 + p_2 = 1$ eloszlásvektorral jellemezhető. Most tekintsük a mutánsok megjelenése utáni populációt, ahol $(1 - \varepsilon)$ relatív arányban vannak jelen a $\mathbf{p}^*$ stratégiával rendelkező rezidens, ε relatív arányban vannak jelen a $\mathbf{p}$ stratégiával rendelkező mutáns egyedek. Tehát a populációban megfigyelhető átlagos stratégia $\mathbf{x} := (1 - \varepsilon)\mathbf{p}^* + \varepsilon\mathbf{p}$. Feltéve, hogy a populáció teljesen kevert, azaz a kölcsönható egyedek véletlenszerűen lépnek kapcsolatba, továbbá az egyedek minden egyes kölcsönhatáskor egymástól függetlenül választják meg az alkalmazandó tiszta stratégiát. Ekkor egy rezidens egyed átlagos, frekvenciafüggő nyeresége, ha az egész populációval szemben játszik, a következőképpen írható fel:

$$W(\mathbf{p}^*, \mathbf{x}) := a_{11}p_1^*x_1 + a_{12}p_1^*x_2 + a_{21}p_2^*x_1 + a_{22}p_2^*x_2$$

Itt újra kihasználtuk azt az egyszerűsítő feltételt, hogy a populáció elegendően nagy, azaz egy egyed kivétele a populációból elhanyagolható módon változtatja meg a populációra jellemző átlagos stratégiát. Alkalmazva a mátrixokra vonatkozó számolási szabályokat, kapjuk:

$$W(\mathbf{p}^*, \mathbf{x}) = \mathbf{p}^* \mathbf{A} \mathbf{x} = (1 - \varepsilon) \mathbf{p}^* \mathbf{A} \mathbf{p}^* + \varepsilon \mathbf{p}^* \mathbf{A} \mathbf{p}$$

Egy mutáns egyed átlagos kifizetése ehhez hasonlóan

$$W(\mathbf{p}, \mathbf{x}) = \mathbf{p} \mathbf{A} \mathbf{x} = (1 - \varepsilon) \mathbf{p} \mathbf{A} \mathbf{p}^* + \varepsilon \mathbf{p} \mathbf{A} \mathbf{p}$$

Azt mondjuk, hogy $\mathbf{p}^*$ evolúciósan stabil stratégia (ESS), ha minden lehetséges mutáns $\mathbf{p}$ stratégia esetén

$$W(\mathbf{p}^*, \mathbf{x}) > W(\mathbf{p}, \mathbf{x})$$

Egyszerű számolás segítségével belátható, hogy e meghatározás egyenértékű a következő definícióval: $\mathbf{p}^*$ evolúciósan stabilis stratégia (ESS), ha a következő két feltétel teljesül:

Egyensúlyi feltétel minden $\mathbf{p}$ esetén:

$$\mathbf{p}^* \mathbf{A} \mathbf{p}^* > \mathbf{p}^* \mathbf{A} \mathbf{p}$$

Stabilitási feltétel, ha valamely $\mathbf{p} \neq \mathbf{p}^*$ esetén $\mathbf{p}^* \mathbf{A} \mathbf{p}^* = \mathbf{p}^* \mathbf{A} \mathbf{p}$, akkor $\mathbf{p}^* \mathbf{A} \mathbf{p} > \mathbf{p} \mathbf{A} \mathbf{p}$

$$\mathbf{p}^* \mathbf{A} \mathbf{p} > \mathbf{p} \mathbf{A} \mathbf{p}$$

Az ESS egyensúlyi feltétele azonos a matematikai játékelmélet Nash-féle egyensúlyi fogalmával, és azt jelenti, hogy egy stratégia akkor egyensúlyi, ha egy mutáns részpopuláció más stratégiaválasztással nem tudja növelni a nyereségét, feltéve, hogy a rezidens egyedek kitartanak a korábbi stratégiájuk mellett. A stabilitási feltétel azt követeli meg, hogy a tiszta mutáns populációt a rezidensek képesek előzőlni.

Az eddigiekben azt a kérdést vizsgáltuk, hogy egy populáció rezidens tulajdonsága mikor a lehető legjobb darwini szempontból, azaz mikor lehetetlen benne bármilyen lehetséges mutáns elterjedése. A természetes szelekció időben zajló folyamat, így természetes lépés megvizsgálni, hogy az ESS milyen dinamikai tulajdonságokkal rendelkezik.

Monomorf replikátordinamika

Mivel csak egy fajon belüli tulajdonságokat vizsgálunk, így csupán a mutánsok frekvenciájának változását nyomon követve leírhatjuk a természetes szelekció folyamatát. A korábbi feltevésünknek megfelelően egy időben csak egy $\mathbf{p}^*$ rezidens és egy $\mathbf{p}$ mutáns típus van a rendszerben. A mutánsok epszi-on arányának változási sebességére a következő differenciálegyenlet, az úgynevezett monomorf replikátordinamika adódik:

$$\dot{\varepsilon} = \varepsilon (W_m(\mathbf{p}^*, \mathbf{p}, \varepsilon) - \bar{W}(\mathbf{p}^*, \mathbf{p}, \varepsilon)).$$

E dinamika nevét onnan kapta, hogy a replikáció tökéletes, azaz az utódok a szülőkkel azonos tulajdonságokkal rendelkeznek, mivel a vizsgált időtartam alatt nincs mutáció. A replikátordinamika a következő darwini alapelven nyugszik: azon tulajdonságok

relatív aránya nő a populációban, amelyek nagyobb átlagos utódszámra vezetnek, mint a teljes populáció átlaga.

Ha mátrixjáték írja le az egyedek fitnessét, a fenti egyenlet a következő alakú:

$$\dot{\varepsilon} = \varepsilon (1 - \varepsilon)((1 - \varepsilon)(\mathbf{p} - \mathbf{p}^*) \mathbf{A} \mathbf{p} - \varepsilon(\mathbf{p} - \mathbf{p}^*) \mathbf{A} \mathbf{p}^*)$$

Vegyük észre, hogy a monomorf dinamikában a stratégiák rögzítettek, és csak a mutánsok relatív aránya változik a szelekció folyamán. Egyszerű számolással belátható, hogy $\mathbf{p}^*$ akkor és csak akkor ESS, ha minden lehetséges $\mathbf{p}$ mutánsra a fenti dinamikának a zero lokálisan stabilis egyensúlyi helye.

Polimorf replikátordinamika

Most tekintsünk egy olyan populációt, amelyben az egyedek csak tiszta stratégiával rendelkeznek. Ekkor $\mathbf{p}_i$ jelölje az i -edik tiszta stratégia részarányát a populációban. Ha most is egy mátrixjáték adja meg a különböző fenotípusok átlagos utódszámát, akkor a fentiekhez hasonlóan a replikátordinamika a következő alakú:

$$\dot{p}_i = p_i ((\mathbf{A} \mathbf{p})_i - \mathbf{p} \mathbf{A} \mathbf{p}),$$

Ahol $(\mathbf{A} \mathbf{p})_i$ az $(\mathbf{A} \mathbf{p})$ vektor i -edik koordinátáját jelöli. Az evolúciós játékelmélet dinamikus alaptétele kimondja, hogy ha egy $\mathbf{p}^*$ stratégia ESS, akkor a lokálisan aszimptotikusan stabilis egyensúlyi helye a replikátordinamikának.

A fordított állítás nem igaz, ismeretes ugyanis olyan példa, amikor a replikátordinamika lokálisan stabilis egyensúlyi helye nem ESS. (Hofbauer – Sigmund, 1998)

3. Folytonos evolúciós stabilitás

Ilan Eshel (1983) olyan példából indult ki, amikor az egyedeknek „végtelen sok” tiszta stratégiája lehet. Például a csoportban élő állatok esetén az egyedek közelsége csökkenti a predáció esélyét, ugyanakkor az elérhető táplálék mennyiségét is. Ilyenkor

az egyedeknek optimálisan kell megválasztaniuk a csoport többi egyedétől való megfelelő távolságot (Hamilton, 1971). Egy másik probléma, hogy mennyit érdemes befektetnie egy egyednek a kompetitív tulajdonságokba: például egy hím pávának mekkora faroktollat „érdemes” növesztenie, ha a párosodásért folyó versenyben annál sikeresebbek a hosszabb tollú egyedek, minél nagyobb a hosszkülönbség a versengő egyedek farktollai között, de a hosszú tollak növelik a predációs esélyt. E példákban minden egyed egy folytonos skálán választja konkrét stratégiáját, és szemben a Maynard Smith-féle modellel, itt minden egyed képes valamelyest változtatni stratégiáján az aktuális menetben. Eshel (1983) az ilyenfajta perturbációra alapozta az általa bevezetett fogalmat. Azt mondjuk, hogy ha a $\mathbf{p}^*$ stratégia ESS *folytonosan stabilis* (CSS – continuously stable strategy), ha valahányszor a populáció átlagos stratégiája eléggé közel van $\mathbf{p}^*$ -hoz, akkor azon egyedeknek van szelekciós előnyük, amelyek egyedi stratégiája még közelebb van $\mathbf{p}^*$ -hoz. Formálisan: $\mathbf{p}^*$ CSS, ha $\mathbf{p}^*$ -nak van olyan δ sugarú környezete, hogy ha $\delta > |\mathbf{p}^* - \mathbf{x}| > |\mathbf{p}^* - \mathbf{p}| > 0$, akkor $W(\mathbf{p}, \mathbf{x}) > W(\mathbf{x}, \mathbf{x})$. Itt $\mathbf{p}^*$, $\mathbf{x}$, $\mathbf{p}$ stratégiák és $W: S \times S \rightarrow R$ a páronkénti konfliktusból származó fitnessfüggvény.

4. Adaptív dinamika

Tekintsük a következő esetet (Marrow et al., 1996; Dieckmann – Law, 1996; Geritz et al., 1997), ahol a jobb áttekinthetőség kedvéért páronkénti kölcsönhatást és additív fitness feltételezünk:

$$\begin{aligned} \dot{n} &= n(W(x, x, n, m) + W(x, y, n, m)) \\ \dot{m} &= m(W(x, x, n, m) + W(x, y, n, m)) \end{aligned}$$

ahol n , illetve m a rezidens, illetve a mutáns denzitását, míg x , illetve y a rezidens illetve a mutáns fenotípusát jelöli. Természetes az a követelmény, hogy a rezidens populáció

ökológiai szempontból stabilis egyensúlyban legyen, azaz n^* legyen lokálisan aszimptotikusan stabilis egyensúlyi pontja a rezidens dinamikának:

$$\dot{n} = nW(x, x, n, 0)$$

Így természetesen $W(x, x, n^*, 0) = 0$. Ha a mutáció nagyon ritka abban az értelemben, hogy a mutánsok kezdetben alacsony denzitással rendelkeznek, akkor az adaptív dinamikai iskola szerint a mutánsok sorsát az úgynevezett invazív fitnessz, azaz $W(y, x, n_1^*, 0)$ előjele határozza meg. Ha pl. $W(y, x, n_1^*, 0) > 0$, akkor a ritka mutánsok denzitása nő. Az adaptív iskola *szingulárisnak* nevezi az olyan x^* stratégiákat, amelyekre

$$\left. \frac{\partial W(y, x^*, n_1^*, 0)}{\partial y} \right|_{y=x^*} = 0$$

Kétféle szinguláris x^* stratégia van; evolúciósan stabilnak nevezzük azt, amelyre

$$\left. \frac{\partial^2 W(y, x^*, n_1^*, 0)}{\partial y^2} \right|_{y=x^*} < 0,$$

(vö. folytonos stabilitási fogalom). Az x^* szinguláris stratégiát „elágazási” pontnak nevezzük, ha

$$\left. \frac{\partial^2 W(y, x^*, n_1^*, 0)}{\partial y^2} \right|_{y=x^*} > 0,$$

E stratégia nevét onnan kapta, hogy ekkor evolúciós elágazás játszódik le, hiszen a mutáns képes együtt élni a rezidens populációval.

5. Több fajra vonatkozó, dinamikus evolúció-ökológiai stabilitás

Az eddig áttekintett gondolatmenetek hasonlóak abból a szempontból, hogy az evolúciós változást, illetve stabilitást a fitness fogalmának segítségével formalizálták. Pontosabban, a rezidens (vagy a folytonos stabilitás esetén a „majdnem rezidens”) fenotípus átlagos fitnessét hasonlították össze az új, mutáns fenotípusokéval, továbbá mindegyik megkö-

zelítést egy fajon belüli evolúciós változások jellemzésére dolgozták ki (vö. Hammerstein – Riechert, 1988; Garay – Varga 2000; Meszéna et al., 2001). Véleményem szerint a többfajos koevolválódó rendszerek modellezésére a dinamikus szemlélet tűnik alkalmasabbnak (Garay – Varga, 2000; Cressman et al., 2001; Cressman – Garay, 2003 a, b). Ennek fő oka az, hogy a mutánsok sorsa alapvetően az egész rendszer ökológiai viselkedésén múlik. Például elképzelhető, hogy a kezdeti állapotban valamely faj mutánsainak fitnessa kisebb, mint saját rezidensei, de más fajok rovására mégis teret tud nyerni, és így beépülhet az adott ökológiai rendszerbe.

Az ökológiai kölcsönhatások nyilván játékelméleti konfliktusoknak foghatók fel. Például a préda sikeres elejtése függ mind a ragadozó gyorsaságától, erejétől, mind a préda védekezési, illetve menekülési képességétől. Általában a koevolúciós szituációk alapvetően játékelméleti konfliktusok, mivel a kölcsönható egyedek nyeresége nemcsak a saját, hanem a velük kölcsönhatásban álló más fajok egyedeinek tulajdonságaitól függ.

Az elméleti ökológia a különféle denzitásfüggésre „hegyezte ki” a matematikai modelleket. Ezzel szemben az evolúciós stabilitási vizsgálatok lényegében egy populáción belüli változatok relatív arányának időbeli változását modellezik. Fontos feladat e két terület közötti kapcsolat megteremtése. A felállítandó modellnek nyilván denzitásfüggőnek kell lennie, továbbá figyelembe kell vennie a fajokon belüli diverzitást, nevezetesen azt, hogy a mutáció a fajokon belül új ökotípusokat produkál. Az egyik kiindulási lehetőség a Maynard Smith-féle gondolkör, nevezetesen a monomorf modell, amikor a mutáció kevéssé ritka. Induljunk ki az egyik alapvető ökológiai szituációból, a jól ismert Lotka–Volterra-modellből. Természetesen a kölcsönhatási paraméterek függenek a fajok egyedeinek tulajdonságaitól. Jelölje $x_i \in S_i$ az i -edik faj azon aktuális stratégiáját, amit

a faj minden egyede használ (S_i az i -edik faj lehetséges tulajdonságainak halmaza). Jelölje $a(x_i, x_j)$ az x_i fenotípussal rendelkező egyednek az x_j fenotípusú egyeddel szembeni kölcsönhatási együtthatóját. Így a következő rezidens rendszert kapjuk:

$$\dot{n}_i = n_i \left(r_i + \sum_{j=1}^n a(x_i, x_j) n_j \right)$$

A koevolúció vizsgálatával kapcsolatban nyilvánvaló követelmény, hogy a kiindulási rezidens rendszer koegzisztáljon. Mi ennél többet teszünk fel, nevezetesen, hogy a fenti Lotka–Volterra-dinamikának létezzék aszimptotikusan stabilis belső egyensúlyi pontja.

Követve Maynard Smith ritkasági feltételét, feltesszük, hogy a mutáció minden fajon belül legfeljebb egy mutáns klón megjelenését okozhatja. Jelölje a i -edik fajban a mutánsok fenotípusát y_i , denzitását pedig m_i . Élve azzal az egyszerűsítéssel, hogy a rezidensek és a mutánsok alapfitnessa azonos, az ezen esetre vonatkozó koevolúciós Lotka–Volterra rendszer egzakt módon megadható. Fel kell hívni a figyelmet arra is, hogy ez az ökológiai modell a monomorf replikátordinamikának több fajra vonatkozó, denzitásfüggő általánosítása. E modellépítés lehetőségét teremti arra, hogy természetes módon általánosítsuk Maynard Smith ESS-fogalmát: első lépésben tegyük fel, hogy az

$$\mathbf{x}^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*) \in \prod_{i=1}^n S_i$$

rögzített fenotípusvektor esetén az

$$\mathbf{n}^* = (n_1^*, n_2^*, \dots, n_n^*) \in R_+^n$$

csupa pozitív koordinátájú denzitásvektor lokálisan aszimptotikusan stabilis. E feltétel ökológiai szempontból azt jelenti, hogy az adott rezidens ökoszisztéma típusai stabilisan együtt élnek. Az evolúciós stabilitás alapgondolata az, hogy ha a mutáció ritka, azaz minden fajon belül legfeljebb csak egy mutáns fenotípus jelenhet meg, és az is csak kis denzitással, akkor a mutánsok kihalnak, azaz

$$\mathbf{n}^* = (n_1^*, n_2^*, \dots, n_n^*, 0, 0, \dots, 0) \in R^{2n}$$

lokálisan aszimptotikusan stabilis. E fogalom általánosítása a Maynard Smith-féle evolúciós stabilitási fogalomnak abban az értelemben, hogy egy faj esetén visszakapjuk azt. Most tekintsük azokat a rezidens Lotka–Volterra-dinamikákat, amelyeknek a rezidens egyensúlyi pontban vett linearizáltjának nincs zéró sajátértéke. E modelleszádon belül érvényes a következő tétel: az $(\mathbf{n}^*, \mathbf{x})$ állapot evolúciósan stabilis, ha minden ritka mutáció esetén teljesül az ún. *egyensúlyi feltétel* és *stabilitási feltétel* (Cressman – Garay, 2003a). Az egyensúlyi feltétel azt követeli meg, hogy a mutánsok átlagos fitnessze ne legyen nagyobb, mint a saját fajú rezidenseié, ha mindketten csak a rezidensekkel vannak kölcsönhatásban. A stabilitási feltétel viszont már az egész rendszerre vonatkozik, és azt követeli meg, hogy azon a felületen, ahol a rezidensek fitnessze 0, a mutánsok denzitása tartson nullához.

Megjegyzendő, hogy a fenti állításhoz hasonló érvényes a Kolmogorov-típusú ökológiai dinamikákra is (Cressman–Garay, 2003b).

6. Két élőhelyen versengő kétfajos modell

E fejezetben egy elméleti példa keretében megmutatjuk, hogy miképpen befolyásolhatja az egyedi viselkedés az ökológiai jelenségeket.

Steve Fretwell és Henry Lucas (1970) vezették be az ideálisan szabad eloszlás (ideal free distribution) fogalmát, amelyet a következő esetre dolgoztak ki: vegyünk egy olyan fajt, amelynek egyedei több élőhelyen táplálkozhatnak; a táplálék kimeríthető abban az értelemben, hogy a táplálkozó egyedek számának növekedtével az elérhető táplálék mennyisége csökken. Így az eleinte kevesebb élelmet tartalmazó, de kisebb terhelést viselő élőhely értékesebbé válhat, mint az

eredetileg több táplálékot tartalmazó, de jobban kihasznált élőhely. Fretwell és Lucas (1970) megmutatták, hogy ha az egyedek pontos információval rendelkeznek a különböző élőhelyek táplálékmennyiségéről, és szabadon, költség nélkül mozognak, akkor úgy oszlanak meg az élőhelyek között, hogy minden egyednek azonos az átlagos táplálékmennyisége, függetlenül az aktuális élőhelytől.

Tekintsünk most két, egymással versengő fajt, amelyeknek egyedei két eltérő élőhelyen táplálkoznak, és az élőhelyek táplálékforrásai kimeríthetőek. Most két alapeset képzelhető el:

1. Mindkét faj egyedei az élőhelyek között szabadon, költség nélkül mozoghatnak, és az egyedek vándorlása a táplálékban gazdagabb élőhelyek felé irányul. Megadható olyan feltételrendszer, amely esetén ha van belső egyensúly, akkor az evolúciósan stabilis is (Cressman et al., 2004).

2. Az egyedek nem vándorolnak, illetve nem optimalizálják egyedi fitnesszüket.

Az első esetben leírtakkal azonos feltételrendszer mellett belátható, hogy ha mindkét élőhelyen mindkét faj nem vándorló egyedei együtt élnek, akkor a megfelelő egyensúlyi denzitások ez esetben is egyensúlyiak. Továbbá ezek az egyensúlyi denzitások garantálják, hogy fajokon belüli egyedi fitnesszek a különböző élőhelyeken azonosak legyenek. Viszont vannak olyan paraméterértékek, amelyek mellett a második esetre vonatkozó aszimptotikus stabilitás nem vonja maga után az első esetre vonatkozó aszimptotikus stabilitást. Azaz míg a nem mozgó egyedek képesek stabilan együtt élni, addig a mozgó és maximális utódszámra törekvő populációk egyedei szeparálódnak a két élőhelyen (Cressman et al., 2004).

E példa nemcsak azt mutatja, hogy a konkrét ökológiai esetek vizsgálatakor fontos figyelembe venni az egyedek viselkedését, hanem azt is demonstrálja, hogy a játékkel-

mélet mint modellezés-módszertani eszköz képes olyan esetek kezelésére, amikor az egyedi viselkedés lényegesen befolyásolja az ökológiai jelenségeket.

7. Néhány különbség

a fenti megközelítések között

Egy faj esetén a koevolúciós Lotka–Volterra-modell a következő alakú:

$$\begin{aligned}\dot{n} &= n(r + a(x, x)n + a(x, y)m) \\ \dot{m} &= m(r + a(y, x)n + a(y, y)m)\end{aligned}\quad (2)$$

Nilván a rezidens rendszer stabilitásához fel kell tennünk, hogy $r > 0$ és $a(x, x) < 0$. Ekkor az

$$\hat{n} = -\frac{r}{a(x, x)}$$

egyensúlyi pont lokálisan aszimptotikusan stabilis.

Ahhoz, hogy modellezés-módszertani szempontból össze tudjuk vetni a dinamikus megközelítést az Eshel-féle folytonos ESS-sel, valamint az adaptív dinamikai iskola állításával, fel kell tennünk, hogy a versengő egyedek stratégiája egy $I \subset R$ egydimenziós intervallumot fut be, és a mutáció csak kis változást okozhat a rezidensek fenotípusában. Ez utóbbi azt jelenti, hogy ha x a rezidens és y a mutáns fenotípus, akkor az y - x mutációs változás tetszőlegesen kicsiny lehet. E feltétel matematikai szempontból erős megkötés, hiszen maga után vonja, hogy az egyedek kölcsönhatási típusa nem változhat, például kompetícióból nem alakulhat ki kannibalizmus.

Milyen mutánsok nem képesek előzőlni a rezidens populációt?

Dinamikus szempontból a mutánsok kihalnak, ha az

$$(n, 0) = \left(-\frac{r}{f(x, x)}, 0\right)$$

rezidens egyensúlyi lokálisan aszimptotikusan stabilis. Két aleset lehetséges.

1. Az első lehetőség az adaptív iskola által vizsgált eset, amikor is a mutánsok növekedési

rátája negatív a rezidens egyensúlyi egy környezetében. Ez az eset akkor áll fenn, ha

$$a(x, x) > a(y, x), \quad (3)$$

és ez garantálja, hogy $(n_1, 0)$ lokálisan aszimptotikusan stabilis egyensúlyi helye legyen a (2) koevolúciós dinamikának.

2. Most tekintsük a neutrális mutánsok esetét, azaz amikor $r + a(y, x)\hat{n} = 0$. Ekkor a rezidens egyensúlyi pontban a mutánsok fitnessze azonos a rezidensek fitnesszével. Első ránézésre ez a speciális eset nem tűnik túl fontosnak. Azonban miként a klasszikus játékelméletben, így a Maynard Smith-féle ESS-definícióban is az egyik fontos eset, hisz ha ez az egyenlőség teljesül az összes lehetséges mutáns fenotípusra, akkor x (Nash-féle) egyensúlyi stratégia. A centrális sokaságok elméletét (Carr, 1981) alkalmazva látható, hogy ebben az esetben a rezidens egyensúlyi lokális aszimptotikus stabilitását a

$$a(x, x) = a(y, x) \text{ és } a(y, y) - a(x, y) > 0 \quad (4)$$

feltétel garantálja.

Egy stratégia akkor lehet evolúciósan stabilis, ha minden lehetséges mutáns stratégia-ra fennáll a (3) vagy a (4) egyenlőtlenség. Így ha az a függvény másodfokú, akkor a Taylor-féle polinomok felhasználásával egyszerűen belátható, hogy egy x^* stratégia evolúciósan stabilis akkor és csak akkor, ha a következő feltételek teljesülnek:

Egyensúlyi feltétel: minden $y \neq x^*$ mutáns stratégia esetén

$$\frac{\partial a(x^*, x^*)}{\partial_1}(y - x^*) \leq 0,$$

és ha valamely y mellett

$$\frac{\partial a(x^*, x^*)}{\partial_1} = 0, \text{ akkor}$$

$$\frac{\partial^2 a(x^*, x^*)}{\partial^2_1} \leq 0.$$

Stabilitási feltétel: ha valamely y mellett a fenti egyensúlyi feltétel mindkét követelményében egyenlőség áll fenn, akkor

$$\frac{\partial^2 a(x^*, x^*)}{\partial_1 \partial_2} < 0.$$

Vegyük észre, hogy ez a dinamikus szemléleten alapuló stabilitási fogalom árnyaltabb, mint az adaptív iskola evolúciós stabilitási fogalma, amely a mi jelöléseinkkel a

$$\frac{\partial a(x^*, x^*)}{\partial_1} = 0 \quad \text{és a}$$

$$\frac{\partial^2 a(x^*, x^*)}{\partial^2} < 0.$$

feltételeket követeli meg minden lehetséges mutánsra.

Nyilván e fogalom a Maynard Smith-féle evolúciós stabilitási fogalom folytonos általánosításának tekinthető. Más oldalról ugyan csak általánosítása az adaptív iskola ESS-fogalmának is, hiszen egyrészt tartalmazza az adaptív dinamika stabilitási feltételét, nevezetesen amikor a ritka mutánsok szigorúan kisebb növekedési rátával rendelkeznek, mint a rezidensek. Ugyanakkor a dinamikus modellnek tekintetbe kell vennie a neutrális esetet is.

Lényeges különbség van azonban az Es-hel-féle folytonos és a dinamikus szemléleten alapuló stabilitási fogalmak között, hiszen vannak olyan esetek, amikor mindkettő teljesül, és általában egyik sem vonja maga után a másik teljesülését.

8. Következtetések

A klasszikus evolúciós játékelmélet az egyedek optimális viselkedését vizsgálja olyan esetekben, amikor az egyedek utódszáma nemcsak a saját, de az egyeddel kölcsönhatásban álló más egyedek viselkedésétől is függ. Mivel főképpen egy fajon belüli eseteket vizsgál, emiatt a mutáns és a rezidens egyedek átlagfitesszeinek összehasonlítására épültek az evolúciós stabilitási fogalmak. Mivel a természetes szelekció időben zajló folyamat, így természetes olyan dinamikák bevezetése,

amelyek képesek leírni a különböző tulajdonságú egyedek arányának változását.

Az ökológiában is gyakoriak az ellenérdekelt felek olyan konfliktusai, amikor lényegesen függ az egyedek utódszáma a velük kölcsönhatásban álló egyedek tulajdonságaitól is, például amikor az egyedek életben maradása és szaporodása csak más fajegyedeinek rovására valósulhat meg. Így természetesen vetődnek fel olyan törekvések, amelyek e két terület, az evolúciós játékelmélet és az ökológia alapmodelljeinek egyesítését kísérik meg. E cikk keretében azt a gondolatot fejtettük ki, amely szerint a mutánsok megjelenése után a koevolváló ökológiai rendszerekben nem a rezidens-mutáns fitneszviszonyok döntenek el a koevolváló rendszer jövőjét, hanem az egész rendszer kölcsönhatásai által meghatározott dinamikus változások.

Egy élőhely-szelekcióra vonatkozó példa keretében szemléltettük, hogy az evolúciós játékelmélet képes kezelni olyan szituációkat, amikor az egyedek optimalizálják utódszámukat. Hangsúlyozzuk: az egyedek viselkedésének fontos ökológiai következményei lehetnek abban az értelemben, hogy az optimalizáló egyedek akkor is szeparálódhatnak külön élőhelyeken, ha a szesszilis egyedek azonos feltételek mellett stabilan együtt élnek az élőhelyeken.

Láttuk, hogy a dinamikus szemlélet speciális esetként magában foglalja a fitneszközpontú szemléletet, hiszen ha a mutánsok fitnesze kisebb, mint a rezidenseké, akkor a koevolúciós dinamika szerint is kihalnak a kevésbé rátermett mutánsok. Általános esetben azonban, amikor a mutánsok neutrálisak, akkor csak a dinamikus stabilitás fogalmának segítségével lehet leírni a koevolváló rendszerekben az evolúciós eseményeket.

E cikk keretében csak a stabilitás kérdését vizsgáltuk. Egy következő lépésben a fajkeletkezést is vizsgálni lehet dinamikus eszközökkel. Természetes, hogy új faj beépüléséhez két feltételnek kell teljesülnie. Az

egyik feltétel az, hogy az új fenotípusú egyedek elterjedhessenek, azaz alacsony mutáns denzitás mellett lokálisan instabilis legyen a csak rezidenseket tartalmazó egyensúly. A másik feltétel az, hogy az új faj képes legyen stabilisan együtt élni a rezidensekkel, azaz az új rendszernek legyen lokálisan aszimptotikusan stabilis belső egyensúlyi helye, és az adott kezdeti állapot ezen egyensúly vonzási tartományába essék. Mint látható, ökológiai

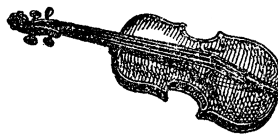
szempontból az új faj beépülése a kibővült dinamikus rendszer minőségi tulajdonságaitól függ.

Kulcsszavak: *evolúciós stabilitás, adaptív dinamika, Lotka–Volterra-modell, evolúció*

A szerző köszönetét fejezi ki Varga Zoltánnak értékes megjegyzéseiért. A kutatást az OTKA (T037271) támogatta.

IRODALOM

- Carr, Jack (1981): Application of Centre Manifold Theory. Springer, Heidelberg
- Cressman, Ross – Garay József (2003a): Evolutionary Stability in Lotka–Volterra System. *Journal of Theoretical Biology*. **222**, 233–245.
- Cressman, Ross – Garay József (2003 B): Stability in N-Species Coevolutionary Systems. *Theoretical Population Biology*. **64**, 519–533.
- Cressman, Ross – Garay J. – Hofbauer, J. (2001): Evolutionary Stability Concepts for N-Species Frequency Dependent Interactions. *Journal of Theoretical Biology*. **211**, 1–10.
- Cressman, Ross – Kriván V. – Garay J. (2004): Ideal Free Distribution, Evolutionary Games, and Population Dynamics in Multiple-Species Environments. *The American Naturalist*. **164**, 476–489.
- Dieckmann, Ulf – Law, Richard (1996): The Dynamical Theory of Coevolution: A Derivation from Stochastic Ecological Processes. *Journal of Mathematical Biology*. **34**, 579–612.
- Eshel, Ilan (1983): Evolutionary and Continuous Stability. *Journal of Theoretical Biology*. **103**, 99–111.
- Fretwell, D. S. – Lucas, H. L. (1970): On Territorial Behavior and Other Factors Influencing Habitat Distribution in Bird. *Acta Biotheoretica*. **19**, 16–32.
- Garay József – Varga Zoltán (1998): Evolutionarily Stable Allele Distributions. *Journal of Theoretical Biology*. **191**, 163–172.
- Garay József – Varga Zoltán (2000): Strict ESS For N-Species System. *Biosystems*. **56**, 131–137.
- Geritz, Stefan A. H. – Metz, J. A. J. – Kisdi É. – Meszéna G. (1997): Dynamical of Adaptation and Evolutionary Branching. *Physical Review Letters*. **78**, 2024–2027.
- Hamilton, William D. (1971): Geometry for the Selfish Herd. *Journal of Theoretical Biology*. **31**, 295–311.
- Hammerstein, Peter – Riechert, Susan E. (1988): Payoffs and Strategies in Territorial Contests: ESS Analyses of Two Ecotypes of the Spider *Agelenopsis aperta*. *Evolutionary Ecology*. **2**, 115–138.
- Hofbauer, Josef – Sigmund, Karl (1998): *Evolutionary Games and Population Dynamics*. Cambridge, Univ. Press
- Marrow, Paul – Dieckmann, U. – Law, R. (1996): Evolutionary Dynamics of Predator–Prey Systems: An Ecological Perspective. *Journal of Mathematical Biology*. **34**, 556–578.
- Meszéna Géza – Kisdi, É. – Dieckmann, U. – Geritz, S. A. H. – Metz, J. A. J. (2001): Evolutionary Optimization Models and Matrix Game in the Unified Perspective of Adaptive Dynamics. *Selection*. **2**, 193–210.
- Maynard Smith, John – Price, George R. (1973): The Logic of Animal Conflict. *Nature*. **246**, 15–18.



FAJKÖZÖSSÉGEK SZÁMSZERŰ JELLEMZÉSÉRE SZOLGÁLÓ MÉRŐSZÁM: A DIVERZITÁSI INDEX

Izsák János

az MTA doktora, Berzsényi Dániel Főiskola Állattani Tanszék
ijanos@bdtf.hu

Fajközösségek egyféle számszerű jellemzésének céljából indulunk ki a közösségben előforduló fajok egyedszámainak $n_1, n_2, \dots, n_s$ együtteséből. Tehát – mellőzve számos szóba jövő aggályt – hagyjuk figyelmen kívül az egyes gyakoriságok fajok szerinti hovatarozását. Természetesen azonnal felvetődik az a probléma, hogy a megfigyelt egyedszámok és a fajszám nagymértékben függhet a vizsgált fajközösség vagy az ebből származó minta nagyságától. A tárgyalás egyszerűsítése céljából azonban ezzel a kérdéssel és általában a mintavétel kérdésével nem foglalkozunk. Az intuitíve értelmezett faji diverzitás valamely mérőszámától elvárjuk, hogy értéke rögzített fajszám mellett növekedjék, amennyiben az egyedek fajok körében való eloszlási egyenletessége növekszik, vagyis ha a megoszlás koncentráltasága csökken. Függjön továbbá valamilyen módon a mérőszám értéke az előforduló fajok számától is. Ez utóbbi követelmény leegyszerűsödik, egyszersmind konkrétabbá válik, ha azt feltételezzük, hogy a teljesen egyenletes megoszláshoz tartozó indexérték növekedjék a fajszám növekedésével. A diverzitási index értékének kialakításában tehát két összetevő, az úgynevezett egyenletességi (evenness) komponens és a fajszám vagy fajgazdagsági (richness) komponens játszik szerepet. Ami itt a komponens kifejezést illeti, csupán intuitív megközelítésre utalhatunk,

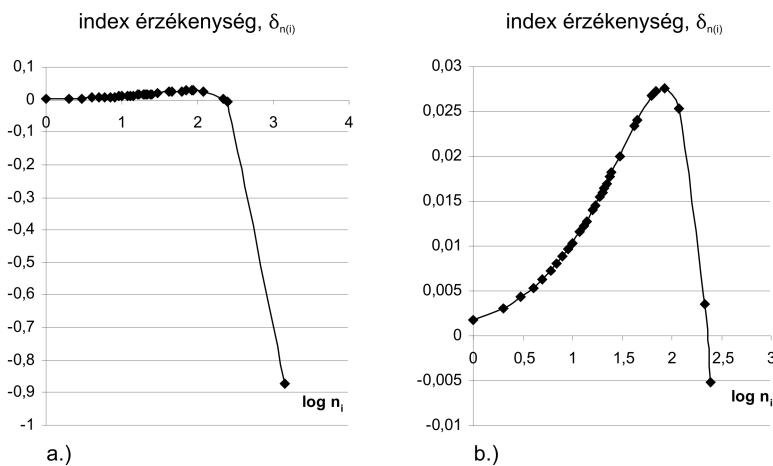
mert a használatos diverzitási indexek nem állíthatók elő az egyenletességi és fajbőségi komponens konkrét függvényeként, például összegként vagy szorzatként.

Diverzitási mérőszámként igen nagyszámú függvényt vezettek be a statisztikus ökológiában (lásd Izsák, 2001; Tóthmérész, 1997). Másrészt a közgazdaságtanban, bibliometriában, informatikában használatos koncentráltasági indexek (Egghe, 1991; Frigyes, 2002) monoton fogyó függvényei (ellentettjük, reciprokuk stb.) egyenletességi mérőszámoknak tekinthetők, és rögzített fajszámot feltételezve diverzitási indexként is használhatók. A diverzitás mérésével foglalkozó sokezer közlemény és számos monográfia a diverzitási indexek számos statisztikai tulajdonságát tárta fel, és számos ökológiai tanulással szolgált. Mindez ma már a statisztikus ökológia integráns részét képezi. Hazánkban 2001-ben tartottak nemzetközi konferenciát a (faj)diverzitás és rokon területek témakörében. A konferencián kialakult általános vélemény szerint a fajdiverzitásra kizárólagos meghatározás nem adható, és az egyes diverzitási indexek a fajdiverzitásnak kisebb-nagyobb mértékben eltérő értelmezésén alapulnak. Így nem csoda, hogy a diverzitási szakirodalom napjainkban is folyó ütemes bővülésének ellenére a diverzitási indexek ökológiai alkalmazhatóságával szembeni szkepticizmus nem szűnik.

Visszatérve a fajgazdagsági komponenshez, azaz magához a fajsámhoz, ez a környezetvédelemben mindennaposan használt *biodiverzitás* mértékeként is azonosítható. Maga a biodiverzitás – a fajdiverzitástól eltérően – nem egyéb, mint a fajsámra vonatkozó, egy fajta minősítést is magában foglaló kifejezés.

Mint említettem, a szakirodalomban leírt nagyszámú diverzitási index adott fajközösség diverzitását más és más oldalról mutatja be. Olyan eset is előfordulhat, hogy valamely *A* és *B* fajközösség esetén egy diverzitási index *A* diverzitását mutatja nagyobb, egy másik index *B* diverzitását (Patil – Taillie, 1979; Tóthmérész, 1997). Ez azonban viszonylag ritka eset. Általános a tapasztalat, hogy nagyszámú állat- vagy növényközösség kétféle indexszel mért diverzitása jelentős pozitív korrelációt mutat. Ez egyrészt megnyugtató körülmény, hiszen arra utal, hogy az egyik index a másik indexhez hasonlóan tudósít a fajdiverzitási viszonyokról. Ugyanakkor többféle diverzitási index alkalmazását éppen az indokolhatja, hogy azok a diverzitási viszonyokat más-más oldalról világítják meg. Az említett pozitív korreláció legfőbb oka az indexek különösen nagyfokú érzékenysége

a legnagyobb fajgyakoriság parciális (a többi gyakoriság változatlanul hagyása mellett) növelésére. Ha például parciálisan 5 %-kal növeljük egy fajközösségben a legnagyobb „2000” gyakoriságot, akkor az indexérték változásának (csökkenésének!) abszolút értéke sokszorosa annak, mint amit az ugyanezen fajközösségben észlelt „20” egyedszám 5 %-os növelése előidézt (utóbbi változás mindig pozitív). Míg tehát a diverzitási indexek (és hasonlóképpen a koncentrátsági indexek) függvényként elvileg nagyszámú gyakorisági értékre támaszkodnak, addig a gyakorlatban csupán a néhány legnagyobb gyakoriság játszik lényeges szerepet az indexérték kialakításában. A kérdéskör részletesebb elemzése az ún. indexérzékenységi vizsgálatok körébe tartozik. Ezek módszertani alapjainak megteremtése kezdetben nem vezetett eredményre. Megfelelő módszer bevezetésével az 1990-es évektől kezdődően vált lehetővé az indexérzékenység matematikai elemzése (Izsák, 1996). Az 1a és 1b ábrán a Shannon-féle diverzitási indexre vonatkozó δ_{n_i} érzékenységi értékeket mutatjuk be adott gyakoriságegyüttes n_i (illetve a szemléltetés érdekében a $\log n_i$ értékeknek) függvényé-



1. ábra • Diptera statisztika (Papp, 1992) adatain alapuló Shannon-féle diverzitásra vonatkozó érzékenységi grafikonok.

ben. Az *1a ábrán* látható érzékenységi grafikon jól mutatja, hogy a legnagyobb gyakoriság növelése a diverzitási index különösen nagymértékű változását (és pedig csökkenését) eredményezi. A legnagyobb gyakoriság és a hozzá tartozó érzékenység elhagyásával adódó *1b* ábra viszont jól mutatja, hogy az érzékenységi grafikon pozitív értéktartománybeli szakasz után maximumot ér el, majd mérsékelt, végül meredek csökkenést mutat, miközben negatív értéktartományba lép. Eközben a grafikon metszi a gyakorisági tengelyt. A metszésponthoz közeli gyakoriságot (közelítően) *neutrális gyakoriságnak* nevezhetjük, amennyiben ezen gyakoriság csekély növelése a diverzitás értékét gyakorlatilag nem befolyásolja.

A grafikon alapján azt is megállapíthatjuk, hogy az érzékenység előjelének tekintetében a gyakoriságok két tartományba sorolhatók: egyik részük csekély növelése a diverzitási index értékét növeli, másik részük esetében ugyanilyen esetben az indexérték csökken. Mindig ez utóbbi tartományhoz tartozik a legnagyobb, domináns gyakoriság. Így – legalábbis adott diverzitási indexszel kapcsolatban – a neutrális gyakoriságnál nagyobb gyakoriságokat mondhatjuk *domináns gyakoriságoknak* (Izsák – Papp, 2002).

Kapható persze az első ábrához hasonló grafikon úgy is, hogy az egyes gyakoriságokat parciálisan, csekély és azonos arányban növeljük, és újraszámolás után regisztráljuk a diverzitás értékének megváltozását. Kis gyakoriságok esetében azonban tört gyakorisági értékek adódhatnak, ami máris módszertani nehézséget jelent. Például ez a probléma, de összetettebb kérdések megválaszolásának igénye is indokolta az említett, távolabbra mutató vizsgálati módszer kidolgozását. Ilyen kérdéssel foglalkozunk röviden az alábbiakban.

Ökológiai diverzitásvizsgálatokban gyakran használják az S_m diverzitási indexcsalád tagjait. E paraméteres indexcsalád képlete:

$$S_m = \sum_{i=1}^s \left(1 - \left(1 - \frac{n_i}{n} \right)^m \right)$$

ahol n a mintaméret, azaz n_i/n az i faj relatív gyakorisága. Amennyiben az $n_1, n_2, \dots, n_s$ gyakoriságokkal rendelkező sokaságból visszatevésees eljárással m számú egyedet véletlenszerűen kiválasztunk, akkor az m elemű mintában reprezentált fajok számának várható értéke S_m . Felvethető a kérdés, hogyan befolyásolja az index-érzékenység pozitív tartományba eső lokális maximum helyét, valamint a neutrális gyakoriság értékét az m paraméter növelése. Megmutatható, hogy az m paraméter növelésekor mind a maximumhelynek megfelelő gyakoriság, mind a neutrális gyakoriság egyre kisebb lesz (Izsák, 1996). Ez a megállapítás használható az S_m indexcsalád általános statisztikai tulajdonságainak elemzésekor. Kíváncos volna hasonló vizsgálat végzése a Rényi-féle általánosított entrópiával kapcsolatban is.

A kvadratikus entrópiaindex

Első pillantásra kikezdetlennek tűnik a diverzitási indexekkel szembeni azon követelmény, hogy az index rögzített fajsám mellett egyenletes megoszlás esetében felvegye maximumát. Más azonban a helyzet akkor, ha a fajok közti eltérés különböző mértékét is figyelembe vesszük. A legegyszerűbb feltételezés természetesen az, hogy két egyed faj szerinti különbözősége 0 vagy 1 aszerint, hogy azonos vagy különböző fajhoz tartoznak. Ebben az esetben két, visszatevésees módon és találmra kiválasztott egyed különbözőségének várható értéke a fentiek szerint S_2 -nek az $n_1, n_2, \dots, n_s$ gyakoriságegyütteshez tartozó értéke, nevezetesen $2 \cdot \sum (n_i/n)^2$. Ám ha az i és j faj különbözősége valamely általános d_{ij} érték és $\Delta a(d_{ij})$, ($i = 1, 2, \dots, s, j = 1, 2, \dots, s$) mátrix, akkor a különbözőség várható értéke az $r = (n_1/n, n_2/n, \dots, n_s/n)$ vektorjelöléssel a $Q = r' \Delta r$ kvadratikus entrópia. Ezt a diverzitási indexként alkalmazható mérőszámot jóval a

klasszikus diverzitási indexek bevezetése után írták le a biometriai szakirodalomban (Rao, 1982). Az, hogy alkalmazásával a fajok közti különbségek eltérő mértékét is figyelembe vehetjük, új és egyelőre kiaknázatlan lehetőséget teremt a diverzitási (és koncentrátsági!) elemzésekben. Érdekességgént említhető, hogy az egyedek faji különbözősége egyetlen faj egyedeit tekintve sem feltétlenül 0, mert egyetlen faj egyedei között is lehetséges (például életkori) különbözőség. Szintén nem feltétlenül áll fenn két faj különbözőségének szimmetrikus volta, azaz előfordulhat, hogy $d_{ij} \neq d_{ji}$. Gondolhatunk itt például egyes fajkeresztelési eljárások sémájára, illetve eredményére. Az is előfordulhat, hogy a különbözőség mérőszáma negatív.

Figyelemreméltó körülmény, hogy adott Δ különbözőségi mátrix esetében Q általában nem egyenletes fajmegoszlás esetén veszi fel maximumát (Izsák – Szeidl, 2002; Champely – Chessel, 2002). Például 14 darufaj DNS-hibridizáción alapuló különbözőségének figyelembe vételével azt kaptuk, hogy a Q diverzitási index értéke az egyenletes megoszlást tükröző $(1/14; 1/14; \dots; 1/14)$ relatív gyakoriságegyüttes esetén csak 1,475, míg a $(0,405; 0; 0; 0,495; 0; 0; 0; 0; 0; 0,100; 0; 0; 0)$ relatív gyakoriság-együttes esetén Q értéke 2,465.

Nyilvánvaló, hogy a diverzitási indexek növelését szem előtt tartó természetvédelmi programok céljaira ilyen tulajdonságú index nem jöhet szóba. A genetikai diverzitás kérdéskörében és a populációdinamika egyes területein azonban az eredmény továbbgondolásra érdemes. Hasonló mondható el olyan pszichológiai situációban, melyben egy kísérleti személy találomra kiválasztott objektumok különbözőségének általa becsült átlagáról számol be.

A szakirodalom hatalmas anyagára tekintettel lehetetlen akár csak közelítően is teljes képet adni az ökológiában folyó diverzitási vizsgálatokról. Fokozza a nehézségeket, hogy lezárt kérdés ebben a témakörben alig van, így a korábbi eredményeket nem lehet átadni a felejtésnek. Másrészt – mint a fentiekből kitudunk – a diverzitási indexek bevezetése több kérdést vetett fel, mint amennyit megoldott. Ez azonban nem szegheti kedvét a statisztikus ökológia e szakterületét művelőknek. Nem mondhatunk le arról, hogy előrehaladjunk a fajközösségek jellemzőinek számszerűsítésében.

Kulcsszavak: *diverzitási mérőszámok, fajközösség, kvadratikuss entrópia, index-érzékenység*

IRODALOM

- Champely, Stephane – Chessel, Daniel (2002): Measuring Biological Diversity Using Euclidean Metrics. *Environmental and Ecological Statistics*. **9**, 167–177. <http://pbil.univ-lyon1.fr/R/articles/arti106.pdf>
- Egghe, Leo – Rousseau, Ronald (1991): Transfer Principles and a Classification of Concentration Measures. *Journal of the American Society for Information Science*. **42**, 479–489.
- Frígyes Ervin (2002): Struktúra – koncentráció – egyenlőtlenség. *Statisztikai Szemle*. **78**, 598–619.
- Izsák János (1996): Sensitivity Profiles of Diversity Indices. *Biometrical Journal*. **8**, 921–930.
- Izsák János (2001): *Bevezetés a biológiai diverzitás mérésének módszertanába*. Scientia, Budapest
- Izsák János – Papp László (2002): Sensitivity of Diversity Indices: A Study of Dipterous Assemblages. *Community Ecology*. **3**, 79–86.
- Izsák János – Szeidl László (2002): Quadratic Diversity: Its Maximization Can Reduce the Richness of Species. *Env. Ecol. Stat.* **9**, 423–430.
- Papp László (2002): Drosophilid Assemblages in Mountain Creek Valleys in Hungary. *Diptera: Drosophilidae I. Folia Entomologica* **53**, 139–153.
- Patil, Ganapati P. – Taillie, Charles (1979): An Overview of Diversity. In: *Ecologica in Theory and Practice*, International Co-operative Publishing House, Fairland, Maryland, 3–27.
- Rao, C. Radhakrishna (1982): Diversity and Dissimilarity Coefficients: A Unified Approach. *Theoretical Population Biology*. **21**, 24–43.
- Tóthmérész Béla (1997): *Diverzitási rendezések*. Scientia, Budapest

TOPOLÓGIAI KULCSFAJOK AZONOSÍTÁSA TÁPLÁLÉKHÁLÓZATOKBAN – EGY SZOCIOMETRIAI MÓDSZER –

Jordán Ferenc

tudományos főmunkatárs, MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete, Vácrátót
Collegium Budapest, Institute for Advanced Study – jordanf@freemail.hu

Wei-chung Liu

posztdoktori ösztöndíjas, Centre for Tropical Veterinary Medicine, University of Edinburgh, UK
W.Liu@ed.ac.uk

A természetvédelem két alapvető stratégiája a kiválasztott fajok, illetve a kijelölt élőhelyek védelme. Mindkét stratégia mellett és ellen egyaránt jelentős érveket lehet felsorakoztatni, de a hosszú ideje húzódó vita új utak keresésére is ösztökél. A napjainkban körvonalazódó, szakmailag talán legfrissebb koncepció szerint ökoszisztéma-funkciókat, általánosabban az ökoszisztémák működését kell megvédenünk. Bár az elv logikus, a konkrét teendőket meglehetősen nehéz meghatározni. A konkrét problémától függően ez jelentheti éppenséggel fajok vagy élőhelyek védelmét is, de integratív, holisztikusabb gondolati keretek között, illetve sokkal inkább funkcionális nézőpontból tekintve a problémát. Megpróbálunk bemutatni egy olyan megközelítési módot és olyan hasznosnak tűnő módszertani újításokat, melyek a fenti kereteken belül talán már a nem túl távoli jövőben is hozzájárulhatnak egy hatékonyabb természetvédelmi stratégia kialakításához.

Fajvédelmi prioritások

A fajvédelmi stratégiák leggyengébb pontja furcsa módon éppen a védendő fajok listájának megalkotása. Különböző szempontok

(esztétika, haszon, szimbolikus érték) keverednek szubjektív elemekkel; sokszor csoportérdekek döntenek el, mit „kell” védeni. Mindennek látszólag azért mégiscsak van szakmai alapja, mégpedig az az általános elv, hogy a ritka fajokat kell megvédenünk a kipusztulástól. Kimondatlan alapszabály, hogy minél ritkább egy faj, annál erősebb védelemre szorul. Ez persze adminisztratív szempontból is kényelmes hozzáállás, és ahol bürokraták hoznak szakmai döntéseket, ott nyilvánvalóan különösen preferált. Egy állatkertben „mesterséges lélegeztetőre kapcsolt” faj néhány túlélő egyedére pedig csillagászati összegeket is költhetünk. Természetesen nem nagy öröm egy faj kihalásához asszisztálni: kulturális és taxonómiai szempontok szerint ez mindenképp tragédia, esetenként komoly ökológiai problémát okozva. Azonban az esetek túlnyomó részében, amennyire ezt ma meg lehet ítélni, éppen ökológiai szempontból teljes nonszensz a ritkább fajok fokozódó védelme. Az érdekes kivételektől eltekintve, általában minél ritkább egy faj, annál észrevétlenebb maradhat kihalása. Az érdekes kivételek között meg kell említenünk például a tengerek csúcsragadozó cápafajait, melyek ma

már oly csekély egyedszámban is képesek rendkívül erőteljes közösségszabályozó szerepük betöltésére. Azonban a természetes ökoszisztémák zavartalan működésének fenntartása szempontjából legfontosabb fajok rendszerint éppen nem a legkritikábbak. A Balti-tenger esetében például a teljes életközösség számára bizonyos területeken meghatározó jelentőségű lehet egyetlen Copepoda-faj (például az *Eurytemora affinis*) szabályozott jelenléte. Ez a faj tömeges, egyedei az adófizető nagyközönség számára valószínűleg gusztustalannak tűnnek, mégis elvben ezen kellene a természetvédőknek vigyázó szemüket tartaniuk annak érdekében, hogy a legnagyobb ökológiai katasztrófákat elkerüljék. Furcsán hangzik egy tömeges faj védelme, de érdemes meggondolni, hogy ha esetleg inkább egy-egy, a kihalás szélére sodródott halfajt óvunk, könnyen azt vehetjük észre, hogy a figyelmünket elkerülő, korábban tömeges faj akár csak közepes megritkulása olyan katasztrófhhoz vezet, mely nagyságrendekkel súlyosabb, mint ami ellen addig védekeztünk.

Fontos fajok

Nehéz meghatározni, pláne számszerűsíteni, melyek a legfontosabb fajok egy élőlényközösség életében. Az ökológusok körében többé-kevésbé elfogadott az a megérzés, hogy az a faj fontosabb, melynek kihalása után jelentősebb utóhatások jelentkeznek (például másodlagos kihalás). A kaszkádszerű hatások elvben kétféle módon terjedhetnek: a kihaló élőlénynek az élettelen környezetre kifejtett tevékenységén keresztül (ezzel a továbbiakban nem foglalkozunk), illetve a korábbi interspecifikus kapcsolatrendszer sérülésén keresztül, direkt és indirekt módon. Logikusnak tűnő mérlegelés tehát, hogy a fontos fajok várhatóan a kapcsolatrendszer kritikus pozícióit foglalják el. Itt azonnal felmerül a funkcionális redundancia lehetősége: sok esetben a

kihalásnak semmilyen hatása sincs, mert más fajok képesek helyettesíteni a kihaló faj ökológiai szerepét. Valódi kulcsfajok tehát akkor várhatóak, ha az interakciós hálózat kritikus pontja egyben egy egyszemélyes funkciós csoportot alkotó faj. A kritikus hálózati pozíciók számszerűsítése megoldhatja a kulcsfajok kutatásának egyik alapproblémáját: azt, hogy a fontosság igen szubjektív fogalom, a kvantitatív vizsgálat lehetősége egyelőre szinte kizárt (Power et al., 1996). A kérdés már csak az, milyen módon tudjuk a kritikus hálózati pozíciókat elfoglaló topológiai kulcsfajokat meghatározni. A topológiai szemléletmód mellett természetesen fontos kiegészítés a rendszer dinamikai vizsgálata is: előbbi önmagában pusztán a fajközösségre-lációk közösségi dinamikára ható architektúrális kényszereit tárja fel (Jordán et al., 2002; Jordán – Scheuring, 2004).

Módszerek

Első közelítésben az interakciós hálózatban elfoglalt pozíció fontossága a szomszédok számával jellemezhető, azaz a gráfpont fokszámával (D), irányított gráfban pedig a gráfpontból kifelé (kifok, D_{out}) és a gráfpontba (befok, D_{in}) mutató élek számának összegével, az i -edik fajra: $D_i = D_{in,i} + D_{out,i}$. Ez a lehető leglokálisabb jellemzése egy gráfpontnak, ennél egy ányalattal távolabbra mutat a szomszédok közötti kapcsolatok denzitását mérő klaszterezettségi koeficiens.

A teljes interakciós hálózat jellemzésére szolgáló globális indexek két csoportba sorolhatók. Egy részük a lokális mérőszámok függvényei (például átlagos fokszám), más részük lokálisan értelmezhetetlen, emergens tulajdonság (például a fokszám eloszlása [Solé – Montoya, 2001]).

Manapság a legkülönbözőbb hálózatok esetében határozták már meg a gráfpontok fokszámának eloszlását, ezzel jellemezve például tudományos társzerzők, kölcsönható fajok, kapcsolatban álló szerverek vagy

éppen járattal összekötött repülőterek hálózatát. Különböző típusú hálózatok esetében azonban különböző mérőszámok tűnnek relevánsnak. Technológiai hálózatokban (például az Internet) az üzenet gráfpontokon át történő terjedése sok esetben független a megtett út hosszától: egy e-mail üzenetet bárhol olvasunk, ugyanaz a tartalma. Ugyanakkor az ökológiai és például a szociológiai hálózatok nagyon jellegzetes tulajdonsága a távolságfüggés. A szomszédok száma mellett tehát azok szomszédainak a száma is számít, valamint az i és j pont távolsága, illetve a köztes pontok fokszáma. A bizonyultság vizsgálata azonban nem oldódik meg a „minden mindennel összefügg” elv tudomásul vételével. A szigorúan lokális és a szigorúan globális mérőszámok közötti számszerű összefüggések azok, amelyek az ilyen hálózatokban a gráfpontok pozicionális fontosságát jellemzik. Ez felveti azt az igényt, hogy az ilyen jellegű hálózatok vizsgálatakor köztes skálájú indexet (is) használjunk (Jordán – Scheuring, 2002). Elsősorban tehát módszertani okok miatt a két tudományterület, az ökológia és a szociometria között napjainkban *ismét* egyre szorosabb a kapcsolat (McMahon et al., 2001).

Míg az ökológusok hosszú évtizedekig leginkább a konnektancia (lényegében a denzitás: a megvalósuló élek és a lehetséges összes él számának aránya) mérőszámával jellemeztek egy-egy táplálékhálózatot, a szociometriában a fenti összefüggések sokkal régebben tudatosultak (lásd Wasserman – Faust, 1994). Nem véletlen, hogy az első ökológiai alkalmazás is egy matematikus által a szociometriában bevezetett index (Harary, 1961), majd annak ökológiai adaptációja volt (Jordán et al. 1999). További köztes skálájú indexekről áttekintést nyújt Jordán és Scheuring (2004), részletesebben most csak egy, a közelmúltban bevezetett hálózati elemzés alkalmazását mutatjuk be.

A KeyPlayer index

A gráfpontok hálózatokban elfoglalt pozícióját jellemző, hagyományos szociometriai módszerek (centralitási indexek, lásd Wasserman – Faust, 1994) néha félrevezető eredményeinek hatására Stephen P. Borgatti olyan indexeket konstruált és alkalmazott (Borgatti, 2003), melyek ökológiai alkalmazhatósága komolyan megfontolandó. A kulcsjátékos-probléma (KeyPlayer – KP) szociológiai alkalmazásaira a módszertan áttekintése után visszatérünk. A KP-probléma két kérdést foglal magában (lásd még: Everett – Borgatti, 1999): (1) mely k számú gráfpontot kell törölni egy gráfból ahhoz, hogy a legjobban megsértsük a gráf összefüggőségét, azaz növeljük a komponensek számát vagy az összefüggő gráfpontok közötti átlagos távolságot (KPP-1); illetve (2) ha egy „üzenetet” kívánunk elterjeszteni a gráfban, mely k számú gráfpontból kell ahhoz azt egyidejűleg elindítani, hogy a leghamarabb eljusson a többi ponthoz (KPP-2). Bármely esetben a k számú gráfpont egy optimális kiválasztása a gráfpontok egy KP-halmazát adja meg. A gráfpontok k elemű halmazait a KeyPlayer 1.44 szoftver segítségével határozhatjuk meg az alábbiak szerint (Borgatti, 2003).

Az első probléma (KPP-1) megoldására javasolt első index (F) a ponttörlés fragmentációs hatását vizsgálja, de értéke a hasonló jellegű Hirschmann–Herfindahl-indextől eltérően nem 0 és $1-1/N$, hanem 0 és 1 közé esik:

$$F = 1 - \frac{\sum_i s_i(s_i - 1)}{N(N - 1)}$$

ahol N a gráf pontjainak száma, s_i pedig a gráfpontok száma az i -edik komponensben. F nagy értéke erősebb fragmentációt jelez. Amennyiben a komponensek száma nem növekszik a ponttörlés hatására, akkor az i és j pontpárok átlagos d_{ij} távolsága informál a hálózat összefüggőségéről az alábbi, távolságfüggő fragmentációs KP-index (F^D) szerint:

$$F^D = 1 - \frac{2 \sum_{i>j} \frac{1}{d_{ij}}}{N(N-1)}$$

Megjegyezzük: a gráfpontok pozicionális jellemzése, tehát a fajok fontosságának becslése deléciójuk hatásán alapszik, tehát a genetika mutációs logikáját követi. Az összefüggőség megszűnésének hatására fellépő végtelen távolsági értékek elkerülése érdekében a **D** távolságmátrix helyett az **R** reciproktávolság mátrix használható (ilyenkor ha *i* pontból *j* pontba nem vezet út, azaz a gráf két különböző komponensébe tartoznak, akkor távolságuk definíció szerint végtelen, melynek zéró reciprokéval már számolhatunk).

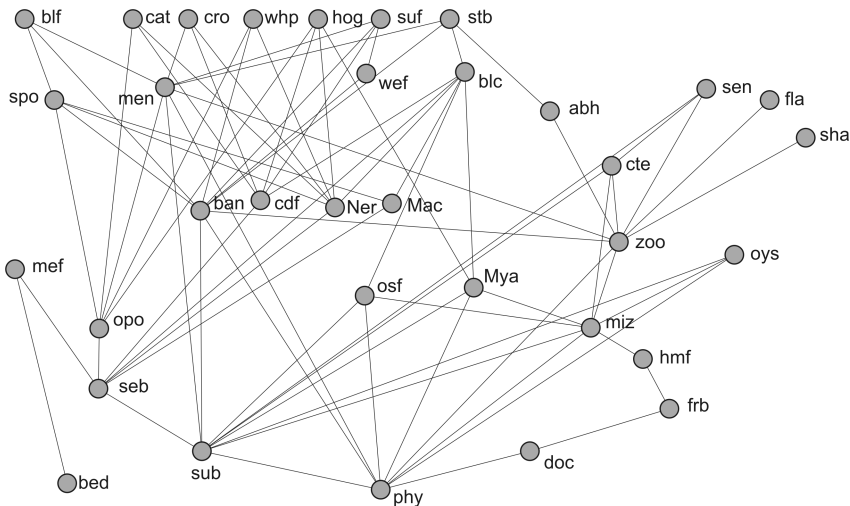
Amásodik probléma (KPP-2) az elérhetőség kétféle értékére kérdez rá. Egyrészt arra, hány gráfpont érhető el *n* távolságon belül a kiválasztott *k* számú gráfpontból (R_n^k), másrészt pedig arra, mekkora R_n^k ha figyelembe vesszük az egyes útvonalak közötti különbségeket is (tehát az úthosszal súlyozva számol):

$$R^D = \frac{\sum_i \frac{1}{d_{kj}}}{N}$$

Itt d_{kj} a *j* pont távolsága a kiválasztott pontok *k* elemű halmazától. A maximális R^D érték arra az optimális KP-halmazra adódik, melynek *k* számú gráfpontjából a legkönnyebben érhető el a többi pont.

Egy esettanulmány – illusztráció

Földünk egyik legjobban kutatott ökoszisztémája az észak-amerikai Chesapeake-öböl közepes sótartalmú, mezohalin régiója. A táplálékhálózat részletgazdag és módszertani szempontból a legszínvonalasabbak közé sorolható (1. ábra, Baird – Ulanowicz, 1989). A gráfpontok fajokat (például csíkos sügér) vagy alkalmasan definiált trofikus csoportokat (például zooplankton), a gráfélek pedig táplálkozási kapcsolatokat reprezentálnak. (A továbbiakban az egyszerűség kedvéért csak fajokról fogunk beszélni, ráadásul meg kell jegyeznünk, hogy még ennél is pontosabb len-



1. ábra • Az észak-amerikai Chesapeake-öböl táplálékhálózata (Baird – Ulanowicz, 1989 nyomán – a trofikus komponensek nevét lásd ugyanitt). A gráf irányítatlan, de konvenció szerint a magasabban fekvő pontok reprezentálják a fogyasztókat minden relációban (tehát a „bed” termelőnek, míg a „blf” csúcsragadozónak tekintendő).

ne populációkat említeni.) Kérdésünk, hogy a táplálékhálózat architektúrájának fenntartása, azaz a trofikus kölcsönhatások zavartalansága szempontjából melyik faj, illetve k elemű fajcsoport a legfontosabb. Mivel a táplálkozási kapcsolatok a különféle ökológiai kapcsolatok közül a legjelentősebbek közé tartoznak, az ily módon meghatározott fajokat *topológiai kulcsfajoknak* vagy $k > 1$ esetén *topológiai kulcsfaj-komplexeknek* fogjuk nevezni. A KPP-1 problémát az F^D az F^D indexekkel, a KPP-2 problémát az R^D index segítségével oldottuk meg. Mindhárom esetben k értéke 1-től 6-ig futott, tehát a kulcsfajkomplexek maximum hat fajt tartalmazhattak (1. táblázat).

A KPP-1 algoritmus mindig kijelöli a nyolcas számú trofikus csoportot, rendszerint a hármas társaságában (érdekes kivétel F^D esete $k = 5$ -re, itt az optimalizációs algoritmus olyan fajkombinációt talált, mely nem tartalmazza a nyolcas fajt!). A KPP-2 módszer szerint az egyedüli kulcsfaj a kettes faj, majd inkább 8 és 15 alkotja a topológiai kulcsfaj

komplexeket. A különböző elemszámú halmazok egymásba ágyazottsága F esetén a legerősebb, itt a legfontosabb n számú faj halmaza általában részhalmaza a legfontosabb m számú faj halmazának is, ha $m > n$. A további két index esetében ez a rend fellaul. A hasonló eredmények vizsgálata még folyik, de a természetvédelmi vonatkozások könnyen átláthatók: nagyobb beágyazottság esetén könnyebb védeni az ökológiai rendszert, mert a fajokat lényegében rangsorolhatjuk szerkezeti fontosságuk szerint, majd a keretek döntik el, közülük hányat tudunk védeni. Kisebb beágyazottság esetében viszont egészen más fajok védelme indokolt, ha tágabbak a (például anyagi) keretek. Jelen esetben például a kettes számú fajt csak akkor érdemes védeni, ha csak egy fajt védhetünk.

Összefoglalás

A különböző komplex rendszerek működésének megértése olyan topológiai szemléletet

	k	KP-halmaz k-ra											
KPP-1	1	8										F	0,171
	2	8 3										F	0,324
	3	8 3 33										F	0,419
	4	8 1 2 7										F	0,506
	5	8 3 1 2 7										F	0,545
	6	8 3 1 2 7 19										F	0,586
	1	8										F ^D	0,596
	2	8 3										F ^D	0,643
	3	8 3 22										F ^D	0,667
	4	8 1 2 7										F ^D	0,69
	5	3 22 12 19 23										F ^D	0,767
	6	8 3 1 2 7 19										F ^D	0,803
KPP-2	1	2										R ^D	0,642
	2	8 15										R ^D	0,77
	3	8 14 19										R ^D	0,858
	4	8 1 3 22										R ^D	0,912
	5	8 15 1 3 22										R ^D	0,956
	6	8 15 1 3 22 6										R ^D	0,985

1. táblázat • A KPP-1 és KPP-2 problémák megoldásai minden $k = 1 \dots 6$ -ra.

A táblázat mutatja a KP-halmazok elemeit és F , F^D , valamint R^D értékeit.

igényel, melyben nem kizárólag lokális avagy kizárólag globális tulajdonságok dominálnak, hanem bizonyos határokon belül érvényesülő indirekt oksági kapcsolatok is (László, 2004). Ezek jelentőségének felismerése kulcskérdés, mind a társadalmi, mind a természettudományos alkalmazások szempontjából.

A szociológusok és matematikusok által nemrég kidolgozott, és újabban biológusok által alkalmazott KP-indexek korábbi szociológiai alkalmazásai közül említést érdemel például a kulcsszemélyek azonosítása terroristahálózatokban, vagy a járványtani szempontból kritikus személyek meghatározása egy Puerto Ricó-i drogfüggő közösség kapcsolathálózatában. Az ökológia és a természetvédelem számára a módszer a kulcsfajkomplexek azonosítása (vö. Daily et al., 1993), illetve a sokfajú, közösségi kontextusba helyezett természetvédelem (May et al., 1979) koncepcionális és módszertani fejlődése szempontjából is hozhat jelentős újítást. A különböző KP-halmazok egymásba ágyazottságának kérdése izgalmas

problémákat feszeget a fajlistákon alapuló természetvédelem számára is. A legfontosabbnak vélt faj megóvása elvben szuboptimális is lehet, ha kettő vagy több más fajt is védhetünk. Másrészt néha elegendő kevesebb, de alkalmasan kiválasztott fajt védeni. A fajdiverzitás esetleg jelentősebb csökkenése éppenséggel jelentheti a funkcionális diverzitás enyhébb csökkenését is, a jelenleg ismert diverzitás-ökoszisztéma funkció összefüggések alapján. Ha a taxonómusok többsége erről talán nehezen is győzhető meg, esetenként ökológiai és természetvédelmi szempontból egyaránt ez lehet a kívánatosabb megoldás. Csakúgy, mint ahogy egy humán közösség zavartalan élete szempontjából nem feltétlenül számít néhány egyed kiválása, a természetvédelem fókuszában sem a fajok vagy élőhelyük védelme kellene hogy legyen, hanem az ökoszisztémák zavartalan működésének védelme.

Kulcsszavak: *táplálékhálózat, gráf, szociometria, kulcsfaj, topológia.*

IRODALOM

- Baird, Daniel – Ulanowicz, Robert E. (1989): The Seasonal Dynamics of the Chesapeake Bay Ecosystem. *Ecological Monographs*. **59**, 329–364.
- Borgatti, Stephen P. (2003): the Key Player Problem. In: Breiger, Ronald – Carley, K. – Pattison, P. (eds.) *Dynamic Social Network Modeling and Analysis*. Committee On Human Factors, National Research Council. 241–255.
- Daily, Gretchen C. – Ehrlich, P. R. – Haddad, N. M. (1993): Double Keystone Bird in A Keystone Species Complex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. **90**, 592–594.
- Everett, Martin G. – Borgatti, Stephen P. (1999): The Centrality of Groups and Classes. *Journal Of Mathematical Sociology*. **23**, 181–201.
- Harary, Frank (1961): Who Eats Whom? General Systems. **6**, 41–44.
- Jordán Ferenc – Takács-Sánta A. – Molnár I. (1999): A Reliability Theoretical Quest For Keystones. *Oikos*. **86**, 453–462.
- Jordán Ferenc – Scheuring István (2002): Searching For Keystones in Ecological Networks. *Oikos*. **99**, 607–612.
- Jordán Ferenc – Scheuring I. – Vida G. (2002): Species Position and Extinction Dynamics in Simple Food Webs. *Journal of Theoretical Biology*. **215**, 441–448.
- Jordán Ferenc – Scheuring István (2004): Network Ecology: Topological Constraints on Ecosystems Dynamics. *Physics of Life Reviews*. **1**, 139–172.
- László Ervin (2004): Nonlocal Coherence in the Living World. *Ecological Complexity*. **1**, 7–15.
- May, Robert M. – Beddington, J. R. – Clark, C. W. – Holt, S. J. – Laws, R. M. (1979): Management of Multispecies Fisheries. *Science*. **205**, 267–277.
- McMahon, Sean M. – Miller, K. H. – Drake, J. (2001): Networking Tips for Social Scientists and Ecologists. *Science*. **293**, 1604–1605. <http://online.sfsu.edu/~webhead/scipersp.pdf>
- Power, Mary E. – Tilman, D. – Estes, J. A. – Menge, B. A. – Bond, W. J. – Mills, L. S. – Daily, G. – Castilla, J. C. – Lubchenco, J. – Paine, R. T. (1996): Challenges in the Quest For Keystones. *Bioscience*. **46**, 609–620.
- Solé, Ricard V. – Montoya, José M. (2001). Complexity and Fragility in Ecological Networks. *Proceedings of the Royal Society, London, Series B*. **268**, 2039–2045.
- Wassermann, Stanley – Faust, Katherine (1994). *Social Network Analysis*. Cambridge University Press, Cambridge

POPULÁCIÓ-REGULÁCIÓ ÉS NICHE

Meszéna Géza

egyetemi docens, ELTE Biológiai Fizika Tanszék
geza.meszena@elte.hu

A *niche* (ökológiai fülke) az ökológia gyakran bizonytalan körvonalúnak és bizonytalan létjogosultságúnak érzett kulcsfogalma. Talán nem tévedünk nagyot, ha a következő két homályos állításban foglaljuk össze azt a képet, amit a szó kezdettől fogva megjeleníteni hivatott:

- A fajok felosztják egymás között az ökológiai szerepek, lehetőségek terét – a niche teret –, és elfoglalják a maguk fülkéjét, niche-ét.
- Talán épp azért élhetnek együtt békében, s nem darwini háborúban, mert felosztták maguk között ezt a teret.

De ha elégedetlenek vagyunk az efféle képes beszéddel, akkor kérdeznünk kell. Mi is az pontosan, amit fel kell osztani? Mi a pontos kapcsolat a felosztás és az együttélés között?

Az ökológiai fogalmak bizonytalansága szorosan összefügg a matematikai modellezés bizonytalan helyzetével az ökológiában. Kétféle ökológiai modellt szokás megkülönböztetni (Czárán, 1998, xii.). A *taktikai* modell egy konkrét ökológiai szituációt igyekszik minél pontosabban leírni. Ekkor értelemszerűen nem cél a konkrétumon túlmenő általánosság. Ezzel szemben a *stratégiai* modell lényegkiemelésre hivatott. Erősen egyszerűsítő modellek ezek, nincsen bennük más, mint amit alkotójuk a jelenség lényegének gondol. De honnan tudhatnánk, hogy valóban ez a lényeg? Magából a lényegkifejező modelltől biztosan nem. Így azután sem az egyik, sem a másik modellezési mód nem

igazít el igazán bennünket abban, szabad-e remélnünk általános képek érvényességét az ökológiai valóság kavalkádjában. Ha például a niche fentebb homályosan megfogalmazott fogalma hozzákapcsolódik egy konkrét stratégiai modellhez (ez a jól ismert Lotka–Volterra kompetíciós modell), akkor ezen igen egyszerű modell feltevéseivel kapcsolatos minden kétség megkérdőjelezi a fogalom és a hozzá kapcsolódó kép érvényességét is.

Jelen szerző abban bízik, hogy az ökológiában is lehetőség van elegendően általános matematikai elméletek megalkotására. Kollégáival együtt javaslatot tett a fajok együttélési feltételének ilyen igényű megfogalmazására (Gyllenberg – Mészéna, 2004; további tanulmányok elbírálás alatt). A jelen írás arra vállalkozik, hogy szembenézzen azzal a kérdéssel, mit is jelent ez az elmélet a nichefogalom vonatkozásában.

Malthus – Darwin – Gause

Egy elegendően robusztus elmélet érdekében elegendően robusztus gondolatokból kell kiindulnunk. Indulunk tehát a kályhától, az élőlények szaporodóképességétől.

A szaporodóképesség közvetlen következménye az a Robert Malthustól származó felismerés (Malthus, 1798), miszerint egy populáció alapesetben exponenciálisan (régibbi szóhasználat: mértani haladvány szerint) szaporodik. Ma már matematikailag is teljesen világosan látjuk, hogy az exponenciális növekedés tényén semmi más nem

változtathat, mint az, ha a növekedés korlátba ütközik, azaz ha maga a létszámnövekedés valamilyen úton-módon lelassítja, megállítja a növekedést. Nem számít, mennyire bonyolult, térben-időben heterogén körülmények között nő a populáció, e „populáció-regulációnak” nevezett visszacsatolás nélkül – hosszabb távon – exponenciálisan fog nőni – vagy persze csökkenni.

Természetesen nem sok exponenciálisan növekvő populációt látunk magunk körül. Olyan ez, mint a tehetetlenségi mozgás a mechanikában: nem túl sok erőmentes tárgyat figyelhetünk meg magunk körül, amint éppen egyenes vonalú egyenletes mozgást végeznek. Mégis tudjuk, hogy az egyenes vonalú egyenletes mozgás a referenciaeset, s mindig azt kell kérdezni: mi az az erő, ami a megfigyelt objektumot eltéríti ettől a mozgástól? Az analóg ökológiai kérdés: mi az a reguláció, amely a populációt az exponenciális növekedéstől eltéríti? (Idézet Charles Darwintól: „Nézzünk meg egy növényt elterjedésének középső területén: vajon miért nincs belőle kétszer vagy négyszer annyi?” [Darwin, 2001, 71.]

Az exponenciális növekedés mint nullhipotézis a növényökológus számára egyébként nehezebb absztrakció, mint az állatökológiában. A növények egyik legfontosabb növekedési korlátja a fizikai tér: adott területen csak adott számú növény fér el. Nem könnyű magunkat rávenni annak kijelentésére, hogy a növénypopulációnk exponenciálisan nőne, ha a térbeli korlát nem létezne. De azért nem rosszabb ez annál, mint amikor egy ugráló ember szívének tömegközéppontjáról azt gondoljuk, hogy tehetetlenségi mozgást végezne, ha nem lenne az ugráló ember mellkasába rögzítve.

A természetes szelekció darwini elméletét az exponenciális növekedés malthusi képe sugalmazta (Darwin, i. m. 61.). Ha a populációk alapesetben exponenciálisan nőnek, akkor elkerülhetetlen, hogy elég hamar

beleütközzenek szaporodásuk valamilyen korlátjába. Ha beleütköznek, akkor az élet többé nem „habostorta”, hanem kemény küzdelem a létért. S ebben a küzdelemben el is lehet bukni. Ahol a győztes jutalma a nulla növekedés, ott a vesztesé a negatív növekedés, vagyis az exponenciális kihalás.

Darwin csírájában világosan értette azt is, amit ma a niche-folklor alapvető elemének tekintünk: hasonló fajok között erősebb a verseny, hiszen ők ugyanabba a szaporodási korlátba ütköznek (Darwin, i. m. 70.). A 20. században már a kompetitív kizárás elvének vagy Gause-elvnek nevezik lényegében ugyanennek egy kicsit erősebb megfogalmazását. (Georgij Francsevics Gause kísérleteivel érdemelte ki a névadó szerepét.) Az elv Garrett Hardin (1960) bevallottan pontatlan megfogalmazását idézve így szól: fajok együttélésének szükséges feltétele az ökológiai differenciálódás. Ez az az alapkép, amelyet pontosítanunk és formalizálnunk kell.

Kompetíció, reguláció és niche-tér

A kompetíció szónál meg kell állnunk egy pillanatra. A kifejezés Darwinnál még a „versenyben lét” általános fogalmát takarta, a „létért való küzdelemmel” egy sorban. A modern ökológiai irodalomban viszont általában az „erőforrásért való versengés” sokkal specifikusabb értelmében szerepel. A két jelentésáramlat összemosódása vezet ahhoz a véleményhez (lásd például Begon et al., 1996, 265.), amely a kompetitív kizárás elvét az erőforrás-kompetíció specifikus ökológiai szituációjára korlátozza. Ez egy félrevezető gondolat. A dolgok logikája szerint a „kompetitív kizárás” szókapcsolatban a kompetíció a széles, darwini értelemben szerepel.

Az erőforrások korlátozott volta kétségtelenül a legtöbbet emlegetett, és valószínűleg valóban legfontosabb szaporodási korlát. De sok minden más is korlátozhatja a növekedést. A második legfontosabb

példa talán a predáció: a megnövekedett létszámú populáción elszaporodhatnak ragadozóik, megnövelve a populáció egy egyedére eső predációs halálozási rátát. A két eset között nincs principális különbség: minden populáció beleütközik *valamilyen* szaporodási korlátba, s az együttéléshez különböző korlátokba kell ütközni, bármik legyenek is azok.

Külön kell szólnunk azokról a fajokról, amelyek a környezet változékonyságának köszönhetik megélhetésüket. A ruderalis növények bárhol, bármilyen szituációban elveszítik a versenyt a helyi kompetíciót jobban tűrő versenytársaikkal szemben. Fennmaradásukat annak köszönhetik, hogy a környezetben hol itt, hol ott – valamilyen lokális katasztrófa következtében – megjelennek üres élőhelyek, amelyeket ők foglalnak el először – hogy azután onnét ismét kiszoruljanak. A ruderalis fajok növekedési korlátja tehát az üres élőhelyek korlátozott száma. S bár a ruderalisokat – lokális viselkedésük alapján – gyenge kompetitorokként tartja számon a szakma, a szó darwini értelmében vett kompetíciót mégiscsak meg kell nyerniük – saját versenyszámukban persze, tehát más ruderalisokkal összevetve. A környezet nem-egyensúlyi mivolta tehát jócskán szaporíthatja a növekedési korlátokat, s így nagymértékben hozzájárulhat a biológiai diverzitáshoz. Nem ad azonban felmentést a kompetitív kizárás, a különböző korlátokba ütközés elve alól.

Reguláló változónak (Krebs, 2001, 288.) fogjuk nevezni azokat a környezeti változókat, amelyeken keresztül a populáció-reguláció visszacsatolása működik: tápanyag-koncentrációk, predációs nyomások stb. Nem reguláló változó viszont az olysfajta, a visszacsatoló hurokban benne nem lévő, „külső” paraméter, mint a hőmérséklet. A hideg természetesen növelheti a halálozási rátát és csökkentheti a születéseket, ezzel tehát lassíthatja, vagy fogyásba fordíthatja a populáció

növekedését. De a populáció növekedésétől (általában) nem lesz hidegebb: ha a populáció egy adott hőmérsékleten nő, akkor – növekedési korlát hiányában – ez így is marad. Az már más kérdés, hogy az alacsony hőmérséklet csökkentheti a populáció – például tápanyag-limitáció miatt beálló – egyensúlyi létszámát: hidegben több táplálékra van szükség a populáció szinten tartásához.

Ezen a ponton meg tudjuk mondani, mit is kell felosztani. Ha az együttélés feltétele az, hogy a fajok különböző szaporodási korlátokba ütközzenek, akkor e korlátok, vagy ha úgy tetszik, a reguláló változók összessége, halmaza az, amit niche-térnek kell tekinteni. Általánosságban *ezt* a teret kell a fajoknak felosztaniuk.

„Lakcím” és „foglalkozás”

Nyilván két alapmódja van az ökológiai elkülönülésnek, a különböző növekedési korlátokba ütközésnek:

- Különböző helyen élő populációk nyilván nem egymás rovására élnek. S akkor nem élnek egy helyen, ha különbözőnek környezeti igényeikben.
- De ütközhetnek különböző növekedési korlátokba, például lehetnek különböző erőforrások által reguláltak az azonos helyen élő populációk is.

Ennek megfelelően tehát a faj elhelyezkedését az ökológiai térben „lakcímével” (address) és „foglalkozásával” (profession) együtt jellemezhetjük (Miller, 1967).

A lakcímet ökológiailag releváns módon természetesen nem a földrajzi koordinátákkal, hanem a faj megélhetését lehetővé tevő környezeti paraméterek, kondíciók specifikálásával lehet megadni. Ha egy faj egy adott hőmérséklet-tartományban életképes, akkor ez megfelel a tengerszint feletti magasság egy – a földrajzi szélességtől is függő – tartományának. A lakcím-niche lényege tehát egy kapcsolat a környezeti kondíciók tere és a topológiai tér között.

Ha tehát a felosztásra váró niche-tér nem más, mint a növekedési korlátok – azaz a reguláló tényezők – halmaza, akkor ezen tényezőket is lakcím és foglalkozás szerint kell számon tartani. Madarak táplálékául szolgáló magokat meg kell különböztetnünk mind méretük (foglalkozás), mind előfordulásuk helye, ill. az annak megfelelő környezeti kondíciók (lakcím) szerint. Egy adott hőmérsékleten életképes, adott méretű magokat fogyasztani képes madárpopulációt az adott hőmérséklet alatt előforduló, adott méretű magok mennyisége regulálja. Ha egy másik madárfaj akár csörméretében (amely megfelel a fogyasztott magok méretének), akár hőmérsékletigényében (amely meghatározza elterjedési területét) különbözik, akkor olyan magok fognak a rendelkezésére állni, amelyet az első fajunk nem fogyaszt – elkerülük tehát a versenyt, és együtt élhetnek.

Talán semmi nem okozott annyi konfúziót a niche fogalmával kapcsolatban, mint a lakcím- és foglalkozás-niche közötti különbség. A fogalom bevezetői közül Joseph Grinnel elsősorban az előbbi, míg Charles Elton (1927) elsősorban az utóbbi jelentést hangsúlyozta. Richard S. Miller (1967) mondta ki világosan a különbséget, és vezette be a „lakcím” és „foglalkozás” terminológiát. George Evelyn Hutchinson a „niche-tengelyek” szintjén tette meg a megfelelő megkülönböztetést – lásd alább. Azóta viszont egyre nagyobb a zavar a szóhasználatban.

A kettő közül a lakcím-niche empirikusan egyszerűen vizsgálható: meg kell nézni, milyen körülmények között életképes a faj, s ehhez nem szükséges azzal foglalkoznunk, mi is regulálja a populációt. Modellezni viszont a foglalkozás-niche-t egyszerűbb, mert nem kell a topográfiai térben való kiterjedéssel bajlódni. (Léteznek azért modellek a lakcím szegregáció leírására is: Czárán, 1989; Mizera – Mészéna, 2003) Így azután hol csak az egyik, hol csak a másik niche-fogalom fordul elő – ráadásul az egyik az elméletben,

míg a másik az empiriában – s majdnem mindig „a” niche fogalmaként.

A lakcím-niche kontextusában szokás beszélni a fundamentális és a realizált niche megkülönböztetéséről. Az első a környezeti követelmények azon tartományát jelenti, ahol a faj életképes, míg a második azt a szűkebbet, ahonnan a kompetitorok nem szorítják ki. (E vonatkozásban az egyedek mozgékonyaságáról, vagyis arról, hogy olyan területeken is jelen lehetnek, ahol nem tudják magukat újratermelni, általában eltekintenek.) Bizonyára nem lenne akadály a megfelelő modellkontextusban – feltenni az analóg kérdést a foglalkozás-niche vonatkozásában.

A foglalkozás-niche elválaszthatatlan a kompetitív kizárási problematikától: mindig is az erőforrás-felosztás kontextusában szólnak erről a fajta niche-fogalomról. Nem így a lakcím-niche; hogy egy faj milyen környezeti körülmények között él meg, a Gause-elvre való hivatkozás nélkül is elmondható. Kőszeghy Kolos (2004) vezeti be következetesen ezt a fajta niche-fogalmat. A tisztán a környezeti követelmények terében elhatárolt niche-nek az eredeti „mindenkinek saját fülke” képhez már nem lesz köze: természetesen egynél több faj is megélhet ugyanazon környezeti feltételek mellett. Michael Begon, John Harper és Colin Townsend (i. m. 87.) először tisztán a környezeti követelmények alapján vezetik be a niche fogalmát, majd egy másik fejezetben (130. oldal) úgy találják, hogy a fogalom az erőforrások kontextusában az igazán erős. Itt tehát képzavarral állunk szemben.

Így keletkezik a mítosz, hogy a niche érthetetlenül kusza fogalom. Pedig valaha – ha intuitív kontextusban is – értették.

Diszkrét és folytonos niche-tér

Az ökológiai szituációtól függően a megkülönböztethető reguláló tényezők száma lehet sok is, kevés is. Speciális esetekben

a populációt egy-két-három különböző erőforrás regulálja – például foszfát és nitrát egy tóban. Ekkor az együtt élő fajok ezt az egy-két-három erőforrást oszthatják fel egymás között. Vagyis a felosztandó „niche-tér” nem más, mint az erőforrások egy-két-három elemű halmaza. Hasonlóképpen, ha néhány különböző élőhely alkotja az osztozkodás tárgyát, akkor ez a véges halmaz a niche-tér.

A reguláló tényezők azonban sokszor egy folytonos sokaságot alkotnak. Erőforrások esetén az alappélda a versengő madárpopulációk által fogyasztott magok méretének folytonos skálája. Ezt a foglalkozás- (Hutchinson kifejezésével: bionomic) „niche-tengelyt” kell a madárfajoknak egymás között felosztaniuk. A lakcím- (scenopoetic) niche-tengely alapese a környezeti gradiens mentén változó környezeti paraméter. A hegyen felfelé folyamatosan csökken a hőmérséklet, és ezt a hőmérsékletskálát osztják fel egymás között a különböző fajok.

A folytonos változók által kifizített niche-tér hutchinsoni képe (1978) olyannyira mélyen beivódott az ökológiai kultúrába, hogy szinte abszurdnak hat egy néhány elemű halmazt niche-témek nevezni. Mégiscsak ez a jó választás, ha a lényegert nézzük. Van alapvető biológiai különbség aközött, amikor néhány fajta magon kell osztozkodni, és aközött, amikor a magok egy kontinuumát kell felosztani? Nyilván nincs túl sok. A biológiaiag értelmes fogalom rendkívül egyszerű és általános: a niche-tér az, amit fel kell osztani. Ez lehet diszkrét és lehet folytonos.

S persze, az ilyen általános értelemben vett niche-tér lehet valami sokkal komplikáltabb is, mint néhány „niche-tengely” által meghatározott folytonos tér. Gondoljunk bele, milyen bonyolult felosztanivalót jelent egy térben-időben heterogén világ. De ezt inkább hagyjuk is most...

Temészetesen nem élhet több faj együtt, mint a niche-tér pontjainak száma – azaz az erőforrások száma, ha erőforrás-kompetí-

cióról beszélünk. Ha több élne, nem jutna mindegyiknek más növekedési korlát. Mivel a kompetitív kizárás jelenségének ez a legegyszerűbb esete (és az egyetlen esete, amelynek a matematikája régóta világos), sok helyen a kompetitív kizárás kimondottan ezt a korlátot jelenti.

Az nyilván lehetséges, hogy kevesebb faj él együtt, mint a niche-tér pontjainak száma. Folytonos niche-tér esetén ez a szám egyébként is végtelen.

Niche mint halmaz és mint erőforrás-hasznosítási függvény

Eddig arról esett szó, hogy mi az a tér, amit a fajok felosztanak egymás között. De mit is jelent, hogy felosztják egymás között?

Mivel egy fajhoz a niche-tér több pontja tartozhat, a faj niche-ének e pontok – vagyis az öt reguláló tényezők – halmazát tekinthetjük. Minden alapvető ökológiakönyvben megtalálható az az ábra, amely a niche ezen „halmaz” interpretációját reprezentálja a hutchinsoni folytonos niche-tér kontextusában. A szokásos állítás az, hogy két együtt élő faj niche-e nem eshet pontosan egybe.

A halmaz-niche kép azonban pontosításra szorul. Valószínűtlen, hogy egyszerű választ lehetne adni arra, hogy egy adott erőforrás az adott fajt regulálja vagy sem, azaz hogy eleme-e a faj niche-ének. A niche-szegregáció szokásos Lotka–Volterra-modelljében – amely egy erőforrás-tulajdonság jellegű niche-tengely felosztásáról szól – egy faj niche-e az „erőforrás-hasznosítási függvényével” adott. Ez a függvény specifikálja, milyen mértékben hasznosítja a faj a különböző erőforrásokat. Az így megadott niche határa nem olyan éles, mint a halmaz-niche esetén: a faj a számára egyre kevésbé alkalmas erőforrásokat egyre kevésbé hasznosítja, azok egyre kisebb mértékben részei a faj niche-ének. Azért persze a halmaz-niche és a függvény-niche közel azonos biológiai tartalmat fejez ki: a niche-tér felosztását.

Az erőforrás-hasznosítási függvénnyel egy baj van: fenomenologikusan bevezetett fogalom, nem tudható pontosan, mit jelent egy adott ökológiai szituációban. A Lotka–Volterra-kompetíciós modellben *feltételezzük*, hogy két adott faj közötti kompetíció arányos a két erőforrás-hasznosítási függvény „átfedési integráljával”. Noha ez a matematikai feltevés egy józan biológiai intuíciót fejez ki, pontos érvényességét semmi sem garantálja. S mint stratégiai modell, nem is való arra, hogy a valósággal való kvantitatív egyezést várjunk tőle.

Impakt és szenzitivitás

A következő két kérdés (v. ö. Chase – Leibold, 2003) minden ökológiai szituációban felvethető:

- Mennyivel változik egy adott faj növekedési rátája, ha az egyik reguláló változó értékét kismértékben megváltoztatjuk? Nevezük ezt a megváltozást az adott fajnak a szóban forgó reguláló tényezőre való érzékenységének, szenzitivitásának.
- Mennyivel változik a vizsgált reguláló változó értéke, ha egy adott faj létszámát kismértékben megváltoztatjuk? Nevezük ezt a megváltozást az adott fajnak a vizsgált reguláló tényezőre vonatkozó impaktjának.

Egy térben, időben heterogén szituációban ennél kissé pontosabb előírásra lenne szükség, de ezt itt nem részletezhetjük. A lényeg, hogy bármelyik faj szerepe jellemezhető azaz, ha megadjuk minden reguláló tényezőre vonatkozó impaktját és szenzitivitását.

Az impakt és szenzitivitás fogalma az erőforrás-hasznosítási függvény általánosítása – pontosítása. Természetesen egy faj nagyjából azokat az erőforrásokat terheli, és nagyjából azoktól függ, amelyeket fogyaszt, hasznosít. Annyi a különbség, hogy az impakt és a szenzitivitás pontosan és általánosan definiált fogalmak. Egy faj niche-ét pontosan azzal határolhatjuk körül, ha megadjuk a rá

vonatkozó impakt- és szenzitivitás-függvényeket.

Szabályozott együttélés

Eddig arról beszéltünk, hogy mit is osztunk fel, és hogyan adjuk meg ezt a felosztást. De mire is jó mindez? Mi a pontos kapcsolat a niche-tér felosztása és az együttélés között?

Másképpen fogalmazva: mekkora átfedés engedhető meg a niche-ek között? „Korlátozott hasonlóság” az elnevezése a kompetitív kizárási elv azon finomításának, amely szerint az együttélés megkíván egy meghatározott mértékű minimális különbséget a fajok között. Mi ez a minimális különbség? Nagyjából azt gondoljuk, hogy az erőforrás-hasznosítási függvény szélessége, azaz a „niche-szélesség” szabja meg ezt a minimális különbséget. A pontosítási-általánosítási kísérletek azonban eredménytelenül végződtek: minden modellben más minimum adódik (Abrams, 1983). Ez a kudarc is hozzájárult a „kompetíciós elmélet” háttérbe szorulásához (Rosenzweig, 1995. 127.).

De ha jobban belegondolunk, akkor triviális, hogy nem létezhet a hasonlóságnak egy modellfüggetlen alsó korlátja. Eleve pontosítanunk kell már az eredeti állítást is, miszerint az ugyanazon növekedési körletben ütköző fajok nem élhetnek együtt. Bizony élhetnek együtt, ha éppen azonos mértékben sikeresek. Két faj relatív előnye-hátránya függ a környezeti feltételektől, tehát a környezeti paramétereknek lehet olyan kombinációja, amely mellett a két faj niche-szegregáció nélkül is élhet együtt. De ehhez valószínűtlen szerencsájuknak kellene lenniük, s a legkisebb környezeti változás lerombolná az együttélést. Nem az tehát a jó kérdés, mikor élhetnek együtt egy meghatározott csoport fajai, hanem az, hogy mikor élhetnek együtt valószínűtlen szerencse, a paraméterek finomhangolása nélkül. Akkor lehet robusztusan – tehát a paraméterekre való túlzott érzékenység nélkül – együtt élni, ha

léteznek olyan visszacsatolások (regulációk), amelyek a fitnesskülönbségeket a paraméterek egy széles tartományában semlegesítik. Erőforrások felosztása esetén jól ismert, hogy az ilyen – szabályozott – együttélés feltétele, hogy a fajok közötti kompetíciónak kisebbnek kell lennie, mint a fajokon belülinek. Ily módon, ha egy faj valamilyen előnyre tesz szert, és kezd másokat kiszorítani, akkor létszámának növekedése nagyobb hátrányt okoz saját magának, mint a társulás más tagjainak. Ezen a módon a létszámnövekedés egy visszacsatoló mechanizmus keretében kompenzálja az eredeti perturbáció hatását, s a társulás újra stabilizálódik kissé megváltozott létszámarányok mellett.

Elmondható ugyanez általánosságban is, azaz az erőforrás-hasznosítási függvény fenomenologikus fogalma nélkül is. Ahhoz, hogy a megfelelő szabályozómechanizmus működjön, arra van szükség, hogy a fajoknak különbözniük kell a reguláló tényezőkhez való viszonyukban, azaz mind az impakt niche-ükben, mind a szenzitivitás niche-ükben. Ha nem különböznek, akkor a szabályozómechanizmus nem lesz képes specifikusan annak a fajnak a növekedését lassítani, amelyik előnyre tett szert. S ha nem

képes, akkor a legkisebb előny is kompetitív kizáráshoz vezet. Ha a különbség kicsi, akkor a szabályozás gyenge, azaz csak a paraméterek egy szűk tartományában képes a fitnesskülönbségeket kiegyenlíteni. Minél kisebb a niche-különbség, annál szűkebb az együttélést lehetővé tevő paraméter-tartomány. S ezek már teljesen általános és pontosan bizonyítható állítások.

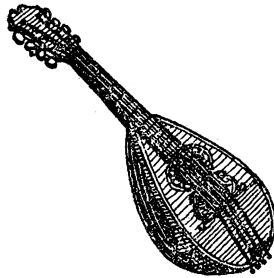
Nincs tehát a hasonlóságnak abszolút korlátja: hasonló fajok együttélése nem lehetetlen, csak valószínűtlen. Nyilván csak egy konkrét taktikai modell esetében számítható ki pontosan, hogy adott ökológiai különbség mennyire robusztus, mennyire valószínű együttélést tesz lehetővé. De a kép általános és matematikailag pontosan alátámasztható: túlzottan hasonló fajok együttélése valószínűtlen. S hogy mi a túlzott hasonlóság, azt az impakt- és a szenzitivitás-függvények átfedése szabja meg. Azaz, „ökölszabályként” mégiscsak elmondhatjuk: nagyjából a niche-szélességek szabják meg az együttéléshez minimálisan szükséges különbségeket.

Kulcsszavak: *kompetíció, Gause-elv, populáció-reguláció, niche*

IRODALOM

- Abrams, Peter A. (1983): The Theory of Limiting Similarity. *Annual Review of Ecology and Systematics*. **14**, 359–376.
- Begon, Michael E. – Harper, L. John – Townstead, Colin. R (1996): *Ecology*. Blackwell Science Publisher, London
- Chase, Jonathan M. – Leibold, A. Mathew (2003): *Ecological Niches: Linking Classical and Contemporary Approaches*. The University of Chicago Press, Chicago
- Czárán Tamás (1989): Coexistence of Competing Populations Along an Environmental Gradient: A Simulation Study. *Coenoses*. **4**, 113–120.
- Czárán Tamás (1998): *Spatiotemporal Models of Population and Community Dynamics*. Population and Community Biology series. Chapman & Hall, London
- Darwin, Charles (2001): *A fajok eredete*. Typotex Elektronikus Kiadó Kft.
- Elton, Charles (1927): *Animal Ecology*. Sidwick and Jackson, London
- Gyllenberg, Mats – Meszéna Géza (2005): On the Impossibility of Coexistence of Infinitely Many Strategies. *Journal of Mathematical Biology* (megjelenés alatt) <http://angel.elte.hu/~geza/GyllenbergMeszena.pdf>. **50**, 133–160.
- Hardin, Garrett (1960): Competitive Exclusion. *Science*. **131**, 1292–97.
- Huston, Michael A. (1979): A General Hypothesis of Species Diversity. *American Naturalist*. **113**, 81–101.
- Hutchinson, George Evelyn (1978): *An introduction to population ecology*. Yale University Press, New Haven
- Kőszeghy Kolos (2004): *Az ökológiai niche fogalmának egy operatív formalizálása: a niche egzisztencia-tartomány értelmezése*. ELTE diplomamunka

- Krebs, Charles J. (2001): *Ecology. The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. Benjamin Cummings, San Francisco, California
- Malthus, Thomas (1789): *An Essay on the Principle of Population*. London, printed for J. Johnson in St. Paul's church-yard. <http://www.ac.wvu.edu/~stephan/malthus/malthus.0.html>
- Miller, Richard S. (1967) Pattern and Process in Competition. *Advanced Ecological Research*. **4**, 1–74.
- Mizera Ferenc – Meszéna Géza (2003): Spatial Niche Packing, Character Displacement and Adaptive Speciation Along an Environmental Gradient. *Evolutionary Ecology Research*. **5**, 363–382.
- Rosenzweig, Michael R. (1995) *Species Diversity in Space and Time*. Cambridge University Press, Cambridge



A MOLEKULÁRIS BIOLÓGIA ISMERETÁBRÁZOLÁSI PROBLÉMÁI

Pongor Sándor

a biológiai tudomány doktora, MTA Biológiai Központ, Szeged
International Centre of Genetic Engineering and Biotechnology, Trieste
pongor@icgeb.org

Az elmúlt évtized leglátványosabb fejlődése kétségtelenül a számítógéptudományok és a biotechnológia területén zajlott le. Nem meglepő, hogy megjelentek a biológiai információ kezelésének sajátos számítógépes közelítései is, melyeket ma együttesen *bioinformatikának* szokás nevezni. Ennek a szakterületnek alig tíz-tizenöt év alatt tekintélyes önálló intézményei, folyóiratai létesültek, az egyetemek többségén tantárgyként vagy önálló szakként oktatják, évente több kongresszust rendeznek a témában, és sorra jelennek meg a bioinformatikai tankönyvek is.¹ A bioinformatika fogalma azonban nem írható körül módszertani alapon, már csak azért sem, mert informatikai eszközöket a tudomány minden ágában használnak. Ez az írás amellet igyekszik érvelni, hogy a bioinformatika elsősorban nem különálló szaktudomány, hanem sokkal inkább egy újszerű ismeretábrázolási módszereket alkalmazó *általános szemléletmód*, melynek fejlődését itt a molekuláris biológia szemszögéből igyekszünk nyomon követni.

A vizsgált objektum szempontjából a bioinformatika három, többé-kevésbé jól

elhatárolható irányzatra oszlik, egyik a DNS és a fehérjék szekvenciaadataival, másik a molekulák háromdimenziós szerkezetével, a harmadik pedig a biológiai kölcsönhatások hálózataival foglalkozik. Kezdetben a szekvenciaanalízis fejlődése volt talán a leglátványosabb. A genomadatok ugyanis szekvenciák (karaktorsorozatok) alakjában jelennek meg az adatbázisokban, ezek az eredmények a felhasználók széles köre számára érthetőek. Ráadásul a szekvencia nagyon jól kezelhető adattípus. Ebben a körben nagyon sok olyan feladat is megoldható, amely például gráfok vagy háromdimenziós szerkezetek esetében túlságosan időigényes lenne.

Igen eltérőek a háromdimenziós szerkezeti adatokkal foglalkozó számítások motivációi. A szerkezeti bioinformatika történetileg nem a molekuláris biológiából, hanem a makromolekuláris szerkezetkutatásokból (structural biology) fejlődött ki. Ez utóbbi komplex fizikai vizsgálati módszereket (például röntgendiffrakciót és mágneses rezonancia-spektroszkópiát) és modellezési technikákat (például molekuláris mechanikát, molekuláris dinamikai modelleket) alkalmaz, melyek általában távol esnek a biológusok, orvosok érdeklődésétől.

A kölcsönhatási hálózatok vizsgálata a legújabb kutatási irányzat. Megjelentek ugyanis olyan kísérleti technikák (például *microarray* és kettőshibrid módszerek stb.),

¹ Magyar nyelven olvasható Malcolm A. Campbell és Laurie J. Heyer *Genomika, proteomika, bioinformatika* című orvosi biológiai szemléletű bevezető tankönyve (Medicina, Budapest, 2004). Magyar nyelvű oktatási anyagok találhatóak például a www.brc.hu/ps/bioinformatika-oktatasi-cimen.

amelyek tömegesen állították elő a gének, fehérjék kölcsönhatási adatait, és ezek ábrázolására a hálózatszerű, gráfelméleti leírások a legkézenfekvőbbek. A három modelltípusban mindössze annyi közös, hogy a biológiai struktúrákat mindegyikük elemek és köztük lévő relációk segítségével írja le (Pongor, 1988), mely utóbbiak egy bonyolult és fejlődő fogalmi rendszert képeznek (1. ábra).

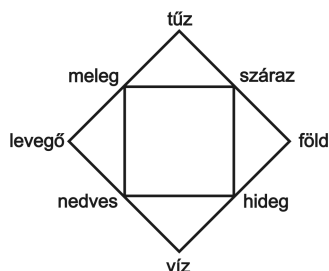
E rövid bevezetés sejteti, hogy a technikai újítások mellett a bioinformatikában az ismeretek ábrázolásának új útjairól van szó. Mindennek látható jele, hogy az új biológia eredményei már egyre inkább elektronikus adatbázisok formájában jutnak el a felhasználókhoz (1. táblázat). Míg azonban a nyomtatott információt saját magunk értelmezzük, az adatbázisokat már közvetve, programok segítségével olvassuk, és a programok saját maguk is sok – a felhasználó számára sokszor korántsem transzparens – információt tartalmaznak. A programokba épített interpretációs módszerek eleinte magában a programkódban voltak elrejtve, újabban azonban

már a biológiában is megjelentek az egyes területek szabályait formálisan leíró biológiai ontológiák (objektumokra és viszonyaikra vonatkozó enciklopédikus összegzés [a szerk.]) (2. táblázat). Az alábbiakban a molekuláris ismeretek ábrázolásának nyelvi, térbeli és hálózati modelljeit, ill. a számítástechnikai eszközök fejlődését tekintjük át.

Szekvenciák és nyelvek

Nyelvi leírásoknak tágabb értelemben azon leírásokat nevezzük, amelyek szemantikus, fogalmi definíciók segítségével definiálják az elemeket és a közöttük lévő relációkat. A molekuláris biológia maga olyan korszakban született, mikor a tudományban a nyelvi megközelítések uralkodtak. Ilyenek voltak elsősorban a nyelvelmélet (lásd Ludwig Wittgenstein, Ferdinand de Saussure, Noam Chomsky műveit) és az információelmélet eredményei, valamint a kor katonai kutatásain alapuló kriptológiai és alakfelismerési irányzatok. Ezekre alapozva kialakult egy tág, nyelvi, kommunikációs és számítástudomá-

Rendszer	Elem	Reláció
Molekulák, pl. fehérjeszerkezet	Atomok	Kémiai kötés
Fehérje-szekvencia	Aminosavak	Szekvenciális szomszédság
Egyszerűsített fehérjeszerkezet	Másodlagos szerk. elemek	Szekvenciális szomszédság, 3-D
Fold-típusok	C α -atomok	Szekvenciális szomszédság, 3-D
Komplexek	Fehérjék, DNS	Molekula-kölcsönhatások
Metabolikus útvonalak	Enzimek	Kémiai reakciók (szubsztrát/termék)
Génhálózatok	Gének	Ko-reguláció



1. ábra • A biológiai és bioinformatikai adatbázisok tudományos nyelve elemek és komplex relációk hierarchikus rendszerére épül (A), szemben a tradicionális természetleírás fogalmi rendszerével (B).

Nukleotid-szekvencia adatbázisok

Nemzetközi nukleotid-adatbázis kollaboráció (USA–EU–Japán)
Kódoló és nem kódoló DNS
Génszerkezet, intronok, exonok
Transzkripció faktorok és kötőhelyeik
RNS szekvenciák

Fehérjeszekvencia-adatbázisok

Általános szekvencia adatbázisok
Fehérjetulajdonságok
Fehérjelokalizáció és targeting
Fehérjeszekvencia-motívumok és aktív helyek
Fehérjedomének, fehérjék osztályozása
Egyes fehérjecsaládok adatbázisai

Szerkezeti adatbázisok

Kis molekulák
Szénhidrátok
Nukleinsav-szerkezetek
Fehérjeszerkezetek

Genomadatbázisok (nem-gerincesek)

Genomannotációs kifejezések, ontológiák és nevezéktan
Taxonómia és azonosítás
Általános genomadatbázisok
Vírusgenomok
Prokarióta-genomok
Egysejtű eukarióta genomok
Gombagenomok
Egyéb nem-gerinces genomok

Metabolikus és jelátviteli (signaling) útvonalak

Enzimek és enzim-nevezéktan
Molekuláris kölcsönhatások és jelátviteli útvonalak

Emberi és egyéb gerinces genomok

Modellszervezetek, összehasonlító genomika
Humán genom adatbázisok, géntérképek és vizualizáló eszközök
Humán ORF-ok
Humán gének és betegségek

Microarray és egyéb génexpressziós adatbázisok

Proteomikai adatbázisok és analízis rendszerek

Egyéb molekuláris biológiai adatbázisok

Biológiai makromolekulák képei
Bioremediációs adatbázisok
Gyógyszerek és gyógyszertervezés
Jelzőmolekulák és primerek
Organelum adatbázisok

Növényi adatbázisok

Általános növényi adatbázisok
Arabidopsis thaliana
Rizs
Más növények

Immunológiai adatbázisok

1. táblázat • A bioinformatikai adatbázisok főbb típusai (A *Nucleic Acids Research* 2005. évi adatbázisszáma alapján, <http://www3.oup.co.uk/nar/database/cat/12/>).

Genew – human gén-nevezéktani adatbázis, <http://www.gene.ucl.ac.uk/cgi-bin/nomenclature/searchgenes.pl>
 GO – Gene Ontology, gén-ontológia, <http://www.geneontology.org/>
 GOA – Gene Ontology Annotation, gén-ontológia, <http://www.ebi.ac.uk/GOA>
 IUBMB Enzim-nevezéktani adatbázis, <http://www.chem.qmul.ac.uk/iubmb/>
 IUPAC Szerves- és biokémiai nevezéktan, <http://www.chem.qmul.ac.uk/iupac/>
 IUPHAR-RD Gyógyszerek és receptorok farmakológiai adatbázisa, <http://www.iuphar-db.org/iuphar-rd/>
 PANTHER Géntemékek nevezéktana, <http://panther.celera.com/>
 STAR/mmCIF: an ontology for macromolecular structure, <http://ndbserver.rutgers.edu/mmCIF>
 UMLS – Unified Medical Language System (Egységes orvostudományi nyelvrendszert, tezauruszt, lexikon és szemantikus hálózatok formájában) - <http://umlsks.nlm.nih.gov>

2. tábl. • Az adatbázis-annotációk nyelvezetének és nomenklatúrájának adatbázisai, ontológiák

nyi eszközöket egyesítő gondolkodásmód, melynek alapján kézenfekvőnek tűnt, hogy maguk a biológiai szekvenciák is egyfajta kódot jelentenek, azaz egy ismeretlen nyelven leírt információ hordozói. Ez a metaforikus értelmezés olyan kifejezésekben köszön vissza, mint a „genetikai kód” vagy „az élet könyve”.

A biológiai szekvenciák elemzése először valóban a matematikai nyelvészet karaktersorozat-elemzési metodikáit használta, ezek közül sokan, például a sorozatok komplexitási vizsgálatai, ma is a standard módszerek közé tartoznak. Mikor a 90-es években megindultak a genomszekvenálási programok, a karaktersorozatokat hasonlóságait vizsgáló heurisztikus módszerek – például a jól ismert *BLAST* program (Altschul et al., 1990) – lettek a leggyakrabban alkalmazott algoritmusok, és nemcsak a bioinformatika, hanem az egész tudományos számítógépfelhasználás területén.

A szekvenciák adatbázisainak története a 60-as években kezdődött, mikor Margaret Dayhoff és munkatársai a Georgetown Egyetemen rendszerezni kezdték és közzétették az irodalomból gyűjtött fehérjeszekvenciákat. A példaértékű vállalkozás azonban hamar kinőtte a nyomtatás lehetőségeit, át kellett térni a kizárólagosan számítógépes tárolásra. Közben megjelentek a DNS-szekvenálás

produktív technikái is, melyek az addig egyeduralgó fehérjeszekvenálási módszereket lassan ki is szorították a tömeges adatgyűjtésből. Az adatok ma már szinte kizárólag DNS-szekvenálásból származnak, gyűjtésük nemzetközi kollaboráció keretében folyik. Erre a célra az Egyesült Államok, az Európai Unió és Japán szakintézményeket hozott létre. A 90-es években jelentkezett két új fejlődési irány. Egyrészt megjelentek az első specializált adatbázisok – ilyen volt például az első fehérje doménszekvencia gyűjtemény (Pongor et al., 1993) – amelyek a szekvenciák egyes előre csoportosított szakaszaira koncentráltak. Ezek száma ma már meghaladja a százat. Másrészt az adatbázisok annotációja is egyre rendszeresebbé vált. Eleinte ugyanis a szekvenciák mellett csak egy azonosító kód állt, később megjelentek a bibliográfiai, funkciós és szerkezeti információk, illetve a bibliográfiai adatbázisokra történő hivatkozások is. Mindezek az információk természetes nyelven íródtak. Hamar felmerült tehát egy uniform, számítógéppel olvasható tudományos nyelv iránti igény. A természetes nyelvet használó megközelítések eredményei egyrészt a biológiai ontológiák, másrészt a bibliográfiai adatbányászat módszerei, melytől a nagy számban produkált molekuláris adatok értelmezésének automatizálását várják.

Térbeli modellek

Atérbeli látásmód csírái már az atomokra vonatkozó legkorábbi elképzelésekben tetten érhetők, a modern molekuláris tudományokban pedig talán Jacobus Henricus van t'Hoff volt az első, aki 1874-ben felismerte, hogy egyes kémiai tulajdonságok nem magyarázhatók az atomok háromdimenziós elrendeződése nélkül (Palló, 2001). Ahogy a röntgendiffrakció módszerei fokozatosan lehetővé tették a szerves molekulák vizsgálatát, Olga Kennard és John Desmond Bernal elkezdtek a molekuláris szerkezetek rendszerezését, ebből a gyűjteményből fejlődött ki a későbbi *Cambridge Structural Database* adatbázis, mely nagyban hozzájárult ahhoz, hogy a kémiában konszolidálódtak a molekuláris geometria és a sztereokémia fogalmai. A makromolekulák szerkezeti adatbázisainak közös őse az 1971-ben alapított *Protein Data Bank* (Bernstein et al., 1977). A 90-es évek során a háromdimenziós adatokra vonatkozó adatbázisok között is megjelentek a másodlagos adatbázisok, melyekből szintén több tucatot számlálhatunk össze (Carugo – Pongor, 2002). A nukleinsavak szerkezeti adatbázisai a közelmúltig a fehérjékétől eltérő utakon fejlődtek. A nukleinsavak háromdimenziós szerkezetmeghatározása ugyanis gyakorlatilag sokkal nehezebb és kevésbé produktív, mint a fehérjéké, és a meglévő adatok többsége is rövidebb DNS-szakaszokra vonatkozik. Mind fehérjéknél, mind nukleinsavaknál alkalmazunk alacsonyfelbontású modelleket is, a DNS makroszkopikus alakváltozásait szokás például végtelen szál, pontosabban elasztikus rúdmodell segítségével ábrázolni (Munteanu et al., 1998).

Ahogy a szekvenciák számára a nyelv, a háromdimenziós modellek metaforái számára a tárgyakra vonatkozó ismeretek jelentik a fogalmi háttérrel. A tárgyak kezelésének képessége pedig, ha lehet, még ősbib

tulajdonság, mint a nyelvi készség. A számítógépes grafika a makromolekulák szerkezetét a tárgyi világból kölcsönzött objektumok, például hengerek, gömbök, szalagok, felületek segítségével jeleníti meg, ezek révén az áttekinthetetlen atomi részletek helyett kirajzolódnak a makromolekulák formái, térbeli mintázatai, szimmetriái. A fehérjék konformációjának analízise, a fold-típusok felismerése például lehetetlen lett volna számítógépes vizualizálási módszerek nélkül, de a tárgyi metafora megjelenik a szerkezeti számításokban is, hiszen a molekulászerkezetek optimalizálásakor a szerkezetet például gyakran egyszerű, klasszikus mechanikai tárgyakként modellezzük. Végül, valahol a háromdimenziós leírási módszerek határán helyezkednek el az egy- vagy többdimenziós diagrammatikus ábrázolások, melyekben az adott molekulák valamilyen jellemzőjének eloszlását ábrázoljuk (Pongor, 1987).

Hálózati modellek

Az előbbi két modelltípusnál kikötöttük, hogy az elemek és kapcsolataik definíciói a tudományos nyelv szemantikai, illetve a molekuláris geometria tárgyi leírásait kövessék. Ha ezektől a megköteésektől eltekintünk, általános topológiai modellekhez, vagyis hálózatokhoz jutunk, amelyekkel tetszőleges elemek és viszonylatok ábrázolhatók, mint például a metabolikus útvonalak, a neuronok hálózatai, a táplálkozási láncok, gének regulációs hálózatai. Ennek az egyszerű ábrázolásmódnak első példája a kémiában alkalmazott szerkezeti képlet, matematikai formája pedig a gráf – például egyszerű, irányított és súlyozott gráf. A molekulászerkezetek egyébként már a XIX. században is inspirálták a gráfelmélet fejlődését. Fontos lépés volt az Erdős Pál és Rényi Alfréd nevéhez fűződő véletlen-gráf modell (Erdős – Rényi, 1959), amelyet később a sejten belüli hálózatok állapotainak modellezésére alkalmaztak (Kauffman, 1992). A hálózati

modellek napjainkbeli népszerűsége viszont annak a felismerésnek köszönhető, hogy egyes biológiai és technikai hálózatok (például Internet, légiutak stb.) tényleges topológiája jellemzően eltér a véletlen gráfoktól, és ez összefüggésbe hozható a hálózatok stabilitásával (Barabási – Albert, 1999). A hálózati modellek különösen hasznosnak bizonyultak az új technikák, például a genomszintű expressziós vizsgálatok eredményeinek ábrázolásában, itt ugyanis a nagy adattömegből a kölcsönható elemek éppen részgráfok segítségével azonosíthatók.

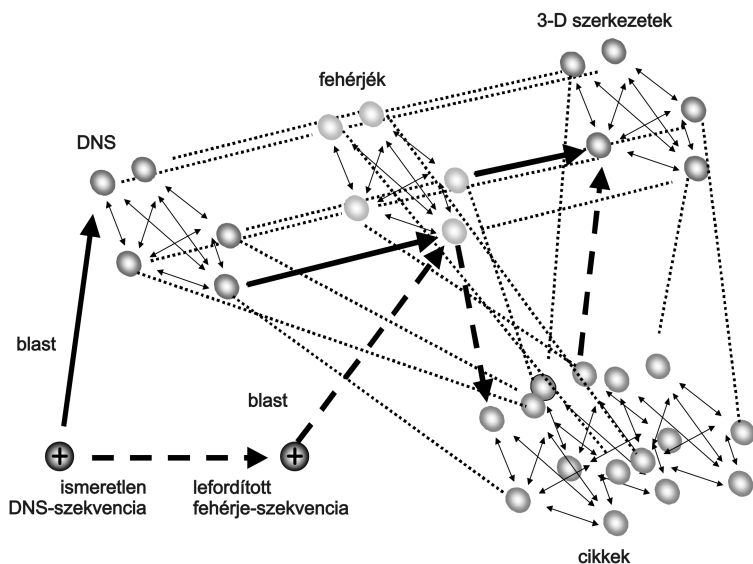
Számítógépes módszerek

A bioinformatika olyan korszakban keletkezett, mikor a számítástechnika bevonult a biológiai kutatások mindennapos gyakorlatába. Adatbázis-architektúrák, programozási módszerek, felhasználói felületek és más szoftverkomponensek tekintetében a bioinformatika lényegében nem különbözik az informatika egyéb területeitől. Önálló szint hoztak a nyolcvanas évek közepén megjelenő bioinformatikai programcsomagok, amelyek egységes, moduláris rendszerben tudták kezelni a szekvenciákkal kapcsolatos módszerek majdnem teljes körét. Ezek a programok eleinte az egyetemek központi számítógépei révén terjedtek el, ma már személyi számítógépen is hozzáférhetők. Közben kialakultak a biológiai adatok rögzítésének standardizált formátumai is, így a mai felhasználó az adatbázisokból letöltött adatokat már könnyen tudja analízálni. A kereskedelmi programcsomagok nehezen tudnak lépést tartani az újabb és újabb módszerekkel, ezért megjelentek a programcsomagok, programkönyvtárak nyílt forrású (open source) változatai, amelyek – a Linux rendszerhez hasonlóan – a fejlesztők önkéntes kooperációján alapulnak. Az egyetemi, kutatóintézeti csoportok pedig legtöbbször közvetlenül, internetes szolgáltatás formájában teszik közzé új módszereiket.

Ilyenkor a számítás részletei ugyan gyakran rejtve maradnak, de a felhasználók biztosak lehetnek abban, hogy a program legújabb változatához férnek hozzá. A módszerfejlesztők is kedvelik a webszervereket, mert így munkájuk azonnal ismertté válik,² míg a programcsomagokba illesztett módszerek szerzőire kevesebbet hivatkoznak.

A leglátványosabb fejlődést azonban kétségkívül a World Wide Web technika okozta és okozza. Ennek segítségével először is az adatbázisok közötti keresztreferenciák „navigálhatóvá” váltak, így ma a felhasználó pillanatok alatt tud váltani ismerettípusok és adatbázisok között. A biológiai adatbázisok hálózata tényleges hasonlóságot mutat az emlékezet asszociációs hálózataival, azaz a különbséggel, hogy itt a kapcsolatok – legalábbis egyelőre – statikusak és előre kiszámítottak. Egy adatbázis elemre nézve – ami lehet például szekvencia, térszerkezet, szöveges összefoglaló – időről időre meghatározzuk a hozzá valamilyen szempontból hasonló elemek körét, és ezek között WWW (World Wide Web) kapcsolatot létesítünk. Így ún. „szomszédságok” keletkeznek, és a felhasználó ezeken keresztül navigálva egy DNS-szekvenciától eljuthat például egy térszerkezethez vagy a biológiai funkció szöveges összefoglalójához, a kódolt fehérje metabolikus vagy evolúciós környezetének térképéhez (2. ábra). Az ilyen integrált rendszerekben általában ingyenesen hozzáférhetők az analízis számítási módszerei (WWW szerverek), de egyre gyakrabban találunk elektronikus oktatási anyagokat és tankönyveket is. Kialakulóban van tehát egy bioinformatikai infrastruktúra, ahol a felhasználók mélyreható elméleti vagy számítástechnikai ismeretek nélkül is el tudnak végezni majdnem minden rutinfeladatot.

² Pl. az ISI felmérése (www.in-cites.com/countries/hungary.html) szerint az elmúlt 10 év legtöbbet idézett magyar szerzőségű cikke is egy webszerveren közzétett számítási módszer (Tusnádý – Simon, 1998).



2. ábra • Keresés integrált molekuláris adatbázisokon. Az egyes adatbázisok (DNS- és fehérje-szekvenciák, 3-D szerkezetek, szakcikkek) WWW kereszthivatkozásokkal vannak ellátva (pontosított vonal). Az egyes adatbázisokon belül további kapcsolatok (vékony nyilak) kötik össze a hasonló tételek „szomszédságait”. Így ha egy hasonlóságeresési módszer (vastag nyíl) egy nem-annotált (ismeretlen funkciójú) DNS-szekvenciára mutat, akkor ugyanazon szekvencia szomszédságának egy (nagy valószínűséggel funkcionálisan rokon) másik, annotált (már jobban ismert) tagja segítségével az adatgyűjtés során továbbélphetünk a fehérjék, esetleg a 3-D szerkezetek irányában. Ezekben a példákban a keresést itt a *BLAST*

Az igényesebb publikációkhoz azonban továbbra is szükség van a helyben telepített programokra is. Ezzel párhuzamosan a bioinformatika felhasználóinak köre is www-orientált rutinfelhasználókra, és a programozásban jártas szakfelhasználók körére oszlik; utóbbi felhasználókat a biomedikai kutatás-fejlesztés legtöbb területén különösen szívesen alkalmazzák.

Az ismeretábrázolás új szintje

A bioinformatika – bár képviselői gyakran panaszkodnak az adatok özönvízszertű áradására – nem mozgat több adatot, mint a tudomány és a technika többi ágazata. A különbséget sokkal inkább az adatok sokféleségében és az ismeretek komplexitásában kell keresnünk. Az új technológiák és számítási eszközök

révén ugyanis sok, eddig hozzáférhetetlen probléma lett kísérletileg vizsgálható, s így az élettudományokban a komplex fogalmak és megközelítések egész sora alakult ki (elegendő például a funkcionális genomikára, a szerkezeti biológiára gondolnunk). Nem túlzás, hogy a biológiai, molekuláris és bibliográfiai adatbázisok hálózata talán a legösszetettebb tudásábrázolási rendszer a tudomány eddigi történetében.

Mi okozhatta a komplex ismeretek új hullámát? Biológiáról lévén szó, talán helyénvaló egy evolúciós hasonlat. Szathmáry Eörs és John Maynard Smith az egyre komplexebb életformák megjelenését a genetikai információ tárolásának és kommunikációjának megváltozásával, mint például a kromoszómák megjelenésével,

az eukarióták és a többsejtű organizmusok kialakulásával magyarázták (Szathmáry – Smith, 1995; Smith – Szathmáry, 1995). Az ismeretábrázolás komplexitási ugrásait ennek megfelelően az ismeretek tárolásának és kommunikációjának megváltozásában kell keresnünk. A tradicionális társadalmakban szóban kommunikálják az ismereteket, melyeket aztán egy egész emberi közösség tárol és örökít. Összetett ismeretek rögzítésének és kommunikációjának lehetőségét az írásbeliség teremtette meg, de ez tömegessé csak a könyvnyomtatás – azaz egy új kommunikációs technológia – révén válhatott. Ekkor alakultak ki a tudás tárolásának szervezett és szisztematikusan kerestethető hordozói, az enciklopédiák (Nyíri, 2003), amelyek sok tekintetben a mai elektronikus adatbázisok előfutárainak tekinthetők. A bioinformatika kialakulása-
kor mind az elektronikus adattárolás, mind

pedig az adatokkal való kommunikáció megváltozott, s ez utóbbiban véleményünk szerint az adatok széles körének hálózatba történő összekötése volt az a lényeges lépés, amelyben az élettudományok talán némileg megelőzték a többi alkalmazási területet. Összefoglalásként elmondhatjuk, hogy az új kommunikációs módszerek révén a biológiában egy új, komplexebb szemléletmód van kialakulóban, melynek alapjai a nyelvi, vizuális és hálózati modellek.

Ezúton szeretném megköszönni Csányi Vilmos, Falus András, Izsák János, Nyíri Kristóf, Pléh Csaba és Szathmáry Eörs segítségét, tanácsait és értékes gondolatait, illetve az Oktatási Minisztérium támogatását (OMFB-01887/2002, OTKA M45378).

Kulcsszavak: *bioinformatika, molekuláris biológia, adatbázis*

IRODALOM

- Altschul, Stephen F. – Gish, W. – Miller, W. – Myers, E. W. – Lipman, D. J. (1990): Basic Local Alignment Search Tool. *Journal of Molecular Biology*. **215**, 403–410.
- Barabási Albert-László – Albert Réka (1999): Emergence of Scaling in Random Networks. *Science*. **286**, 509–512.
- Bernstein, Frances C. – Koetzle, T. F. – Williams, G. J. – Meyer, E. F. Jr. – Brice, M. D. – Rodgers, J. R. – Kennard, O. – Shimanouchi, T. – Tasumi, M. (1977): The Protein Data Bank: A Computer-Based Archival File for Macromolecular Structures. *Journal of Molecular Biology*. **112**, 535–542.
- Carugo, Oliviero – Pongor Sándor (2002): The Evolution of Structural Databases. *Trends Biotechnology*, **20**, 498–501.
- Erdős Pál – Rényi Alfréd (1959): On Random Graphs. *Publicationes Mathematicae Debrecen*. **6**, 290–297.
- Kauffman, Stuart A. (1992): *The Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution*. Oxford University Press, Oxford, UK
- Maynard Smith, John – Szathmáry Eörs (1995): *The Major Transitions in Evolution*, W.H. Freeman, Oxford, New York, Heidelberg
- Munteanu, Mircea G. – Vlahovicek, K. – Parthasarthy, S. – Simon I. – Pongor S. (1998): Rod Models of DNA: Sequence-Dependent Anisotropic Elastic Modelling of Local Bending Phenomena. *Trends Biochemical Sciences*. **23**, 341–347.
- Nyíri Kristóf (2003): Enciklopédikus tudás a 21. században. *Mindentudás Egyeteme*, 2003. dec. 21.
- Palló Gábor (2001): Vizuális és a kémia nyelve. *Világosság*. **7–9**, 58–66.
- Pongor Sándor (1987): The Use of Structural Profiles and Parametric Sequence Comparison in the Rational Design of Polypeptides. *Methods in Enzymology*. **154**, 450–73.
- Pongor Sándor (1988): Novel Databases for Molecular Biology. *Nature*. **332**, 24.
- Pongor Sándor – Skerl, V. – Cserző M. – Hátsági Z. – Simon G. – Bevilacqua, V. (1993): The SBASE Domain Library: A Collection of Annotated Protein Segments. *Protein Engineering*. **6**, 391–395.
- Szathmáry Eörs – Maynard Smith, John (1995): The Major Evolutionary Transitions. *Nature*. **374**, 227–232.
- Tusnády Gábor E. – Simon István (1998): Principles Governing Amino Acid Composition of Integral Membrane Proteins: Application to Topology Prediction. *Journal of Molecular Biology*. **283**, 489–506.

Tanulmány

HOGYAN FEDEZTÉK FÖL A LEVEGŐT? ADALÉKOK A LÉGKÖR KUTATÁSÁNAK TÖRTÉNETÉHEZ

Mészáros Ernő

az MTA rendes tagja, egyetemi tanár

Veszprémi Egyetem Föld- és Környezettudományi Tanszék – meszarosemo@almos.vein.hu

„Az ember megismeréséhez tehát tudnunk kell, mi a magyarázata annak, hogy levegőre van szüksége fennmaradásához; a levegő megismeréséhez pedig azt kell tudnunk, honnan van e kapcsolata az ember életével”.

(Pascal: Gondolatok)¹

A levegő a Föld légkörének elnevezése, amely utal a bolygónkat körülvevő gázburrok összetételére. Nevezetesen arra, hogy légkörünk kereken 21 térfogatszázalék oxigénből, 78 % nitrogénből és 1 % egyéb gázból, főleg argonból áll. Ez az egyedi összetétel jelentős mértékben a földi bioszféra (pontosabban a fotoszintetizáló baktériumok, illetve növények) jelenlétének köszönhető. Ugyanakkor a légzésen keresztül meghatározó szerepet játszik az élet, az emberek és az állatok fenntartásában. Levegő nélkül létünk elképzelhetetlen. Percenként mintegy tíz-tizenöt-ször lélegzünk, és egy légzésnél kereken fél liter levegőt szívunk be, illetve fújunk ki. A kilélegzett levegőben 5 %-kal alacsonyabb az oxigén koncentrációja. A különbséget szervezetünk anyagcseréjében használja föl.

¹ Pödör László fordítása.

Fontossága ellenére a levegő összetétele csak valamivel több, mint kétszáz éve ismert. Kevés kivételtől eltekintve, csak az utolsó mintegy ötven évben derült ki, hogy a levegő a vízen kívül számos fontos, 1 %-nál jóval kisebb arányban előforduló nyomanyagot tartalmaz, amelyek befolyásolják az éghajlatot, valamint a földi és vízi ökoszisztémákba jutó tápanyagok mennyiségét, hogy csak a legfontosabb hatásokat említsük. Jelen tanulmányban a levegő összetételének kutatását próbáljuk történelmi távlatokba helyezve röviden összefoglalni. Megkísérünk arra az egyszerűnek látszó kérdésre válaszolni, hogy hogyan is fedezték föl a levegőt. Ebből a konkrét célkitűzésből következik, hogy a meteorológia történetének csupán egy speciális részével kívánunk foglalkozni.

Az égbolt: optikai csalódás

A tiszta, porrészecskéktől mentes levegő átlátszatlan. A levegőt ezért közvetlenül nem látjuk. Ugyanakkor érzékeljük a levegő egyik fontos optikai hatását, amely abból adódik, hogy a levegőmolekulák szórják a napsugarakat. A 19. század nagy angol fizikusa, *Lord Rayleigh* (1842-1919) 1871-ben mutatta

ki, hogy a molekulák annál jobban szórnak, minél rövidebb a sugárzás hullámhossza. Ebből következik, hogyha felhőmentes időben felnézünk, akkor kék színt látunk. Úgy tűnik, mintha kék színű „kupola” borítaná a Földet. A kupola azonban csak látszólagos, csupán a levegő sugárzásszóró képességének a következménye. Létezik tehát a levegő, de nem létezik az égbolt. Ez utóbbit tulajdonképpen optikai csalódás okozza.

Mindez a kultúrtörténetben elég nagy bonyodalmakhoz vezetett. Így például a mindannyiunk által ismert Bibliában „A teremtsről” szóló részben olvashatunk az égbolt megalkotásáról és szerepéről („Legyen mennyezet a víz között, amely elválassza a vizeket a vizektől”; Mózes I. könyve 1:6), de nincs említés a levegő megteremtéséről. Mindez arra utal, hogy a *Genézis* megfogalmazóinak (néhány száz, esetleg ezer évvel időszámításunk előtt) fogalmuk sem volt arról, hogy a levegő, a földhöz és a vízhez hasonlóan, anyag. Ennek ellenére a Biblia számos történetében a „légkörü” jelenségek fontos szerepet játszanak. Ezek legtöbbször túl sok vagy túl kevés csapadékhullást jelentenek. Gondoljunk a legismertebbekre, Noé történetére („Mert hét nap múlva esőt bocsátok a földre negyven nap és negyven éjjel”; Mózes I. könyve 7:4), illetve az ellenpéldára, az egyiptomi hét csapásra („És íme összeaszott, vékony, keleti szélről kiszáradt gabonafej növekedik vala...”; Mózes I. könyve 41:23). Érthető, hogy abban az időben senkinek sem jutott eszébe, hogy Isten úgy bünteti meg az embereket, hogy csökkenti a levegő mennyiségét, netán oxigénkoncentrációját. A levegő láthatatlanul, de bőséges mennyiségben állt rendelkezésre.

Hasonló nézeteket tükröz például a sumér-babilóniai mitológia. Levegőről itt sincs szó, időjárási jelenségekről annál inkább. Ebben a kultúrkörben nincs egyistenhit. Így az időjárási jelenségeknek külön isten „felelősei” vannak. *Enlil*, az egyik főisten neve

egyenest azt jelenti, hogy a „szelek ura”. *Ada* az „időjárásisten” a villámlásért és a mennydörgésért felelős. Jehovához hasonlóan (Ézsaiás 19:1) a mennydörgés az „időjárásisten” hangja. Végül *Ninurta* a viharfelhők megszemélyesítője, aki a hegyeket esővel öntözi, s az áradásokat szabályozza (lásd Saggs, 1999). A közel-keleti kultúráról függetlenül fejlődő kínaiak már időszámításunk előtt 1300-ban meteorológiai méréseket végeztek. Így megfigyelték az ég állapotát, a lehullott hó vastagságát, valamint a szelek irányának változását (La Cotardiére, 2004). A levegőről mint anyagról azonban fogalmuk sem volt. Ez a helyzet, mint sok minden, a görög civilizációban változott meg.

Már a régi görögök is

A görögök tisztában voltak a légzés tényével. Ebből arra a következtetésre jutottak, hogy a szél tulajdonképpen az istenek légzéséből származik. Időszámításunk előtt a hatodik században Anaximandrosz (kb. i. e. 610-546) azonban már úgy gondolta, hogy a szél független az istenektől, és egyszerűen a levegő áramlása. Sőt Anaxagorász (kb. i. e. 500-428) arra is rájött, hogy a levegő hő hatására emelkedik, és a felhők azért keletkeznek, mert az emelkedő levegő lehűl (La Cotardiére, 2004). Ebből következik, hogy a felszíntől távolodva a levegő hőmérséklete csökken, amit pontos mérésekkel csak a 19. században mutattak ki.

A döntő lépés megtétele a szicíliai *Empe doklész* (i. e. 484-424) nevéhez fűződik, aki először bizonyította tudományos egzaktással, hogy a levegő, ez a láthatatlan anyag, valóban létezik. A görög orvos kísérleti eszközt klepsziudrának nevezte, amely szó szerint „vízlopót” jelent, de később az idő mérésére „vízóraként” is használták. Az athéni *agora* ásatásakor találtak is ilyen edényeket. A *klepsziudra* lényegében egy rézgömb (lásd Sagan, 1980), amelynek felső része felül nyitott csőben folytatódik. Az alján viszont apró

lyukak helyezkednek el. Ha az eszközt vízbe mártjuk, a gömb megtelik vízzel. Ujjunkkal zárva a cső nyílását a víz a gömbben marad, amikor kiemeljük a folyadékból (ezután a víz a lyukakon meghatározott idő alatt kifolyik, ezért lehet óráként használni). Ha azonban a cső nyílását ujjunkkal már akkor is zárjuk, amikor a gömböt a vízbe helyezzük, akkor nem jut bele víz. Egyszerűen azért, okoskodott helyesen Empedoklész, mert van benne egy anyag, a levegő, amely megakadályozza a víz bejutását (természetesen, ha bemártáskor nem zárjuk a csövet, akkor a levegőt a víz a csövön keresztül kiszorítja a gömbből). Mivel a levegő láthatatlan, nagyon finoman elosztott anyagból kell állnia, vonta le a következtetést a görög gondolkodó. Kísérletével tulajdonképpen azt bizonyította, két évezreddel Evangelista Torricelli előtt (lásd később), hogy a levegőnek nyomása van.

Empedoklész fejtette ki először azt is, hogy az anyagok négy elemből, levegőből, vízből, földből és tűzből állnak. Ezt a gondolatot az időszámításunk előtti negyedik évszázadban *Az égbolt, Meteorológia* és *A keletkezés és pusztulás* című műveiben Arisztotelész (i. e. 384-322) is magáévá tette (bár ötödikként az éter fogalmát is bevezette), sőt hozzájuk tulajdonságokat is rendelt. Így a tűz meleg és száraz, a levegő meleg és nedves, a víz hideg és nedves, míg a föld hideg és száraz. Véleménye szerint mindegyik elem egyik tulajdonsága egy másik elem valamelyik tulajdonságával egyezik. Az elemek úgy alakulnak át egymásba, hogy csupán egyik, nem közös tulajdonságukat kell megváltoztatni. Arisztotelész ismeri fel, hogy a felhők vízből állnak. *Meteorológia* című írásában olvashatjuk, hogy a felhőket „nem tiszta levegő, hanem valamilyen gőz” hozza létre, „amely újra vízzé kondenzálódik”. Így a nagy görög gondolkodót tekinthetjük az egyik legfontosabb légköri nyomanyag, a vízgőz „felfedezőjének”.

A reneszánsz és a felvilágosodás: a felfedezések kora

A középkorban nem nagyon foglalkoztak a levegővel és, az arabokat kivéve, a természettudományokkal is kevesen. Megkerülhetetlen akadályt jelentett, hogy a megfigyelésekhez szükséges eszközök nem álltak rendelkezésre. A legfontosabb műszerek csak a 15-17. században jelentek meg. Ezek lehetővé tették a levegő legfontosabb fizikai tulajdonságainak megfigyelését, de kémiai összetételéről semmit sem árultak el. Így *Leonardo da Vinci* (1452-1519) megszerkesztette az első nedvességmérő műszert (higrométert), amely szárított gyapjúsál hosszának nedvesség miatti megváltozásán alapult (a 20. században hajszálat, pontosabban hajszálköteget használtak erre a célra). *Galileo Galilei* (1564-1642) létrehozta az első hőmérőt, felhasználva, hogy a gázok és folyadékok kiterjedése a hőmérséklet függvénye. Végül *Evangelista Torricelli* (1608-1547) higanyba mártott, felső részén zárt üvegcsővel, a barométer őseivel, megméri a levegő nyomását. Rájön ugyanis, hogy a higany felszínére hat a levegő nyomása, amelynek következtében a csőben a higanyszint a nyomással arányosan megemelkedik. Ezt az elvet használja fel sógora, *Blaise Pascal* javaslatára *Florin Périer* (1605-1647), hogy a Puy de Dome hegyen (Franciaország) végzett mérésekkel bebizonyítsa, hogy a légnyomás a magassággal csökken (La Cotardiére, 2004). Nyilvánvalóvá válik, hogy a levegő anyag, amelynek súlya van (a vita inkább azon volt, hogy mi van a csőben a higanyoszlop felett; lásd Simonyi, 1981). Az anyag összetétele azonban ismeretlen maradt, hiszen akkor még a levegőt alkotó kémiai elemeket (vegyületeket) sem ismerték. Ezek felfedezését a kémiai fejlődése csak a 18. században tette lehetővé.

A levegő megismerése szempontjából fontos első kísérlet *Joseph Black* (1728-1799) nevéhez fűződik (Jacobson, 2002). A skót

fizikus 1756-ban magnézium-karbonátot izzított, és megmérte, hogy a hőmérséklet emelkedése közben a magnézium-karbonát veszít a súlyából, és egy nehéz gáz keletkezik, amely nem táplálja a tüzet, ugyanakkor kalcium-oxidnak kitéve a súlyvesztés visszanyerhető. Black úgy okoskodott, hogy a gáz bizonyos vegyületekben kötött formában van jelen, ezért „kötött levegőnek” nevezte el. A gáznak később *Antoine Laurent Lavoisier* (1743-1794) adta a ma is használatos *szén-dioxid* nevet. Érdeemes megjegyezni, hogy Black arra is rájött: szén-dioxid a kilélegzett levegőben is jelen van, következésképpen a levegő egyik alkotója.

A nitrogén felfedezéséhez vezető kísérletet 1772-ben *Daniel Rutherford* (1749-1819) végezte. Ma már kissé megütközünk kísérletén. Zárt térben addig tartott egy állatot, amíg az meg nem dőglött (el nem használta az oxigént), majd a maradék gázt vetette vizsgálat alá (lásd Jacobson, 2002). A gázt később *nitrogénnek* nevezték el (a szó a kálium-nitrát nevéből származik; görögül nitrosz: „lúgsó”). A kísérletből következik, hogy Rutherford tudta, hogy a levegőben létezik egy gáz, amely az állatok életéhez elengedhetetlen. Ez nem is csoda, hiszen erre már száz évvel korábban az ír vegyész, *Robert Boyle* és az angol orvos, *Richard Lower* egyaránt rámutattak. Ennek ellenére, úgy tűnik, Rutherfordot ez az anyag nem különösebben izgatta: nem foglalkozott vele. Így az oxigén felfedezésének dicsőségén másik két vegyész osztozik. A tudománytörténet ugyanis nem képes eldönteni, hogy melyikük a felfedező.

Azt biztosan tudjuk, hogy az angol *Joseph Priestly* (1733-1804) kísérleteit 1774-ben végezte. Ugyanakkor csak arról van tudomásunk, hogy a svéd *Karl Wilhelm Scheele* (1742-1786) valamikor 1772 és 75 között hajtott végre hasonló kísérletet. Priestly folyékony higanyt égetett el magas hőmérsékleten. Az égetés során fehér por,

higany-oxid keletkezett. Amikor ezt az anyagot vákuumban hevítette, akkor a tüzet tápláló gáz jött létre.² A gázt *oxigénnek* („savcsinálónak”) Lavoisier nevezte el, mivel hibásan úgy gondolta, hogy ezt az elemet minden sav tartalmazza. Priestly azt is kimutatta, hogy a szén elégetése a levegőnek mintegy ötödét fogyasztja el, ami nagyon közel van a ma ismert pontos értékhez. A 18. század végén Lavoisier munkái bizonyították, hogy a maradék négyötödöt nitrogén teszi ki.

Priestly számos olyan anyagot is kimutatót (nem a légkörben!), amelyek a levegőben ugyan csak nyomokban vannak jelen (lásd később), de fontos szerepet játszanak az ott végbemenő kémiai folyamatokban. Így egyebek közt felfedezte a nitrogén-monoxidot, a nitrogén-dioxidot, a dinitrogén-oxidot, a szén-monoxidot, a kén-dioxidot. Érdekességgéppen megemlíti, hogy politikai nézetei miatt Lavoisier, a modern kémia megalapítóját, a francia forradalom alatt kivégezték. Priestlynak viszont, mivel szimpatizált a francia forradalommal, Angliából menekülnie kellett. Az Amerikai Egyesült Államokban hunyt el.

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a 18. század végén a levegő felfedezésének nagyon fontos időszaka zárult le. Ebben a században főbb vonásokban megismerték a levegő összetételét, rájöttek, hogy elsősorban nitrogénből és oxigénből áll. A történetnek azonban korántsem volt vége.

A 19. század

A 19. század első felében már-már úgy tűnt, hogy befejeződött a levegő felfedezése. A század második fele azonban bebizonyította, hogy ez egyáltalán nincs így. *Christian*

² A felfedezés összefüggött a hő természetéről folytatott vitával, amelyre itt nem térünk ki (lásd például La Coudière, 2004). Csúpan megjegyezzük: az oxigén első neve „flogiszon nélküli levegő” volt, mivel Priestly úgy vélte, hogy a kapott gáz flogisztont nem tartalmaz. A flogiszonvitát, mint annyi mást, Lavoisier zárta le, aki először értelmezte helyesen az oxidációt.

Friedrich Schönbein (1779-1868) 1839-ben felfedezte az *ózon*t. A név onnan származik, hogy a német kémikus elektromos kisülések-nél speciális szagot érzett (görög ozein: szag-lani). Majd rájött, hogy a szagot valamilyen gáz okozza. Arra azonban nem jött rá, hogy milyen fontos anyagról van szó. A felfedezés jelentősége akkor vált nyilvánvalóvá, amikor *Walter N. Hartley* (1846-1913) 1881-ben rámutatott, hogy a napsugárzás földfelszínén mérhető spektruma 300 nm alatt azért hiányzik, mivel az ultraibolya sugárzást az ózon elnyeli. Az már csak a 20. század elején derült ki (Warneck, 1999), hogy az ózonmolekulák többsége nem a talajközeli levegőben található. Érdekes, hogy az ehhez szükséges méréseket Lord Rayleigh fia, *Robert John Strutt* (1875-1947) végezte el.³

A 19. század második felében fedezték fel a nemesgázokat is. A levegőben legnagyobb koncentrációban előforduló *argon* felfedezése a már említett Lord Rayleigh nevéhez fűződik. Abból indult ki, hogy az oxigéntől megtisztított légköri nitrogéngáz 0,5 %-kal nehezebb, mint a kémiai úton előállított tiszta nitrogén. Munkatársával, *Sir William Ramsay*-vel (1852-1916) megállapította, hogy a különbséget egy további gáz jelenléte okozza, amelyet argonnak neveztek el (görög argos: lusta, rest), utalva a gáz kémiaiag inert tulajdonságára. Azt is sikerült kimutatniuk, hogy az argon a kálium radioaktív bomlása⁴ útján keletkezik. Később felfedezésükért Nobel-díjban részesültek.

A levegő fontos tulajdonsága, hogy nemcsak gázokat, hanem finoman elosztott szilárd és cseppfolyós, ún. *aeroszol részecskéket* is tartalmaz. Ezek a részecskék jóval nagyobbak, mint a levegőmolekulák, ugyanakkor, kivéve a legnagyobb porszemeket, kisebb-

bek annál, hogy szemünkkel egyenként lássuk őket (lásd később). Együttesen mégis érzékelhetők, mivel szórják és elnyelik a fényt, így meghatározzák a látótávolságot, vagyis azt a távolságot, ameddig a levegőben ellátunk. A levegőnek ezt a tulajdonságát is a 19. század második felében kezdték tanulmányozni.

Bár hasonló kísérleteket a francia *Paul Coulier* (1824-1890) korábban végzett, az irodalomban elsősorban az angol *John Aitken* (1839-1919) idézik, mint az aeroszolmérések megindítóját (az aeroszol szó a 20. század terméke, így ezt a kifejezést Aitken nem használja, egyszerűen porról beszél). Aitken 1880-ban megjelent tanulmányában leírja azokat a vizsgálatait, amelyeket ún. tágítási kamrákkal végzett (Aitken, 1880). Ha a kamrába szívott megnedvesített levegőt hirtelen kitágította, akkor a levegőben túltelítettség, következtésképpen köd keletkezett, amelynek cseppei a kamra aljára rakódtak. Ha a tágítást többször megismételte, akkor már nem keletkezett köd, mivel a levegőből eltűnt a „por”: a cseppekkel együtt a kamrából kiüledett. Aitken ebből helyesen azt a következtetést vonta le, hogy a köd és felhőcseppek porrészecskéken, *kondenzációs magvakon* keletkeznek. Idézett munkájában megjegyzi, „...ha nem lenne por a levegőben, akkor nem lennének ködök és felhők, és valószínűleg eső sem”. Ez az első olyan közlemény, amely világosan kimondja, hogy a felhő- és csapadékkeletkezéshez nemcsak vízgőz és légköri feláramlás, hanem kondenzációs magvak jelenléte is szükséges. Ez a megállapítás volt a kezdete azoknak a kutatásoknak, amelyeket a 20. században végeztek.

A 20. század: nyomgázok

Ha a vízgőztől eltekintünk, akkor a nyomgázok a levegő térfogatának kevesebb, mint 0,04 %-át alkotják. Ennek a hányadnak túlnyomó részét szén-dioxid teszi ki. Kis koncentrációjuk ellenére fontos szerepet játszanak a légköri

³ Lord Rayleigh eredeti családneve Strutt volt. John William Strutt apja halálakor, 1873-ban örökölte meg a lordságot.

⁴ Ebben a cikkben a levegő radioaktív és elektromos tulajdonságaival nem foglalkozunk.

sugárzásátvitel, következésképpen az éghajlat szabályozásában. Meghatározzák továbbá a levegőben lejátszódó kémiai folyamatokat, valamint, a felszínre ülepedve, befolyásolják a talaj, illetve a szárazföldi és vízi ökoszisztémák állapotát. Felfedezésük szorosan kötődik az analitikai kémiai 20. században végbement látványos fejlődéséhez, illetve ahhoz az igényhez, hogy az ember által kibocsátott szennyezőanyagok légköri sorsát és hatásait megismerjük. A nyomanyagok száma ma már olyan nagy, hogy vizsgálatukkal külön tudományág, a *levegőkémia* foglalkozik (lásd például Wameck, 1999, vagy magyarul Mészáros, 1997). Ebben a tanulmányban így szubjektív módon csak néhány fontos felfedezést emelünk ki. Ezek a felfedezések már nem okvetlenül egy-egy vegyület, hanem valamilyen kémiai mechanizmus megismerését tették lehetővé.

Éghajlati hatásukat tekintve a nyomgázok közül kiemelkednek az *üvegházhatású gázok*, amelyek a napsugárzást átengedik, míg a Föld által kisugárzott hősugárzást elnyelik. Koncentrációjuk így szoros kapcsolatban van a hőmérséklet alakulásával. Üvegházhatás nélkül a Föld átlagos hőmérséklete -18°C volna, szemben a tényleges $+15^{\circ}\text{C}$ értékkel. Az üvegházhatású gázok tartózkodási ideje tíz, esetleg száz év, így a légkörben viszonylag egyenletesen keverednek el. Koncentrációjuk ezért kevésbé változékony. A koncentrációt is figyelembe véve a legfontosabb üvegházhatású gáz a szén-dioxid, amelynek mérését már a 19. században elkezdték, de megbízható módszer csak 1958-tól áll rendelkezésre (Keeling, 1960). Az eljárás a szén-dioxid infravörös elnyelésén alapul. A szén-dioxid koncentrációja a levegőben az emberi tevékenység miatt növekszik. A jelenlegi átlagérték 370 mmol/mol . A légköri metánt először *Marcel V. Migeotte* azonosította 1948-ban a napsugárzás infravörös tartományában található abszorpciós sávok alapján (Migeotte egyébként a légköri

szén-monoxidot is először azonosította; lásd Junge, 1963). Ma már a levegő metánkoncentrációját gázkromatográfias módszerekkel rendszeresen mérik. Koncentrációja évente közel 1% -kal növekszik. A jelenlegi koncentráció mintegy $1,7\text{--}1,8\text{ mmol/mol}$. A dinitrogén-oxidot ugyancsak a napsugárzás spektrumában lévő abszorpciós sávok alapján mutatták ki (Junge, 1963). Mérése ma már szintén gázkromatográfias eljárással történik. Közepes koncentrációja $0,31\text{ mmol/mol}$, amely évente $0,25\%$ -kal emelkedik.

A 20. században születik meg a levegőkémia, a nyomanyagok tudománya. A nyomanyagok kémiája nagymértékben összefügg a légköri ózon mennyiségével. A 20. század így az *ózonkutatás* évszázada. Egyrészt megszületnek a magasléggöri (sztratoszferikus⁵) ózonkeletkezést és bomlást leíró mechanizmusok, másrészt a mérések kimutatják, hogy ózon a talajközeli levegőben is keletkezik. A troposzferikus ózon szerepet játszik az oxigéntartalmú szabad gyökök⁶ létrejöttében, amelyek a kémiai reakciókat szabályozzák. Végül kiderült, hogy mind a sztratoszférában, mind a troposzférában az emberi tevékenység hatással van az ózon ciklusára. A halálos ultraibolya (UV) sugarakat elnyelő magasléggöri ózon („jó ózon”) mennyiségét csökkenti, a talajközeli, az emberi egészségre, a növényzetre és a műtárgyakra veszélyes talajközeli ózon („rossz ózon”) mennyiségét növeli.

A *magasléggöri ózon* keletkezésének és bomlásának leírására elsőként az angol *Sidney Chapman* (1888-1970) tett javaslatot

5 Magasléggörön a továbbiakban a sztratoszférát értjük, amely a légkör $15\text{--}55\text{ km}$ közötti rétege. Benne található a légköri ózonmolekulák kb. 90% -a. Ebben a tartományban a hőmérséklet a magassággal kissé emelkedik az ózon UV-sugárzást elnyelő hatása miatt. Alatta helyezkedik el a troposzféra, amelyben a magassággal a hőmérséklet általában csökken, mivel a

(Chapman, 1930). Ennek lényege, hogy az ózon keletkezéséhez szükséges atomos oxigén a molekuláris oxigén fotokémiai bomlása útján keletkezik, amely a két oxigént tartalmazó oxigénmolekulával három oxigén-atomból álló ózont képez. Másrészt az ózonkeletkezésben és bomlásban csak az oxigén módosulatai vesznek részt. A második világháború után a kémiai folyamatok sebességével foglalkozó reakciókinetikai vizsgálatok egyre pontosabbá váltak. Az új eredmények világossá tették, hogy a sztratoszferikus ózon bomlását nem lehet a Chapman-féle mechanizmussal megmagyarázni: a bomlás túl lassú. Következésképpen valamilyen nyomanyag még részt vesz az ózon kivonásában. Ez az anyag csak a troposzférából származhat, mivel a sztratoszférában az UV-sugarak hatására a legtöbb vegyület/gyök gyorsan elbomlik. Ebből az is következik, hogy az illető nyomanyagnak valamilyen körfolyamatot kell megindítania, amiben állandóan újrakeletkezik. A holland-német származású, de számos országban tevékenykedő *Paul Crutzen* (szül. 1933) mutatott rá elsőnek, hogy a keresett anyag a nitrogén-monoxid, amely a talajból a levegőbe kerülő dinitrogén-oxid bomlásából származik (Crutzen, 1970). A dinitrogén-oxid a troposzférában kémiaiilag inert, így lassú diffúzióval a sztratoszférába jut, ahol az UV-sugarak hatására elbomlik. Ez az elképzelés felvetette annak lehetőségét, hogy a sztratoszférában repülő szuperszonikus repülőgépek nitrogén-oxid kibocsátása csökkentheti az ózon mennyiségét. Figyelembe véve azonban a szuperszonikus gépek repülési gyakoriságát, valamint a talajból származó dinitrogén-oxid mennyiségét, a számítások nem túlságosan jelentős hatást jeleztek.

A kutatás iránya ekkor váratlan fordulatot vett, mivel *James Lovelock* (szül. 1919) a Gaia elmélet megalkotója (lásd később) az általa feltalált kromatográfiás érzékelővel elvégezte az első légköri *freonméréseket* (lásd Warneck,

1999). A mérésekből kiderült, hogy a légkörbe bocsátott, kémiaiilag teljesen inertnek vélt freon mennyiségének kb. a fele eltűnt a levegőből. Hová lett ez a jelentős freonmennyiség? A kérdés megválaszolásához tudnunk kell, hogy freonokat (kémiai nevükön halogénezett szénhidrogéneket) a 20. század húszas éveinek végén *Thomas J. Midgley* (1889-1944) állított elő először. Midgley amerikai mérnök volt, aki előzőleg az ólmozott benzint is feltalálta (lásd Jacobson, 2002). A freonokat szórópalackokban vivőanyagként, hűtőgépekben hűtőfolyadékként kívánták alkalmazni. Ezek az anyagok a célnak jól megfelelték, előállításuk nem került sokba. A gondos kísérletek továbbá kimutatták, hogy vízben nem oldódnak, nem gyulladnak meg, és kémiaiilag teljesen inertek. Így egyre többet gyártottak és használtak fel belőlük, következképpen egyre több olyan anyag került a levegőbe, amely ott természetes körülmények között nem fordul elő. Légköri koncentrációjuk követésére azonban nem voltak megfelelően érzékeny analitikai módszerek. Mikor aztán sikerült ilyen módszereket kitalálni, a mérések igencsak meglepő eredményekre vezettek.

A probléma felkeltette a neves kaliforniai vegyész, *Frank Sherwood Rowland* (szül. 1927) figyelmét, aki addig a levegővel egyáltalán nem foglalkozott. Asszisztensével, a mexikói származású *Mario José Molinával* (szül. 1943) úgy gondolták, hogy a freonok talán sztratoszferikus körülmények között bomlanak el, ahol megfelelő hullámhosszú napsugárzás áll rendelkezésre. A kísérletek mindenben igazolták elképzeléseiket (Molina – Rowland, 1974). A freonok az UV-sugárzás hatására elbomlanak, és a keletkező klór az ózonnal gyorsan reakcióba lép. A reakció körfolyamatot indít el, amely az ózon jelentős részét kivonja a levegőből. Tanulmányuk közlésének idején nem tudták, hogy a folyamat emberi beavatkozás nélkül is lejátszódik. Aztán rövidesen kiderült (lásd

Warneck, 1999), hogy a levegő az óceánokból származó metil-kloridot tartalmaz, amely a freonokhoz hasonló szerepet játszik el.

A freonok hatása akkor vált teljesen bizonyossá, amikor angol kutatók felfedezték az antarktiszi tavaszi ózonlyukat (Farman et al., 1985). A talajról végzett spektroszkópiás mérésekkel kimutatták, hogy a hetvenes évek után tavasszal az Antarktisz fölött egyre kevesebb az ózon. A nyolcvanas évek elejére a csökkenés elérte az ötven százalékot. A későbbi vizsgálatok azt is kimutatták, hogy különösen 20 km-es magasság körül jelentős a csökkenés, ahol megközelíti a kilencven százalékot. Az intenzív vizsgálatok (például Molina kísérletei) azt is kiderítették, hogy az ózonlyukat az Antarktisz feletti speciális meteorológiai és kémiai feltételek kölcsönhatása hozza létre (lásd Mészáros, 1997; Warneck, 1999; Jacobson, 2002), és hogy kiváltásában a freonok meghatározó szerepet játszanak. Nemzetközi egyezmények hatására ezért a freonok felhasználása az utóbbi években jelentősen mérséklődött.

A 20. század első felében úgy gondolták, hogy a talajközeli levegőben lévő ózon teljes egészében a sztratoszférából származik. A negyvenes évek kaliforniai légszennyeződési helyzetei alaposan rácafoztak erre a nézetre. Ebben az időszakban Kaliforniában, elsősorban Los Angelesben a nagy gépkocsiforgalom, az erős nap sütés és a csaknem mozdulatlan levegő komoly légszennyeződési problémákhoz vezettek. A levegő izgatja az emberek szemét és nyálkahártyáját, pusztult a növényzet. *Arie Haagen-Smit* (1900-1977), Kaliforniában élő holland biokémikus 1948-ban mutatta ki (Jacobson, 2002), hogy a laboratóriumban magas ózonkoncentrációnak kitett növények pontosan olyan károkat szenvednek, mint a kinti vegetáció magas légszennyeződés esetén. Azt is kimutatta, hogy a nagy ózonkoncentráció izgatja a szemet, roncsolja a különböző anyagokat (például gumicsöveket) és

légzési zavarokat okoz. Az ózon keletkezésének magyarázata céljából 1952-ben a következő kísérletet végezte el. Megfelelő kamrába nitrogén-dioxidot és reaktív szerves vegyületeket vezetett. Ha a kamrát napfényel világította meg, akkor a kamrában ózon keletkezett. Ezek után feltételezte, hogy az atomos oxigén a nitrogén-dioxid fotokémiai bomlásakor keletkezik. A probléma már csak az volt, hogy a kipufogógázokban nem nitrogén-dioxid, hanem nitrogén-monoxid kerül a levegőbe. A további kutatások ezért a nitrogén-monoxid oxidációjának megmagyarázására irányultak (lásd Mészáros, 1997; Warneck, 1999; Jacobson, 2002).

Jóval később az addig végzett mérések adatait felhasználva, Crutzen (1974) modellszámításokkal igazolta, hogy ózon a troposzférában is állandóan keletkezik. Nem szennyezett területeken a szükséges elővegyületeket a bioszféra produkálja. Becslések szerint globális léptékben a keletkező troposzférikus ózon kétharmada helyben keletkezik, és nem a sztratoszférából származik. A troposzférikus ózon, elsősorban a belőle és vízgőzből keletkező szabad gyökök révén meghatározza a levegő oxidációs állapotát. Ezen keresztül szabályozza a metán és szén-monoxid, valamint számos egyéb nyomgáz (például kén-dioxid, különböző szerves gázok) légköri mennyiségét, végső soron a troposzféra kémiai folyamatait.

A légköri ózon kutatása a 20. században igen fontos eredményekhez vezetett. Ezek a kutatások elősegítették, hogy a levegő tulajdonságait sokkal mélyebben ismerjük meg. Ráadásul az ózon keletkezésének és bomlásának kérdése szorosan kapcsolódik az emberi tevékenység és a levegőkörnyezet kapcsolatának feltárásához. A kutatások jelentőségét a Svéd Tudományos Akadémia is felismerte. Az 1995-ös kémiai Nobel-díjat Paul Crutzen, Mario Molina és Sherry Rowland az ózonkutatásban elért eredményeikkel érdemelték ki.

A 20. század: aeroszol részecskék

A 20. századi kutatások nagy eredménye, hogy kiderítik, hogy a levegőben nemcsak „por” található, hanem a pomál jóval kisebb lebegő részecskék is, a levegő hatalmas aeroszolt alkot (Schmauss – Wigand, 1929). A pomál kisebb részecskéket először egyszerűen „füstnek” nevezik, és hosszú idő telik el, amíg kiderül, hogy a „füst részecskéket” nemcsak égéstermék, hanem bármely kondenzációval keletkezett anyag felépítheti. A mai szóhasználat szerint az 1 mm átmérőnél kisebb részecskéket finom, a felszín aprózódásával létrejövő nagyobbakat durva részecskéknak nevezzük.

Ezen a területen az első fontos felfedezést *Gustav Mie* (1868–1957) teszi (Mie, 1908). A német fizikus kimutatja, hogy abban az esetben, ha a szóró részecske átmérője összevethető a napsugárzás hullámhosszával, akkor nem alkalmazható a Rayleigh-féle törvény (lásd fent): a fényszórás független a sugárzás hullámhosszától. Azért látjuk a felhőket és a párás levegőt fehérek. Másrészt a fényszórás a részecske keresztmetszetétől és anyagának törésmutatójától függ. A keresztmetszettől való függés az okozója annak a megfigyelt ténynek, hogy a látótávolság a levegő relatív nedvességének növekedésével csökken. A nedvszívó részecskék ugyanis a relatív nedvesség emelkedésekor egyre nagyobb átmérőjűek lesznek. A Mie-féle elmélet lehetővé teszi a látótávolság változásának helyes értelmezését: a látótávolságot a levegőben lévő aeroszol részecskék tulajdonságai szabályozzák. Ha a fényintenzitás gyengülésénél csak a levegőmolekulákat vesszük figyelembe (Rayleigh-féle szórás), akkor a látótávolság a levegőben mindig kb. 330 km lenne.

Az aeroszol részecskék nagysága széles határok között változik. A molekula-aggregátumok („nanorészecskék”) és a legnagyobb porrészecskék (10 mm) mérete

között mintegy négy nagyságrend a különbség. Ezért, a gázokkal szemben, ebben az esetben nemcsak a koncentrációt, hanem a *nagyság szerinti eloszlást* (a koncentráció gyakorisága a méret függvényében) is jellemeznünk kell. A német *Christian E. Junge* (1912–1996), a levegőkémia nagy úttörője, az első ilyen tárgyú kézikönyv szerzője (Junge, 1963) az ötvenes évek elején először mutatott rá, hogy a különböző nagyságú, különböző módszerekkel tanulmányozott részecskéknak folytonos a nagyság szerinti eloszlása. Húsz évvel később az amerikai *Kenneth Thomas Withby* (1925–1983) ismerte fel, hogy a légköri aeroszol-részecskék nagyság szerinti eloszlása több eloszlásból tevődik össze, ami összefüggésbe hozható a részecskék keletkezésével és dinamikus folyamataival (például egyesüléstükkel, koagulációjukkal). Így módon vált lehetségessé a finom és durva aeroszol-részecskék kémiai különbségének értelmezése (Whitby, 1978).

Szintén Junge (1963) mutatta ki, hogy a troposzférában viszonylag egységes részecskepopuláció található, melyet háttéraeroszolnak nevezünk. Ő fedezte föl, hogy a sztratoszférában egy aeroszolóréteg helyezkedik el, amely összefüggésben van a vulkánkitörésekkel. Ezt a ma már Junge-rétegnek nevezett tartományt szulfátból álló részecskék töltik ki. Junge nevéhez fűződik annak igazolása is, hogy a finom részecskék tömegének jelentős része szárazföldi környezetben kénsavból, illetve *ammónium-szulfátból*, kisebb mértékben nitrátból épül fel. A részecskék a kén-dioxidból keletkező kénsav, a nitrogén-dioxidból származó salétromsav, illetve ammóniagáz kondenzációja útján keletkeznek. Ezek a kutatások, a csapadékvíz kémiai összetételének vizsgálatával együtt felhívták a figyelmet a kén- és nitrogénvegyületek légköri körforgalmának tanulmányozására, és lehetővé tették az ökoszisztémáknak nagy kárt okozó *savas*

esőokossági értelmezését. Végül a hetvenes évek elején magyar kutatók bizonyították be, hogy a finom részecskék az óceánok fölötti levegőben is szulfátból állnak (Mészáros – Vissy, 1974). Mivel ezek a kis részecskék, a durva részecskéktől eltérően, nem tengeri sóból származnak, ez az eredmény fölvetette az óceáni eredetű kén-gázok tanulmányozásának fontosságát és elvezetett a légköri dimetil-szulfid (DMS) felfedezéséig (lásd Wameck, 1999). A DMS felfedezése egyúttal a légköri kénkörforgalom helyes megalkotását is lehetővé tette.

A fűtésből származó füst és korom légköri jelenléte, illetve káros hatása már rég közismert (Brimblecombe, 1999). Különösen Nagy-Britanniában okozott ez a szennyeződési forma súlyos egészségi problémákat. *Harold Antoine Des Voeux*, az 1909-es skóciai katasztrófa után, 1911-ben javasolta az ilyen helyzetek megnevezésére a „szmog” kifejezést, amelyet az angol füst („smoke”) és köd („fog”) szavak egyesítésével képzett. Azóta is az ilyen jellegű légszennyeződést „londoni szmognak” nevezzük. Ennek mintájára keletkezett Kaliforniában a fotokémiai szmog („Los Angeles-i szmog”) kifejezés, amely a közlekedési kibocsátásokból a nap-sugárzás hatására létrejövő szennyeződést jelöli.

Ma már tudjuk, hogy a finom részecskék elsősorban szulfátból és szerves anyagokból állnak. A durva részecskék az óceánok feletti levegőben tengeri sóból (elsősorban nátrium-kloridból), szárazföldi környezetben talajeredetű elemekből (alumínium, szilícium, vas, kalcium stb.) tevődnek össze. Ez utóbbiak, valamint az emberi tevékenységből származó egyéb fémek (például ólom, kadmium) kimutatásában fontos szerepet játszottak azok a nukleáris módszerek, amelyek roncsolásmentes analízist tesznek lehetővé (lásd Mészáros, 1999). Jelenleg a részecskék kémiai kutatása elsősorban a széntartalmú részecskék természetének

megállapítására irányul. Ezek a részecskék részben elemi szénből, részben számos szerves vegyületből épülnek föl, amelyek részletes vizsgálatára, módszertani okokból, csak a legutóbbi években kerülhetett sor (lásd Gelencsér, 2004).

A légköri aeroszol kutatásának fontos részét képezik azok a vizsgálatok, amelyek célja a köd- és felhőképződésben szerepet játszó *kondenzációs magvak* természetének tisztázása. A problémát az okozza, hogy a felhőkben a vízre vonatkoztatott túltelítettség nagyon alacsony, kevesebb, mint 1%, szemben az Aitken által alkalmazott tágitási kamrák háromszoros túltelítettségével. Más szavakkal az aeroszol részecskéknek csupán egy kis hányada szolgáltat kondenzációs magvakat. Ilyen kis túltelítettségek ún. diffúziós kamrákban állíthatók elő, amelyeket az ötvenes évek közepétől kezdtek légköri megfigyelésekre alkalmazni. Különböző fizikai és kémiai módszereket diffúziókamrás mérésekkel kombinálva az ausztrál *Sean Twomey* mutatta ki, hogy a felhőképződésben aktív magvakat („felhőkondenzációs magvak”) a 0,1 mm-nél kisebb ammónium-szulfát részecskék szolgáltatják (Twomey, 1972). Jelenlegi ismereteink szerint ez a megállapítás annyiban módosul, hogy a vízben oldódó szerves részecskék szintén részt vesznek a vízgőz kondenzációjában. Az aeroszol szerves hányadának jelentős része ugyanis vízben oldódik, és hasonlóképpen viselkedik, mint a humin anyagok közül a fulvosavak (Gelencsér, 2004).

Az utóbbi tíz-tizenöt évben az aeroszol részecskék kutatása új lendületet vett. Egyre bizonyosabbá vált, hogy az aeroszol részecskék az *éghajlat szabályozásában* nem elhanyagolható szerepet játszanak, és ellentétes hatást váltanak ki, mint az üvegházhatású gázok. Modellszámításaik alapján elsőnek az amerikai *Robert J. Charlson* és munkatársai javasolták, hogy a jelentősen szennyezett

területek fölött a szulfátrészecskék hűtő hatása kiegyensúlyozhatja az üvegházhatású gázokét (Charlson et al., 1991). Ez a hatás a részecskék sugárzást szóró tulajdonsága miatt lép fel. Az is kiderült, hogy a részecskék nemcsak közvetlenül csökkentik a felszínre jutó napenergia mennyiségét, hanem közvetett módon is. A kondenzációs magvak száma ugyanis meghatározza, hogy adott túltelítettségen hány darab és mekkora felhőcsepp jön létre. Minél nagyobb az aeroszol részecskék száma (például emberi hatások miatt), annál nagyobb koncentrációjú, de kisebb felhőcsepp keletkezik, mivel a kondenzálható vízgőz többfelé oszlik el. Az ilyen felhők nemcsak nehezebben adnak csapadékot, hanem jobban szórják a napsugarakat, mint a kevés nagyobb cseppekből álló felhők. Ily módon hűtik az alattuk lévő légrétegeket (Twomey, 1991). A kutatások ezen a területen egyre intenzívebben folynak. Két alapvető probléma van. Egyrészt az aeroszol részecskék tartózkodási ideje jóval rövidebb (mintegy tíz nap), mint az üvegházhatású gázoké. Hatásuk ezért a források környékére korlátozódik, míg az üvegházhatású gázok globális felmelegedést okoznak. Másrészt az aeroszol részecskék nagysága, formája és kémiai összetétele igen változékony, szemben az egymással teljesen azonos gázmolekulákkal. Éghajlati hatásuk modellezése ezért sokkal nehezebb, mint az üvegházhatású gázoké (ahol azért szintén vannak még problémák). További kutatásokra van ezért szükség, hogy megbízható módon feltárhassuk a levegő és az emberi tevékenység kapcsolatát.

Záró gondolatok

A levegő kémiai összetételét a 20. században elég nagy pontossággal ismertük meg. Ez az összetétel azonban meglehetősen furcsa. A levegőt alkotó gázkeverék eltér a fizikai-kémiai egyensúlyi feltételektől. A nitrogénnek lassan oxidálódnia kellene, és egyensúlyi for-

mája az óceánvízben oldott nitrát lenne. Nem is beszélve arról, hogy az oxidatív levegőben redukált vegyületek is (például metán, ammónia) viszonylag jelentős koncentrációban fordulnak elő. Bizonyos előzmények után erre Lovelock (1979) mutatott rá, aki kimondta, hogy a levegő entrópiája messze van a maximális értéktől, hasonlóan mint a biológiai rendszerek esetén. Posztulálta, hogy a levegő része a bioszférának, és minden összetevője meghatározott „feladatot” lát el. A referenciagáz az oxigén, amely oxidációval az energiát szolgáltatja. Ugyanakkor a szomszédos, élet nélküli bolygók légkörében nincs oxigén, a gázburkot szén-dioxid alkotja, kémiai folyamatok nem mennek végbe, következésképpen ezek a légkörök egyensúlyban vannak. Ezen a meglátáson alapul a *Gaia hipotézis*, amely szerint az élőlények nemcsak elszennvedik, hanem „saját érdekükben” irányítják a környezeti feltételeket.

A 20. századi kutatások arra is rámutattak, hogy a Föld egyes tartományai (bioszféra, hidroszféra, pedoszféra, légkör) egymással állandó kölcsönhatásban vannak (magyarul lásd Papp, 2002). A különböző elemek (vegyületek) folyamatosan áramlanak egyik tartományból a másikba, részei egy hatalmas anyagciklusnak, a *biogeokémiai körforgalomnak* (ennek az elképzelésnek Magyarországon *Szádeczky-Kardoss Elemér*, neves geokémikus volt az úttörője). Adott szférában a kémiai összetétel akkor változatlan, ha az időegység alatt beáramló és a kiáramló anyagok tömege egymással egyenlő. Így a levegőbe a gázok általában a bioszférából kerülnek: az oxigén például a növények és egyes baktériumok fotoszintézisével, a szén-dioxid a légzéssel és a szerves anyagok bomlásával. Ezt az évmilliók során kialakult állapotot zavarja meg az emberi tevékenység, amely anyagokat mozgat meg, felhasznál, és a nemkívánatos anyagokat a környezetbe bocsátja. Ebből következik, hogy a levegő összetételének tanulmá-

nyozása, az ember és a levegőkörnyezet kapcsolatának feltárása elképzelhetetlen a Föld többi tartományának vizsgálata nélkül: bolygónk egységes egészet alkot. A levegő tanulmányozásának története tehát nemcsak a tudománytörténet egyik érdekes fejezete, hanem rádöbbsentett bennünket

arra, hogy a légkör, ezen keresztül életünk megértéséhez a Föld bolygó egészének működését kell megértenünk.

Kulcsszavak: *levegő, légkör, összetétel, nyomgázok, üvegházhatású gázok, ózon, aeroszol részecskék, tudománytörténet*

IRODALOM

- Aitken, John (1880): On Dust, Fogs And Clouds. Transactions of the Royal Society of Edinburgh. **30**, 337–368.
- Brimblecombe, Peter (1999): History Of Urban Pollution. In: Fenger, Jes – Hertel, O. – Palmgren, F. (eds.) *Urban Air Pollution – European Aspects*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 7–20.
- Chapman, Sydney (1930): On Ozone and Atomic Oxygen in the Upper Atmosphere. Philosoph Magazine. **10**, 369–383.
- Charlson, Robert J. – Langner, J. – Rodhe, H. – Leovy, C. B. – Warren, S. G. (1991): Perturbation of the Northern Hemisphere Radiative Balance by Backscattering from Anthropogenic Aerosols. Tellus. **43A-B**, 152–163.
- Crutzen, Paul J. (1970): Ozone Production Rates in an Oxygen-Hydrogen-Nitrogen Oxide Atmosphere. Journal of Geophysical Research. **76**, 7311–7327.
- Crutzen, Paul J. (1974): Photochemical Reactions by and Influencing Ozone in the Troposphere. Tellus. **26**, 47–57.
- Faman, Joseph C. – Gardiner, B. G. – Shanklin, J.D. (1985): Large Losses in Total Ozone in Antarctica Reveal ClO_x/NO_x Interaction. Nature. **315**, 207–210.
- Gelencsér András (2004): *Carbonaceous Aerosol*. Springer, Dordrecht
- Jacobson, Mark Z. (2002): *Atmospheric Pollution: History, Science, and Regulation*. Cambridge University Press, Cambridge
- Junge, Christian E. (1963): *Air Chemistry and Radioactivity*. Academic Press, New York–London
- Keeling, Charles D. (1960): The Concentration and Isotopic Abundance of Carbon Dioxide in the Atmosphere. Tellus. **12**, 200–203.
- La Cotardière, Philippe de (2004) (ed): *Histoire des sciences: de la préhistoire à nos jours*. Tallandier, Paris
- Lovelock, James E. (1979): *Gaia. A New Look at Life on Earth*. Oxford University Press, Oxford
- Mészáros Ágnes – Vissy Károly (1974): Concentration, Size Distribution and Chemical Nature of Atmospheric Aerosol Particles in Remote Oceanic Areas. Journal of Aerosol Science. **5**, 101–110.
- Mészáros Ernő (1997): *Levegőkémia*. Veszprémi Egyetemi, Veszprém
- Mészáros Ernő (1999): *Fundamentals of Atmospheric Aerosol Chemistry*. Akadémiai, Budapest
- Mie, Gustav (1908): Reports on the Turbid Media, Especially Metallic Colloidal Suspensions (in German): Annalen der Physik. **25**, 377–445.
- Molina, Mario – Rowland, F. Sherwood (1974): Stratospheric Sink for Chlorofluoromethane-Chlorine Atom Catalysed Destruction of Ozone. Nature. **249**, 810–812.
- Papp Sándor (2002): *Biogeokémia. Körfolyamatok a természetben*. Veszprémi Egyetemi, Veszprém
- Sagan, Carl (1980): *Cosmos* Random House, New York
- Saggs, Henry W. F. (1999): *The Babylonians*. The Folio Society, London
- Simonyi Károly (1981): *A fizika kultúrtörténete*. Gondolat, Budapest
- Schmauss, August–Wigand, Albert (1929): *Die Atmosphäre als Kolloid*. Vieweg und Sohn, Braunschweig
- Twomey, Sean (1972): Measurement of the Size of Natural Cloud Nuclei by Means of Nuclepore Filters. Journal of the Atmospheric Sciences. **29**, 318–321.
- Twomey, Sean (1991): Aerosols, Clouds And Radiation. Atmospheric Environment. **25A**, 2435–2442.
- Wameck, Peter (1999): *Chemistry of the Natural Atmosphere*. Academic Press, San Diego
- Whitby, Kenneth T. (1978): The Physical Characteristics of Sulfate Aerosols. Atmospheric Environment. **12**, 135–159.

A KÁBÍTÓSZEREK MOLEKULÁRIS BIOLÓGIAI HATÁSMECHANIZMUSA

Wollemann Mária

az orvostudományok doktora, MTA Szegedi Biológiai Központ Biokémiai Intézet
Wollemann@nucleus.szbk.u-szeged.hu

ÖSSZEFOGLALÓ

A tanulmány célja a kábítószeres biológiai hatásmechanizmusának ismertetése és ezen keresztül a hozzászokás és függőség magyarázata.

A kábítószeres többsége az emberi és állati szervezetben egyaránt jelen lévő receptorokon (jelfelfogó) keresztül fejti ki hatásukat. E receptorok a szervezetekben keletkező természetes ingeranyagok (biogén aminok, aminosavak, peptidek stb.) megkötésére és jeltovábbítására szolgálnak. Szabályozásuk igen finom, többlépcsős, bonyolult mechanizmusokon alapszik. A receptorokra ingerlőleg ható természetes és mesterséges anyagokat agonistáknak, e hatásokat gátlókat pedig antagonistáknak szokták nevezni. A receptorokra ható gyógyszereink többsége antagonisták, ezért kevésbé okoznak hozzászokást, mint az agonista hatású gyógyszerek és a kábítószeres, melyeknél gyakori a hozzászokás. A legtöbb kábítószerrel ezen kívül még testi és lelki függőség is fellép, vagyis a kábítószerelvezők ellenállhatatlan vágyat éreznek a szer fogyasztására, és amennyiben ahhoz nem tudnak hozzáférni, súlyos megvonási tünetek lépnek fel.

E tüneteknek az a magyarázatuk, hogy a legtöbb kábítószer (ópiátok, kokain, amfetamin, nikotin stb.) különböző mechanizmusokon keresztül növelik az agy egyik ingeranyagának, a dopaminnak a szintjét az ún. örömközpontokban. A belső ingeranyagok

hatása nem tartós, mert azokat a szervezet hamar le tudja bontani, ezért ezekhez általában nem alakul ki hozzászokás és függőség. A kívülről bevitt kábítószeres azonban egyrészt nem bomlanak le hasonló gyorsasággal, másrészt a szervezet jelfogói (receptorai) úgy védekeznek e természetellenes hatóanyagokkal szemben, hogy elvesztik érzékenységüket, deszenzitizálódnak a szerre. Ennek az a következménye, hogy egyre többet kell alkalmazni a szerből azonos hatás elérésére, ezt nevezik hozzászokásnak.

E jelenségek molekuláris mechanizmusát részben már felderítették, és ezek ismerete segíti az érdeklődőket abban, hogy ne forduljanak a kábítószeres felé.

TARTALOMJEGYZÉK

1. Az ingeranyagok szerkezete és hatása a központi idegrendszerben
 - a. aminerg transzmitterek
 - b. aminosav transzmitterek
 - c. peptid modulátorok
 - d. zsírsavszámazékok
2. A receptorok szerkezete, lokalizációja és hatásmechanizmusa
 - a. ioncsatornához kötött receptorok
 - b. guaninnukleotidához kötött receptorok
3. A transzporterek szerkezete, lokalizációja és hatásmechanizmusa
 - a. monoamin transzporterek
4. A receptorokra ható drogok
 - a. ópiátok
 - b. kannabisz

- c. LSD
- d. nikotin
- 5. Az ingeranyagok transzporterére ható drogok
 - a. kokain
 - b. amfetamin és származékai
- 6. A receptorok deszenzitizálása és következményei: védekezési mechanizmusok
 - a. tolerancia
 - b. dependencia
 - c. terápia
- 7. Következtetések

BEVEZETÉS

Az idegrendszer molekuláris biológiája nem tekint vissza hosszú múltra, ellentétben az élettani és gyógyszeres kutatásokkal, mivel csírái is csak a múlt század második felében, leginkább utolsó harmadában kezdtek kifejlődni, azonban az ingeranyagok felismerése, hatásuk és anyagcseréjük leírása már a múlt század elején megkezdődött. Kezdetben elsősorban csak elektrofiziológiai és farmakológiai tulajdonságaikat ismerték fel, és támadáspontjukat receptornak (jelfogónak) nevezték el a nélkül, hogy kémiai mibenlétüket tisztázták volna.

1. Az ingeranyagok szerkezete, és hatásuk a központi idegrendszerben

a. A természetes ingeranyagok közül az acetilkolin és az adrenalint fedezték fel először a kolinerg paraszimpatikus, illetve az adrenerg szimpatikus idegek ingerlése közben, majd ezt követte a noradrenalin és dopamin, amelyek szintén a szimpatomimetikus anyagok közé tartoznak. A biogén aminok csoportjába tartoznak még a később leírt hisztamin és szerotonin is.

b. Az ingeranyagok egy másik csoportját képezik az aminosavak; ide tartoznak az aminosavak közül a glutaminsav, az aszparaginsav, a glicin és a gamma-aminovajsav (GAV vagy GABA). Az előző három izgató, míg az utóbbi gátló hatást fejt ki.

c. A húsz természetes aminosavból szintetizált peptid közül is egyre több ingeranyagot írnak le, ezeket először csak modulátoroknak gondolták, később azonban egyre inkább valódi transzmitter hatásúnak ítélték. Itt elsősorban a fájdalom- és örömközpontokra kifejtett hatásuk miatt jönnek szóba, ilyenek az enkefalinok, az endorfinok, a P anyag és a neurokininek.

d. A zsírsav eredetű ingeranyagok közé sorolhatók még az anandamidok és a vanilloidok, melyek többek között az öröm-, illetve a fájdalomközpontokon keresztül fejtik ki hatásukat, de transzmitterként való elfogadásuk még késik.

Az ingeranyagok anyagcseréjébe több helyen lehet beavatkozni elméletileg: a keletkezésük, a lebontásuk és a sejtbe való felvételükön keresztül is befolyásolható a szintjük. A szintézisüket és lebontásukat specifikus enzimek végzik, míg egyesek felvételét a sejtekbe transzporterek biztosítják.

2. A receptorok szerkezete, lokalizációja és hatásmechanizmusa

A receptorok fogalmát John N. Langley vezette be 1907-ben. Nikotint cseppentve az izom felszínére, csak akkor okozott kontrakciót, ha az idegvégződés körül alkalmazta, amit kuraréval – ami gátolja a nikotin izomösszehúzó hatását – sikerült kivédenie. Ebből feltételezte, hogy az idegvégződés egy specifikus anyagot tartalmaznak, amelyet receptornak nevezett el. A receptorok mind a központi, mind a perifériás idegrendszerben előfordulnak a sejtek membránjában vagy az idegvégződéseken. Nemcsak az idegsejteken, de a gliasejtek membránján is vannak receptorok, melyek az idegsejtek ún. támasztószövetét képezik, és anyagcseréjét egészítik ki.

A receptorok kémiai természetének tisztázására jóval később, a XX. század második felében került sor, részben fehérjeemésztési kísérletekkel igazolták, hogy a sejtmembr-

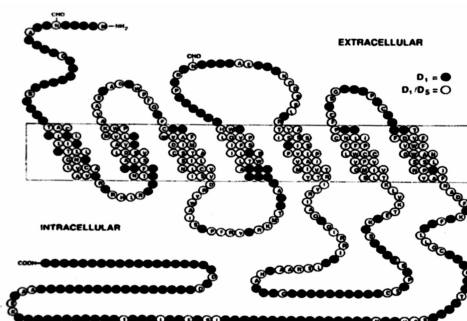
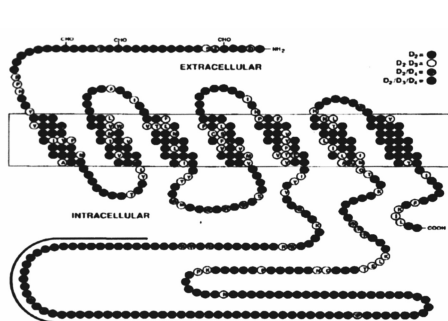
ránban lévő receptorok fehérje természetűek, részben biokémiai kísérletekkel mutatták ki, hogy a legtöbb biogén amin egy enzimaktivitást növelő vagy gátló hatással rendelkezik. Ez a receptorhatáshoz kötődő enzim volt az adenilcikláz. Később kiderült, hogy a receptor és az adenilcikláz között még egy vegyület, a guaninnukleotidához kötött G-fehérje foglal helyet, amelynek guanozintrifoszfátáz enzim aktivitása van.

A receptorokhoz kötődő biogén aminok tulajdonképpen ezt az enzimet aktiválják, ennek hatására az adenilcikláz adenzin trifoszfátból egy másik nagy energiájú vegyületet, a ciklikus adenzinmonofoszfátot szintetizálja, amely különböző anyagcsere-folyamatokat indít el. A guaninnukleotidához kötött fehérje három alegységből áll, melyek közül az egyik (alfa-alegység) többféle alakban fordul elő, aszerint, hogy milyen receptorhoz kötődik lehet izgatató Gs, vagy gátló Gi/o, ami az adenilcikláz aktivitásának fokozását, illetve gátlását eredményezi. Egy később felfedezett Gq/11 a foszfolipáz C/beta aktiválása révén a sejten belüli kalciumszintet emeli. Az alfa alegységen kívül még béta és gamma alegységek is vannak a G-fehérjében. A receptoroknak két nagy csoportját különböztetik meg a G-fehérjékhez kapcsolt

receptorok, melyek száma több száz, illetve újabban már ezer körülnek vélhető, és az ioncsatornákhöz kötött receptorok, melyek az előzőnél egy kisebb csoportot alkotnak.

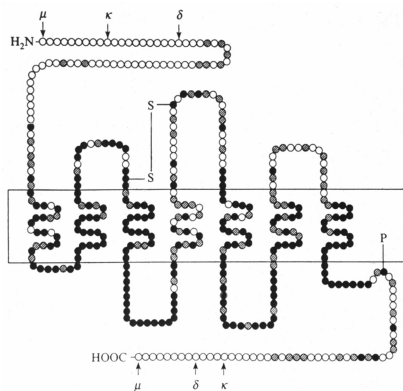
a. Az ioncsatornához kötött receptorok közül csak néhány érdekel bennünket a droghatás szempontjából, ezek közé tartozik a kationcsatornához kötött nikotinos acetilkolin-receptor, az NMDA-receptor és a szerotonin 5-HT₃-receptor, valamint a kloridcsatornához kötött GAV- és glicin-receptorok. Ezek a receptorok többféle fehérje alegységből épülnek fel, melyek az ioncsatorna falát képezik. Az alegységeknek általában négy transzmembrán régiójuk van.

b. A G-fehérjéhez kapcsolt receptorok közül az acetilkolin muszkarinos receptorai, a noradrenalin és adrenalinall reagáló alfa- és bétaadrenerg-receptorok, a dopaminhoz kötött dopaminreceptorok (1. ábra), a szerotoninreceptorok, a hisztamin-receptorok, a metabotrop glutaminsavreceptorok, és a peptidekkel aktiválható receptorokon keresztül ható drogok érdekelnek bennünket leginkább. Ide tartoznak az opiát- (2. ábra) és a neurokinin-receptorok, a zsírsav származékokra ható receptorok közül az anandamiddal aktiválható kannabisz-receptorok (3. ábra).



1. ábra • D2 humán receptor és a D3, D4 receptorokhoz való viszonya.

A körök az egyes aminosavakat jelzik. D1 receptor és a D5 receptorhoz való viszonya

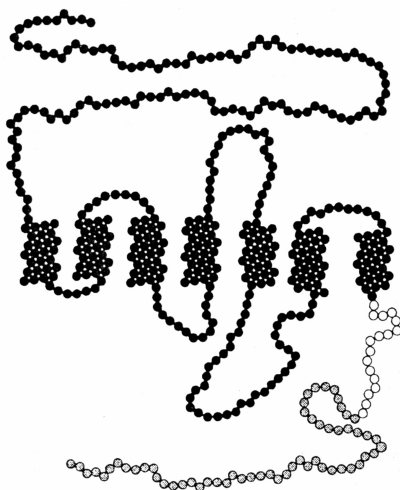


2. ábra • Mű-, delta- és kappa-ópiát-receptorok. A fekete pontok mindhárom, a szürke pontok két receptorban előforduló közös aminosavat jelzik

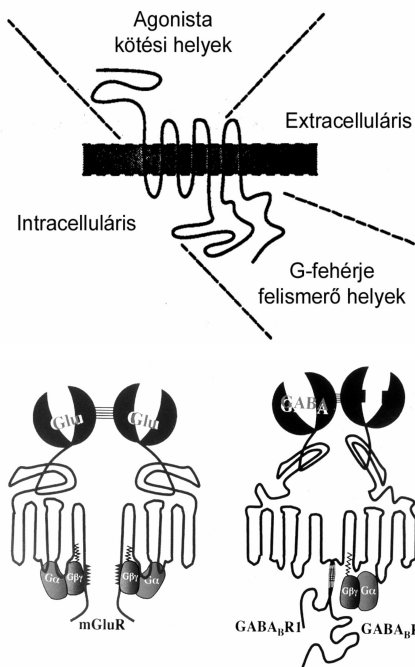
A G-fehérjéhez kapcsolt receptorokra jellemző, hogy hét transzmembrán régióból állnak, extracelluláris N-terminális és sejten belüli C-terminális aminosavat tartalmaznak. Az N-terminális régióban található a glikozilálásért felelős, míg a C-terminálisban a deszenzitizálásért felelős aminosavak. A biogén aminok általában a 3-as transzmembrán régióban előforduló aszparaginsavhoz kötődnek, míg a nagyobb molekulájú peptidek az extracelluláris hurkokhoz (4. ábra). A G-fehérjékhez kötődő receptorok képesek egymáshoz kapcsolódni, így különböző „párkapcsolatok” is létrejöhetnek, melyek megváltoztathatják a receptorok eredeti tulajdonságait (5. ábra).

3. A transzporterek szerkezete, lokalizációja és hatásmechanizmusa

A transzporterek fogalmának használata a noradrenalinak az idegsejtbe való újrafelvételével kezdődött mintegy negyven évvel ezelőtt. Nemsokára hasonló aktív felvételt észleltek szerotoninnal és dopaminnal. Kiderült, hogy a monoaminok enzimatisz lebontása és diffúziója mellett az aktív felvétel játszik döntő szerepet az anyagcseréjükben. Ezen észleletek után olyan gyógyszereket sikerült



3. ábra • Kannabisz CB1 receptor

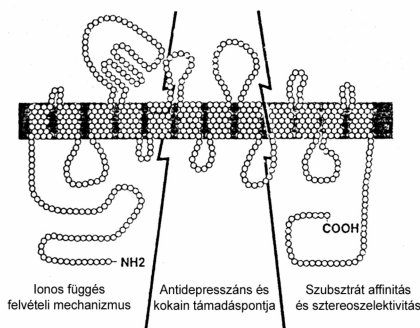


4. és 5. ábra • G-fehérjéhez kapcsolt receptorok modellje, metabotróp glutaminsav és GABABR1 és R2 receptorok dimér párkapcsolata

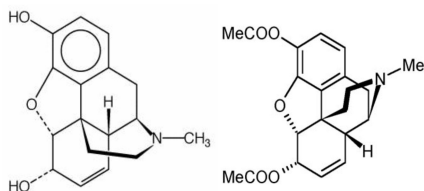
kifejleszteni, mint az antidepressz-szánsok és a pszicho-stimulánsok, melyek gátolták a felvételt, és ezáltal hatékonyak bizonyultak a depresszió kezelésében.

A kilencvenes évek elején sikerült a transzporterek génjeit klónozni, és ezáltal meghatározni az aminosav-szekvenciájukat, majd immuncitokémiai és hibridizációs módszerekkel megállapítani lokalizációjukat, miszerint az idegrendszerben főleg azoknak az idegsejteknek a membránjában foglalnak helyet, ahol a megfelelő transzmitter képződik. A szerkezeti és lokalizációs vizsgálatok után mutációval, delécíóval és hibridizációs kísérletekkel megállapították, hogy a fehérjemolekula mely részei felelősek a felvételért és a gátlásért. A humán dopamin transzporter pl. 620, a noradrenalin 617, a szerotonin 630 aminosavból és mindhárom 12 intramembrán régióból áll. A transzporter mindkét vége intracellulárisan helyezkedik el, így a potenciális glikozilálási helyek a második extracelluláris hurokban helyezkednek el (6. ábra).

a. A monoamin transzporterek klónozása az akkor már ismert szerkezetű gamma-aminovajsav transzporterrel való homológia alapján történt, elsősorban a konzervatív intramembrán régiók alapján. A monoamin transzporterek működéséhez Na⁺ és Cl⁻ ionokra van szükség, ami a biogén aminokkal együtt aktív transzporttal kerül az idegsejtbe.



6. ábra • Transzportermodell



7. és 8. ábra • Morfin, heroin

A receptorokhoz hasonlóan a monoamin transzporterek is képesek oligomerizálódni, vagyis párkapcsolatokat létesíteni önmagukkal, valamint proteinkinázok hatására foszforilálódni és deszenzitizálódni. Újabban génkiütéses (knock out – K. O.) egereken is tanulmányozták a transzporterek hatását.

4. A receptorokra ható drogok

a. ópiátok

Az ópiátok narkotikus hatása a Távol-Keleten már az ókorban ismert volt. A mákgubó tejnedvéből előállított ópium mintegy negyven alkaloidot tartalmaz. A legfontosabb ezek közül a morfin (7. ábra), a kodein és a papaverin. A morfint az ópiumból már 1805-ben Friedrich Wilhelm Sertürner német gyógyszerész izolálta. Hazánkban Kabay János dolgozott ki egy új módszert a mákszalmból kivont morfin előállítására. A narkósok által leggyakrabban használt ópium alkaloida a heroin (8. ábra), a morfin diacetilált alakja, mely erősen lipofil, és így hamarabb jut el az agyba, ahol deacetilálódik, és mint morfin kötődik az ópiatreceptorokhoz.

A morfin az ópiatreceptorok közül a μ₁ altípushoz kötődik a legnagyobb affinitással, és ezen keresztül fejt ki többek között fájdalomcsillapító és euforizáló hatását. A morfin a gerincvelői támadásponton kívül elsősorban a fájdalom agykérgi tudatosítását gátolja. A μ₂-ópiatreceptorokon kívül még delta- és kappa-ópiatreceptor altípusokat különböztetünk meg. Mindhárom receptornak ismert az aminosavsorrendje, és ezek között kb. 60 % a homológia (lásd a 2. ábra fekete pontjait). E receptor altípusoknak vannak en-

Leu-enkephalin	Tyr- Gly-Gly-Phe -Leu-OH
Met-enkephalin	Tyr- Gly-Gly-Phe -Met-OH
β-Endorphin	Tyr- Gly-Gly-Phe -Met-Thr-Ser-Glu- Lys-Ser -Gin-Thr-Pro-Leu-Val-Thr-Leu-Phe-Lys-Asn-Ala-Ile-Ile-Lys-Asn-Val-His-Lys-Lys-Gly-Gln-OH
α-Neendorphin	Tyr- Gly-Gly-Phe -Leu-Arg-Lys-Tyr-Pro-Lys
Dynorphin OH	Tyr- Gly-Gly-Phe -Leu-Arg-Arg-Ile-Arg-Pro-Lys-Leu- Lys -Trp-Asp- Asn-Gln -OH

9. ábra • Endogén opioid peptidek aminosavszekvenciája

dogén ligandjai, a mű és delta altípusoknak a metionin-enkefalin és a leucin-enkefalin, míg a kappa altípusnak a dinorfin. Az előzőek öt aminosavból állnak és a proenkefalin A peptidből keletkeznek, míg az utóbbi tizenhét aminosavból áll, és prodinorfinból hasad le enzimatis úton. A beta-endorfin, mely a beta-lipotropinból keletkezik és harmincegy aminosavból áll, elsősorban a mű-receptorhoz kötődik. (9. ábra)

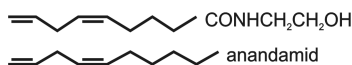
A peptidek szelektivitása nem túl nagy, ami az egyes altípusokhoz való kötődést illeti. Újabban sikerült a kiütéses módszerek alkalmazásával megállapítani, hogy a mű-receptorok feltétlenül szükségesek az analgetikus és narkotikus hatáshoz, és a deltaspecifikus ligandok analgetikus hatáshoz is szükség van a mű-receptorokra. A kappa-receptorok ligandjai eufória helyett diszfóriát okoznak, ezért nem terjedtek el mint fájdalomcsillapítók. A peptidek a bontóenzimek hatására gyorsan lebomlanak, emiatt nem képesek hosszan tartó hatást kifejteni, s a hozzászokás sem fejlődhet ki velük szemben. Kivételt képeznek ez alól azok az esetek, amikor a fokozott tréningek miatt pl. a béta-endorfin koncentrációja megnövekedhet, ami eufóriát (runner's high) és toleranciát okozhat, de ezt a hatást naloxon és naltrexon ópiát-antagonistákkal nem sikerült kivédeni, ezért ez nem tekinthető klasszikus ópiáthatásnak.

Az ópiátreceptorok az alfa-Gi/o-n keresztül fejtik ki hatásukat, ami az adenilát-ciklázt gátolja, molekuláris szinten ez hozható összefüggésbe az ópiátok fájdalomcsökkentő hatásával.

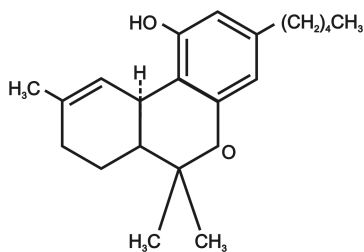
b. kannabisz

A kannabisz az indiai kender (*Cannabis sativa indica*) alkaloidja. Legrégebben az ópiátokhoz hasonlóan a Távol-Keleten és Indiában használták. A mintegy hatvanhat alkaloida közül az A9-tetrahydrocannabinol (THC) (11. ábra) a leghatékonyabb, melyet 1964-ben azonosítottak. A növények a drogot a szárban, a levelekben és a virágokban tartalmazzák, legnagyobb koncentrációban a nőnemű virágokban található. Száritott állapotban általában cigarettába keverve szívják el, ez szerepel a köznyelvben marihuána (nálunk *fi*) néven. A THC legnagyobb koncentrációban a hasisban fordul elő, ez egy gyantászerű anyag, amely a virágok csúcsain képződik, és megszáritva kb. tízszer több hatóanyagot tartalmaz, mint a levelek.

A szervezetbe került kannabisz a véráramon keresztül hamar bejut az agyba, ahol az ún. kannabiszreceptorokon keresztül fejt ki hatását (3. ábra). A kilencvenes évek elején sikerült a kannabiszreceptorokat klónozni. Ezek Gi/o fehérjéhez kötött receptorok, és kétféle alakban CB1-ként és CB2-ként ismertek. Míg a CB1 a központi idegrendszerben fordul elő, addig a CB2 periferián helyezkedik el, és az immunitásban játszik szerepet. A kannabiszreceptorok az agyban viszonylag nagy koncentrációban fordulnak elő.



10. ábra

 Δ^9 – THC

11. ábra

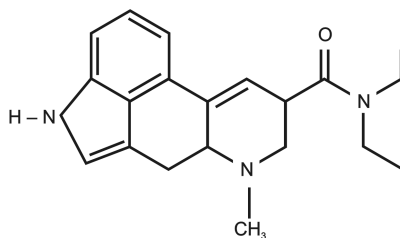
Természetes ligandjaik az endocannabinoidok, ide tartoznak az anandamid (10. ábra), az N-arachidonildopamin és a 2-arachidonilglicerol. Az anandamid enzimatisz szintéziséhez Ca ionokra van szükség. Képződését az N-aciltranszferáz és a foszfolipáz D katalizálja, míg a metabolizmusuk egy zsírsavamidhidrolázén keresztül történik, ami arachidonsavra és etanolaminra bontja őket. Feltételezik, hogy az anandamidnak aktív felvétele is van, de transzporterét még nem sikerült klónozni. Az anandamidok az idegsejtmembránból képződnek, és nem a szinaptikus vezikulákban tárolódnak, mint a többi transzmitter, hanem közvetlenül hatnak a receptorra. A kannabisz agonisták hatására bizonyos Ca ioncsatornák záródnak és K ioncsatornák nyílnak meg. Ez gátolja a GAV felszabadulását a hippokampuszban, és a glutaminsavét a csíkkolt testben (striatum). A kannabiszreceptoroknak ismertek szelektív antagonistái, így a CB1-nek a rimonabant és a CB2-nek az SR 144528. A kannabiszok hatása némileg az ópíátokra emlékeztet, de annál valamivel gyengébb. Fájdalomcsillapító és euforikus, vagy szedatív és memóriacsökkentő hatását régóta ismerték és rákos betegeknél használták, bizonyos származékait AIDS-esek étvágygerjesztőjeként, valamint izomgörcsök oldására adták. Legalizálása körül ma is élénk viták folynak, leginkább ellene szól, hogy a kemény drogok használói közül legtöbben ettől indultak el.

c. LSD

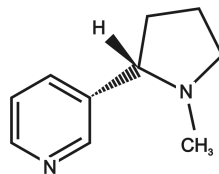
Az LSD (lizergsavdietilamid) a hallucinogén anyagok közé tartozó szintetikus lizergsav származék (12. ábra). Albert Hoffman svájci kémikus fedezte fel 1938-ban egy önkísérlet folyamán. A szimpatikus idegrendszer izgalma is fellép, elsősorban az aminerg idegek izgalma révén.

Az LSD egy szerotonin antagonistája. A számos szerotoninreceptorok közül elsősorban a preszinaptikus 5-hidroxitriptamin₂ receptorokon keresztül gátolja a szerotoninfelszabadulását, és így fokozza a szerotonin koncentrációt az idegsejtekben. Az LSD hatásai kiszámíthatatlanok. Az utazásnak nevezett emocionális hatások lehetnek jók vagy rosszak. Ezek a hatások később visszatérhetnek anélkül, hogy újabb adag bevitelére kerülne sor. Szizofréniára vagy depresszióra emlékeztető tünetek is előfordulnak.

A nikotin (13. ábra) a nikotinos ioncsatornához kötött acetilkolin-receptorok agonistája. E receptorok az idegdúcokban, a harántcsíkolt izom idegvégződéseiben és a központi idegrendszerben fordulnak elő. A nikotin ezeket a receptorokat kis adagban izgatja, majd később bénítja. A nikotinos



12. ábra • LSD



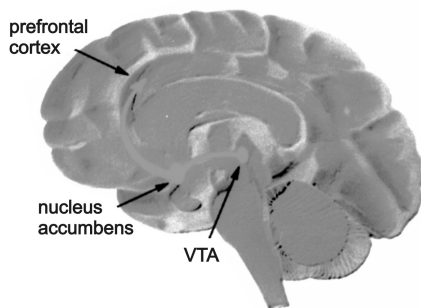
13. ábra • Nikotin

acetilkolin-receptorok izgatása a Ca ionok permeabilitás fokozásán keresztül többek között noradrenalin és dopamint szabadítanak fel. E reakciók folyamán a felszabaduló dopamin az agyi öröm- vagy jutalmazóközpontokban (nucleus accumbens, ventralis tegmentalis area) (14. ábra), hasonlóan a többi élvezeti szerhez eufóriát okoz, ami később függőséghez vezet. Megfigyelték, hogy dopaminreceptor-gátló hatású drogok után a nikotinszívás növekedett, míg dopamin agonisták hatására csökkent.

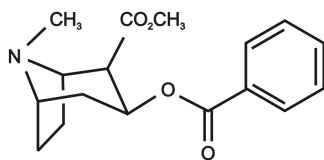
5. Az ingeranyagok transzportereire ható drogok

a. Kokain

Már a régi indiánok ismerték a kokanövény leveleinek rágszálásából származó előnyöket: a fáradtságérzést, éhségérzést csökkentő hatást és az izomerőt növelését. Manapság a kokain (15. ábra) egyik legelterjedtebb drog lett. Hatása viszonylag rövid ideig tart, mivel



14. ábra • Az agyi jutalomközpontok lokalizációja

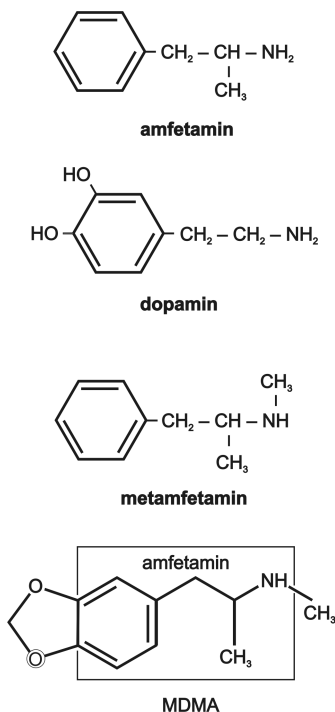


15. ábra • Kokain

gyorsan lebomlik. Az adagolás intravénásan, az orron keresztüli felszippanással vagy szájon át történik. A kokain kémiaiilag benzoilmetilekgonin; a vérben és májban lévő eszterázék kezdi el a metabolizálását. A vizelettel kiürülő végterméke az ekgonin.

A kokain kedvező, fent említett hatásain kívül a dopamin transzporter gátlásával a központi idegrendszer jutalmazó központjaiban a dopaminszint megemelkedik, ami erős eufóriát okoz, ezért elsősorban ennek köszönheti fogyasztását. Azonban dopamin transzportergén-kiütéses egereken a kokainhatás nem szűnt meg teljesen, csak ha a szerotonin transzportergénjét is kiütötték, viszont a noradrenalin és szerotonin transzportergén együttes kiütése fokozta a hatást. Mutációs, hibridizációs és kímérés kísérletekben megállapították, hogy a kokaingátlásért más transzmembrán régiók felelősek, mint a dopaminfelvételért. Míg a kokain gátlásért a 6-8-as transzmembrán régió, a dopaminfelvételért a 9-es régiótól a transzporter karboxil végéig terjedő rész felelős, ezért remélhető, hogy a jövőben olyan kokain antagonistát fedeznek fel, amely nem hat a dopamintranszportra, és így nem rendelkezik mellékhatásokkal. A kokain a transzporterfelvétel gátlása mellett még fokozza a transzporter sejtmembránhoz való vándorlását és kötődését, ezáltal mintegy kompenzálva a gátlást. A fentieken kívül a krónikus kokainszedés a dendrittűskék proliferációját is okozza az *accumbens* magban, ami az idegrendszer fő ún. jutalmazó központja. (14. ábra) Ez a hatás egy enzimaktivitás, a ciklin-dependens kináz növelésén alapszik. A metabotrop glutamát 5-típusú receptor kiütésével pedig egereken megszüntették a kokainaddíkiót.

b. Amfetamin és származékai, 16. ábra
Az amfetamin (alfa-metilfenetilamin) (15. ábra) és származékai (metamfetamin, dimetoxiamfetamin, metiléndioximetamfetamin vagy más néven MDMA, illetve extasy)



16. ábra • Amfetamin és származékai

(16. ábra) a szimpatomimetikus anyagok sorába tartoznak, vagyis a dopaminerg és az adrenerg hatások erős fokozását okozzák minden támadáspontjukon. Ez azt jelenti, hogy a kokainhoz hasonlóan beépülnek az idegsejtekbe, fokozzák a szimpatomimetikus katekolaminok felszabadulását, izgatják a receptorokat, gátolják a lebontásért felelős monoaminoxidáz enzim aktivitását és a katekolaminok újrafelvételét a transzporterek keresztül. Az amfetaminok azonban a kokainhoz hasonló központi izgató hatás mellett még a dopaminerg-receptorok és szerotonerg neuronok és pályák degenerációjához is vezetnek krónikus használat után, ezenkívül csökkentik a szervezet immunválaszát. E szereket kezdetben fogyasztó és ébrenlést fokozó hatásuk miatt alkalmazták, később azonban a fent említett káros hatások miatt használatukat betiltották.

A receptorok deszenzitizálása és következményei, védekezési mechanizmusok és terápia

a. Tolerancia

Az ingeranyagok ismételt nagy dózissal, kívülről történő bevitele után a receptorok fokozatosan elvesztik érzékenységüket, ezért azonos hatás eléréséhez egyre többet kell beadni. Ugyanez fokozottan vonatkozik a drogokra, mivel ezek lassabban disszociálnak és bomlanak le. Ezért ismételt drogbevitel, de még egyes gyógyszerek szedése után is tolerancia alakul ki. Ennek oka a receptorok deszenzitizálása. A receptorok eléréktelenedésének többféle oka lehet. A leggyorsabb a receptorok hidroxil csoportot tartalmazó aminosavainak, a szerinnek és treoninnak foszforilálása és a G-fehérjékről való lekapcsolódása. Ennél lassabb folyamat a receptorok lefűződése a membránról és a sejtbe való bevándorlása (internalizáció), majd a lizozómákba és a proteozómákba való felvétele és lebontása. A fentiekben kívül más regulálófehérjék, mint a beta-arresztin és a dinamin is befolyásolják a deszenzitizációt.

A receptorok tulajdonképpen így védekeznek a túl erős ingerekkel szemben. Az endogén keletkező ingeranyagokkal szemben azért nem alakul ki tolerancia, mert ezek hamarabb ledisszociálnak a receptorról, és a bontóenzimek eltávolítják, vagy a transzporterek révén visszakertülnek az idegsejtekbe. Az antagonistákkal szemben szintén nem alakul ki tolerancia. A drogok többségénél azonban, így például az opiátokkal szemben, elég hamar fellép a tolerancia, és ezért a szenvedélybetegek egyre többet kénytelenek alkalmazni az adott szerből, hogy a kívánt hatást elérjék. Végül is ezek a drogok már toxikus hatást fejthetnek ki az idegsejtekre.

b. Dependencia

A dependenciánál vagy függőségnél testi és lelki formákat különböztettünk meg. A testi

függőségek leginkább a szer abbahagyása vagy antagonistá adása után válnak nyilvánvalóvá, példa az opiátelvonás után fellépő hasmenés. A vegetatív tünetek egy részét az okozza, hogy az állandó drogfogyasztás miatt a receptor második hírvívó rendszere, az adenilcikláz aktivitása csökken, amit a szervezet fokozott szintézissel igyekszik kompenzálni. A drogmegvonásnál az addig legátolt aktivitás hirtelen megnő, és ez eredményezi a kellemetlen tüneteket. Nem minden drog okoz testi vagy szomatikus dependenciát, így például a kokainnál csak lelki dependencia áll fenn. Ez azonban igen kínzó lehet, ha nem áll rendelkezésre a megfelelő adag. A dependenciát állapotban is létre lehet hozni, például a kokainfüggő majmok vagy patkányok az önadagoló kokaint választják az élelem helyett akkor is, ha előzőleg éheztek őket. A lelki függőség hónapokig is fennállhat az adagolás abbahagyása után, míg a testi függőség hamarabb szűnik meg. Mi okozza a lelki függőséget? Elsősorban a jutalomközpontokban lévő dopamin felszaporodása váltja ki az örömezt, illetve az eufóriát. Ha patkányokban ezt az idegközpontot elektromosan ingerlik úgy, hogy saját maguk is tudják folytatni az ingerlést egy kar lenyomásával, nem érdekelte őket sem az evés, sem az ivás. Szintén kísérleti állatokban mérték ki, hogy míg az élelem vagy szex 50-100 százalékkal növelik az örömközpont dopaminszintjét, addig a kokain vagy amfetamin ezerszeresére növeli azt. Az eufória lehet közvetett és közvetlen hatással például a glutaminsav, a GAV vagy az opiátrendszeren keresztül. Ha az illető a mesterségesen fokozott dopaminszintekhez hozzászokik, akkor már a saját endogén transzmitterei nem képesek a korábbi hatásukat kiváltani, mivel a receptorok az erős ingerektől elvesztették érzékenységet, deszenzitizálódtak. Így válnak a krónikus drogfogyasztók szenvedélyük rabjává, anélkül, hogy ki tudnának elégülni.

c. Terápia

A drogterápia kettős célzatú, egyrészt az elvonási tünetek gyengítését, másrészt a drogtól való teljes elvonást célozza. Ami az opiátokat illeti, elsősorban a metadonterápiát szokták alkalmazni. A metadon egy gyenge műopiát-receptor agonista, mely egyben antagonistá hatást fejt ki a kappapiát-receptorokon. A metadonkezelés alternatívája a buprenorfin, mely szintén hasonló tulajdonságokkal bír, mint a metadon. Veszélyük, hogy szintén okozhatnak függőséget, de ez gyengébb, mint amit a morfin vagy a heroin okoz. Sajnos a visszaesés veszélye hónapok után is fennáll, akár erős stresszhatásra, akár a fogyasztásra emlékeztető helyzetekben bekövetkezhet. Egy másik alternatív terápia az opiát antagonistá naltrexon kezelés. Ezt csak a súlyos elvonási tünetek abbamaradása után lehet alkalmazni. A vegetatív elvonási tüneteket alfa2adrenerg-receptor agonista klonidin vagy beta-receptor gátlókkal lehet csillapítani. A naltrexon affinitása a műopiát-receptorhoz magas és hosszan tartó, így meggátolja az opiát agonisták hatását. A metadonnál még erősebb hatású a LAAM (1-alfa-acetil-metadon), mivel lassabban disszociál le a receptorról. Szubsztitúciós terápiával gyógyítják még a nikotinabúzust, ahol tapasszal vagy ráógumival pótolják a nikotinbevétel hiányát. Az opiátabúzust is hasonlóan a klonidint is alkalmazzák.

A krónikus kokainszedésre még nem létezik az opiátoknál alkalmazott terápiás elv, nincsen gyengébb és tartósabb hatású szubsztitúciós terápia. Mivel a transzporterek a dopamin máshol kötődik, mint a kokain, az ideális szer a kokain kötésének gátlása lenne. A D2 poszt-szinaptikus dopaminreceptor viszonylag szelektív gátlásával például flupentixollal már értek el eredményeket. Mivel az opiátok is részben a dopaminrendszeren keresztül fejtik ki euforikus hatásukat, a kokainabúzust is némileg csökkentette a buprenorfin és a naltrexon. Egy másik törekvés a kokain

lebontásának gyorsítása antitestekkel, így csökkentve a hatást. Újabban antikokain antitesteket juttatnak be a keringésbe a kokain megkötésére, vagy bakteriofággal fertőzött kokainkötő fehérjét visznek be, mely képes a központi idegrendszerbe is behatolni, és nem toxikus.

A génkezelés, bár egyelőre csak állatkísérletekben, érdekes eredményeket hozott. A műópiát receptor-kiütéses egereket nem sikerült krónikus morfinkezeléssel dependenssé tenni. A genetikai kutatások másik irányában annak okozóját keresik, hogy alkalmi drogfogyasztók közül egyesek függővé válnak, míg mások nem lesznek azok, ilyen módon kutatva azokat a géneket, amelyek ezekért a hatásokért felelősek lehetnek. Az epidemiológiai vizsgálatok ugyanis azt mutatták ki, hogy a drogfüggőség kockázatának 50 %-a genetikai eredetű. Csak ezen gének azonosítása után válik lehetővé annak megértése, hogy a genetikai és nem geneti-

kus faktorok mennyiben játszanak közre az egyén addiktív magatartásáért.

Következtetések

A droghatásra létrejövő molekuláris elváltozások ismertetésével szerzőnek az volt a célja, hogy az olvasók megismerjék, milyen következményekkel jár a drogok használata. Véleménye szerint lehet elrettentő példákat felhozni, de ennél sokkal hatásosabb, ha az illetők rájönnek, melyek azok a molekuláris törvényszerűségek, amelyek idegműködésünket szabályozzák, és milyen kedvezőtlen, olykor irreverzibilis változások léphetnek fel e biológiai reakciókban. E célból ezt a tanulmányt ajánlja tanároknak és diákoknak egyaránt, hogy ismerkedjenek meg a témakörrel, és ne váljanak a drogok rabjaivá.

Kulcsszavak: *ingeranyagok, receptorok, transzporterek, drogok, tolerancia, dependencia, terápia*

IRODALOM

- Benyhe Sándor (1993): A morfin biokémiája. Biokémia. 17, 160–170.
 Freund Tamás Ferenc – Katona I. – Piomelli, D. (2003): Role of Endogenous Cannabinoids in Synaptic Signaling. Physiological Reviews. 83, 1017–1066.
 Fürst Zsuzsanna (szerk.) (1998): *Gyógyszertan*. Medicina, Budapest

- Vizi E. Szilveszter (szerk.) (1997): Humán farmakológia. Medicina, Budapest
 Wollemann Mária (1990): Recent Development in the Research of Opioid Receptor Subtype Molecular Characterization. Journal of Neurochemistry. 54, 1095–1099.



A NYELVÉSZET ÉS A MAGYAR FELSŐOKTATÁS MODERNIZÁCIÓJA

Klaudy Kinga

a nyelvtudomány doktora, egyetemi tanár, ELTE
kklaudy@ludens.elte.hu

Fóris Ágota

PhD, Békésy György posztdoktori ösztöndíjas, PTE
aforis@axelero.hu

Információs társadalom elképzelhetetlen nyelvi infrastruktúra és a kialakításához szükséges oktatás és kutatás nélkül. Az utóbbi években számos tanulmány jelent meg a modern magyar nyelvészet feladatáról és lehetőségeiről (Kiefer, 1994, 1999; Glatz, 1999; Prószéky, 2001; É. Kiss, 2002). Vámos Tibor akadémikus egyik előadásában (2004) úgy fogalmazott: „az információs társadalom jövőjének kérdése alapvetően nyelvi kérdés”. Ugyanakkor a fenti tanulmányok mindegyikében megfogalmazódik bizonyos elégedetlenség a nyelvi problémák fontosságának társadalmi tudatosításával kapcsolatban. Tanulmányunk a fenti figyelemfelhívó munkák sorába kíván illeszkedni, mivel hiszünk abban, hogy „a tudományos közvélemény feladata tematizálni a jelenségeket a társadalom számára” (Vámos, 2004).¹

Kiinduló álláspontunk, hogy a nyelvészetnek a hazai felsőoktatásban betöltött helye és a társadalom nyelvi-nyelvészeti tevékenységek iránti piaci igénye között szám-

tan ellentmondás van, és a felsőoktatás modernizációs folyamata jó lehetőséget kínál a problémák megoldására. A nyelvészetet összességében véve a nyelvi képzés lényeges elemének tekintjük, nyelvi képzésen pedig egyaránt értjük az anyanyelvi és az idegen nyelvi képességek fejlesztését.

Papp Ferenc akadémikus szellemében a nyelvtudomány egységes képére szeretnénk koncentrálni. Idézzük 1986-ban elhangzott székfoglalójának szavait: „A továbbiak során nem kívánok érinteni olyan kérdéseket, mint hogy hol van a határ az általános és az alkalmazott nyelvtudomány között; hogy mely részekre osztható az alkalmazott nyelvtudomány [...] a figyelmet inkább a társadalmi megrendelések, a belső tényezők, az alkalmazott és az általános nyelvtudomány egységes képére szeretném koncentrálni” (Papp, 1989, 9.).

Az alábbiakban tézisszerűen összefoglaljuk tanulmányunk néhány bevezető gondolatát.

- A nyelvészet fejlesztése és oktatása, valamint a nyelvészeti kutatások eredményeinek felhasználása társadalmi érdek, az oktatásnak pedig fel kell készülnie a társadalmi és gazdasági igények kielégítésére.

¹ A egyetemek feladatainak és lehetőségeinek megváltozásával más tudományágak képviselői is behatóan foglalkoztak és foglalkoznak (vö. például Nyíri, 1999; Kozma, 2000 és a Tóth Tamás szerkesztésében megjelent kötet tanulmányai: Tóth, 2001).

• A nyelvi-nyelvészeti oktatásnak összességében sem a struktúrája, sem a tematikája nem felel meg a társadalmi elvárásoknak. Az anyanyelvi és az idegen nyelvi oktatás nincs összehangolva, a felsőoktatás és a közoktatás rendszere és elvárásai kevésbé épülnek egymásra.

• A nyelvészet alkalmazott területei gyorsan fejlődnek. Mind a nyelvészeti alap- és alkalmazott kutatás, mind a fejlesztés jelentős szerephez fog jutni a gazdaságban az elkövetkező évtizedekben. Az egyetemek választhatnak: központjaivá kívánnak-e válni a nyelvészeti kutatásoknak, vagy hagyják, hogy végérvényesen rajtuk kívül kerüljön ez a fontos kutatási, oktatási és egyben gazdasági szegmens.

• Rendelkezésre áll egy nagy kapacitású, felkészült, de szervezetlen nyelvész kutató, fejlesztő, oktató gárda, amelynek szellemi kapacitása nincs kihasználva. A nyelvészeti kutatások eddigénél nagyobb anyagi támogatása jelentős felsőoktatási kutatóközpontok kialakítását tenné lehetővé. E kutatások társadalmi és gazdasági alkalmazhatósága sok fiatalnak jelenthetne magas szintű munkát.

A nyelvészet helyzete a felsőoktatási modernizációban

A többciklusú lineáris képzési rendszer bevezetése jelentős lépés a felsőoktatási modernizációban, mivel célja egy szervezett és összehangolt korszerűsítési folyamat elindítása, amelyben megvalósulhatnak a hallgatói és oktatói mobilitás növekedésének, a diplomák kölcsönös elismertethetőségének, az élethosszig való tanulásnak a feltételei. A felsőoktatás modernizációs folyamata alkalmas arra, hogy a nyelvészet helyét és szerepét az oktatás és kutatás folyamatában átgondoljuk.

Célunk az, hogy elfogadva a többciklusú lineáris képzési rendszerét, a rendelkezésünkre álló dokumentumok (CSEFT, Akcióterv, Kormányrendelet, NAT) tartalmára és egyéb

kutatási eredményekre, felmérésekre támaszkodva elemezzük a nyelvi-nyelvészeti képzés struktúrájában, kapcsolatrendszerében és tartalmában kimutatható problémákat. Fejtegetéseink során részletesen nem térünk ki az oktatásfinanszírozás, -irányítás és a törvényi szabályozás kérdéseire, csupán utalunk rájuk.

Egyetértünk a CSEFT helyzetértékelésének azzal a megállapításával, hogy a felsőoktatás folyamatában a lobbierdekek meghatározó szerepet játszanak, de megállapítjuk, hogy a nyelvi-nyelvészeti képzés érdekében nem folyik a megengedett szintű lobbizás. Az oktatás-kutatás e területét az egyes részek elszigeteltsége, az egész terület széttagoltsága jellemzi.

A felsőoktatásban jelentkező problémák a közoktatásra is kihatnak, elég itt hivatkozni a *Nemzeti Alapítvány*-re (NAT), amelyben az anyanyelvi képzés majdnem minden olyan része, amellyel más diszciplína is foglalkozik, átkerült ezek hatáskörébe, és a nyelvoktatás az egész tantervben elönytelen helyzetbe került.

A nyelvészet az utóbbi évtizedekben számtalan ágra bomlott, ezek közül sok olyan van, amely önmagában jó kereseti forrású szakmává vált. A társadalmi, gazdasági stb. változások következtében létrejött új tudományágakban és új szakmákban fontos szerepet játszanak a nyelvészet különböző ágaiban született eredmények.

Mindehhez a legkevésbé sem igazodott a felsőoktatási nyelvi-nyelvészeti képzési rendszere, amely még mindig a XX. század elejére kialakult bölcsészképzés része, annak követelményeire épül, és amelyben jelenlegi formájában az irodalomoktatás dominál. Nehezen érthető, hogy a megváltozott körülmények között miért a hagyományos filológiai képzés uralkodó a nyelvszakos képzésben, miért nem választható el egymástól a nyelvészet és az irodalom, holott a hazai és nemzetközi igények ezt egyaránt indokolnák.

Megnőtt az alkalmazott nyelvészet iránti igény mind összességében, mind egyes részterületei iránt. Néhányat emelünk ki ezek közül: a fordítás, a lexikográfia, a szövegnyelvészet, a nyelvpedagógia egyaránt fontos szerepet töltenek be az ipar, a kereskedelem vagy a közigazgatás területén. A munkaerőpiacon igény van jó anyanyelvi és idegen nyelvi kompetenciákkal rendelkező munkavállalókra, akiknek a képzettsége a jelenlegi egyetemi bölcsészképzéstől eltérő ismereteket tartalmazna. Szükséges volna a megújulás, a mai piaci igények követése.

A társadalmi-gazdasági igényeknek megfelelő oktatás és kutatás

Anyelvi-nyelvészeti oktatás a bölcsészképzésben és az ehhez kapcsolódó tanárképzésben nem újult meg, ellentmondások feszülnek a közoktatás tanárigénye, a felsőoktatási felkészítés és a munkaerőpiaci igények között.

Bizonyos bölcsész és tanári szakokon, köztük különösen az idegen nyelvi szakokon, már a hallgatói beiratkozásnál lehet tudni, hogy a végzetek közül legfeljebb néhány fő található végzettségének megfelelő állást, tehát már a bemenetnél nyilvánvaló, hogy öt év elteltével, a kimenetnél pályamódosításra, átképzésre szorulnak. Az egyetemi oktatási programokat ennek megfelelően szükséges volna átalakítani. A korszerű tudástársadalom és a munkaerőpiac elvárásainak, értékrendjének megfelelő képzések kialakítása folyamatos innováció segítségével lehetséges, több kutatási terület (nyelvészeti kutatások, marketingkutatások, pedagógiai kutatások) eredményeire támaszkodva. A fogyasztók igényeihez igazodó rugalmas oktatási programok bevezetése létérdeke a felsőoktatási intézményeknek, hiszen az oktatási piac széles körű kínálata versenyhelyzetet teremt a felsőoktatási intézmények között, nemcsak magyar, de európai viszonylatban is.

A társadalomnak használható nyelvtudással és megfelelő szakmai kompetenciákkal

rendelkező tagokra van szüksége. Olyan kompetenciák kialakítására van szükség, amelyek képessé teszik a végzeteket az önálló munkára és a saját ötletek megvalósítására az adott társadalmi, gazdasági, jogi körülmények figyelembe vételével. A munkaerőpiaci elvárások megváltoztak, az idegennyelv-tudás szerepe felértékelődött. Több felmérés készült a munkaadói elvárások, a társadalmi igények megismerésére. A gazdaságnak a munkavállalókkal szemben támasztott elvárásaira a képzésben részt vevő intézményeknek gyorsan kell reagálniuk, így biztosítható a kimenet-központúság.²

A szolgáltatószektorban már ma is igen magas azoknak a vállalkozásoknak a száma, amelyek nyelvi-nyelvészeti jellegű kutató, fejlesztő- vagy oktatómunkát végeznek. A különféle nyelviskolák a képzésben, a konkrét feladatok (fordítás, pályázatírás stb.) ellátására létesített kisvállalkozások a nemzetközi kapcsolatok területén sok feladatot megoldanak. Az EU kiemelten támogatja a kutató mikro- és kisvállalkozások létrejöttét és működését. Igen lényeges, hogy a nyelvi-nyelvészeti típusú kutató és szolgáltató vállalkozások nagy számban jöjjenek létre. Bár a nyelvészet ilyen értelemben nagyrészt az egyetemeken kívülre kerül, e vállalkozások munkaerővel való ellátásának megalapozása, az újfajta szakképzés megszervezése, lebonyolítása az új típusú egyetemi nyelvi képzésnek fontos feladata lehet.

A szaknyelvi képzés iránt nagy társadalmi igény mutatkozik, hiszen jelenleg azok a munkavállalók a legesélyesebbek a munkaerőpiacon, akik magas szintű szakmai és nyelvi tudással rendelkeznek. Ennek ellenére a szaknyelvet oktató tanárok szervezett képzése közel három évtizede nem

² A társadalom és gazdaság szereplőinek idegennyelv-tudással kapcsolatos igényeiről, elvárásairól több felmérés eredménye került nyilvánosságra, ezek bibliográfiája és elemzése megtalálható: Fóris, 2004; Fóris – Kozma, 2004.

valósult meg: egyedi próbálkozások léteznek ugyan, de a kérdés megoldására általánosan alkalmazható modell nem született. E probléma gyakorlati megoldása csak részlegesen, egyedi módon, kétféle úton történik jelenleg: vagy kétféle diploma megszerzésével vagy pedig önképzéssel. Mindkét lehetőség hosszú időt és jelentős energiabefektetést kíván a tanároktól, emiatt ennél megfelelőbb, összehangolt megoldást kellene találni. Ugyanez vonatkozik a szaknyelvi vizsgáztatásra is. Az Akcióterv célkitűzései között szerepel, hogy a legtöbb tanuló a közoktatásban a tantervnek legalább egy részét teljesítse idegen nyelven, ezért egyre több pedagógusnak kellene képesnek lennie arra, hogy tantárgyát legalább egy idegen nyelven is képes legyen tanítani.

A jelenlegi feldarabolt, mereven behatárolt szakirány-orientált képzést célszerű volna átalakítani a minden szakma területén egyre jobban kibontakozó interdiszciplináris folyamatnak megfelelő, rugalmasan alakítható szerkezeté. A nyelvészetoktatás ennek megfelelő átforgalmazása jól illeszkedhet az *universitas* szelleméhez. A társadalom nyelvi-infrastrukturális igénye a szakképesítéshez magas szintű anyanyelvi és idegen nyelvi kompetenciát, és fordítva, a nyelvi képesítéshez megalapozott szakmai ismereteket kíván meg. Ezek biztosítására az egyetem tudásanyaga és oktatói kara kiváló lehetőséget biztosíthatna átgondolt oktatási programok kialakítása esetén.

Szükséges lenne egy nyelvészeti alapsomag kidolgozása, amelybe bármilyen szakos hallgató bekapcsolódhatna, és kiemelti tudásanyagában a nyelvi-nyelvészeti ismeretek arányát egyéni tervei alapján állíthatná össze. A nagy ellenzések közepette végül egyetemi polgárjogot nyert humán menedzser és művelődési menedzser szakon szerzett diplomák magas munkaerőpiaci értéke mutatja, hogy a társadalom számára hasznos interdiszciplináris tudásanyag állítható össze különböző tudományterületek

jól válogatott ismereteiből. Robin Mansell megállapítását idézzük, aki szerint „Oktatási rendszereink egyszerűen nem termelnek ki elegendő embert, akiknek megvan az új gazdaságba való produktív bekapcsolódáshoz szükséges kompetenciaprofilja. Egyre nagyobb a kereslet az olyan képességek iránt, melyek alkalmassá tesznek valakit a releváns információk kiválasztására, az irreleváns információk figyelmen kívül hagyására, az információs mintázatok felismerésére, az információ értelmezésére és dekódolására, valamint új készségek elsajátításra és a régiak elfeledésére.” (Mansell, 2002). A nyelv rendszerének, szerkezetének ismerete, a fordítástudomány, a lexikográfia, a szociolingvisztika és más nyelvészeti ágak eredményeiben a felhasználói szintű jártasság jelentős segítséget nyújthatnak az új készségek elsajátításához.

Szerencsés volna, ha a nyelvi képzés mellékszakként megjelenne a tanár- és szakképzésben más szakok mellett, például természettudomány-nyelv, szakma-nyelv képzés létezne. A rendszerváltás idején több egyetem indított természettudomány-idegen nyelv párosítással tanárképzést, amely az egyszakos rendszerre való áttérés miatt, minden értékelés nélkül megszűnt. Érdemes volna ezek tanulságát utólag megvonni. A „Világ-nyelv” programban, az Oktatási Minisztérium stratégiájában („Világ-nyelv 2003, <http://www.om.hu>) megtalálható a nyelvtanárook szakmai továbbképzése és a szaktanárook nyelvi továbbképzése, azonban az újra a kétszakos képzés felé orientálódó felsőoktatási intézmények szakpárjai közül hiányzik. Tehát marad a továbbképzés, jobb esetben a másoddiplomás képzés lehetősége? Kérdés, hogy a felsőoktatás új rendszere alkalmas lesz-e az idegennyelv-szakmai képzés illetve tanárképzés feladatainak ellátására, a lehetőségek és finanszírozás alkalmassá teszi-e az új rendszert ennek az interdiszciplináris feladatnak az ellátására.

A magyar nyelvészet nemzetközi viszonylatban is jelentős eredményeket tudhat magának, a nyelvészeti kutatási háttér mégis spontán alakul, a modern szervezeti és infrastrukturális háttér hiányzik, nincs egységes kutatási stratégia. A társadalmi-gazdasági igények kielégítésére, a gyakorlatorientáltabb nyelvi-nyelvészeti képzés megalapozására a folyó kutatások mellett újabb alap- és alkalmazott kutatásokra és fejlesztésekre van szükség, amelyeket az egyetemek interdiszciplináris összetételű kutatógárdájával lehetne megoldani.

Néhány példa: szaknyelvek kutatása (terminológiai, korpusznyelvészeti, lexikográfiai stb.); új oktatási módszerek kutatása (szaknyelvi képzés megalapozása, nyelvi távoktatási programok elkészítése, új típusú oktatási segédletek módszertani és fejlesztő kutatása stb.); a társadalom igényeihez igazodó (nyomtatott vagy elektronikus megjelenítésű) oktatási segédletek fejlesztő kutatása és előállítása (nyelvi oktatóprogramok és anyagok a szakképzésben, az óvodai felhasználásban, önkormányzati alkalmazottak részére, iskolai szótárak, lexikonok szerkesztése stb.).

Ezeknek a feladatoknak a jó megoldása tipikusan egyetemi feladat. Jelenleg a felforgatott kutatási-fejlesztési feladatokat egy-egy személy vagy kisebb csoportok végzik, a feladatok különösebb összehangolása nélkül, gyakran egymással párhuzamosan, a gyakorlatban pedig számtalan olyan kézikönyv, tankönyv, CD, szótár stb. lát napvilágot, amelyek tudományos megalapozottsága és tartalma nem megfelelő.

Jelenleg a nyelvészeti alap- vagy alkalmazott kutatással foglalkozó cégek és az egyetemek közötti kapcsolatfelvétel esetleges és véletlenszerű, kizárólag személyes kapcsolatokon keresztül történik meg. Az oktatási segédletek fejlesztése nem az egyetemeken, hanem cégeknél folyik, a nyelvészeti kutatások a bölcsészkarokon csak esetlegesen vannak jelen.

A számítógépes nyelvészeti kutatások például magánvállalkozásoknál és matematikai-informatikai tanszékek keretében folynak, a bölcsészkaron csak véletlenszerűen jelennek meg (vö. például Prószyék, 2001³).

A közoktatási és felsőoktatási nyelvi-nyelvészeti képzés viszonya

Mint már említettük, az idegennyelv-szakos diplomát megszerző hallgatók a XX. század első felére kialakult bölcsészképzés rendszere szerint tanulnak, képzésükben a filológiai tárgyak és szemlélet dominálnak, pedig ha a munkaerőpiacra kikerülnek, elsősorban fordítási, szövegértési, szövegproduktív, kommunikatív stb. kompetenciákra és magas szintű nyelvismeretre van szükségük. Akik a közoktatásban helyezkednek el, azok sem irodalmat oktatnak, hanem magát az idegen nyelvet: szókincset, grammatikát, mondatalkotást, szövegértést (köznyelvi szövegeket), fordítást stb., tehát munkájuk fő része a nyelvészet és a nyelvpedagógia területére esik. Ma a felsőoktatásban és a közoktatásban egyaránt dominálnak az irodalmi tárgyak, pedig a tömeges képzésben a hangsúlyt az irodalmi műveltségről a köznyelvi és a szakmai kommunikációra, a megfelelő anyanyelvi és idegen nyelvi kompetenciák megszerzésére kellene áthelyezni.

Az infrastruktúra hiányosságai nagyon megnehezítik a képzést. Nincs akkora tanterem, mint ahány hallgatót felvesznek egy évfolyamra, nincs elég könyv, segédeszköz,

³ „Ugyanakkor az a tevékenység, amelynek keretében a számítógépes nyelvész, vagy ha tetszik, a nyelvtechnológus a nyelvet – elsősorban a magyar nyelvet – közelíti, még nagyon sokak számára, így a magyar nyelvészek többsége számára sem ismert. Ezzel egy időben viszont akik ezzel foglalkoznak – például a MorphoLogic kutatói – óriási felelősséget éreznek, hiszen a magyar nyelvi szoftvereszközöket több száz ezren használják naponta. A nyelvi szoftvereszközök hatása a magyar nyelvre lényegesen nagyobb, mint azt a hagyományos nyelvészet hinné.” (Prószyék, 2001, 71.)

számítógép, szoftver, nem elég nagy teljesítményű a fénymásoló, hiszen húsz-harminc fős évfolyamok segédletekkel történő ellátása más nagyságrendű, mint a százötven-kétszáz fős évfolyamoké, hiányoznak az alapvető ismereteket összefoglaló kézikönyvek, ha vannak, akkor pedig a terjesztésük nem megfelelő stb. A tankönyvek, a modern oktatási segédletek előállítására – sem mennyiségben, sem tartalmában – nem felel meg a tömegoktatás igényeinek, pedig éppen a célszerűen kidolgozott elektronikus módszerekkel lehetne az oktatókat, tanszékeket a túlterhelés alól felszabadítani, az oktatás folyamatát hallgatóközpontúvá tenni. A nagyszámú hallgató előrehaladásának ellenőrzése, a számonkérés lényegében a hagyományos módszerekkel történik, a tesztek alkalmazása nem jelent minőségi átalakulást. Elektronikus úton hatalmas tananyagmennyiséget folyamatosan lehetne feldolgozni, és a teljesítményt értékelni. A közoktatás fejlesztése keretében a tanítás teljes infrastruktúrájának megváltoztatását tervezik, élethosszig tartó kapcsolat kialakítását a tudáshálózatokkal, melyet a Sunet Digitális Tudásbázis (SDT) létrehozása és újfajta oktatási módszerek segítenek (vö. Magyar, 2004, <http://www.om.hu>), a felsőoktatásban azonban nem látszik ennek a folyamatnak a folytatása.

Bár a nyelvipar a legkülönbözőbb számítógépes oktatási anyagokat állítja elő, és az interneten *online* is hozzáférhető számtalan oktatási és kutatási anyag és termék, a bölcsészkarokon belül a hallgatók és az oktatók igen kis része ismeri és használja csak ezeket az anyagokat, mivel általában a számítógéppel (hardverrel és főként szoftverrel) való ellátottság nem megfelelő. A tantermek felszereltsége nem felel meg az új oktatási formák követelményeinek (nincs lehetőség internet-csatlakozásra a termekben, hiányzik a számítógépes projektor, gyakran még az írásvetítő megszerzése is gondot jelent). A

modern elektronikus segédletekkel folyó oktatás módszertana, eszköztára szintén csak helyenként és esetlegesen, egy-egy személyhez kötötten van jelen. Ez szinte valamennyi egyetemen oktatott szakra igaz, de különösen szembetűnő a nyelvészet területén. A modern szövegnyelvészeti kutatások az oktatásban, szintén szoftver- és hardverhiány miatt, csak elméleti szinten jelenhetnek meg.

A felsőoktatásban alapvető infrastruktúrális feltétel a jól felszerelt könyvtár, és az internet-hozzáférés biztosítása az oktatók, hallgatók számára, a tantermekben is. Eleendő mennyiségű kézikönyvre, tankönyvre és segédanyagokra (példál szótárakra) van szükség, szem előtt tartva a diákok igényeit és életkori sajátosságait. E területen adósságai vannak a könyvkiadásnak, az oktatásügynek és a különböző szakterületeknek.

Nem elegendő azonban kizárólag az eszközparkra helyezni a hangsúlyt, mivel a személyi feltételek megléte is fontos. Szükségessé válik a tanárszakos hallgatók (magyar nyelv, idegen nyelv, fizika, biológia, könyvtár szakos stb.) nyelvi-nyelvészeti képzése és a gyakorló tanárok továbbképzése. A NAT ilyen irányú követelményei és a felsőoktatási nyelvi-nyelvészeti képzés azonban nincsenek összhangban egymással. Az 1995-ös NAT leszögezi: „az anyanyelvi nevelésnek – sajátos jelleggel – minden tantárgyban jelen kell lennie”, az anyanyelvi nevelés a közoktatás interdiszciplináris feladata. Az anyanyelvi nevelésre való felkészítés a felsőoktatásban a tanárképzésben azonban csak a magyar szakon történik.

A közoktatás ma sem, és várhatóan a jövőben sem tudja majd ellátni a nyelvoktatással kapcsolatos összes feladatot, kimarad például a felzárkóztató jellegű anyanyelvi és idegen nyelvi képzés a kínálatból, megmarad a magánnyelviskolák rendszere és fontossága, és növekedni fog az elektronikus oktatási segédanyagok előállítása és vásár-

lása. Növekedni fog a felnőttképzés jelentősége. Nincs azonban egy olyan intézményrendszer, amely összefogná az idegen nyelvek oktatásának fejlesztését, és felelős lenne a rendszerért, nem létezik az idegen nyelvek oktatása esetében az életen át tartó tanulásra vonatkozó átfogó koncepció. Az egyes intézmények és helyi kezdeményezések munkája nincs összehangolva, emiatt több helyen folyik ugyanolyan célú munka, és sok fontos terület kimarad a fejlesztésből.

A közoktatásban, ipari, kereskedelmi, közgazgatási és más munkahelyeken dolgozók hiányosságainak nagy része a nyelvi kompetencia területén mutatkozik. Ezek pótlására, a felzárkóztatásra is kiváló lehetőséget biztosíthatna a felsőfokú szakképzés rendszere, de a nyelvészet egyelőre nem tud mit kezdeni ezzel az oktatási formával.

Az egyetemi diploma nyelvvizsgálóhoz kötése nem eredményezte az egyes szakmák nyelvének magas szintű elsajátítását, pedig magas a nyelvvizsgálóval belépők száma az egyetemekre. A szaknyelvi oktatás a szakma és a nyelvészek együttes munkáját kívánja meg. Az ilyen típusú oktatás személyi és tárgyi feltételeit a lehetőségek ellenére az egyetemek csak részben alakították ki. A magyar idegen nyelv-oktatási stratégia egyik célja, hogy az egyetemeken már csak szaknyelvi képzés folyjék (természetesen az idegen nyelvi szakokat kivéve), az általános nyelvi képzés a középfokú oktatási intézményekre maradjon. Ezt a szándékot differenciálni kellene: a bölcsész- és tanárképzésben, illetve a kereskedelmi jellegű felsőoktatási képzésben meg kellene őrizni azt a lehetőséget, hogy a hallgatók újabb idegen nyelvekből általános nyelvi képzést kaphassanak, mivel a ritka nyelveket a közoktatásban nem lehet elsajátítani.

A nyelvi-nyelvészeti képzés harmonizációja az EU rendszerével

A társadalom differenciált, többszintű és szerteágazó szakmai tartalmú igényeinek

megfelelően a nyelvi képzés struktúráját, tematikáját és módszerét mindenképpen módosítani kell. Mivel az Európai Unió népeinek egyik összetartó ereje a nyelvi ismeretek hálóját, a felsőoktatás modernizációja során az eddiginél sokkal nagyobb gondot kell fordítani a nyelvi szakképzés tematikai és képesítési rendszerének a nemzetközi trendekkel való összehangolására.⁴ Kíváncos lenne az EU-harmonizációs konferenciák gazdag sorába nyelvészeti témaköröket is beiktatni, hiszen a nyelvi képzettség jelentősége a gazdaság, a közigazgatás működőképességében mutatkozik meg leginkább. A nyelvi szakképzést a diplomák nemzetközi munkapiacra való értékesíthetősége miatt az Unió gyakorlatához kellene igazítani. A nyelvészeknek tanácsos volna összefogni, és közös alapszakkokat kidolgozni, ahol az oktatás akár „forgó rendszerben” is elképzelhető volna az egyes felsőoktatási intézmények között.

Jellegzetes példa a fordítóképzés. Graduális képzésben fordítói vagy tolmács diplomát Magyarországon nem lehet szerezni. Ugyancsak nincs egyéb (például jogász, mérnök, fizikus) szakkal párosított nyelvi diploma. Pedig jogász-nyelvészekre, fordítókra és tolmácsokra nagy szükség van az Európai Bizottság Fordítási Főigazgatóságán és a Tolmácsolási Főigazgatóságon.

Magyarországon szakfordító és tolmács diplomát kétféleképpen lehet szerezni: vagy szakirányú továbbképzésben (például ELTE BTK Fordító- és Tolmácsképző Központ), vagy a szakegyetemeken folyó ún. ágazati szakfordítóképzésben, ahol az alapidiploma mellé betétlapként kapják meg a végzett hallgatók a fordítói képesítést (például közgazdasági szakfordító a Pécsi Tudományegyetem Közgazdaságtudományi Karán, természettudomá-

⁴ Az EU oktatási és képzési rendszereinek 2010-re elvárt jellemzőiről, az Európai Bizottság munkaprogramjában megfogalmazott stratégiai elvekről és célkitűzésekről, valamint az ehhez történő magyar hozzájárulásról vö. Kovács, 2004.

nyi szakfordító a Debreceni Egyetem Természettudományi Karán, agrártudományi szakfordító a Szent István Egyetemen, orvosi szakfordító a Szegedi Tudományegyetemen).

Atöbbszörös felsőoktatási képzés országos vitája során a szakfordítóképzést folytató intézmények több értekezletet tartottak arról, hogy hogyan illeszkedjen bele a szakfordító- és tolmácsolás képzés a tervezett rendszerbe. A többség véleménye szerint a szakfordító- és tolmácsolás képzés helye a mesterképzési szinten képzelhető el, de az alapképzésen belül kialakítható lenne olyan szakirány, amely előkészíti a szakfordító és tolmács mesterszakot. Végül a többszörös, lineáris felsőoktatási képzési szerkezet bevezetésének szabályairól szóló Kormányrendeletben az alapszakok listájába a szakfordító és tolmács szak nem került bele, de még a tervezett mesterszakok között sem szerepel.

Ezért nagy felelősség hárul most a bölcsészkarokra abban, hogy a tervezett mesterszakok listájának folyamatban lévő elkészítésében legyenek tekintettel a társadalmi igényekre, s a tanári és bölcsész mesterszakok mellé a szakfordító és tolmács, valamint a szaknyelvi mesterszakot is vegyék fel (vö. a nyugati egyetemeken szokásos mester diplomákkal az alábbi területeken: *MA in Translation and Interpreting*, *MA in Translation Studies*, *MA in Specialised Translation* stb.)

A nemzetközi együttműködés kiszélesítése óriási mennyiségű két- vagy többnyelvű dokumentációval jár: tájékoztató anyagok, katalógusok, termékismertető, pályázati anyagok, jelentések, beszámolók készülnek egyszerre több nyelven akár fordítás, akár párhuzamos szövegalkotás révén. A nyelvi közvetítés iránti igény és ezzel együtt a nyelvi közvetítés gyakorlata jelen van a mai magyar társadalmi és gazdasági élet mindennapjaiban, és csak egy részét végzik hivatásos nyelvi közvetítők. A másik, feltehetően nagyobb részét, alkalmi nyelvi közvetítők végzik, akiket leginkább naiv vagy gyanútlan kétnyelvű nyelvhasználók-

nak lehetne nevezni.

Mindezeknek a problémáknak a megoldását nem lehet csak a hivatásos fordítók képzésétől várni. Mint erről korábban már több helyen írtunk (Klaudy, 2001a, 2001b), függetlenül attól, hogy mennyi hivatásos fordítóra lesz szüksége az országnak, és hogy a hivatásos fordítók képzését a nyelvtudásnak milyen szintjén kell elkezdni, a fordítást mint tantárgyat az idegennyelv-oktatás szerves részévé kell tenni középfokon és felsőfokon egyaránt. Nem elméleti magyarázatok formájában, hanem fordítási és tolmácsolási gyakorlatok segítségével. A nyelvi közvetítők készségeit természetesen nem a kommunikatív készségek fejlesztésének rovására kell fejleszteni, de tudomásul kell venni, hogy Magyarországon a nyelvtudást nagyon gyakran kell nyelvi közvetítésre használni, és a nyelvi közvetítés készsége a magyar nyelv és az idegen nyelvek nyelvhasználati különbségeinek tudatosítása nélkül nem fejleszthető.

Összefoglalás

Tanulmányunkban áttekintettük a nyelvészet helyzetét a hazai felsőoktatásban, és igyekeztünk rávilágítani azokra az ellentmondásokra, amelyek a társadalmi-gazdasági igények és a felsőoktatás formai és tartalmi elemei között mutatkoznak. A felsőoktatási modernizáció lehetőséget nyújt a nyelvi-nyelvészeti képzés egészének átgondolására és az oktatásnak a munkaerő-piaci igényekkel való harmonizációjára. Az általunk vázolt szemléletben az egyik lényeges elem az egyetemeknek a társadalom iránti tudásszolgáltatási kötelezettsége. Ennek a szolgáltatásnak sok elemét árbevétel ellentételezi (tandíj, kutatási-fejlesztési pályázati támogatás, fejlesztési eredmények értékesítése stb.), másokat társadalmi elismerés honorál, és mindezekről a nyelvész szakterület sem mondhat le.

A cél egy olyan egyetemi nyelvi-nyelvészeti oktatási stratégia, amely az elitképzés és a nemzetközi szintű kutatás mellett felvállalja

a társadalom és a gazdaság sokoldalú gyakorlati igényeinek a kielégítését is, és amely ezzel további ismeretekhez, jelentős bevételekhez és nagyobb társadalmi elismeréshez jut. Ehhez elengedhetetlen a közoktatás és a felsőoktatás nyelvi-nyelvészeti oktatási rendszerének egymásra való építése, az idegen nyelv-oktatás és az anyanyelvi képzés közötti kapcsolat megteremtése, a nyelvi-nyelvészeti (különösen az alkalmazott nyelvészeti) képzés kiterjesztése a felsőoktatási rendszer egészére a kreditrendszer adta lehetőségek,

valamint a karok és egyetemek közötti átjárás jobb kihasználása révén.

Társadalmunk jövője a nyelvi kérdéssel szorosan összefügg, a közös célok kitűzése, az együttgondolkodás vezethet el az információs társadalom igényeinek megfelelő modell megalkotásához.

Kulcsszavak: nyelvi-nyelvészeti képzés, anyanyelv, idegen nyelv, a felsőoktatás modernizációja, társadalmi-gazdasági igények, tudásszerkezet

IRODALOM

- „Világ – nyelv”. (2003) Az OM stratégiája az idegennyelv-tudás fejlesztéséhez. Modern Nyelvoktatás. 8, **1**, 3–13.
1993. évi LXXIX. törvény a közoktatásról. (A 2003. évi törvénymódosítással egységes szerkezetbe foglalt).
- Akcióterv = A nyelvtanulás és a nyelvi sokszínűség támogatása. Akcióterv a 2004–2006 időszakra. OM.
- CSEFT = A magyar felsőoktatás modernizációját, az Európai Felsőoktatási Térséghez történő csatlakozását célzó felsőoktatás-fejlesztés koncepciója. (CSEFT) Vitaanyag. OM, 2003. december 8.
- É. Kiss Katalin (2002): Milyen a magyar nyelvészet Széchenyi programja? Magyar Tudomány. **6**, 198–202.
- Fóris Ágota – Kozma László (2004): Az idegennyelv-tudás a Dél-Dunántúlon egy felmérés tükrében. Tudásmenedzsment. **5**, **1**, 58–70.
- Fóris Ágota (2004): Idegennyelv-tudással kapcsolatos vizsgálat a Dél-Dunántúli középiskoláiban. Modern Nyelvoktatás. **10**, **2–3**, 27–39.
- Glatz Ferenc (1999): Tézisek a magyar nyelvről. In: Glatz Ferenc (szerk.): *A magyar nyelv az informatika korában*. MTA, Budapest, 13–19.
- Kiefer Ferenc (1994): A magyar nyelv mint a modern kommunikáció eszköze. Magyar Tudomány. **6**, 631–642.
- Kiefer Ferenc (1999): Néhány gondolat a nyelvi technológiákról. In: Glatz Ferenc (szerk.) *A magyar nyelv az informatika korában*. MTA, Budapest, 129–137.
- Klaudy Kinga (2001a): Mit tehet a fordítástudomány a magyar nyelv „korszerűsítéséért”? Magyar Nyelvőr. **125**, **2**, 145–152.

- Klaudy Kinga (2001b): Mindennapos nyelvi közvetítés. In: Fekete Hajnal (szerk.): *A nyelvi mérce*. ITK, Budapest, 20–24.
- Kormányrendelet = 252/2004 (VIII. 30.) számú Kormányrendelet. Magyar Közlöny. **123**. (2004. aug. 30.)
- Kovács István Vilmos (2004): A lisszaboni folyamat és az oktatás. Új Pedagógiai Szemle. **54**, **7–8**, 153–174.
- Kozma László (2000): Gondolatok az egyetemek feladatairól. Tudásmenedzsment. **1**, **2**, 58–65.
- Magyar Bálint (2004): *Sulina Digitalis Tudásbázis (SDT) – a közoktatási reform „szellemi infrastruktúrája”*. Elhangzott: IV. Országos Neveléstudományi Konferencia, Budapest, október 21.
- Mansell, Robin (2002): A tudástársadalom mélystruktúrája. Információs társadalom. **2**, **3**, 23–38.
- Nemzeti Alaptanterv (NAT) (1995): OM.
- Nemzeti Alaptanterv (NAT) (2003): OM.
- Nyíri Kristóf (1999): A virtuális egyetem felé. Világosság. **44**, **8–9**, 123–138.
- Papp Ferenc (1989): *Alkalmazott nyelvtudomány: Akadémiai székfoglaló*. 1986. május 19. (Értekezések, emlékezések. Szerk.: Tolnai Márton) Akadémiai, Budapest
- Prószék Gábor (2001): Mit is jelent az, hogy „a magyar nyelv az informatika korában”? Alkalmazott Nyelvtudomány. **1**, **1**, 71–76.
- Tóth Tamás (szerk.) (2001): *Az európai egyetem funkcióváltozásai*. Felsőoktatás-történeti tanulmányok. (MF könyvek 18.) Professzorok Háza, Budapest
- Vámos Tibor (2004): *Géppel, nyelvel az e-demokrácia felé*. Elhangzott 2004. szeptember 14. MTA Nyelvtudományi Intézet
- Weblapok:** <http://www.om.hu>

„TEJFOGGAL KŐBE MÉRT HARAPTÁL?” FÁBRY ZOLTÁN JÓZSEF ATTILA-INTERPRETÁCIÓJA

Kovács Győző
az irodalomtudomány kandidátusa

„Milyen messze van! Világgá ment, hogy betöltsé öntörvényét: »A világ vagyok – minden, ami volt, van«. Most látjuk csak, »milyen óriás ő«. Nagy lett. Mint a mosóteknő falta Mama. Aki a világirodalom legszebb, leggyengédebb hasonlatát írta – »szürke haja lebben az égen, / kékítőt old az ég vizében« – immár a világirodalom elorozhatatlan tartozéka, egyik legdinamikusabb erőforrása: költő, aki makulátlan marad, és makulátlaná avat minden elnyomásból, jogtalanságból fakadó kétségbeesett gesztust. ...”

Fábrý Zoltán 1965-ben az *Élet és Irodalom*, valamint a pozsonyi *Irodalmi Szemle* áprilisi számában – ismereteink szerint életében utolsó alkalommal – írta József Attiláról az idézett sorokat.

Meghatározásként is felfoghatjuk e mondatokat, miként az 1965-ben több és más lényeges kérdésben nyújtott definícióját is; mint például az általa értelmezett és képviselt *vox humanát*.

Az alábbiakban nem szólhatunk – bár komoly és nagy irodalma van – József Attila és a KMP kapcsolatáról. Legfeljebb amily mértékben érintett Fábrý egy ilyen összefüggésben. Az 1931. szeptemberi levélre gondolunk. Bizonyos: József Attila életének nagyon nehéz, emberileg szinte elviselhetetlen korszakában fordult a stószí íróhoz.

Viszont szólnunk kell arról: mint József Attiláról írt cikkeiből (főként az 1945 *utániakból*) kitűnik – Fábrý Zoltán vállalta a kor, az inkább ideológiai forrásokra visszavezethető közmegegyezés irodalmi kánonját, a

lírai létformára utaló Petőfi Sándor – Ady Endre – József Attila „vonulatot”.

Föl kell említenünk azt is: Fábrý Zoltán számára többnyire a művek mögött föllelhető írói magatartás erkölcsi súlya élvezett elsőbbséget. Az általa írott József Attila-cikkekben sem tagadhatta meg önmagát.

Köztudott: nagymértékű volt, az egész írói pályát eldöntő Ady Fábrý Zoltánra tett szellemi hatása. Már-már szállóigévé vált: „Ady igaza”, Ady és Fábrý. A „humánnummal telítettséget” jelentette ez a szellemi kapcsolat.

Fábrý értelmezésében létezett bizonyos különбözőség Ady és József Attila között. Ady: a gögös nagyúr, a parancsoló; József Attila: a védtelen, a kiszolgáltatott, árvaságával. S ez összhangban áll(t) Fábrý érzékenységgel, a líraisággal, mely a stószí íróra oly jellemző; a végkifejletben, a már idézett írásban, annak címében is kifejezésre jut (Tejfoggal kőbe mért haraptál?). A *szlovákiai magyar író* megértette ezt az emberi és írói védtelenséget. Más összefüggésben: árulkodó Fábrý 1948. februári noteszbejegyzése: „József Attilának a szegénység éppoly muszáj és ihletője, mint Adynak egy Léda. Az ebből adódó különбség: a különбség.”

Ugyanakkor: maga Fábrý Zoltán egyenlíti az említett különбzőségeket; azzal, hogy az „Ady nem halt meg” formulához csak a „József Attila nem halt meg” ébresztő gondolat csatlakozhat.

Fónod Zoltán, Fábrý pozsonyi monográfusa két kötetben is (*Megmozdult világban*, 1987; *Perben a történelemmel*, 1993) foglalko-

zik a stószí író Ady szellemi, illetve József Attila kapcsolatával. Szépen és pontosan „leltározza” e kapcsolatok idő- és térbeli változásait, viszonyítva is Fábry szellemi változásaihoz.

Fábryt idézve Fónod Zoltán egy más oldalú közelítéssel hívja fel a figyelmet az Ady–József Attila „egyenlítésre”. Az *Antisematiszt* „szólaltatja” meg. A költészet lényegét a paradoxia műfajaként tekinti. A kollektívum és a magány kapcsolatában. Ugyanis – idézve Fábryt – „nagy az, aki többet tud, mond és tesz másnál és másokért. Nagy az, akit mások avatnak és emelnek maguk fölé. A költő magányát nagysága szünteti meg: visszhangja”. Íme, a Fábry értelmezte költői magány és felolvadás a kollektívumban – Ady és József Attila példáján tanulva.

Fábryt, miként Fónod Zoltán utal is erre, József Attila példája és verse arra tanítja, hogy a Thomas Mannt köszöntő lírában az „emberhez méltó értelen” a vox humanát idézze és igazolja, és úgy vállalja az ugyancsak József Attila idézte „talpig hűséget”...

A József Attila-filológia egyik fejezete Fábry Zoltán írásaiban lelhető. Mit mutatnak e fejezet adatsorai?

Közel három és fél évtizedet ölelnek fel. Pontosabban: 1931 augusztusától 1965 áprilisáig. Verscímeikben fogalmazva: a *Dönts! a tőkét, ne siránkozz* című kötettel indulva a „Tejfoggal kőbe mért haraptál” (Karóval jöttél) kérdéséig. A Fábry szerkesztette *Az Út* – szándéka szerint – „kristályosító pont”-ként indult (1931-ben). Sajátos; az 1948. decemberi, négy részből álló József Attila-émlékezés (József Attila szlovákiai emléke I-IV.) lett ilyen kristályosító pont; mint prizmán keresztül múlt és jelen) jövő élesedik meg. Vissza és előre... Mi már tudjuk, a sor a 60-as évek közepéig húzódik tova. A változásban – a Fábry-írások tanúsága szerint – az állandó tényező: Ady után és mellette – József Attila.

Egyébként az 1948. december 15. nevezetes dátum: az újjáéledő szlovákiai magyar sajtó újjáéledése – az *Új Szó*. „Az első szóé”.

Olvassuk csak a jellegzetes Fábry Zoltán-i hangvételű sorokat József Attiláról (1948. decemberében): „Sose járt tájainkon, az ökömýállal befönt őszi Csallóközét éppúgy nem ismerte, mint a fehéren szikrázó téli Tatrát... Tájainkon nem járt... Amikor beteg lett, gyógyírként a stószí fenyesek várták, de helyette halálhíre jött csupán: a balatonszárszói tragédia... József Attila tizenegy éve, és ma alakja, költészete, élete és halála állandó magyar napirend: Petőfit és Adyt kivéve költő ennyire eluralkodón nem élt népében... Útcákat neveznek el róla... márványba, kőbe, bronzba faragják... Szelíd-keserű csillagdidergése feloldódott... Aki a csillagok távlatába énekelte bele magát, akit a csillagok néznek és óvnak, arra az ország is igent bólinthat: önmagát becsüli meg a nép, mely József Attilát vállalja...”

(Csak zárójelben, de nem mellékesen jegyezzük meg: ennek az írásnak többféle és többfelé mutató, szerteindázó változata létezik; egyik számára kapott helyet a *József Attila-émlékkönyv*-ben.)

S míg mi csodáljuk a sajátos hangvételű Fábry Zoltán-i sorokat, a lágságot, ahogyan a stószí magányban írni tudott, Fábry már a figyelmet – egyetlen szellemi mozdulattal – a tizenöt év előtti történetekre fordítja. Arra az időszakra irányítja a figyelmet, melyben „József Attilának legvisszhangtalanabb kötete” jelent meg, a *Dönts! a tőkét, ne siránkozz!*

Akkor, 1931-ben (Az Út-ban) sem hagyja cserben jellegzetes stílusa; ugyanis József Attila e kötetében „egy garabonciás fürgeségével jön, vágat és rohan tovább. Csóvavető, tetőgyújtó, bizakodó hitet hunyorító, erőf paskoló és felrázó, aki széttép, szétmar, szétnevet, tönkreszokol mindent, ami nem az osztályharcot szolgálja. Még a verset is szétmorzsolja, félredobja, kijátssza, hogy bolondos fintorral annál jobban kisikolthassa a végső harcot... Aki a pesti atmoszférában ilyen hangot tud megütni, azt többé nem kell féltetni. Egészséges és erős. Kacagva... önti, gyömöszöli a saját erejét, bizakodását má-

sokba, csüggedőkbe, ahol ilyen hangra már képtelennek hittük az embereket. József Attila hangja: egészség, erő, az osztályharc mindig felújuló tavasza...”

Fábry Zoltán mindezt egy lélegzetre, egyetlen „szuszra” írta le; igaz, 1931-ben ő is radikális, osztályharcos korszakát élte. Nyilvánvaló, hogy ő is igenelte a *Szocialisták* sorait, mint programot: „Vers, eredj, légy osztályharcos! A tömeggel együtt majd felszállsz...” Őt is a *Lebukott*-ak sorsa érdekelte, hiszen ezt közölte (csonkán is) Az Út-ban.

Ez az a korszak, a pillanat, amikor – ismétljük – József Attila megírhatta neki, Stószra az emlegetett, 1931. szeptemberi levelét.

De hát az idő változásával – változtak a gondolatok. Fábry is elmélyültebb lett, bölcsőbb lett. Korábbi hite beágyazódott az emberség, a költészet befogadó melegébe. Tíz-tizenkét évvel József Attila halála után – Juhász Gyula tragikus alakját is földédvé – szelíd alázattal és igenlő megadással nyugtázhatta a történeteket: „Az igazi költészet ára mindig egy ember élete. Értelme, a passió lényege: az áldozati felajánlás. El kell árulnia, hogy mindenkié lehessen, el kell emésztenie, hogy mindig és mindenütt mondható legyen...”

Igen, ezen a ponton, e pillanatban: József Attila – Fábry által – felemeltetett!

1950-ben azt a József Attilát ünnepli, aki mint „költő, tilalomfákkal volt körülvéve”, aki mégis gazdag volt. Erkölcsileg gazdag: „neki sikerült: szabad maradt, tiszta maradt, egész maradt, egyetlen és egyéni: József Attila!” Íme: Szlovákiában, „Szlovenszón” ölelő karokkal fogadják; hiszen Fábry – talán nem is leplezetten – önmagát is e képben látta: „József Attila szabad volt, szegény volt, tiszta volt. Pénz meg nem vette, nyomor nem tántorította, üldözés nem puhította, visszhangtalanság nem bántotta”.

Két esztendővel később emígy nyugtázza József Attila vagyonát: „Szegény volt, de tudta kincsét, vagyonát: megtartó, megváltó hallhatatlanságát. Rám tekint, pártfogón, e

század: / rám gondol, szántván, a paraszt”.

Így köti-fűzi József Attilát és költészetét a szlovákiai magyar költőkhöz, a *Kassai Napló*-hoz, no meg Földes Sándorhoz, Győry Dezsőhöz, Márai Sándorhoz, Komlós Aladárhoz, Simándy Pálhoz, Kozári Dezsőhöz és még másokhoz, legvégén – érthetően, de nem hivalkodón – önmagához, mint a kassai lap munkatársához...

Ma már úgy látjuk: az 1962–1965 táján a csúcsra értek, megőrző értékben, a csodálatot kifejező Fábry Zoltán-i stílusban a József Attila-emlékezések. Fölemelte a költőt és költészetének értékét a csillagok világába, vissza is nézve közel másfél évtizeddel korábbi önmagára, írására. „Aki a csillagok távlatába énekelte be magát – írtam volt itt, tizennégy év előtt, a meginduló Új Szó első számaiban –, akit a csillagok néznek és óvnak, arra az ország is igent bólinthat; önmagát becsüli meg a nép, mely József Attilát vállalja...”

Akár végszó is lehetne ez – írásunk végén.

De hát Fábry Zoltán még fokozni is képes, hiszen: „József Attila erősebb volt gyöngye életénél: halálában óriássá magasodott... Az igaz ige tettest öltött és József Attila világalóság lett: világtényező, világhatalom...”

A végszó lehet az, amikén – mint említettük – utolsó írásában idézte fel és idézte meg Fábry József Attilát. „A már mindenütt jelenvalót”, József Attila „világlélegző élő lelkét”, az „óriást, kinek tejfoggal kellett kőbe harapnia...”

Sha Fábry az írása elején azt írta, így indította: „Milyen messze van!” – most itt, a végén csak ezt írhatta: „Öleljétek magatokhoz, magatokba! Tiszta szívvel... el ne engedjétek: milyen közel van!”

Kulcsszavak: *Ady, emberség, vox humana, lírai létforma, költő, szépség, szabadság, árvaság, kiszolgáltatottság, erkölcsi gazdagság, csillagok.*

VENDLER ZÉNÓ, A NYELVÉSZ ÉS A FILOZÓFUS

Kelemen János

az MTA levelező tagja, egyetemi tanár
ELTE BTK Filozófiai Intézet – h13941kel@ella.hu

Kiefer Ferenc

az MTA rendes tagja, kutatóprofesszor
MTA Nyelvtudományi Intézet – kiefer@nytud.hu

Vendler Zénó 1921. december 22-én született Devecseren. Szegeden végezte egyetemi tanulmányait, és 1948-ban hagyta el az országot. Először a Maastrichti Egyetemen tanult nyelvészetet és filozófiát, majd a Harvard Egyetemen folytatta tanulmányait, ahol többek között Paul Ziff, az egyik leghatásosabb jelentéstani munka szerzője, és Paul Grice, a pragmatikaelmélet egyik megalkotója voltak a tanárai. Abban a szerencsében volt része, hogy John Austin, az Oxfordi Egyetem professzora és a beszédaktus-elmélet megalkotója az ő egyetemi évei alatt tartotta a Harvardon azóta is sokat idézett előadásait. 1959-ben filozófiából szerzett PhD-t, majd a Philadelphiai Egyetemen kapott állást. Itt Zellig Harris munkatársa lett, aki az amerikai nyelvészeti strukturalizmus kiváló alakja volt. Őnála tanult Noam Chomsky is. Vendler Harrisnél ismerkedett meg közelebbről az amerikai strukturalizmussal, itt tanulta meg a nyelvészeti módszertant, és itt született első, ma is aktuális munkája a mellénevek jelentéséről. A filozófia és a nyelvészet közötti kapcsolatot azonban, mint írta, Austin mutatta meg a számára. Nem véletlen tehát, hogy Austin egyik első követőjévé vált, s John Searle-t is megelőzve a beszédaktus-elmélet egyik első alkalmazójaként és kritikus továbbfejlesztőjeként lépett fel.

Philadelphia után hosszabb időt töltött a Cornell Egyetemen és Calgaryban, majd 1975-ben Kaliforniába került, ahol 1988-ban történt nyugalomba vonulásáig a San Diego-i Egyetem filozófiaprofesszora volt.

1995-ben újra felvette a magyar állampolgárságot, és a Vas megyei Hetyefőn telepedett le. Ott élt – rövidebb-hosszabb külföldi útjaitól eltekintve – csendes munkálkodva és betegségeivel küszködve 2004. január 13-án bekövetkezett haláláig.

Vendler számos fontos tanulmány mellett négy nagyobb munkát tett közzé.

Az első és máig legnagyobb hatású munkája, a *Linguistics in Philosophy* (Cornell University Press, Ithaca, 1967) hét tanulmányt tartalmaz, melyek – s ma már ezt is fontos figyelembe venni – 1956 és 1965 között születtek, tehát az ún. *ordinary language philosophy* („a mindennapi nyelv filozófiája”) igen korai, közvetlenül Ludwig Wittgenstein utáni fejlődési szakaszában.

A „mindennapi nyelv filozófiája” többek közt Austin, Peter Strawson, Gilbert Ryle, Grice és – nem utolsósorban Vendler – hatásának köszönhetően egy időre domináns pozícióba került az analitikus filozófián belül, sőt egyáltalán a nemzetközi filozófiai életben. Képviselőinek központi problémája volt, hogy a nyelv kontingens tényei és a

nyelvészet ezekre vonatkozó empirikus megállapításai mennyiben relevánsak, s relevánsak-e egyáltalán, az *a priori*-nak és szükségszerűnek gondolt filozófiai állítások szempontjából. Ezt lényegében az általuk kidolgozott filozófiai módszer legitimációs problémájaként fogalmazták meg. További kérdés volt, hogy a filozófusnak Austin (s persze Wittgenstein) példáját követve a „készen talált” nyelvi tényekre, vagy pedig a nyelvészet által már feldolgozott és rendszerbe foglalt adatokra kell-e támaszkodnia.

Az első kérdésre könyvének első fejezetében Vendler számos eredeti és körültekintően megfogalmazott érv alapján igennel válaszolt. Érvei ma is tanulságosak, bár a filozófia és az empirikus tudomány viszonyának és a filozófia természetének az a felfogása, mely a maga idejében a problémát oly élessé tette, a Quine-i naturalizmus és a kognitívizmus térhódításának, majd pedig a hagyományos metafizikai problémák rehabilitálásának következtében háttérbe szorult. A második kérdésben Vendler úgy foglalt állást, hogy a filozófiában a mindennapi nyelv nyelvészetileg feldolgozott tényeiből kell kiindulni. Innen van könyvének a címe is: *Nyelvészet a filozófiában*. Ez lényeges újítást, sőt fordulatot jelentett az analitikus filozófiában, sőt általában a nyelvfilozófiában, műveljék az analitikus vagy nem-analitikus megközelítésben.

Könyvében Vendler azt a célt tűzte maga elé, hogy konkrét elemzések segítségével megmutassa: a nyelvészeti elemzési módszerek (elsősorban a Harris-féle transzformációs grammatika) valóban sikeresen alkalmazhatók az analitikus filozófia központi problémáinak vizsgálatában. Kiinduló tételének szellemében meggyőzően kapcsolta össze a nyelvészet empirikus meglátásait a filozófiai gondolkodás (philosophical reasoning) a priori természetével.

A filozófia bizonyos alapvető fogalmainak a jelentését – például „ok”, „okozat”,

„tény”, „esemény” – szintaktikai elemzésekkel próbálta tisztázni. Ugyancsak megvilágító erejű elemzéseket végzett a következő, filozófiai és szemantikailag egyaránt fontos kérdésekben: az idő kifejezése a nyelvekben, az eseményszerkezet és az ige jelentése, a *jó* melléknév jelentései, a *minden*, az *összes*, a *mindegyik* jelentéstana.

A *Verbs and Times* címet viselő fejezetben (amely eredetileg a *The Philosophical Review* című folyóiratban jelent meg 1957-ben) Vendler négyféle predikátumot különböztet meg: állapotokat (*alszik, fáradt*), folyamatokat (*fut, dolgozik*), teljesítményeket (*megír, felépít*) és eredményeket (*elér, megtalál*), amelyeket különféle tesztekkel választ el egymástól. Pontosan ez különbözteti meg módszerét a korábbi igeosztályozásoktól, amelyek vagy csak szintaktikai, vagy csak szemantikai kritériumokat használtak. Így például a *Mi történt?* kérdésre csak teljesítmény-, illetőleg eredményigével válaszolhatunk, a *Mit csinálsz?* kérdésre pedig csak folyamatigével. A teljesítmény- és eredményigék szétválasztása időmódosítók segítségével történik: az *Ötkor elérték a hegycsúcsot* helyes mondat, az *Ötkor felépítette a házát* nem az. A folyamatok megengedik az *át* névutós időmódosítót, a teljesítmények és eredmények viszont csak az *alatt* névutós időmódosítót használatát teszik lehetővé: a *Két órán át futott* mondat helyes, de a *Két órán át elérték a hegycsúcsot*/ *Két órán át felépítette a házát* nem az; ugyanakkor a *Két óra alatt futott* mondat helytelen, míg a *Két óra alatt elérték a hegycsúcsot*/ *Két óra alatt felépítette a házát* mondatok helyesek. Vendler elévülhetetlen érdeme, hogy tesztelhetővé tette az igék aspektuális osztályozását. A négy ontológiai igeosztály alapján indult el a hetvenes évek végén a mondataspektus logikai leírása, amelynek ma már terjedelmes irodalma van.

A logikából ismert ún. univerzális kvantorral kapcsolatban Vendler megjegyzi (az

Each and every, any and all című fejezetben), hogy a természetes nyelvekben jelentése („minden x-re érvényes, hogy p”) sokféle módon fejezhető ki: *A tigris ragadozó, A macskák szeretik az egereket, Minden ember halandó, Mindegyik dolgozat elfogadható, Bármelyik orvos tud segíteni.* Ezek a kifejezőmódok azonban nem cserélhetők fel szabadon egymással, amiből az következik, hogy nem lehet azonos a jelentésük. Vendler finom, aprólékos elemzésekkel mutatja ki az univerzális kvantorszók közötti jelentésbeli különbségeket. Így például az *every* és az *any* között az egyik különbség az egzisztenciális előfeltevést illeti. Az *Every one of my friends smokes a pipe* mondatnak nincs értelme, ha nincs barátom; ezzel szemben az *Anybody who is my friend smokes a pipe* akkor is mondható, ha nincs barátom. Az *every* és az *each* között másféle különbséget találunk: a *Take every one of them*, illetőleg *Take each of them*, mondjuk almára vonatkoztatva, világosan mutatja a különbséget. Az első esetben nem számít, milyen módon vesszük ki az almákat a kosárból, a fontos az, hogy mindegyiket kivegyük. A második esetben viszont arról szól a felszólítás, hogy az almákat vegyük ki egyenként, ügyelve arra, hogy egy se maradjon a kosárban. Az *every* és az *each* mindegyik disztributív jelentésű, az első esetben azonban a hangsúly a kimerítőségen, a második esetben viszont az egymásutániságon van. Mindezek a megfigyelések hozzájárultak ahhoz a felismeréshez, hogy a logikai rendszerekben használt univerzális kvantor nem adhat számot a természetes nyelvben található kvantorszók minden aspektusáról.

A nyelvészeti megközelítés filozófiai relevanciáját különösen jól illusztrálja a *jó* melléknév szemantikájáról szóló fejezet (*The Grammar of Goodness*, eredetileg szintén a *Philosophical Review* című folyóirat 1963-as évfolyamában), amelyre szintén érdemes röviden kitérnünk. Itt Vendler a mellékné-

vekkel foglalkozó korábbi munkájának elgondolásait felhasználva a *jó* melléknév legfontosabb jelentéseit jellemzi. A *jó* azok közé a melléknévek közé tartozik, amelyek teljes jelentésüket attól a főnévtől kapják, amelyre vonatkoznak. A következő példák ezt illusztrálják: *János jó táncos* (=János jól táncol), *János jó költő* (=János jó verseket ír), *János jó apa* (=János rendesen ellátja azokat a tevékenységeket, amelyeket egy apától elvárunk), *János jó ember* (=János viselkedése megfelel annak, amit egy rendes embertől elvárunk), *Fidi jó kutya* (=Fidi hűséges, engedelmes). Az általánosítás tehát a következő: a főnévvel jelölt entitásnak (embernek, állatnak, tárgynak) van funkciója, a *jó* arra vonatkozik, hogy ez az entitás ezt a funkciót jól, rendesen látja el. Ha nem tudunk a főnévvel jelölt entitáshoz funkciót rendelni, akkor a *jó* jelentését sem tudjuk meghatározni, például *?jó bolha*, *?jó virág*, *?jó felhő*.

Másképp fogalmazva: a *jó*-nak nincs önálló jelentése. Ez volt a *Principia Ethica* híres szerzőjének, az analitikus filozófia egyik megalapítójának, George Edward Moore-nak is a véleménye. A fenti elemzés ezek szerint újra azt példázza, hogy a metafizikai intuíció (jelen esetben Moore elmélete a „jó”-ról mint definiálhatatlan nem-természetes tulajdonságról) a grammatika egyik vonásának a tükrözése. (Más kérdés, hogy a „jó” szóban forgó grammatikai tulajdonságáról filozófiailag másképp is számot lehet adni: a szintén analitikus elkötelezettségű Richard Hare a grammatikai elemzést annak bizonyítására használta fel, hogy a „jó” a dolgoknak se nem természetes, se nem nem-természetes tulajdonsága, hanem az előírás beszédaktusának eszköze.)

Vendler második könyve először belső kiadványként vált ismertté a Philadelphiai Egyetemen, majd néhány évvel később, 1968-ban, *Adjectives and Nominalizations* címmel Hollandiában, a Mouton Kiadónál jelent meg. Ebben a munkájában többek között

a melléknevek szemantikai osztályozásával foglalkozik, és elsőként fogalmazza meg a melléknévi jelzők sorrendjét megszabó szabályokat (melyeket a „jó” elemzéséhez is felhasznál). A különböző melléknévosztályok megállapításakor a mellékneveket tartalmazó szerkezetek transzformációs lehetőségeit aknázza ki. Megállapítja például, hogy a *beautiful dancer*-két értelmezést tesz lehetővé, s ez a két értelmezés két szerkezettel korrelál: *the dancer is beautiful*, és *the dancer dances beautifully*. A melléknevek szemantikai szerkezete akkor válik igazán bonyolulttá, amikor használatuk igei kiegészítést kíván: *easy problem* · *the problem is easy to solve*, *difficult language* · *the language is difficult to learn/to speak*. A melléknévi jelzők sorrendje lényegében szemantikai bonyolultságuktól függ, a szemantikai bonyolultság viszont a transzformációs lehetőségek függvénye. A többértelműség, mint láttuk, szintén transzformációs lehetőségekkel explikálható: ha egy szerkezet többféle különböző transzformációt tesz lehetővé, akkor a szerkezet többértelmű. Vendlernek a melléknevek szemantikai leírására tett javaslatai ma is érvényesek. Az említett könyv a mellékneveken kívül a különféle nominalizációk szintaktikai funkcióit is tárgyalja, megelőzve a generatív grammatika számos későbbi meglátását.

Harmadik nagy hatású munkája, a *Res cogitans* Ithacában jelent meg 1972-ben a Cornell University Pressnél. Nem mellékes megemlíteni, hogy a könyvet Gilbert Ryle-nak dedikálta, aki szigorú elemzéseivel mindenki számára „mérctét állított”. Ugyanakkor éppen a Ryle által képviselt logikai-filozófiai behaviorizmus ellen lépett fel a tudat és a gondolkodás karteziánus elméletének védelmében.

Célját eléréndő, e könyvében elsőként tett kísérletet arra, hogy a nyelv és a gondolkodás viszonyának hagyományos filozófiai kérdését a beszédaktus-elmélet segítségével világítsa meg. (Később majd John Searle fog

némileg más alapon hasonlóra vállalkozni.) Először is a négy igeosztályról kialakított korábbi elméletére támaszkodva tovább finomította a „performatív ige” („deklarálom”, „megígérem”, „kinevezem”, „elítélem” stb.), illetve az úgynevezett „illokúciók” (beszédaktusok) Austin-féle osztályozását. Ez után a performatív ige és a „propozicionális attitűd ige” („megállapítom”, „gondolom”, „vélem” stb.) összevetése során arra a megállapításra jutott, hogy a két csoport a propozicionális ige két párhuzamos osztályát alkotja. (Idősémájukat tekintve az előbbi osztály tagjai teljesítményigék, az utóbbiaké pedig állapotigék.) Innen már csak egy lépés, hogy a „valamit mondani” és a „valamit gondolni” aktusainak párhuzamba állításával eljussunk a könyv fő mondanivalójához, mely abban a két ellentétes állításban foglalható össze, hogy „egyfélől a gondolatokat nem szavakból alkotjuk meg, másfelől azonban ami gondolható és ami mondható, azonos egymással”. (Lásd a könyv *Thought* és *Propositions* című fejezeteit.) A gondolkodás tehát nem nyelvi természetű, hiszen nem szavakból épül fel, de mégis azonos a nyelvvel, mivel valamilyen lényeges szempontból közös vonást mutat a nyelvi aktusokkal.

Ez a közös vonás – mint már láttuk is – abban áll, hogy *ugyanazt* mondjuk, mint amit gondolunk. Vendler ezen nyilvánvalóan nem azt érti, hogy valójában nem mondhatunk mást is, mint amit gondolunk – vagyis hogy nem szimulálhatunk, nem hazudhatunk vagy nem rejthetjük el gondolatainkat –, hanem azt, hogy a „valamit mondani” és a „valamit gondolni” aktusának azonos az absztrakt értelemben vett tárgya. Ez szerinte a „propozíció”.

Az előbbi paradox tétel első fele („a gondolkodás nem nyelvi természetű”) fejezi ki Vendler karteziánus elkötelezettségét, mely szerint gondolataink – annak ellenére, hogy többnyire szavakhoz és különféle mentális képekhez kapcsolódnak – lényegük sze-

rint „tiszták”, s nem szorulnak sem a belső beszédre, sem a képzetekre. Más szóval: a gondolatok annak a realitásnak a részei, melyet Descartes független szubsztanciának tekintett és „res cogitans”-nak nevezett. Jegyezzük meg: a modern nyelvfilozófiában Vendler nem egyedül képviseli a karteziánus hagyományt, hiszen jól ismert, hogy Chomsky – a maga nyelvészeti koncepciójának filozófiai háttérét tekintve – a „karteziánus nyelvészet” örököséként lépett fel. Chomsky és követői esetében ez a mentalizmus elfogadását jelenti, valamint a nyelv gondolatkifejező funkciójának előnyben részesítését a kommunikatív funkcióval szemben. Vendler is mentalista, s ő is úgy véli, hogy a nyelv elsősorban a gondolatok kifejezésének eszköze. Ugyanakkor érdekes: Chomsky nyelvészeti koncepcióját sohasem fogadta túl nagy szimpátiával, s a Chomsky-féle iskolából kinőtt kognitívizmust sem követve például a „gondolkodás nyelvének” a feltételezésében (lásd Jerry Fodor elméletét). A beszédaktus-elmélet hívétől ez talán természetes is, miközben feltűnő, hogy éppen a beszédaktusok tanulmányozójaként nem tulajdonított olyan jelentőséget a kommunikációnak, hogy azt a nyelv természete szempontjából meghatározónak tartsa.

Az előbbi tétel második fele – vagyis: „ami gondolható és ami mondható, azonos egymással” – többek közt azt foglalja magában, hogy minden, amit gondolunk, kifejezhető; s minden, amit nyelviileg ki lehet fejezni, hozzáférhető a gondolkodás számára. Ezt az elvet mások az „egyetemes kifejezhetőség” elvének nevezik, ami nyilvánvalóan szembe állítható azokkal az állandóan kísértő misztikus elméletekkel, melyek a „kimondhatatlanra” vagy az „ineffabilisra” hivatkoznak. A tételnek ez a fele alapozza meg azt a metodológiai elvet is, hogy a gondolkodás vizsgálatához a nyelv vizsgálatán keresztül vezet az út. Ez független attól az ontológiai problémától, hogy vajon a gondolkodást

vagy a nyelvet tekintjük-e elsődlegesnek, illetve azonosítjuk-e őket egymással. Független tehát a „res cogitans” karteziánus elméletétől is. *Metodológiailag* mindenképpen a nyelv az elsődleges, ami azt jelenti, hogy a nyelvfilozófia – ha Vendler ezt pontosan nem így fogalmazza is meg – a „prima philosophia” szerepét játssza, s megelőzi a „gondolkodás filozófiáját”. Az analitikus filozófia az utóbbi évtizedekben végbement átalakulásai ellenére ma is ezt tanítja, amiről többek közt Michael Dummett nagyhatású munkái tanúskodnak.

A nyelvi elemzés metodológiai elsőbbségét *Res cogitans* című művének további fejezeteiben Vendler számos további probléma vizsgálatában kamatoztatja. Ide tartozik, egyetlen példát említve, a hit és a tudás episztemológiai problémájának a „hinni” és a „tudni” ige grammatikájából kiinduló elemzése.

Utolsó nagyobb munkája a *The Matter of Minds* 1984-ben jelent meg a Clarendon Pressnél, Oxfordban. Ebben „klasszikus” filozófiai problémával, a „mások elméjének” kérdésével foglalkozik, s lemond a nyelvi elemzés módszeréről. Talán azért, mert a „mindennapi nyelv filozófiája” ekkor már inkább tisztán nyelvészeti diszciplínaként élt tovább, s elvesztette az analitikus filozófiában játszott domináns szerepét. (Bár, mint utaltunk rá, ez nem egészen igaz, hiszen a „mindennapi nyelv filozófiája” vagy a belőle táplálkozó „nyelvészeti filozófia” csupán *kizárólagosságát* veszítette el, s nem *értelmét* vagy *prima philosophia*-ként való alkalmazhatóságát).

A könyvben tárgyalt klasszikus – Descartes-tól származó – kérdés úgy hangzik, hogy biztosak lehetünk-e abban, hogy más, hozzánk hasonló testeknek tudatuk van; illetve, honnan tudhatjuk, hogy van tudatuk. Más szóval: tulajdoníthatunk-e, s milyen alapon tulajdoníthatunk másoknak mentális állapotokat? A kérdés természetesen elválaszthatatlan a test

és a lélek, az agy és a tudat szintén klasszikus problémájától, mely a kortárs filozófiában is központi szerepet játszik. A mai megoldások többsége naturalista vagy materialista (vagyis a mentális állapotokat vagy eseményeket fizikai állapotokkal vagy eseményekkel azonosítja, illetve ezekre redukálja). Mint *Res cogitans* című műve alapján várható, Vendler elveti a neomaterialista azonosságelméletet, és a tudat karteziánus felfogása mellett tör lándzsát, kiegészítve ezt a „transzcendentális ego” kanti ihletésű fogalmával.

A „mások tudatára” vonatkozó kérdés hagyományosan magában foglalja a szolipsizmus elvont logikai lehetőségét. Vendler felhoz néhány érdekes és eredeti érvt, mellyel véleménye szerint a pusztá lehetősége is kizárható annak, hogy csak egy tudat, nevezetesen az adott szubjektum tudata létezik. A könyv igazi eredetisége azonban abban a koncepcióban rejlik, amely szerint alapvetően a képzelet segítségével tulajdonítunk mentális állapotokat másoknak, vagyis azáltal, hogy önmagunkat képzeletben áthelyezzük egy másik szubjektumba. Amikor a képzeletnek (és a saját magunkra vonatkozó tapasztalat analogikus kiterjesztésének) ilyen központi szerepet tulajdonít, Vendler egy régi, ma eléggé szokatlanul hangzó elméletet elevenít fel. Ehhez nemcsak gondolkodói bátorságra volt szüksége, hanem arra is, hogy az elméletet új fegyverzetben legyen képes

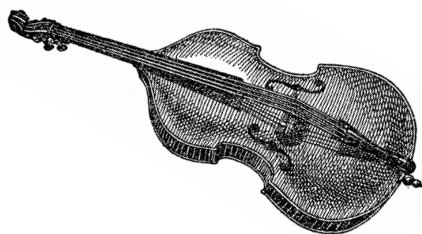
elénk állítani.

A nyolcvanas években Vendler egyre inkább úgy érezte, hogy szűkebb szakmája, a nyelvfilozófia – miután más diszciplínák mellett megtermékenyítette többek között a természetes nyelvi szemantikát – elvesztette jelentőségét, ezért figyelme későbbi tanulmányaiban a nyelv kérdéseivel foglalkozó 20. századi filozófusok, illetőleg filozófiatörténeti kérdések felé fordult.

A hatvanas évektől kezdve családi kapcsolatai miatt rendszeresen hazalátogatott, lassan szakmai kapcsolatai is kialakultak. Hazai szervezésű konferencián először 1977-ben szerepelt (Dobogókő, *Speech Act Theory and Pragmatics*). Angol nyelvű konferencián angol nyelvű előadást tartott. Amikor előadásában mondanivalóját magyar példán illusztrálta, anélkül hogy észrevette volna, a hallgatóság legnagyobb meglepetésére magyarul folytatta az előadást. Nyelvet váltott, hazaérkezett.

Vendler Zénó a 20. század egyik legnagyobb hatású nyelvfilozófusa volt, az Akadémia májusi közgyűlésén választottuk volna meg a Magyar Tudományos Akadémia külső tagjává. Erre azonban váratlanul bekövetkezett halála miatt már nem kerülhetett sor.

Kulcsszavak: *nyelvfilozófia, nyelvtudomány, jelentés, nyelv, gondolkodás, beszédaktus*



FARKAS LAJOS, A RÓMAI JOGÁSZ (1841–1921)

Hamza Gábor

az MTA levelező tagja, tanszékvezető egyetemi tanár
ELTE Római Jogi Tanszék – gabor.hamza@ajk.elte.hu

Farkas Lajos életpályája

Farkas Lajos 1841. november 14-én született Doboka vármegyében, a Szamos parti Bonchidán. A nemzeti hagyományokhoz ragaszkodó, s azokért áldozatokat is hozó családból származott. Édesapja az 1848-1849-es forradalom és szabadságharcban esett el, s így Farkas Lajos hét testvérével együtt korán árvaságra jutott. A család nehéz anyagi helyzete miatt többévi késedelemmel kezdhetett csak meg tanulmányait. A kolozsvári római katolikus elemi iskola elvégzése után a piaristák ugyancsak kolozsvári liceumában tanult, ahol 1864 júniusában kitűnő minősítéssel érettségi bizonyítványt szerzett.

Jogi tanulmányait a pesti Királyi Tudományegyetem Jog- és Államtudományi Karán kezdte meg. Gyenge egészsége miatt azonban kénytelen volt a születési helyéhez jóval közelebb eső nagyszebeni jogakadémiára átiratkozni. Harmadéves korától kezdve a nagyszebeni kincstári ügyészség fogalmazási székén dolgozott, mellette szinte emberfeletti erőfeszítéseket tett a doktori cím (ahogy akkor nevezték: jogtudorság) előírt idő előtti megszerzése érdekében a budapesti egyetemen. Farkas Lajost azonban csak 1871. június 6-án avatják Budapesten jogtudorrá. A jogtudori cím viszonylag késői megszerzésének oka a családi körülményekből adódó túlfeszített munka.

¹Farkas Lajos életútjára és tudományos munkásságának értékelésére nézve lásd Kolosváry, 1928.

Életében sorsdöntő fordulatot jelentett Kainz Josef Pfaff nagyszebeni professzor Innsbruckba történő távozása. A tehetséges ifjúra állandóan figyelemmel lévő nagyszebeni jogakadémia tanári kara Farkas Lajost hívta meg 1869-ben a betöltetlenül maradt római jogi tanszékre. Farkas Lajos, báró Eötvös József vallás- és közoktatásügyi miniszter felhatalmazása alapján kapott megbízást az ideiglenes, majd véglegesített helyettes jogtanári teendőik ellátására. A nagyszebeni jogakadémián három évet töltött el.

1872-ben nyert királyi jóváhagyással ki nevezést az abban az évben alapított Kolozsvári Magyar Királyi Tudományegyetemre, mely huszonöt évvel később uralkodói jóváhagyással vette fel a Ferencz József Tudományegyetem nevet.² 1872-ben a római jogi tanszék nyilvános rendkívüli, majd 1873-tól nyilvános rendes professzora lett, egészen 1915-ben bekövetkezett nyugdíjba vonulásáig.

Farkas Lajos döntő szerepet játszott Kolozsvár Erdélyben betöltött kulturális elsősége megőrzésében és ápolásában. Széleskörű tudományos munkássága is ezt a célt szolgálta.

Farkas Lajos számos egyházi és jótékonyági megbízást vállalt. Közéleti aktivitását jelzi, hogy a kolozsvári római katolikus egyházközösségnek és a Szent Erzsébet egyháznak tíz éven át főgondnoka, az erdélyi

²A kolozsvári egyetem alapításával kapcsolatban az újabb irodalomból lásd Hamza, 2001.

római katolikus státusz igazgatóságának tagja és tiszteletbeli előadója, az Erdélyi Pártfogó Egyesületnek és a Tüdőgondozó Intézetnek elnöke, az Erdélyi Magyar Egyesület jog- és társadalomtudományi szakosztályának megszervezője és vezetője, továbbá központi választmányának tagja volt. Puritán életfelfogásából adódóan egyetemi katedráját a lelkeszi pulpitussal és a bírói székekkel tartotta egyenértékűnek, és idegenkedett a *sine cura* jellegű hivatali megbízásoktól. Farkas Lajos társadalmi és egyházi lekötöttségén túl az egyetemi életben való aktív, szervező részvételre is tudott időt fordítani. A kolozsvári egyetem jog- és államtudományi karának több ízben dékánja (1877-1878, 1887-1888, 1900-1901 és 1910-1911) és prodeánja volt. Az 1896-1897. évi tanévben az egyetem rektori tisztségét töltötte be.

Ebben a minőségben kapta első megtisztelő királyi elismerését a millenáris esztendő alkalmából. 1897-ben ugyanis a magyar kormány miniszteri tanácsosa lett. Később I. osztályú polgári hadi érdemkereszttel és a Lipót-rend lovagkeresztjével tüntették ki.

A Magyar Tudományos Akadémia Farkas Lajost 1893. május 12-én választotta levelező tagjává.

Farkas Lajost 1902-ben hamincéves professzori működése alkalmából tanítványai és a Kar nagyszabású ünnepség keretében köszöntötték fel, ahol a résztvevők egyhangúlag Pannonia utolsó nagy római jogászához, Valerius Dalmatiushoz hasonlították egyéniségét. Hasonló módon üdvözlötték tanári működése 45. évi jubileuma alkalmából is 1914-ben. Kollégái ebből az alkalomból *Emlékkönyv*-et (1914) adtak ki tiszteletére.

Élete utolsó éveiben azonban sorozatos megpróbáltatások érik. 1915-ben elveszíti feleségét, hűséges társát, Senz Annát, a nagyhírű, néhai nagyszabasi professzor leányát. Még ebben az évben, 1915. május 31-én vonult nyugalomba. Nagy megrázkódtatást jelentett számára az I. világháborút követően

Erdélynek – kisebb hazájának – az anyaországtól való elszakadása. Mindazonáltal még a legnehezebb pillanatokban sem hagyott fel tudományos tevékenységével. Utolsó munkáján – az egyébként befejezetlenül maradt *A részvét* című, nagyszabásúnak indult tanulmányán – egészen 1921. június 24-én bekövetkezett haláláig dolgozott. Farkas Lajost 1921. június 27-én temették el a házsongárdi temetőben. Életéről és munkásságáról a Magyar Tudományos Akadémia 1928. január 23-án tartott teljes ülésén Kolosváry Bálint (1875–1954) emlékezett meg.³

Farkas Lajos tudományos munkássága

Farkas Lajost mint oktatót kiforrott, eredeti stílus jellemezte, mint ahogy azt egyik, később híressé vált kolozsvári tanítványa – Nagy Vincze írta: „Szeretem a római jogot, a későbbi európai magánjogrendszerek alapját. Érdeklődéssel hallgatom annak tudós professzorát, Farkas Lajost, zamatos székeletes kiejtésével. Könyvének latin és tömör magyar definíciói úgy bevésődnek elmémbe, hogy még ma is hibátlanul tudom idézni egyiket-másikat.” (Nagy, 1991. 17.)⁴

Előadásaiban az egyértelműség és tömörség pedagógiai követelményének marea

³ Kolosváry Bálint ekkor a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagja volt. Az MTA levelező tagjává 1922. május 11-én, rendes tagjává 1934. május 11-én, igazgató (igazgatósági) tagjává pedig 1943. május 14-én választották meg. Itt említjük meg, hogy Kolosváry Bálint jogi tanulmányait 1892 és 1896 között a kolozsvári egyetemen végezte és 1897-ben ugyancsak ezen az egyetemen szerzett a jogtudomány köréből doktori oklevelet. A kolozsvári egyetemen 1916-ban lett a magyar magánjog magántanára. 1906-ban az osztrák magánjog nyilvános rendkívüli, 1909-ben pedig az osztrák magánjog nyilvános rendes tanára lett. Az MTA-n tartott megemlékezés időpontjában a budapesti Pázmány Péter Tudományegyetem nyilvános rendes tanára volt.

⁴ Nagy Vince (1886–1965) Károlyi Mihály miniszterelnöksége alatt a belügyminiszteri tárca birtokosa volt. Mint politikus és jogász – jogi tanulmányait a kolozsvári és a budapesti egyetemen végezte – egyaránt kiemelkedő volt.

déktalan érvényesítésére törekedett. Egyénisége többek egybehangzó nézete szerint tökéletesen testesítette meg az „*ars boni et aequi*” és a „*honeste vivere, neminem laedere, suum cuique tribuere*” Celsus és Ulpianus megfogalmazta örök eszményeit.

Farkas Lajos fő munkája, a több kiadást is megért kétkötetes *Római jog történelme. Alapintézmények az első alakulás szerint* (1892–1895). Tudományos munkássága legértékesebb darabját szinte egész életén át írta, ezért kritikusai, felületes ismerői nemegyszer „*homo unius libri*”-nek nevezték. A munka népszerűségének elfogulatlan fokmérője, a kiadások nagy száma is felkészültségét, európai színvonalon álló szakmai ismeretét igazolja. A mű második kiadása 1900-ban, a harmadik 1903-ban, a negyedik pedig 1905-ben jelenik meg. A második kötet első felének harmadik és egyben utolsó kiadása 1904-ből származik. A mű első kötete az alapintézményeket, továbbá a dologi, kötelmi és személyi jogot, míg a második kötet az öröklési jogot tartalmazza.

Szemléletében Farkas Lajos a Gustav Hugo (1764-1844) alapította és Friedrich Carl von Savigny (1779-1861) nevével fémjelzett Történeti Jogi Iskola (*Historische Rechtsschule*) követője. (A Történeti Jogi Iskolára nézve lásd Hamza, 2002a, 78-85.) E koncepció szerint: a római jog igazi elismertségét az európai jogtudományban csak a történelmi szemlélet és a tudományos módszer együttes alkalmazása révén érheti el. Farkas Lajos a római jog „szelleme” (*Ideenwelt des römischen Rechts*) tökéletesebb megismerése érdekében a római jogtudósok gondolkodásmódjába próbálta minél jobban beleélni magát. Farkas Lajos módszertani hibának tartotta a római jog archaikus elemeinek túlhangsúlyozását. Erre tekintettel alapnézőpontja az volt, hogy „...a régi római jogászok, bár mindig koruk általános műveltségének színvonalán állottak, a maguk jogának sem kezdetét, sem elvi értékét összehasonlító magyarázatásokkal

nem zavarták; intézményeiknek eredetét és életrevaló mivoltát mindig magukból az intézményekből és saját magukon keresztül szemléltek. Náluk a *receptio*-ban az idegen eredet éppen úgy elenyészik, mint a *novatio*-ban a régi *obligatio*. [...] Az ilyen antiquarius elemek ugyan figyelmen kívül nem hagyhatók, de nem szabad az sem, hogy nyomakkal az egész kép conceptióját és színteli hatását mintegy megzavarják.” (Lásd Előszó a 4. kiadáshoz. Farkas, 1905.) Többek között ez a magyarázata annak, amiért *A római jog történelme* negyedik kiadásában, dacára az időközben megélenkülő papirológiai kutatásoknak, az asszíriai és egyiptomi leletek alapján megindult tudományos munka eredményeiről Farkas Lajos részletesebben számot már nem ad. Csupán nevesítetlenül utal rájuk, a saját munkája történeti módszere – az intézmények egészében való összefüggéseinek előterbe állításával – igazolását látja bennük, hangsúlyozva, hogy azok az általános történeti felfogását Róma jogának elsődleges alakulására nézve megerősítették. Az archaikus jogra vonatkozó koncepciója szerint a) az itáliai államközösségek *kulturmilieu*-je beivódott a gyarmatosító rómaiak mentalitásába, így az általuk meghódított népekre erőszakosan rákényszerítették a kapott örökséget, mely felsőbbrendű érzésüket, tetterejüket adta; b) a római szerzők által hangsúlyozott *Romana proprietas* az ősi hagyományok állandó megreformálása révén alakult időről időre, ennek megfelelően nem szükséges a későbbi korok tudós reflexiójaként feltüntetni az ősi intézmények fejlődésében megnyilvánuló tervszerűséget, hiszen az szemben állna a római konzervativizmussal is; c) a római jog csak a hosszú távon is életképes jogintézményeket kölcsönözte idegen jogokból hosszú fejlődése során.

Farkas Lajos kritikusai szerint nem tudott túljutni a második kötet első felén, példátlanul nehéz metodikája a széles forrásbázis

ellenére ellentmondásokat szül, és a munka második felében már az utóbbit – forrásbázist – mellőző megalapozatlan hipotézisek is helyet kapnak. Ebből adódik az, hogy a mű olvasójától nagyon sokat kíván, s értékeit könnyen és fáradság nélkül nem teszi elsajátíthatóvá. Mindezek ellenére a mű egészében véve megfelel kora tudományos követelményeinek, s jól ötvözi magában a kézikönyv- és tankönyv-jelleget.

Farkas Lajos kisebb terjedelmű tudományos munkái a római jog történetének feltárásával kapcsolatos tudományos életművének fontos kiegészítéseit alkotják. Időrendben először: *A hereditas iacens jogi természetecímű* értekezése érdemel említést, amely az 1866-ban alapított tekintélyes folyóirat, a *Jogtudományi Közöny* 1872. évi kötetében jelent meg. A jogintézmény történetének és fejlődésének általános felvázolása után Farkas Lajos kitér a római jogászok ide vonatkozó ellentétes nézeteire, majd az újabb írók: Savigny, Puchta, Brinz, Jhering, Scheurl, Schirmer, Vering, Keller – felfogásait közli kritikai szemszögből, végül ismerteti saját álláspontját: „... a hagyaték a *successio* céljára tekintettel és anélkül tartozik jogi és gazdasági egységként egy egységben össze, hogy az interim tartalma alatt meghatározott alanya lenne. Jogok az alatt is állhatnak fenn, amíg az, akire átszállandók lesznek, megállapítva még nincs. Az uratlanság nem jelent jognélküliséget, s főleg a hagyaték personifikációjára, jogi személyiség fictiv alkotására szükség nem merül fel” – Brinz-féle célvagyon-elmélet.

Adalék a római rabszolgaság ismeretéhez című munkája az Erdélyi Múzeum Egylet kiadványsorozatának 1880. évi első számában jelent meg. Farkas Lajos e jogintézmény alapjainak gyökereit a magánjogba helyezi; hangsúlyozza, hogy nem a „közjogos” *ius gentium* a rabszolgaság kiindulópontja, hiszen az nem ismerte a tulajdonszerzés egyik legfontosabb forrását, az *occupatiót*.⁵

A római jog céljának és helyének kérdéséről című értekezése a *Jogtudományi Közöny* 1881. évi kötetében látott napvilágot. Ez a tanulmánya ma is aktuális és továbbgondolkodásra késztet.

Nem sokkal ezután született a *Tanulmányok a magánjog dogmatikájából. A jogügylet* című munkája, mely a *Jogtudományi Közöny* 1883. és 1884. évi kötetében jelent meg. Farkas Lajos Savigny felfogásának elemzésével kezdi fejtegetéseit, részletesen bírálja azokat a különböző nézeteket, amelyek az akarat és az akaratnyilvánítás, mint ügyleti tényálladási elemek tekintetében felmerültek (akarati elmélet [*Willenstheorie*] és nyilatkozati elmélet [*Erklärungstheorie*]). Ő maga a nyilatkozati elmélettel szemben foglal állást és éles kritika alá veszi Bernhard Windscheid (1817–1892) teóriáját. Különösen értékes a munka második része, amely az elmélet történetére vonatkozó francia, angol és belga tudományos eredményeket is tüzetesen ismerteti.

A római család és családfeje hatalom jogi jelentősége című munkája az Erdélyi Múzeum Egylet kiadványsorozatának 1886. évi harmadik kötetében található. Farkas szerint a családi hatalomban foglalt jogintézmények a közhatalom alátámasztását kell, hogy szolgálják.

A római jog a XIX. század végén című, az egyetem 1900–1901. évi záróünnepségén tartott előadásában – tegyük hozzá túlzott – kritikával illeti az 1900. január 1-jén hatályba léptetett német *Bürgerliches Gesetzbuch*-ot, mivel az a római jogra, akárcsak a *Gemeines Recht* tartalmi anyagára és a jogászképzés addigi rendszerére válságot jelentő „súlyos csapást” mért.

A polgári jog kodifikációja nézete szerint az 1495-ben recipiált római jog uralmát megdöntötte, azt az iskola jogának szintjére szorította

⁵ A tulajdoni szerzősmódokra nézve lásd Földi – Hamza, 2004. 317–344.

vissza, s így a *Gemeines Privatrecht* helyett az egyetemi tantervbe a *System der römischen Rechtsgeschichte*-t állította be.⁶

A munka ikerpárjának tekinthető a magyar jogfejlődésben a BGB által előidézett változáshoz hasonló előretörést jelentő 1911. évi I. tc., a Plósz Sándor-féle polgári perrendtartás értékelése: *Az új polgári perrendtartás és a római jog*, amely 1912-ben jelent meg Kolozsváron Ajkai K. Albert könyvnyomdájában. E tanulmánya először előadás formájában kapott nyilvánosságot az Erdélyi Múzeum Egylet Jog- és Társadalomtudományi Szakosztályának 1911. október 11-én tartott ülésén. Munkájának témája az volt, hogy az 1911. évi perrendtartásnak mennyit sikerült megőriznie az ősi római per intézményeiből, melynek elemzésére egyébként maga a törvényalkotó Plósz Sándor kérte fel egykori tanárát. Az értekezés a Plósz-féle törvénytű egyik ritkaságszámba menő szakmai értékelésének tekinthető.

Az 1896-1897. évi tanév megnyitó ünnepségén hangzott el rektori székfoglaló tanulmánya: *A becsület általános jelentősége a mai és római jogrendben*, melyben kiemeli: a legújabb bölcseleti irány és a hozzá társul szegődött szociológia helyesen mutat rá a mai jogrend visszaesésére, mert kereteiben az ember társadalmi és állametikai egyénisége nemhogy teljesebbé vált volna, de egyenesen megfogyatkozott; ugyanis az emberi önzés – amelynek az új jog a kiformálása során helyet adott – a becsület legnagyobb ellensége. Callistratus fragmentumát hozza fel példaként, amely a becsület eszméjének intézményi jelentőséget tulajdonít: „Existimatio est dignitatis inlaesae status, legibus ac moribus comprobatus, qui ex delicto nostro auctoritate legum aut minuitur aut consumitur”. [„A megbecsülés a személyi méltóság törvények és szokások által jóvá-

hagyott, sérelmet nem szenvedett állapota, amely az általunk elkövetett jogsértés folytán a törvények erejénél fogva csökken, vagy szűnik meg.”] (Callistratus, *libro primo de cognitionibus*. Dig. 50.13.5.1.)

Utolsó jelentős, hosszabb terjedelmű munkája az 1913-ban nyomtatásban is megjelent akadémiai székfoglaló értekezése: *A római obligatio fogalmilag véve a közép- és újkori jogi elméletben* (1913). Betegsége miatt a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagjává történő megválasztása kapcsán írt székfoglaló értekezését azonban személyesen nem tudta felolvasni. Ezért a székfoglaló értekezés felolvasására, amelyre 1912 december 9-én került sor, egyik legkedvesebb barátját, volt kolozsvári kollégáját, Plósz Sándort (1846–1825) kérte meg.⁷

Farkas Lajos e munkájában kiemeli, hogy a XIX. század elején a jogi dogmatika új alapfogalmakkal, így jogviszony, jogügylet, igény, alanyi jog gazdagodik, amelyek Savigny és a Történeti Jogi Iskola más képviselői munkásságának köszönhetően az *obligatio*k terén is éreztetik hatásukat. Különös figyelmet fordít az iskolaalapító Savigny kötelmekre vonatkozó nézeteire, melyeket az alábbiakban összegzi: a személyes hatalom az az állapot, amikor a személy a részére kijelölt téren az őt megillető hatalommal akaratával uralkodik (alanyi jogosultság és akaratelmélet), a jogviszonyban uralomra jutó akaratnak hatalmi tárgyai a természetnek térbelileg határolt darabjai és az idegen személyek. Az utóbbi esetben a hatalom

⁷ Plósz Sándort a Magyar Tudományos Akadémia 1884. június 5-én levelező taggá, 1894. május 4-én rendes taggá, 1902. május 9-én tiszteletbeli taggá, 1906. március 23-án pedig igazgató (igazgatósági) tagjává választotta. Plósz Sándor az MTA II. Osztályának elnöki tisztségét 1910. április 27. és 1913. április 24. között töltötte be. A felolvasást is ebben a minőségben vállalta. Plósz Sándor 1872 és 1884 között volt a kolozsvári egyetemen a polgári törvénykezés továbbá a váltó- és kereskedelmi jog nyilvános rendes tanára. Erre az időszakra nyúlik vissza Farkas Lajossal való szoros kollegiális kapcsolata.

⁶ Az 1495-ös *Reichskammergerichtsordnung* és a római jog recepciójára nézve lásd Földi – Hamza, 2004, 115sk. és Hamza, 2002b, 66sk.

nem a személynek egészére, hanem csupán egyes cselekményére vonatkozik, s az uralomnak ilyen viszonyát egy másik személy cselekménye felett jelenti maga az *obligatio*; az *obligatio* teljesítéscentriskussága kapcsán hangsúlyozza, hogy ebben az esetben nem feltétlen egy cselekményről van szó, hiszen teljesítésként szolgálhat több, sőt folytatlagos tevékenység is (megbízás, társaság). A kötelezésbeli cselekmény minősítésénél Savigny aláhúzza az elkülönítés szerepét, vagyis az *obligatio* azon sajátos hatását, amely a korábban véletlen és bizonytalan eseményt szükségessé és bizonyossá változtatja. Ebből következik, hogy kötelezés tárgya csak olyan cselekmény lehet, amely elkülöníthető, idegen akarat alá kerülhet és pénzbeli becslésre alkalmas vagyoni értékkel bír. Ezeket a cselekményeket összefoglalólag hol szolgáltatásnak (*Leistung*), hol teljesítésnek (*Erfüllung*) nevezi a szakirodalom. Farkas Lajos *obligatio*król írt munkájának a hazai jogfejlődés és a római jogtörténet szempontjából is kiemelkedő jelentőségű a hetedik, az *obligatio* elméleti alapját a hazai irodalomban történeti kibontakozásában vizsgáló rész. A szerző Werbőczy István korától egészen Szász-Schwarz Gusztáv tevékenységéig tekinti át a kötelmekre vonatkozó állásfoglalásokat, munkája végén megfogalmazva saját álláspontját.

IRODALOM

- Emlékkönyv: Farkas Lajos tanárságának 45. éve alkalmából. Írták tanártársai. Kolozsvár, 1914
- Kolosváry Bálint: Farkas Lajos emlékezete. A Magyar Tudományos Akadémia elhunyt tagjai fölött tartott emlékbeszédek. MTA, Budapest, 1928.
- Farkas Lajos (1905): Római jog történelme. Alapintézmények az első alakulás szerint. Kolozsvár
- Farkas Lajos (1913): A római *obligatio* fogalmilag véve a közép- és újkori jogi elméletben. Székfoglaló értekezés. In: Pauer Imre (szerk.) *Értekezések a társadalmi tudományok köréből*. A II. osztály rendeletéből. XIV. kötet 6. szám. MTA, Budapest

Akadémiai székfoglaló értekezése több szempontból is hiánypótlónak tekinthető. A mű az *obligatio*kra vonatkozó magyar jogirodalmi vonatkozások összegzése, továbbá az európai továbbélés rövid summázata a glosszátoroktól egészen az Alois von Brinz (1820–1887) nevéhez kapcsolódó teóriáig.

Farkas Lajos pedagógiai munkássága és szerteágazó közéleti tevékenysége alapján egész Erdélyben általános megbecsülésnek örvendett. A kolozsvári egyetemen, amelynek alapítása óta megbecsült tanára volt, kivételes tekintélyű oktatónak és kutatónak számított. Jelentős mértékben járult hozzá az egyetem hazai és nemzetközi elismertségének megalapozásához és növeléséhez. Tudományos munkássága,* amely a római jog mellett kiterjedt a magyar jogtörténet és magánjog, továbbá az osztrák és német magánjog művelésére is, ma is iránymutató.

*Néhány munkája nem került kinyomtatásra. A Magyar Tudományos Akadémia tulajdonában fennmaradt, kéziratok közül kiemelkedik nagy részletességgel kidolgozott büntetőjogi és peres eljárásjogi előadási kurzusa, valamint tanulmánya a lelki élet jelenségeiről, melynek befejezésében halála gátolta meg.

Kulcsszavak: kolozsvári egyetem, Magyar Tudományos Akadémia, Erdélyi Múzeum Egyeslet, Történeti Jogi Iskola, római jog recepciója, osztrák magánjog

- Földi András – Hamza Gábor (2004): *A római jog története és intézményei*. Kilencedik átdolgozott és bővített kiadás. Budapest
- Hamza Gábor (2001): *Adalékok a kolozsvári egyetem történetéhez*. Magyar Felsőoktatás. 12.
- Hamza Gábor (2002a): *Die Entwicklung des Privatrechts auf römisrechtlicher Grundlage unter besonderer Berücksichtigung der Rechtsentwicklung in Deutschland, Österreich, der Schweiz und Ungarn*. Budapest
- Hamza Gábor (2002b): *Az európai magánjog fejlődése. A modern magánjogi rendszerek kialakulása a római jogi hagyományok alapján*. Budapest
- Nagy Vincze (1991): *Októbertől októberig*. Budapest

Interjú

A SZEMEDNEK HIGGY, NE A DOGMÁKNAK! BESZÉLGETÉS MEZEY ÉVÁVAL

Mezey Éva 1982 óta az Amerikai Nemzeti Egészségügyi Kutatóintézet (National Institute of Health – NIH) Neurológiai Intézetének kutatója. A Semmelweis Orvostudományi Egyetem elvégzése után néhány évvel először ösztöndíjasként dolgozott ott, majd állandó állást kapott. Jelenleg elsősorban összejtudatással foglalkozik. Tekintélyes folyóiratokban (Science, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America) írta le azt a nagy nemzetközi visszhangot kiváltott felfedezését, amely szerint az idegrendszer a csontvelő felől is regenerálódik. Azaz hogy csontvelői összejtek is bevándorolnak az agyba, és ott új idegsejteket hoznak létre. Gimes Júlia, a Kossuth Rádió Tudományos Szerkesztőségének munkatársa Kutatók világa címmű műsorában beszélgetett Mezey Évával. Ennek szerkesztett változatát közöljük.

Szentágothai professzor úr hatására határoztam el, hogy nem gyakorló orvos leszek, hanem kutató. Egyik előadásán elmesélte nekünk – és ez az előadás csak erről szólt –, hogy hogyan találta ki a kisagy működési mechanizmusát. Ő nagyon sokat foglalkozott ezzel az agyterülettel, ez ugyanis különös része az idegrendszernek, mivel a benne lévő idegsejtek hálózatának felépítése régóta

pontosan ismert; régóta tudjuk, hogy melyik sejt melyikkel beszélget. Szóval, a professzor úr elmondta, hogy az ismert anatómia alapján lerajzolta a hálózatot, és kigondolt egy teóriát a kisagy működési mechanizmusáról. Felhívta Ausztráliában a Nobel-díjas neurofiziológust, Sir John Ecclest, elmagyarázta, hogy mi az elgondolása, és megkérte, hogy az általa alkalmazott módszerekkel ellenőrizze az elmélet helyességét. Eccles megígérte, hogy megteszi, és néhány nap elteltével visz-sza is hívta Szentágothait. „Dear John – mondta neki –, ellenőriztem a teóriádat, és van egy nagy probléma: az alapsejttípus nem izgató, hanem gátló hatású.” Erre Szentágothai egy pillanat alatt felállított egy másik elméletet, és azt mondta: „Na és? Nem tudsz elképzelni egy negatív orgonát, ahol minden hang szól? Ahol az orgonista csak azokat a hangokat nyomja el, amelyekre egy dallam lejátssza során nincs szükség, és ha elegendő ujjá van, akkor minden zenedarabot le tud játszani?”

Később kiderült, hogy Szentágothainak igaza volt, a kisagy valóban így működik. A történet óriási hatással volt rám. Rájöttem, hogy az agykutatásban milyen fontos a logika, hogy az anatómiai jellegzetességek alapján milyen sok dolgot ki lehet találni az idegrendszer működéséről. Akkor, ott döntöttem el, hogy ezzel szeretnék foglalkozni.

Ez egy katartikus történet. Szentágothai professzor híres volt arról, hogy hihetetlen sebességgel gyártotta az elméleteket. Némelyiket csak évtizedekkel később lehetett kísérletesen igazolni, mert a technika csak akkor tette lehetővé. Ezt a fajta élményt, hogy kitalál egy teóriát, ami aztán igaznak bizonyul, megtapasztalta-e a saját pályáján?

Nem szeretném azt a látszatot kelteni, mintha Szentágothai professzorral azonos szintre helyezném magam, de azt hiszem, igen. Őrzök is tőle néhány levelet, amelyben arra biztat, hogy szakadjak el a dogmáktól, próbáljak meg józan paraszti ésszel gondolkodni, mert ami logikusnak tűnik, az nagyon sokszor valóban igaz.

Gyakran évekre, évtizedekre visszaveti a tudomány fejlődését, hogy egy nagy ember egy alapvető tankönyvben leír valamit, amit attól kezdve mindenki megtanul, és abszolút igazsággént kezel. Egy ilyen dogma volt, hogy az idegrendszerben nincs regeneráció, azaz szemben a szervezet összes többi szövetével, ott egyáltalán nincs mód arra, hogy az idegsejtek újratermelődjenek.

Ezt évtizedeken keresztül nem vonta kétségbe senki. Szentágothai abban volt rendkívüli, hogy a tankönyvekkel szemben mert a szemének hinni. Ő tanított meg arra, hogy ne csak nézzek a mikroszkópba, hanem lássak is. Merjek látni. És amikor először tapasztaltam valami megdöbbentőt, beszéltem is róla a professzor úrral. Ez 1990 körül lehetett. Egy immunológus kollégám kért meg arra, hogy vizsgáljuk meg az idegrendszer szerkezetileg fehérvérsejtekre emlékeztető úgynevezett mikroglia-sejtjeit, hogy a vér alakos elemeihez hasonlóan, nem a csontvelőből származnak-e. Ezek a glia-sejtek az immunrendszerre emlékeztető védelmi funkciót látnak el az agyban, és akkoriban legtöbbször azt hitték, hogy semmi közük a vérhez és a csontvelőhöz, hanem

ugyanabból a szövetből fejlődnek, mint az idegrendszer többi sejtje. Szóval, akkor kitaláltunk egy kísérleti felállást, amivel választ lehetett adni a kérdésre. Belenéztem a mikroszkópba, és úgy láttam, hogy ezek bizony valóban a csontvelőből származnak, de egyúttal észrevettem azt is, hogy az idegrendszerben van sok másféle sejt is, amelyek szintén a csontvelőből származnak. És úgy láttam, ezek között vannak idegsejtek is. Akkor már Amerikában éltem, de amikor itthon jártam, ezt elmondtam Szentágothainak. Ő volt az első ember, aki nem azt mondta, hogy ez egy komplett örület, hanem azt, hogy ez rendkívül érdekes. Ugyanakkor figyelmeztetett, hogy mivel ez szemben áll az alapvető dogmával, nagyon óvatosnak kell lenni, publikálás előtt több irányból be kell bizonyítani. Ő egyáltalán nem tartotta elképzelhetetlennek, sőt azt mondta, hogy teljesen logikus lenne, ha az idegrendszerben is lenne valamennyi lehetőség a sejtek megújulására.

Ez azzal a dogmával állt szemben, hogy meghatározott számú idegsejttel születünk, és ezek az életünk során csak pusztulhatnak.

Így van. Ha bármilyen fejlődéstannal foglalkozó biológiatankönyvet megnéz, abban az áll, hogy az agyban az idegsejtek az embrionális fejlődés során alakulnak ki, és az agy gyakorlatilag „kész van”, amikor megszületünk. Semmilyen más szervből utánpótlást nem kap. Az idegsejtek között létrejönnek új kapcsolatok, hiszen állandóan tanulunk, ami a kapcsolatok újabb és újabb kombinációját jelenti, de nem jelent új sejteket. Tehát születésünk után az idegrendszerben semmilyen új sejt nem keletkezik.

És amikor megszületett önben a gondolat, hogy vannak olyan idegsejtek, amelyek valószínűleg a csontvelőből származnak, akkor nem ijedt meg? Mert rendben van, hogy az

embernek

a mestere azt mondja, hogy vegye észre a szokatlant, de mi történik, amikor valóban észreveszi, és tudja, hogy ez egy alapvető dogmával áll szemben?

Nem ijedtem meg tőle, mert általam nagyon tisztelt és nagyra becsült emberek – Szentágothai és Palkovits Miklós professzor úr mellett édesanyámat, dr. Barabás Annát szeretném megemlíteni, aki szintén az idegrendszerrel foglalkozó kutatóorvos volt – azt mondták, hogy kövessem ezt a vonalat. Ők is logikusnak találták azt az elképzelést, hogy a csontvelőben megmaradnak az embrionális korból összejek. A csontvelő lehet az a szerv, ami leginkább képes lehet arra, hogy tároljon ilyen sejteket, és szükség esetén elindítsa őket a keringésbe.

Azt már akkor tudtuk, hogy a vérnek vannak összejtjei, hiszen a vér sejtjeit folyamatosan pótolni kell. Hogy létezhet egy még ősiabb sejtípus, amelyből más szövet is kialakulhat, ez csak egy lépéssel volt több. A következményei voltak minden dogmával szemben állóak. De miután az elképzelés logikus volt, nem tartottam ijesztőnek. Ahogy Szentágothai is javasolta, elkezdtem szisztematikusan dolgozni, hogy minden oldalról, különböző módszerekkel megpróbáljam bebizonyítani. Ehhez még hozzátenném, hogy munkahelyemen, az NIH-ben¹ voltak olyan kutatók, akik támogatták elképzelésemet, de a saját intézetemnek, a Neurológiai Intézetnek a tudományos igazgatója ellene volt. Azt mondta, hogy ez teljesen nonszensz, soha nem fogom tudni bebizonyítani, a kísérleti paradigmában van a hiba.

Gátolta is a munkáját, vagy csak az volt a véleménye, hogy hiúlyság?

Nem gátolta, de semmiben nem segítette.

¹ National Institute of Health – Nemzeti Egészségügyi Kutatóintézet – az amerikai egészségügyi kormányzat hivatalos állami kutatóügynöksége

Hozzá tartozik az igazsághoz, hogy a Nemzeti Egészségügyi Kutatóintézetet ún. magas kockázatú kutatások támogatására hozták létre. Ez azt jelenti, hogy az ott állandó állással rendelkezőknek nem kell pályázatot írniuk, mindaddig megkapják munkájukhoz a költségvetési támogatást, ameddig tudományos folyóiratokban megjelenő cikkek formájában teljesítenek. És mivel én folyamatosan publikálok, nem tehetett ellenem semmit.

Ezzel szemben a helyettese mindenben támogatott. Így kiegyenlítődtek az erőviszonyok, hagytak dolgozni. Még egy dolgot említenék meg. Egyszer egy gliasejtekkel foglalkozó rendkívül komoly szaktekinetly látogatott el az NIH-be. Nemhivatalosan megmutattam neki az adatokat – akkor még messze nem tartottam ott, hogy az eredményeket elküldjem egy tudományos folyóirathoz –, de kíváncsi voltam a véleményére. Megnézte, és azt mondta, hogy ez nem igaz. Nem igaz, mert nem lehet igaz. Mondtam, hogy ez nem elfogadható érv, mondja meg, hogy szerintem hol a hiba. Végignézt minden kísérleti adatot, és azt mondta: „nem tudom, hogy hol a hiba, de biztosan van benne, mert a végeredmény nem igaz”.

Hát a dogmák ilyenek, nem?

Ettől dogmák a dogmák!

Pontosan, de ebből láttam, hogy akármennyi bizonyíték áll majd rendelkezésemre, rendkívül nehéz lesz elfogadtatni ezt az elképzelést. És az igazgató helyettese, aki támogatott, azt mondta: „ez bizony a *Science*-ben kell leköszölni ahhoz, hogy az igazgató elhiggye neked”.

Így hát amikor úgy éreztem, hogy elkészültem, megírtam a cikket, és elküldtem a *Science* szerkesztőségének. Az első vélemények nem mondták, hogy elképzelhetetlen dolgokat írok, azonban újabb kísérleteket kértek. Az ezen kéréseknek megfelelően átdolgozott cikket azonban a szerkesztő minden alkalommal más emberekhez küldte

vissza. Tehát az első két véleményező kért új kísérleteket. Visszaküldtem, megváltoztattam a cikket, a következő két véleményező másféle kísérleteket kért. Ez másfél éven keresztül folyt így. Körülbelül tizenhat különböző véleményem volt a *Science*-től. Általában az első forduló után a szerkesztő megmondja, hogy elfogadják-e vagy sem, hiszen 15-20-szor több cikket kapnak, mint ahányat közölni tudnak. Engem a szerkesztő azzal biztatott, hogy a cikk rendkívül érdekes, szeretnék leköszölni, de csak akkor tehetik meg, ha minden kérést teljesítek. Mintegy egy évvel a beküldés után elértünk arra a pontra, hogy az újabb véleményezők elkezdtek kritizálni azokat a kísérleteket, amelyet az előző bírálók kérésére végeztünk el és írtunk le az újabb változatokba. Nyilvánvalóvá vált, hogy ennek soha nem lesz vége. Felhívtam a szerkesztőt, és azt mondtam: „Nézzé, én ezt a cikket most leköszlöm egy bármilyen más újságban, mert ennek soha nem lesz vége.” Felhívtam rá a figyelmét, hogy azért ő a szerkesztő, hogy döntsön, igen vagy nem. Azt válaszolta, hogy nem meri a közlést vállalni.

Őn szerint gyáva volt?

Nem volt gyáva, de nem volt nagyon bátor sem, ami érthető, hiszen egy ilyen tekintélyes lap szerkesztőjének óriási a felelőssége. Ha valami egy gyenge vagy egy közepes színvonalú folyóiratban jelenik meg, sokkal kisebb a visszhangja. Viszont ha a *Science* közli le, azt majdnem mindenki készpénznek veszi, majdnem mindenki elfogadja.

Szóval nemet mondott, én megköszöntem az addigi munkáját, és mondtam, hogy elküldöm a cikket valamelyik másik lapnak. Elmentem nyaralni, és a nyaralás közepén a szerkesztő telefonált, hogy még egy fordulót engedjek meg. Azt azért hadd tegyem hozzá, hogy nagyon ritkán fordul elő, hogy egy ilyen súlyú újság jön a szerző után. Beleegyeztem, de hangsúlyoztam, hogy több

körre tényleg nem vagyok hajlandó.

Amikor visszajöttem a szabadságról, újra felhívtott, és azt mondta: van egy jó és egy rossz híre. A jó hír, hogy elfogadja a cikket, a rossz pedig az, hogy azért fogadja el, mert egy másik laboratóriumból kapott egy másik cikket, amelyben az általunk alkalmazott metodikáktól teljesen eltérő módszerekkel jutottak ugyanarra a következtetésre. A két cikket egyszerre közli le – mondta.

Nem volt csalódott? Nem érezte úgy, hogy ez a másfél éves hercehurca elvette öntől az elsőség örömet?

Egyáltalán nem éreztem úgy, hogy bármit is elvettek volna tőlünk. Inkább örültem, hogy igazunkat mások is megerősítették. Egy pillanatig sem gondoltam, hogy a tudományos karrierem ezen múlik, inkább arra koncentráltam, hogy folytassam a témát. Nem azt tartom igazán fontosnak, hogy kinek a neve kerül szóba egy felfedezés kapcsán, hanem azt, hogy minél előbb megszülessenek azok az eredmények, amelyeket már a gyógyításban is fel tudunk használni.

Hogyan fogadta a szakma ezt a kis „dogmadöntőgetést”?

Az első reakció az volt, hogy ez igen érdekes, de hát csak egerekről van szó. Sokszor előfordul ugyanis, hogy állatkísérletekben találunk valami nagyon ígéretes jelenséget, aztán kiderül, hogy emberben másként van. És azt, hogy az emberi idegrendszerben is van regeneráció a csontvelő felől, mi akkor még valóban nem bizonyítottuk. De mint állatkísérleti eredményt, meglepően jól fogadta a szakmai társadalom.

Ez persze nem volt véletlen. Két-három évvel korábban több európai és amerikai laboratóriumban is bebizonyították, hogy az idegrendszeren belül vannak olyan összejtek, amelyekkel együtt születünk, és amelyek tudnak új idegsejteket és új gliasejteket képezni. Tehát a dogma már korábban elke-

dett összeomlani. A mi felfedezésünk azért volt érdekes, mert a gyógyítás szempontjából ígéretesebb. Az idegrendszerben, az agyban levő összejtekhez ugyanis nehéz hozzáférni. A vérben keringő csontvelői összejtekhez vagy a csontvelőhöz könnyű.

*Mit szolt a Science-cikkhez
az ellendrukker igazgatón?*

Első reakciójaként elmondta, hogy az elmúlt ötven évben jó néhányszor előfordult, hogy egy eredmény megjelent a *Science*-ben, és később megcáfolták. Ő azóta sem változtatta meg a véleményét. A mai napig is egyike azoknak, akik a legkevésbé hisznek az összejtekben.

*Tehát önök a Science-ben azt állították,
hogy – legalábbis egereken – vannak
olyan csontvelői összejtek, amelyek az agyba
vándorolnak, és neuronná vagy más agyi
sejté alakulnak. Vagyis az idegrendszer
valamilyen szinten kívülről is regenerálódik.
Ezt követően azonban bizonyítaniuk kellett,
hogy ez a mechanizmus az emberben is
létezik.*

Sokat gondolkodtam azon, hogy ezt hogyan lehet megtenni, hiszen emberen nem lehet kísérletezni. Rájöttem azonban, hogy a természet megadta a „kísérletet”. Az elmúlt tizenöt-húsz évben ugyanis rákbetegeken nagyon sokszor végeztek csontvelő-transzplantációt. Felvettem a kapcsolatot a Johns Hopkins Egyetem patológia tanszékével, és megkérdeztem őket, hogy vannak-e boncolási anyagaik olyan nőbetegektől, akik terápiás céllal férfi rokonuktól kaptak csontvelőt. Mivel igent mondtak, kidolgoztunk egy módszert arra, hogy a férfiakra jellemző Y kromoszómát ilyen paraffinba beágyazott, konzervált agyakban ki tudjuk mutatni. A Johns Hopkins Egyetemről kapott vizsgálati anyagokból elvégeztük ezeket a kísérleteket. Megállapítottuk, hogy vannak bennük olyan idegsejtek, amelyek Y kromoszómát

tartalmaznak. Mivel azonban ezek a néhai nőbetegek nem szültek fiúgyermeket, kizárhattuk e „férfias sejtek” magzati eredetét. Leszűrhetjük tehát azt a következtetést, hogy ezek kizárólag a beadott férfi csontvelőből származhattak.

Csak érdekességként mesélem el, hogy amikor befejeztük ezeket a humán vizsgálatokat, felhívtam ugyanazt a szerkesztőt a *Science*-ben, aki az állatkísérleteket leköszölte, és megkérdeztem, hogy érdekelné-e az új cikk. Azt felelte, hogy nem, hiszen ebben már nincs újdonság, ez csak annak megerősítése, hogy ezek a folyamatok az emberben is léteznek. Ez mutatja annak kiszámíthatatlanságát, hogy valami megjelenik-e ezekben a nagyon magas szintű lapokban. Nekem logikus lett volna, ha munkánk folytatását is ugyanott közöljük, de ekkor elküldtem a cikket az amerikai Tudományos Akadémia lapjához (*Proceedings of National Academy of Sciences of the United States of America* – PNAS), ahol azonnal elfogadták.

*Mi a funkciója ennek
a regenerációs folyamatnak?*

Életünk folyamán megsérülhetünk, beteggéválhatunk, a különböző szövetekben lévő regenerációs képesség ezeket a sérüléseket próbálja helyreállítani és új sejtekkel kompenzálni. Az elmúlt tíz évben megtudtuk, hogy az idegrendszeri összejtek segítségével az agy is képes valamennyire erre. Úgy gondolom, hogy a csontvelői összejtek az idegrendszeri összejtek képezik újra, és amikor a szükség elérkezik, ezekből az idegrendszeri összejtekből alakulnak ki az új idegsejtek.

Mégis léteznek az idegsejtek tömeges pusztulásával járó degeneratív betegségek, például a Parkinson- vagy az Alzheimer-kór...

Valószínűleg ennek a regenerációs mechanizmusnak a kapacitása nem elég nagy ahhoz, hogy kompenzálja azt a tömeges puszt-

tulást, ami ezeknél a betegségeknél bekövetkezik. Tehát egy ideig az újraképződés lépést tud tartani a pusztulással, de amikor túlságosan nagy a sérülés, az elpusztult sejtek száma sokkal nagyobb lesz, mint az újraképezhető sejtek száma.

Itt látom egyébként a gyógyítás lehetőségeinek titkait. Ha kiderítjük, hogy hogyan tudjuk megemelni az újraképződő sejtek mennyiségét, például a vérben keringő őssejtek számának emelésével növeljük a kínálatot, illetve ha meg tudjuk, hogy milyen kémiai anyagok alakítják át ezeket a sejteket, vagy hívják be őket a keringésből az agyba, akkor esetleg fel tudjuk emelni ezt a regenerációs kapacitást olyan szintre, ami egy komolyabb sérülés esetén is rendbe tudja hozni az agyat. Tehát ha éléménk, hogy több „gyógyító” őssejt keringjen a vérben, és azokból többet tudnánk becsalogatni az agyba, akkor több új sejt keletkezhetne az agyban. Állatokban vannak már adatok arra, hogy ha a keringő csontvelői őssejtek számát megemelik, akkor traumás agysérülésben sokkal gyorsabb a gyógyulás, és sokkal kevesebb tünet marad vissza. Ha ezt emberben is meg tudjuk ismételni, akkor nagy valószínűséggel tudunk majd segíteni olyan betegségeinkben, amelyekben ma még nem tudunk.

Mi is elkezdtünk egy kísérletsorozatot, amelynek során egerekben mesterséges agyvérzést hozunk létre. Az agyvérzés területére különböző időpontokban különböző anyagokat juttatunk, és azt vizsgáljuk, hogy a különböző anyagok és azok kombinációinak beadása változtat-e valamin, gyorsítja-e az agyvérzés utáni gyógyulást, segít-e abban, hogy ne alakuljanak ki maradandó tünetek. Morfológiai vizsgálatokat is végzünk, hogy azonosítsuk azt a kombinációt, amelynek hatására a legtöbb csontvelői őssejt vándorolt be az agyba, a legtöbb új idegsejt képződött, és a legtöbb új kapcsolat alakult ki az idegsejtek között. Szeretnénk megállapítani azt is, hogy a „sikeres” anyagkombináció beadása-

ra mi a legjobb időpont. Ez a fajta agyvérzés, és az általa okozott mozgáskorlátozottság kialakulása, lefutása pontosan ismert, ezért a kezelés hatása is jól meghatározható.

Természetes körülmények között az őssejteket valami kontroll alatt tartja. Az őssejt pontosan „tudja”, hogy belőle hány új sejtnek kell keletkeznie, és pont annyi termelődik, ahányra szükség van. Ezeket a szabályzó mechanizmusokat pontosan meg kell ismernünk ahhoz, hogy az őssejtekkel gyógyítani tudjunk, hiszen ha túlstimuláljuk a rendszert, ha túl sok új sejtet termeltetünk, agydaganatot idézhetünk elő.

Az őssejterápiától ma csodákat várunk. Egyesek szerint megoldja majd a szeruhiányt, mások szerint segítségükkel az infarktusztól kezdve a meddőségen és a fogak pótlásán át az idegrendszeri betegségekig számtalan kórképet meg lehet majd gyógyítani. Mit gondol erről, nem lehet, hogy túl nagyok az elvárások, és a végén csalódás lesz belőle?

Én azt hiszem, hogy mint minden korábbi, hirtelen felbukkanó és divatossá váló téma esetében, az őssejtektől is sokkal többet várnak, mint amennyit a valóság hoz majd. A végén, amikor majd újra leszáll a földre a homok, az egész őssejtkutatás eredménye az lesz, hogy a medicina számára egy új terápiás vonalat fog megnyitni. Messze nem fog mindent megoldani, de képes lesz olyan betegségek gyógyítására, amelyekkel szemben eddig tehetetlenek voltunk. Őssejterápia azonban nem lesz magában, csak a hagyományos gyógyszerekkel együtt. Hiszen gyógyszerek kellenek majd ahhoz, hogy több őssejt vándoroljon az agyba, vagy hogy az őssejtek olyan sejtekké fejlődjenek – például nyálmirigysejtekké, szívizomsejtekké –, amilyenek szerintünk szükségesek.

Mennyire motiválja a munkájában, hogy valami olyat találjon, amivel gyógyítani lehet?

Számomra ez mindig nagyon fontos volt. Szeretem az embereket, és azért választottam az orvosi pályát, hogy segíthessek. Mindig szem előtt tartottam, hogy amit csinálunk, az belátható időn belül hasznos legyen a betegek számára.

Nem bánta meg, hogy nem a klinikaumot, nem a gyakorló orvoslást választotta?

Nem bántam meg, de hiányzik.

Amikor megjelent ez a bizonyos cikke a PNAS-ben – óriási visszhangja volt egyébként világszerte, szinte nem volt tudományos honlap, amely ne foglalkozott volna vele –, én is készítettem önnel egy telefoninterjút. Abban a beszélgetésben nehezményezte, hogy egyik napilapunkban magyar származásúnak titulálták, holott magyarnak tartja magát. Ha ez ilyen fontos önnek, akkor nem lehetett könnyű döntés, hogy Amerikában maradjon.

Itt sokkal jobbak a kutatási feltételek, és óriási előny, hogy az NIH-ben minden szakterületről dolgoznak olyanok, akik a világ legjobbjai között vannak. Bárkihez átsétálhatok, és beszélhetek vele, ha arra van szükségem. Tehát azt hiszem, hogy ha itthon maradok, ugyanezt az eredményt soha nem értem volna el. De valójában azért maradtam Washingtonban, mert férjhez mentem, és a férjem amerikai. Az összes többi előny nem lett volna elég ahhoz, hogy kint maradjak. Én nagyon magyarnak érzem magam, borzasztóan szeretem a magyar irodalmat, a verseket, nagyon nehéz, hogy időnként eszembe jut egy idézet, és nincs kinek elmondanom. Soha nem fogom Amerikát otthonomnak érezni, de megszoktam az ottani életet. Gyermekemet megtanítottam magyarul, vele tudok magyarul beszélni. Sok olyan fiatal magyar kutató jön az NIH-be, akikkel kapcsolatban vagyok, nyomon követem az itthoni eseményeket, minden évben legalább egyszer hazajövök. Amerikában más, nagyon más

az élet, de megszoktam. Kényelmes, támogatnak...

Sokan azt tartják a legnagyobb nehézségnek, hogy az amerikai társadalom sokkal önzőbb, sokkal individualizáltabb, mint a magyar. Nemigen van szomszédolás, pletykázkodás, kötetlen beszélgetés.

Washington környéke nagyon nemzetközi terület, európai filmfesztiváloktól kezdve mindent meg lehet találni. Az igaz, hogy a személyes kapcsolatokban nagyon nehéz kialakítani azt a típusú barátságot, ami itthon megvan. Ha Budapesten az éjszaka közepén lerobbanna az autóm, akkor még ma, húsz év után is van négy-öt olyan ember, akit nyugodtan felhívnék, és tudnám, hogy eljön értem. Amerikában a közvetlen családtagjaimon kívül nem hívnék fel senki mást. Azt viszont, hogy az ember mennyire épül be a közösségbe, szerintem irányítani lehet. Gyermekem iskolájában focicsapatot szerveztem a lányoknak, és én voltam az edzőjük, néhány évig én vezettem az úszócsapatot, tehát ha az ember jelen van ezekben a közösségi programokban, akkor a mindennapi szomszédolás és pletykázkodás „megoldható”.

Nagyon szeretem a gyerekeket. A lányomon keresztül minden olyan aktivitásban részt veszek, amelyben gyerekek vannak. Azt hiszem, gyakorló orvosként a gyermekgyógyászatot választottam volna.

Nem szeretett volna több gyereket?

Ehhez már túl öreg vagyok. Anna is elég későn született, egyszerűen úgy alakult az életem, és azt hiszem, ez így volt jó. Amikor ugyanis befejeztem az egyetemem, és elkezdtem kutatni, tizenöt-tizenhat órát dolgoztam naponta. Ha akkor gyermekem lett volna, talán – akár tudat alatt – úgy éreztem volna, hogy visszatart. De amikor Anna megszületett, már birtokában voltam egy fontos ismeretnek: nagyon szép és nagyon érdekes a tudomány, de ha valami borzasztó fontos,

és én nem fedezem fel, majd felfedezi valaki más. A gyerekem viszont csak az enyém.

Mi motiválta arra, hogy naponta tizenöt-tizenhat órát dolgozzon?

Ugyanaz, ami egy detektívet motivál, hogy kitalálja, ki a gyilkos. A rejtvény logikája és a megfejtés intellektuális öröme.

Az, hogy az ember kialakít egy elképzelést, ami csak az agyában létezik. Utána elvégzi a kísérleteket, összegyűjti az adatokat, elemzi őket, és megnézi, hogy igaz-e a koncepciója. És akár igen, akár nem a válasz, igazi intellektuális örömet érez. És eldönti, mi a következő lépés.

Azt mondják, a tudományban nagyon sok a napi rutin, a „kulimunka”. És nagyon kevés az igazán boldog pillanat...

Azt hiszem, a tudományos igazgatómmal azért sem jöttünk ki egymással, mert soha nem akartam az érdeklődésemet egy területre vagy egy molekulára fókuszálni. Ma a tudományban nagyon sokszor egy embert azonosítanak egy molekulával vagy egy idegsejtcsoporttal, mert egy életen keresztül azt az egy valamit tanulmányozza. Engem mindig az egész szervezet érdekelt. Ezért a gyomortól a hasnyálmirigyen keresztül az

agyig, nagyon sok témában dolgoztam. Most például az őssejtekkel kapcsolatban az NIH Fogászati Intézetével is van közös kutatási témám. Ebben azt vizsgáljuk, hogy csontvelői őssejtekből lehetne-e esetleg nyálmirigyet vagy nyelvet rekonstruálni olyan betegek számára, akiknek a rosszindulatú daganatát eltávolították, és ehhez ki kellett venni a nyelv vagy a nyálmirigy egy részét. De legnagyobb szerelmem az idegrendszer.

Én az egész szervezetet rendkívül csodálatosnak tartom, és azt hiszem, hogy minden ember, még a beteg ember is, egy két lábon járó csoda. Ha végiggondoljuk, hogy milyen rendkívül bonyolult egyetlen sejt is, és hogy az emberi léthez hányféle sejtnak és szövetnek kell koordináltan együttműködnie, akkor elképesztő, hogy mennyi egészséges ember van. Engem ez érdekelt mindig, és a mindennapjaimban szinte semmit nem tartok rutinnak. Ahányszor csak belenézek a mikroszkópba, mindig óriási örömmel és elképesztő csodálkozással látom, hogy a sejtek hogyan helyezkednek el, hogyan kapcsolódnak egymáshoz, és hogy egy betegség mit és hogyan változtat meg egy sejtben. Szinte minden alkalommal, amikor belenézek a mikroszkópba, valami újat tanulok.



Bemutatkozás

A Magyar Tudományos Akadémia idén is új levelező tagokat köszönt. Sorozatunkban hónapról hónapra bemutatjuk néhányukat.

A Magyar Tudomány hét kérdéssel kereste meg mindegyiküket, azt kérve, hogy közülük háromra válaszoljanak:

1. Mi volt az a döntő mozzanat az életében, amely erre a pályára vitte?
2. Volt-e mestere?
3. Mi volt az az eredmény munkája során, amelynek igazán örül?
4. Részt vesz-e nemzetközi kutatásokban?
5. Van-e, és ha igen, milyen a legkedvesebb tanítványa?
6. Magányos kutató, vagy inkább csapatjátékos?
7. Mi az a nyitott kérdés, amelyre választ szeretne kapni?

Talán az is jellemző lehet új tagjainkra, hogy éppen mit tartottak fontosnak elmondani magukról.

E számunkban Lakatos István, Pintz János, Szabó Gábor, Tulassay Zsolt és Vincze Imre válaszait olvashatják.



LAKATOS ISTVÁN

1943-ban született Diósgyőrben. 1994-től a műszaki tudomány doktora, egyetemi tanár, a Miskolci Egyetem Alkalmazott Kémiai Kutatóintézet (jogelődje az MTA Olajbányászati, majd Bányászati Kémiai Kutatólaboratóriuma) igazgatója. Szakterülete a bányászati, elsősorban a szénhidrogén-bányászati kémia. Fő kutatási területe a konvencionális és intenzív kőolajtermeléshez kapcsolódó kémiai problémák tanulmányozása.

Mi volt a döntő mozzanat életében, amely erre a pályára vitte?

Szűkebb családi háttérben mindenki a kohászati, bányászati és vegyészeti ipárhoz kötődött. Pályaválasztásom döntő momentum, hogy középiskolás koromban minden nyári szünetben egy hónapot töltöttem az egykori Diósgyőri Gépgyár Vegyészeti Laboratóriumában, ahol a segítőkész munkatársak mellett korán megismerkedtem a kohászati és gépgyártási tevékenységhez szorosan kapcsolódó analitikai kémiával. Az önálló kísérletek élménye és annak korai felismerése, hogy a kémia milyen nagy mértékben járult, járul hozzá a természettudományos ismeretekhez, nem hagyott kétséget bennem, hogy életpályámat a kémiához kötöm. A Veszprémi Vegyipari Egyetemre való jelentkezésem tehát tudatos és az eltelt évtizedek által bizonyítottan életem egyik legjobb döntése volt.

Volt-e mestere?

A tudományos kutatás iránti vonzódásom az egyetemi évek alatt alakult ki. Ebben meghatározó módon játszott közre az a tény, hogy Veszprémben a diák-oktató kapcsolat – különösen a felsőbb évfolyamokon – személyes és kollegiális volt. Az állandó tudományos diákköri munkám szorosan kötött Benkő István professzorhoz, a Fizika Tanszék vezetőjéhez, aki közel két évtizedre meghatározta az atomspektroszkópiához kapcsolódó kutatási tevékenységemet. Benkő professzor és munkatársai révén kerültem az MTA Spektroszkópiai Munkabizottság tagjai sorába, ahol Török Tibor professzor személyisége, tudós elkötelezettsége és humanitása egy életre mély nyomot hagyott a munkabizottság valamennyi fiatal tagjának szakmai és emberi habitusában. A munkabizottság kiemelkedő személyiségei, függetlenül attól, hogy az akadémiai vagy az ipari területet képviselték, megtanítottak arra, hogy a tudományos eredmények értékelése nem generációfüggő, a kritika nem lehet személyes indítatású, és egymás személyiségének megbecsülése, elfogadása nélkül nem lehet együttműködni.

Vonzódásom a kutatási tevékenységhez nagy valószínűséggel közrejátszott abban, hogy a Diósgyőri Kohászati Üzemek Tüzeléstechnikai Osztályán töltött rövid kitérő után az MTA Olajbányászati Kutatólaboratóriumába kerültem. Ma is ennek az Intézetnek vagyok a munkatársa, és ma is ugyanazzal az örömmel jövök be reggelente az Intézetbe, mint közel negyven évvel ezelőtt. Gyulay Zoltán professzor, az intézet alapítója és igazgatója korát évtizedekkel megelőzve felismerte, hogy az intenzív, kémiai alapokon nyugvó kőolajtermelési eljárások széleskörű alkalmazása nélkül a világ globális energiaigénye hosszú távon nem elégíthető ki. Ennek a napjaink égető problémájának a korai felismerése vezetett a Fizikai Kémia Osztály

létrehozásához, amelynek több mint negyed évszázada fő feladata a szénhidrogén-termeléshez kapcsolódó kémiai problémák teljes vertikumának alap- és alkalmazott kutatása. Ennek a kutatásnak a távlata, interdiszciplináris és közvetlen gyakorlati jellege, valamint nem utolsósorban Gyulay professzor párját ritkító, naprakész lexikális tudása képezte azt a motivációt, ami szakmai életutamat végleg meghatározta. Az adott tudományterület iránti elkötelezettségemet megerősítették a hosszabb külföldi tanulmányutak, így az Éghető Anyagok Kutatóintézetében (Leningrádban) és az austini University of Texas Olajtermelési Tanszékén töltött posztdoktori ösztöndíjam. Ez utóbbi helyen szakmai fejlődésem kiemelkedő élménye volt, hogy a magyar szakemberek közül valószínűleg egyedülként hallgatója lehettem Sylvain J. Pirson professzornak, akinek rezervoár-mechanikai könyve ma is alapját képezi az olajmérnökképzésnek szerte a világon, így hazánkban is. Végül mestereim közül meg kell említenem Tóth József professzort, aki huszonhárom évig volt munkahelyi vezetőm, így előző az igazgatói székben. Ő példát adott arról, hogy a kutatói pályán szakmai kérdésekben megalkudni soha nem szabad, a vezetői gyakorlatban pedig becsületes kompromisszumok nélkül dolgozni nem lehet. Tóth professzor útmutató számomra abban a vonatkozásban is, hogy egy elhivatott munkahelyi vezető nem szakadhat el a tudományos tevékenységtől, másrészt kutatói minőségében is felelős azért a közösségért, amelynek vezetője.

Mi volt az az eredmény munkája során, amelynek igazán örül?

A kutatói öröm, az eredmények feletti elégedettség sokszor nem azok horderejétől függ. Egy kis eredmény, előrehaladás egy problémában határtalan örömet okozhat, ha az egy hosszú, nehéz munka végére tesz

pontot. Örömmre szolgált, hogy részese lehettem a hazai szénhidrogén-bányászat, illetve bányászati kémia fejlődésének és kiteljesedésének, e tudományterület hazai és nemzetközi elfogadtatásának és elismerítésének. Örülök, hogy a bányászati kémiát ma már a földtudomány, a bányászati tudományok releváns részének tekintik. Megelégedéssel tölt el és az intézet elismerését jelzi, hogy kapcsolata a magyar olajiparral az elmúlt fél évszázad alatt tartós és fejlődőképes maradt, ami fontos tényezője az intézet fennmaradásának és prosperitásának. Megelégedéssel tölt el, hogy az általam kezdeményezett és szerkesztett *Progress of Mining and Oilfield Chemistry* könyvsorozat a tudományterület meghatározó kiadványává vált. Mémöki gondolkodásomat igazolja, hogy számos, a kőolaj- és földgáztermelés intenzifikálását biztosító új eljárásainkat sikeresen használják mind a hazai, mind a külföldi vállalatoknál.

A sors kivételes adományának tekintem, hogy kitűnő vezetőkkal és kollégákkal dolgozhattam együtt, akik osztoztak és ma is osztoznak a sikerben és a vele járó örömben is. Végül örömet annak is köszönhetem, hogy nemcsak a magánéletemet, hanem szakmai pályafutásomat is a kezdetektől fogva megosztottam a feleségemmel, aki mindenben önzetlen segítőt, kritikusom és támaszom volt. Ma is inspirál, hogy őrzöm a családi hagyományt: dolgoztam a kohászatban, vegyészmérnökként szereztem diplomát és kutatási területemet egy életre szólóan a földtudományban a fluidumbányászatban találtam meg. Végül az örömmel kapcsolatban szeretném szabad fordításban idézni Aaron Klug (kémiai Nobel-díj, 1982) mondását, aki szerint „a kutatás nemcsak azt jelenti, hogy hegycsúcsról hegycsúcsra vonulunk (számyalunk és örülünk), hanem azt is, hogy a völgyekben dolgozni kell, ez pedig időt és elkötelezettséget jelent”.



PINTZ JÁNOS

Budapesten, 1950-ben született. 1984 óta a matematikai tudományok doktora. Az MTA Rényi Alfréd Matematikai Kutatóintézete tudományos tanácsadója. Fő kutatási területe a prímszámok irregularitási elmélete.

Volt-e mestere?

A számelmélet iránti érdeklődésemet már elsőéves koromban felkeltették Turán Pál kitűnő előadásai és a rendhagyó módon már elsőéveseknek is tartott speciál-előadásai. A Carl Friedrich Gauss által a matematika királyőjének nevezett számelmélet legmegragadóbb jellemzője, hogy a legfontosabb problémák jelentős része igen csekély, akár általános iskolás ismeretek birtokában is megfogalmazható, ám a választ sokszor évszázadok (Goldbach-sejtés, Fermat-sejtés), vagy akár évezredek (ikerprím-sejtés) óta keresik a kutatók (és a leghíresebb problémák esetében a lelkes amatőrök is). Amikor a legfontosabb problémák valamelyikének megoldása (mint egy évtizede a Fermat-sejtés) sikerrel jár, akkor lesz világossá, milyen hatalmas ismeretanyag kell (a matematika sokszor egész eltérő területeiről is) a hihetetlenül egyszerűen megfogalmazható problémák megoldásához. Már az egyetemi éveim elején olyan szerencsés voltam, hogy Turán Pál irányításával el tudtam kezdeni kutatói munkámat. Talán ma az Internet, az elektro-

nikus levelezés és a sokszor még meg sem jelent publikációkat rendszerező és ismertető számítógépes adatbázisok korában nem érzékelhető, milyen segítséget jelentett, hogy bármilyen matematikai problémával már hallgató koromban habozás nélkül felhívhattam lakásán, és ő, ha nem volt elérhető, visszahívott. Turán Pál ekkor már csaknem huszonöt éve az MTA tagja volt; nemzetközi elismertségét jelzi, hogy egy ízben tagja volt annak a Matematikai Világkongresszus által felállított néhány tagú bizottságnak, amelyik a matematikai Nobel-díjnak is nevezett Fields-érem odaítéléséről dönt. Az egyetem elvégzése után két évvel bekövetkezett halála megakadályozott abban, hogy még többet tanuljak tőle, de egész pályámra meghatározó befolyással volt személyisége és az általa felvetett problémákör. Örülök, hogy élete fő művének tartott könyve befejezésében való közreműködésemmel kicsit törleszhettem adósságaimat. Halála után Halász Gábor (maga is volt Turán-tanítvány) vezetésével folytatódhatott a „Turán-szeminárium”; az ő rendkívüli hozzáértése is hozzájárult későbbi pályám sikeréhez.

Magányos kutató, vagy inkább csapatjátékos? Részt vesz-e nemzetközi kutatásokban?

A matematikában, akárcsak a természettudományokban, egyre nő a jelentősége az együttműködésnek. Saját példám is ezt mutatja: míg a diplomám megszerzését követő első évtizedben publikációim csak 15%-a, addig az ezt követő húsz év alatt 75%-a született közös munka eredményeképp. Ugyanakkor, talán eltérően más területektől, a matematikában kevésbé tipikusak a fix kutatócsoportok. Én összesen hét országból származó huszonkét társszerzővel (csaknem háromnegyed részben külföldiekkel) írtam közös dolgozatot, és ez huszonöt különböző szerzői formációt takart. Az együttműködésnek rendkívül sok fajtája lehet. Bár dolgozataim

fele társszerzőkkel készült, kutatásra fordított időm 95 százalékában egyedül ülök az íróasztalnál, könyvtárban, gyakran valamilyen közös munkán töprengve, vagy a közös gondolatok eredményeképp született cikket megfogalmazva. Valódi tudományos élményt jelentett egyes kiváló matematikusokkal való együttműködés, így a közös munka folyamán sikerült hosszabb-rövidebb ideig olyan kiváló matematikusok, mint Szemerédi Endre vagy Ruzsa Imre gondolkodásmódjába bepillantást nyernem, és meg tapasztalni, hogy a járt utat járatanért el ne hagyj mondásnak sokszor az ellenkezője igaz a matematikában.

A közös munka egyúttal a kutatók emberi oldalát is feltárja. Első ilyen élményem az volt, amikor Turán Pál 1974-ben közös cikket jelentetett meg egy akkor már hét éve meghalt lengyel tanítványával. Kérdésemre elmagyarázta, hogy a probléma közös beszélgetésben merült fel még a tanítványa életében. Egy ízben nekem sikerült Enrico Bombieri és egy másik szerző egy még publikálatlan kéziratának eredményét javítanom. A nálam levő rövid vázlattal előzetes bejelentkezés nélkül bekopogtam az akkor már tizenöt éve Fields-éremmel (lásd fent) kitüntetett Bombieri professzor princetoni dolgozósobájába. Miután az első pillanatban elmondta, hogy miről van szó, és kezébe adtam a papírlapot, azt meg sem nézve, számítógépéhez ült, és begépelte a

nevemet a szerzők közé, harmadikként. Természetesen negatív tapasztalataim is voltak, szerencsére ritkábban.

Mi volt az az eredmény munkája során, amelynek igazán örül?

A már fent említett 260 éves Goldbach-sejtés szerint minden kettőnél nagyobb páros szám felírható két prímszám (olyan szám, amely csak eggyel és önmagával osztható) összegeként. A probléma különös nehézsége abban áll, hogy az egész számok multiplikatív és additív struktúrája együtt szerepel a problémában. (A prímszámok ugyanis a szorzásra nézve elemi építőkövekként, atomokként viselkednek; minden egynél nagyobb egész szám egyértelműen felírható a felbonthatatlan prímszámok szorzataként. Ugyanakkor az összeadásra nézve tekintett – additív – struktúrájuk roppant egyszerű, az 1 ismételt összeadásával minden pozitív egész számot megkapunk.) Korábbi hasonló eredmények továbbfejlesztéseként nemrég sikerült kimutatnom, hogy a sejtésnek esetlegesen ellentmondó páros számok, ha léteznek is, viszonylag kevesen vannak, elegendően nagy X határig a kivételek száma ugyanis legfeljebb X -nek $2/3$ -ik hatványa (azaz X köbgyökének négyzete) lehet. (A korábbi eredmények az X szám $9/10$ -ik hatványánál némileg gyengébb becslést szolgáltatottak a Goldbach-sejtés kivételes halmazának nagyságára.)

SZABÓ GÁBOR



1954-ben Nagykanizsán született. 1993 óta a fizikai tudományok doktora. A Szegedi Tudományegyetem Optikai és Kvantum-elektronikai Tanszékének egyetemi tanára. Szűkebb szakterülete az optika, a kvantumelektronika és a spektroszkópia. A Magyar Innovációs Szövetség alelnöke, az Eötvös Loránd Fizikai Társulat főtítkára, az MTA Lézerfizikai és Spektroszkópiai Bizottságának elnöke.

Mi volt az a döntő mozzanat az életében, amely erre a pályára vitte?

Erre a kérdésre általában azt szoktam válaszolni, hogy a rossz magaviseletem miatt lettem fizikus. Gyermekkoromban – valószínűleg főként édesapám hatására, aki orvos és nagy természetbarát volt – orvos vagy biológus szerettem volna lenni. Amikor elkezdtünk az iskolában fizikát tanulni, kiderült, hogy a tanulnivalót viszonylag hamar megértem, amiből persze az is következett, hogy a továbbbiakban osztálytársaimat szórakoztattam. Ezt akkori fizikatanárom, Horváth Zoli bácsi úgy oldotta meg, hogy minden órára behozott egy marék példát, amelyek megoldása a figyelmemet az óra végéig lekötötte. Anélkül, hogy tudatosan erre készültem volna, 7. osztályban megnyertem a megyei fizika versenyt, és bekerültem az országos döntőbe. A döntőt a résztvevők jutalmazásának szándékával a csillebéri úttörőtáborban rendezték. Személy szerint nekem ez inkább büntetés volt, mert roppant mértékben utáltam az állandó sorakozókat, zászló fel- és levonást, egyszóval az ottani militáris drillt, kivéve azt a két-három délutánt, amikor a méltán legendás Öveges professzor tartott nekünk foglalkozásokat. Ez további lökést adott a fizikusi pálya irányába, úgyhogy a gimnáziumot már fizika tagozaton, egy igen jó osztályban végeztem.

Volt-e mestere?

Igen. Bor Zsoltot a szó klasszikus értelmében mesteremnek tartom. Szerencsésnek mondhatom magam azért is, mert a köztünk levő korkülönbség csupán öt év, azaz ő éppen akkor lett egyetemi oktató, amikor én hallgató. Így azután első diákkörös hallgatójaként közvetlen közelről figyelhettem egy kivételes tehetségű kutató pályájának elindulását, aki persze akkor még nem akadémikus volt, hanem kezdő tudományos segédmunkatárs. Így nem volt meg köztünk az a távolság,

ami óhatatlanul megjelenik akkor, ha egy hallgató elismert, nemzetközi hírű kutató mellett kezd el dolgozni, ezért sokkal többet tudtam tőle tanulni. Mindezt abban az időben még nem tudtam igazán megítélni, sőt egy kicsit nyomasztott is, hogy az első ember, akihez szakmailag mérni tudtam magam, ilyen magas mércét állít. Azt csak jóval később, hosszabb külföldi útjaim során szerzett tapasztalataim birtokában értettem meg, hogy nem kell feltétlenül az embernek Bor Zsoltot „megvenni” ahhoz, hogy számos más kutatócsoportban első lehessen.

Mi volt az az eredmény munkája során, amelynek igazán örül?

Nem elsősorban az eredmény fontossága, hanem megszületésének körülményei miatt az úgy nevezett interferometrikus fázistolásos technika kifejlesztése a kedvencem. (A fázistolásos technika a fotolitográfiai eljárások feloldóképességének növelésére szolgál. Fotolitográfiával készülnek a számítógépchipek, a feloldóképesség növelése azt jelenti, hogy a chipben több elektronikai elem helyezhető el, ami végső soron a számítógépek kapacitását növeli meg.) Az egyik houstoni tartózkodásom alatt végzős hallgatónak és doktoranduszoknak tartottam egy haladó optikai kurzust. Az egyik óra végén odajött hozzám az egyik hallgató, és elmondta, hogy egy fotolitográfiai projekten dolgozik, és eszébe jutott valami, amivel szerinte ezt a fázistolásos technikát könnyebben meg lehetne valósítani, és szeretné tudni, hogy mi a véleményem az ötletéről. Mondtam neki, hogy fogalmam sincs arról, hogy hogyan működik a fázistolásos technika, de magyarázza el, hátha tudok segíteni. Miután elmagyarázta, kiderült, hogy az ötlete nem működik, úgyhogy kicsit szomorúan elment. Mivel maga a téma nagyon érdekes volt, elkezdtem azon gondolkodni, hogy nem lehetne-e mégis valami egyszerű megoldást találni. Eszembe is jutott valami, amit a következő

előadás után megmutattam neki. Egy órával később már ott volt nálam a témavezetője is, akivel megbeszéltük, hogy bekapcsolódom a projektbe. Az eljárást hamarosan publikáltuk, illetve szabadalmaztattuk, és a projekt még évekig futott, mert a Texas Instruments finan-

szírozta későbbi vizsgálatainkat. Számomra a történet legfontosabb tanulsága az, hogy nagyon jó dolog egyetemi oktatónak lenni, mert az ember tehetséges tanítványaitól igen sokat tanulhat. Egyáltalán: a leghatékonyabb tanulási módszer a tanítás.



TULASSAY ZSOLT

1944-ben született, Galántán. 1991 óta az orvostudományok doktora. A Semmelweis Egyetem II. B. Belgyógyászati Klinika tanszékvezető egyetemi tanára, az Országos Belgyógyászati Intézet igazgatója. Szűkebb szakterülete a gasztroenterológia, az emésztőrendszeri betegségek.

Mi volt az a döntő mozzanat az életében, ami erre a pályára vitte?

Pályaválasztásom nem volt kezdettől elhatározott. Magyar Imre professzor személye és hatása volt az, ami a belgyógyászat felé irányított, aki akkor került vissza az egyetemre, Korányi Sándor egykori katedrájára, amikor belgyógyászati tanulmányaimat megkezdttem. Máig emlékszem gyönyörű székfoglaló előadására, amely az addigi egyetemi előadásoktól eltérően a hivatással összefüggő spirituális kérdésekkel is foglalkozott és elsősorban az emberségről, az orvossá érés folyamatáról szólt.

Volt-e mestere?

Magyar professzor hatása eldöntötte pályám további alakulását, és minden további törekvésem arra irányult, hogy klinikáján válhassak belgyógyásszá. Szerencsém volt, mert elfogadott tanítványának. Az ország vezető belgyógyászati klinikáján dolgozhattam, ahol páratlanul értékes szellemi műhely alakult ki, amelynek meghatározó egyéniségei Magyar Imre mellett Holló István és Kelemen Endre professzorok voltak. Szemléletük, tudásuk, igényességük a klinika valamennyi orvosának példaként szolgáltak. Megismertem az olyan klinika ideálját, amelyben a gyógyászat minden ágának képviselője jelen van, egymás működését, munkáját segítve, egymástól tanulva. Gondolkodásmódjukra a mindennapi gyakorlattól való elvonatkoztatás képessége, a különböző kérdéseknek elvekben, eszményekben való megjelenítése is jellemző. A tudás egyik alapvető összetevője a szakmai tekintély kialakulásának. A tudás tisztelete és elismerése annak az értékrendnek a része, amelynek alapján felépül az ideális klinikai rendszer. Ebben a közösségben a tudás kiteljesítése nem öncél, hanem a gyógyítást szolgálja és segíti az orvosi gyakorlatot. A tanítás a tapasztalatok átadása, a jövő generációk szellemiségének kialakítása különös hangsúlyt kap ebben a műhelyben. Az orvosi gondolkodás sajátosságainak felmutatása az összefüggések megismerésére való törekvés és a kritikai szemlélet szerepének tudatosítása egyaránt segíthet az újabb orvosnemzedék felkészülésében. A legnagyobb segítséget azonban a személyes példamutatás jelenti.

A személyi orvosi példakép megjelenítése adja meg ebben a közösségben a tradíciók átadásának közvetlen lehetőségét az emberi tartás, a gondolkodásmód, a megértés és az igényesség bemutatásával. A sikerhez csak az emberileg és szakmailag is hibátlanul megoldott feladat vezethet. A jól végzett munka nyújthatja a helyállás örömet, amely további feladatok megoldására serkent. Az igényesség annak a feltételezésében is megnyilvánul, hogy tudásunk és erőnk szerint a legteljesebbet nyújtjuk. Lelkiismeretünk békéje lehet csupán a mérce, amely igazolhatja azt, hogy tehetségünk szerint mindent megtettünk a cél elérésére. A sikerhez vezető út jelenti az egyetlen kibontakozási módot, és nem képzelhető el más megoldás, mint a cél elérése. Hinnünk kell abban, hogy alkalmasak is vagyunk a feladat maradéktalan elvégzésére, és hogy az igényes munka, a

kitartás, az energiát nem kímélő erőfeszítés és az akarat az egyetlen tisztességes módja a feladat elvégzésének és a siker elérésének. Az orvosi hivatás mellett a művészetek és különösen a zene iránti érdeklődés az, amely mindennapjainkat meghatározza. Úgy látom, hogy a zene az értelem, az érzelmi élet és a szépség szintézisének legtökéletesebb művészi formája. A jó orvosnak a hivatásához is szüksége van a művészetekre.

A művészetekből sok olyan élményt meríthetünk, amelyek élettapasztalatot pótolnak, segíthetik a helyzetértékelést, a jellemek, viselkedési formák megismerését, és hozzásegítenek ahhoz, hogy a felénk irányuló bizalmat megfelelő empátiával viszonzzuk. Az igényesség, alázat, érzelmi elkötelezettség, nyitottság, a teljességre való törekvés a művészetek alaptörvényei és bizonyosan a jó orvoslás próbakövét is jelentik.



VINCZE IMRE

1944-ben Budapesten született. 1984 óta a fizikai tudományok doktora. Az MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézetének tanácsadója. Szűkebb szakterülete a kísérleti szilárdtestfizika.

Mi volt az a döntő mozzanat az életében, ami erre a pályára vitte?

Természetesen a véletlenek sorozata. A XVIII. kerületi Hengersorúti Fiúgimnáziumba jártam,

ami ma már megszűnt. Az első évben az irodalom és történelem kötött le, ha ezen a pályán maradok, biztosan kritikus lettem volna. A második évben matematikatanárom és osztályfőnököm, Fekete Zoltán a *Középiskolai Matematikai Lapok* egy feladatát nyomta kezembe, majd a sikeres megoldás után beküldésre ösztönözött, ami ott meg is jelent. Ez feladatmegoldási versenyt indított iskolatársaim (Demendy Zoltán, Zalai Miklós) és tanárunk között. Magától értetődő volt, hogy a verseny kiterjedt a *KöMaL* fizikai feladatainak megoldására is, de annak ellenére, hogy a szappanhártyák minimál-felületeivel foglalkozó pályázatot megnyertem, az igazi a matematika maradt. Ennek oka annak logikai zártága, könnyű követhetősége, míg a fizika sok empirikus ismeretet igényel, melyek demonstrációja a középiskolában alig lehetséges, ezért oktatása igen nehéz. Így természetesnek tűnt, hogy érettségi után matematika szakra felvételizzek. A döntés előtt azonban Fekete Zoltán megmutatva Simonyi Károly *Villamosságtan* című köny-

vét, azzal, hogy „van ott is elég matematika”, meggyőzött, hogy fizikusnak jelentkezzem. Ezzel valószínűleg saját fiatalkori vágyát teljesítettem, amit a már említetteken kívül idősebb iskolatársunk, Tasnádi Péter pályaválasztása is alátámaszt. A meggyőzésért nagyon hálás vagyok, mert ma már tudom, hogy a matematikát túl elvontnak, száraznak találtam volna.

Volt-e mestere?

Természettudományok esetén a mester kifejezést nem tartom túl szerencsésnek, mert az eredményes kutatómunka előfeltétele a független, kritikus szemléletmód, ami a tudományos vitákban való egyenjogú részvétel feltételezi. Természetesen a tiszteletet kiérdemlő volt tanárainkkal szemben mindig kicsit diáknak érezzük magunkat, már csak a korkülönbség miatt is.

Pályám kezdetén Pál Lénárd és Keszthelyi Lajos gyakoroltak rám döntő befolyást. Pál Lénárdnak köszönhetem bevezetésemet a szilárdtestfizikai, ezen belül a mágneses kutatások területére. Megkövetelte a precizitást és a vizsgálat tárgyának széleskörű ismeretét. Ajánlására kerültem Keszthelyi Lajos csoportjába, ahol elsajátíthattam az akkor nemrégiben felfedezett Mössbauer-spektroszkópia metodikáját. Keszthelyi Lajos dinamizmusa, munkaintenzitása, kísérleti ismereteinek széles skálája lenyűgöző volt. Vállalkozó kedve, amellyel például biofizikai kutatásokra váltott, annyira szuggesztív volt, hogy magam is ka-

cérkodtam hasonló váltással. Összemérhető tudással csak müncheni meghívásom idején, F. E. Wagnerrel végzett munka kapcsán találkoztam, ahol az itthon akkor nem végezhető alacsony hőmérsékletű, nagy mágnes teres, különböző radioaktív magokat felhasználó méréstechnikát sajátítottam el.

Mi az a nyitott kérdés, amelyre választ szeretne kapni?

A kutatás lényege egy detektív munka, ahol nemcsak a megoldást, hanem a megoldandó feladatot is magunknak kell megtalálnunk. Ritka az a pillanat, amikor sikerül olyan nem triviális, prediktív erejű összefüggést találnunk, ami időtálló. A leggyakrabban használt ferromágneses anyagok egyik legfontosabb jellemzője a mágneses átalakulás hőmérséklete, az ún. Curie-hőmérséklet. A magasabb Curie-hőmérséklet szélesebb körű felhasználást tesz lehetővé. Bár az utóbbi időkben sikerült a hagyományos (fénit, vas-kobalt stb. alapú) mágneseknél lényegesen jobb paraméterekkel rendelkező mágnes előállítani (mint a $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$), de ennek viszonylag alacsony Curie-hőmérséklete (kb. 320°C) jelentős korlátozó tényező. Ezt a hőmérsékletet tudjuk csökkenteni, de jelenleg nem ismerünk olyan eljárást (az ötvöztéstől eltekintve, ami természetesen más tulajdonságokat is befolyásol), amivel lényegesen növelni tudnánk. Nagyon kíváncsi vagyok arra, hogy lesz-e, és milyen megoldása ennek a problémának, vagy elérkeztünk-e a lehetőségek



Kitüntetések

SZÉCHENYI-DÍJ

Bartók Mihály kémikus, az MTA rendes tagja, a Szegedi Tudományegyetem egyetemi tanára, az MTA-SZTE Organikus Katalízis Kutatócsoport vezetője, professor emeritus a heterogén katalízis sztereokémiájának kutatásában elért, nemzetközileg elismert eredményeiért, iskolateremtő tevékenységéért, tudományos és oktatói életműve elismeréseként;

Dr. Fésüs László biokémikus, orvos, sejtbiológus, az MTA rendes tagja, a Debreceni Egyetem Orvos- és Egészségtudományi Centrum Biokémiai és Molekuláris Biológiai Intézete igazgatója a sejtélettan területén nemzetközileg is kiemelkedő munkásságáért, a programozott sejthalál mechanizmusának feltárásáért, továbbá sikeres gyógyszer- és diagnosztikumfejlesztési tevékenységéért és fehérjekutatásban elért eredményeiért;

Dr. Freund Tamás neurobiológus, az MTA levelező tagja, az MTA Kísérleti Orvostudományi Kutatóintézet igazgatója, kutatóprofesszor az agy alapvető működésében, a memóriatárolásban és az érzelmvilág befolyásolásában fontos szerepet játszó ideghálózatok működési elveinek feltárásában tett alapvető felfedezéseiért és a szervezetben is előforduló, marihuánához hasonló anyag érzékelő receptorainak felfedezéséért;

Dr. Horváth Gyula, a közgazdaság-tudomány doktora, az MTA Regionális Kutatások Központja főigazgatója a magyar regionális tudomány nemzetközi szintű elméleti fejlesztésében és gyakorlati alkalmazásában

elért kimagasló eredményeiért, jelentős tudományos és publikációs tevékenységéért

Nagy István, az MTA rendes tagja, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem tudományos tanácsadója, professor emeritus több évtizedes kimagasló színvonalú oktatói és nagy jelentőségű ipari kutató-fejlesztő tevékenységének, valamint a teljesítményelektronikai berendezések kaotikus viselkedésének úttörő jellegű kutatásában elért elméleti eredményei elismeréseként;

Dr. Romics László belgyógyász szakorvos, az MTA rendes tagja, a Semmelweis Egyetem Kútvölgyi Klinikai Tömb főigazgatója, egyetemi tanár több évtizedes kimagasló, iskolateremtő, oktatói, a felsőoktatásban, orvoscépzésben kifejtett, valamint tudományos munkássága, az anyagcsere-betegségek és az érlemeszesedés kutatása, a népbetegségek elleni küzdelemben elért eredményei, tudományos közéleti tevékenysége elismeréseként;

Romsics Ignác történész, az MTA levelező tagja, az ELTE Bölcsészettudományi Kar Új- és Legújabb Kori Magyar Történeti Tanszék egyetemi tanára a XX. század magyar történelmének kutatásáért és feldolgozásáért, gazdag publikációs és oktatói tevékenységéért;

Dr. Sárosi Bálint, a zenetudomány doktora Erkel Ferenc-díjas népzenekutató, címzetes egyetemi tanár, az MTA Zenetudományi Intézete nyugalmazott osztályvezetője a népzene kutatásban kissé háttérbe szorult hangszeres népzene és népi hangszerek arzenáljának feltérképezése, kutatása, gyűj-

tése, rendszerezése terén végzett hiteles, tudományos és alapvető tevékenységéért, amely nélkül nem jöhetett volna létre a tánc-házmozgalom népi zenélési reneszánsza sem;

Szász Domokos matematikus, az MTA rendes tagja, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Természettudományi Kar egyetemi tanára, a Matematikai Intézet igazgatója, aki nemzetközileg is erős tudományos iskolát hozott létre a statisztikus mechanika témakörében, kiemelkedő eredményeket ért el a sztohasztikus folyamatok és a dinamikai rendszerek elméletében, valamint az ergodelméletben;

Varga János levéltáros, az MTA rendes tagja, a Magyar Országos Levéltár nyugalmazott főigazgatója, címzetes egyetemi tanár kimagasló XIX. századi társadalomtörténeti kutatásaiért és feldolgozásaiért;

Vizkelety András, az MTA levelező tagja, irodalomtörténész, filológus, címzetes egyetemi tanár a középkori irodalmi kultúra emlékeinek magas szintű tudományos feltárásáért, a német és latin nyelvű szövegahagyomány publikálásáért és tudományos elemzéséért; MTA-OSZK Fragmenta Codicum, Régi Magyar Könyvészeti Emlékek Kutatócsoport

MEGOSZTOTT SZÉCHENYI-DÍJ

Dr. Demetrovics János matematikus, az MTA rendes tagja, az MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézet informatikai főosztálya vezetője és

Dr. Katona Gyula matematikus, az MTA rendes tagja, az MTA Rényi Alfréd Matematikai Kutatóintézet igazgatója az adatbázisok elméletében elért, nemzetközileg is jelentős, iskolateremtő eredményeikért.

A MAGYAR KÖZTÁRSASÁGI ÉRDÉMREND KÖZÉPKERESZTJE (POLGÁRI TAGOZATA):

Dr. Deák Péter, a hadtudomány doktora, címzetes egyetemi tanár, az MTA Hadtudományi Bizottsága tagja, a magyar hadtudomány akadémiai emancipálása és az MTA IX. Osztály Hadtudományi Bizottsága újjáalakítása kezdeményezéséért, a biztonságpolitika és a hadügy nemzetközi kapcsolatai kutatásában elért eredményeiért, széles körű tudományszervező és honvédelmi ismeretterjesztő munkásságáért; *Biztonságpolitikai és Honvédelmi Kutatások Központja*

Hazai György, az MTA rendes tagja, a nyelvtudomány doktora, az MTA Nyelvtudományi Intézete kutatóprofesszora, nemzetközileg is nagyra becsült tudományos munkásságáért, életműve elismeréseként;

Kovács László, az MTA rendes tagja, a Debreceni Egyetem Orvos- és Egészségtudományi Centrum Általános Orvostudományi Kar Élettani Intézete igazgatója, egyetemi tanár nemzetközileg is elismert tudományos kutatásaiért, oktatói és egyetemi vezetői tevékenységéért;

Tétényi Pál állami díjas kémikus, az MTA rendes tagja, az MTA Kémiai Kutatóközpont Izotóp- és Felületkémiai Intézet kutatóprofesszora, címzetes egyetemi tanár; több évtizedes, nemzetközileg is nagyra becsült tudományos, kutatói és oktatói munkássága, publikációs tevékenysége elismeréseként;

A MAGYAR KÖZTÁRSASÁGI ÉRDÉMREND TISZTIKERESZTJE (POLGÁRI TAGOZATA):

Nyíri János Kristóf, az MTA rendes tagja, az MTA Filozófiai Intézet igazgatójának több

évtizedes tudományos kutatói, tudomány-szervezői és oktatói tevékenysége elismeréseként;

Pápay József, az MTA rendes tagja, a MOL Rt. tanácsadója, a Miskolci Egyetem egyetemi tanára műszaki tudományos munkássága, a magyar kőolaj- és földgáztermelés érdekében végzett magas műszaki színvonalú, gazdaságilag is eredményes innovációs és tervezési tevékenysége, továbbá a hazai CH-iparban végzett eredményes munkássága elismeréseként;

Dr. Ranschburg Jenő pszichológus, a pszichológiai tudomány kandidátusa, a pszichológia, különösen a fejlődéslelektan kutatásában és oktatásában végzett munkássága, a gyermekek védelme érdekében folytatott tevékenysége, életműve elismeréseként;

A MAGYAR KÖZTÁRSASÁGI ÉR- DEMREND TISZTIKERESZTIJE

Dr. Hunyady György akadémikus, az ELTE intézetigazgató, tanszékvezető egyetemi tanára

Dr. Sáringer Gyula akadémikus, a Veszprémi Egyetem professor emeritusa

Váriné Dr. Szilágyi Ibolya, a pszichológiai tudomány doktora, az MTA Pszichológiai Intézete tudományos munkatársa

A MAGYAR KÖZTÁRSASÁGI ÉR- DEMREND LOVAGKERESZTIJE

Dr. Jéli László, a fizikai tudomány kandidátusa, az MTA Központi Fizikai Kutató Intézete tudományos főmunkatársa

Dr. Neményi Mária, a szociológiai tudomány kandidátusa, az MTA Szociológiai Intézete tudományos főmunkatársa,

MAGYAR KÖZTÁRSASÁGI ÉRDEM- REND TISZTIKERESZTIJE

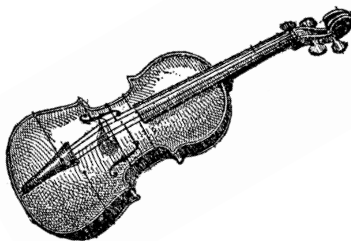
Dr. Domsa Károlyné, az MTA Könyvtár főigazgató-helyettese,

Dr. Koltay Jenő, a közgazdaság-tudomány kandidátusa, az MTA Közgazdaságtudományi Intézet igazgatója,

Dr. Illés Iván, az MTA doktora, az MTA Regionális Kutatások Központja tudományos tanácsadója

MAGYAR KÖZTÁRSASÁGI ÉRDEM- REND LOVAGKERESZTIJE

Takács Gabriella, az MTA KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézet gazdasági igazgatóhelyettese



AKADÉMIAI IFJÚSÁGI DÍJ 2005

Március 16-án az MTA székházában Kroó Norbert főtitkár 31 fiatal kutatónak adta át az Akadémiai Ifjúsági Díjat. A díjat 1972-ben alapították az akadémiai tudományos kutatóhelyen dolgozó, 30 év alatti kutatók szakmai munkájának ösztönzésére és a kiemelkedő tudományos eredmények elismerésére.

A díj elnyerésére eredetileg csak egyéni munkával elért tudományos és műszaki eredménnyel lehetett pályázni. Az elmúlt 29 év alatt a díj alapításáról szóló utasítás többször módosult, de az eredeti alapítói szándék nem változott: 1983-tól a pályázók korhatára 35 évre emelkedett, és az egyéni teljesítmény mellett a csoportmunka is elismerési lehetőséget kapott. Az elmúlt évtized pályázati kiírásai és értékelési metodikája a pályamunkák tudományos értékére helyezte a hangsúlyt a munkák tudományelméleti, módszertani, kulturális vagy oktatási jelentősége és társadalmi hasznossága mellett.

A pályázati felhívást az MTA főtitkára az akadémiai intézmények (kutatóintézetek és támogatott kutatóhelyek) vezetőihez intézett levélben teszi közzé, az adományozás évet megelőző év júniusában. A pályázatot a tematikailag illetékes akadémiai intézmény igazgatójához kell benyújtani, aki azt az intézmény szakmai zsűrijének véleménye alapján értékeli, s a pályamunkát az értékeléssel együtt megküldi az MTA Titkárságának.

Az MTA Titkársága illetékes tudományterületi főosztálya szakértők bevonásával rangsorolja a pályaműveket, amelynek alapján az Akadémia főtitkára – meghatározva a díjazásra fordítható keretösszeget – dönt a díjak odaítéléséről. Az Akadémiai Ifjúsági Díjat alapítása óta közel ötszáz fiatal tudós kapta meg.

Az Akadémiai Ifjúsági Díj oklevéllel és pénzjutalommal jár, ami egyéni pályázat esetén 100 ezer forint, együttes pályázat esetén személyenként legalább 40 ezer forint.

2005-ben az Akadémia főtitkárának döntése alapján huszonöt pályamunka, összesen harmincegy fiatal tudós kapta meg az Akadémiai Ifjúsági Díjat.

A TÁRSADALOMTUDOMÁNYOK TERÜLETÉN

KUN PÉTER, az MTA-DE Néprajzi Kutatócsoport tudományos segédmunkatársa • *Szelek szárnyán. A sztyeppei nomádok lovas kultúrája*

SCHMAL DÁNIEL, a Filozófiai Kutatóintézet tudományos segédmunkatársa • *Természet-törvények és gondviselés – egy filozófiai és teológiai kérdés a kései 17. században*

G. FODOR GÁBOR, a Politikai Tudományok Intézete tudományos munkatársa • *Egy normatív értelemben felfogott politikatudomány kidolgozásának kísérlete*

DOMONKOSI ÁGNES, a Nyelvtudományi Intézet munkatársa • *Megszólítások és beszédpartnerre utaló elemek nyelvhasználatunkban*

AZ ÉLETTUDOMÁNYOK TERÜLETÉN:

BORHEGYI ZSOLT, a Kísérleti Orvostudományi Kutatóintézet tudományos főmunkatársa • *Phase Segregation of Medial Septal GABAergic Neurons During Hippocampal Theta Activity*
FODORNÁNDOR, a Talajtani és Agrokémiai

Kutatóintézet tudományos munkatársa • *4M*
Növénytermesztési Modell

KITAJKA KLÁRA, az SZBK Biokémiai Intézet tudományos munkatársa • *Zsír-savdiéták központi idegrendszerre gyakorolt génexpressziós és membránmódosító hatása*

KOVÁCS ÁKOS, az SZBK Biofizikai Intézet tudományos segédmunkatársa • *NiFe hidrogénázok és fotoszintetikus rendszer szabályozó szignál transzdukciós mechanizmusok *Thiopsis roseo-persicinában**

HACKLER LÁSZLÓ, az SZBK Funkcionális Genomikai Laboratórium tudományos munkatársa • *Új aktív hordozó anyag és eljárás kombinatorikus vegyületek v. vegyület-könyvtárak felületi immobilizálására*

LACZKA-ÖZVEGY CSILLA, az SZBK Enzimológiai Intézet tudományos munkatársa, SZENTPÉTERY ZSÓFIA, az SZBK Enzimológiai Intézet tudományos segédmunkatársa, CSEREPES JUDIT, az SZBK Enzimológiai Intézet tudományos segédmunkatársa • *Az ABC transzhiporterek szerkezetének és funkciójának vizsgálata*

MIKLÓS ISTVÁN az MTA-ELTE Elméleti Biológiai és Ökológiai Kutatócsoport Békésy György posztdoktori ösztöndíjasa • *Sztocchasztikus modellek a bioinformatikában*

BODNÁRIBOLYA, az MTA-SE Neuroendokrin Kutatócsoport tudományos munkatársa • *A prolaktin-eltávolítás szabályozásának kutatása*

PIVARCSI ANDOR, az MTA-SZTE Dermatológiai Kutatócsoport tudományos munkatársa • *A keratinociták szerepe a veleszületett immunitásban és fertőzésekkel szembeni védekezésben*

A MATEMATIKA ÉS TERMÉSZET- TUDOMÁNYOK TERÜLETÉN

PÁSZTI ZOLTÁN, a Kémiai Kutatóközpont Felületkémiai és Katalízis Intézet tudományos munkatársa • *Határfelületek in situ molekuláris szintű jellemzése korszerű spektroszkópiai módszerekkel: az összefrekvenciakeltési spektroszkópia néhány alkalmazása és magyarországi meghonosítása*

TOMPOS ANDRÁS, a Kémiai Kutatóközpont Felületkémiai és Katalízis Intézet tudományos főmunkatársa • *Kombinatorikus megközelítések a heterogén katalízisben*

NAGY NÓRA VERONIKA, a Kémiai Kutatóközpont Szerkezeti Kémiai Intézet tudományos munkatársa • *Mikroelosztás és koordinációs módok meghatározása bioligandum-réz(II) egyensúlyi rendszerekben két-dimenziós ESR-spektroszkópiai módszerrel*

BORDA LÁSZLÓ, az MTA-BME Kondenzált Anyagok Elmélete Kutatócsoport tud. munkatársa • *Kvantum-szenyezés modellek vizsgálata renormálási csoport módszerrel*

CSONKA SZABOLCS, az MTA-BME Elektrontranszport Szilárd Testekben Kutatócsoport PhD-ösztöndíjasa, HALBRITTER ANDRÁS, egyetemi adjunktus • *Nanofizikai kísérletek atomi méretű vezetőkön*

FARKAS ÁRPÁD, a KFKI Atomenergia Kutatóintézet tudományos segédmunkatársa • *Radioaktív aeroszolkok légzőrendszeri kiüledésének és biológiai hatásának vizsgálata numerikus módszerekkel*

PÁZMÁNDI TAMÁS, a KFKI Atomenergia Kutatóintézet tudományos munkatársa • *Űrdozimetria háromtengelyű szilíciumdetektoros teleszkóp és a Pille hordozható TLD rendszer alkalmazásával*

GYÜRKY GYÖRGY, az Atommagkutató Intézet tudományos munkatársa • *A nehéz elemek keletkezésével kapcsolatos magreakciók kísérleti vizsgálata*

SIPOS PÉTER, a Földtudományi Kutatóközpont Geokémiai Kutatólaboratórium tudományos munkatársa • *Effect of Soil Composition on Adsorption of Lead As reflected by a Study on a Natural Soil Profile*

KIS TAMÁS, a Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézet tudományos főmunkatársa • *Projektiütemezés változó intenzitású*

tevékenységekkel: elméleti eredmények és ipari hasznosítás

KOCSOR ANDRÁS, az MTA-SZTE Mesterséges Intelligencia Kutatócsoport tud. munkatársa, KOVÁCS KORNÉL, tud. segédmunkatársa, PACZOLAY DÉNES, PhD-ösztöndíjasa, TÓTH LÁSZLÓ, tud. munkatársa • *Gépi tanulás és beszédjavítás terápia*

ERDÉLYI SZILVIA, MTA-BME Mérnöki Szerkezetek Kutatócsoport tudományos segédmunkatársa • *Könnyűszerkezetes öszvérgerendák vizsgálata*

A Cseh Köztársaság Tudományos Akadémiája
KROÓ NORBERT akadémikusnak, az MTA főtítkárának
a „**DE SCIENTIA ET HUMANITATE OPTIME MERITIS**”
érmét adományozta fizikusi, tudománypolitikusi
és vezetői eredményeiért, valamint a cseh tudósokkal
évtizedek óta folytatott együttműködése elismeréseként.

Kitekintés

HÍREK FEKETE LYUKAKRÓL

Akár tízezer fekete lyuk is keringhet a Tejút-rendszer közepén levő szupernehéz fekete lyuk körül. A Tejút közepén levő, 3,7 millió naptömegnyi fekete lyuk már évek óta ismert. Tíz évvel ezelőtt elvégzett modellszámítások szerint néhány milliárd év alatt csillagtömegű fekete lyukak sokasága vándorolhatott a galaxis közepe felé. A csillagtömegű fekete lyukak az 5-10 naptömegnyi csillagok szupernóva-robbanásban kialakult végállapotai. A fekete lyukak repülésük során sok kisebb tömegű csillag közelében haladnak el, kettőskölcsönhatások során energiát veszítenek, ezért a galaxis középpontja felé zuhannak, a csillagok pedig energiát nyerve a külső tartományok felé mozognak. A modell szerint a Tejút közepén levő hatalmas fekete lyuk három fényévnyi környezetében húszezer fekete lyuk mozoghat.

A galaxis közepe felé vándorolt fekete lyukak eljutnak az ott található normál kettős csillagok közelébe is. A fekete lyuk erős tömegvonzásának hatására a kettős csillag egyik tagja partnert cserélhet, korábbi párját fekete lyukra cseréli.

A Chandra-röntgen-űrteleszkóp megfigyelési adatai szerint a galaxis középpontja körül váratlanul sok kettős rendszer található. A fekete lyuk három fényévnyi környezetében négy aktív röntgensugárzó kettős rendszert észleltek. A távolabbi környezetben, a 3-75 fényév távolságtartományban megfigyelt kettősrendszer-gyakoriság alapján, egyenletes eloszlást feltételezve azt várhatnánk, hogy a fekete lyuk három fényévnyi környezetében csak 20 % az esélye annak,

hogy egyetlenegy röntgensugárzó kettős rendszert találjunk. A hússzor nagyobb gyakoriság a bizonyítéka a fekete lyukak és/vagy neutroncsillagok felszaporodásának a galaxis középpontja közelében. A négy megfigyelt, jelenleg aktív forrásból természetesen nehéz lenne a galaxis középpontja környékén mozgó fekete lyukak összmennyiségére következtetni. Nehéz számszerűsíteni, hogy a fekete lyukak mekkora hányada kerülhet be egy kettős rendszerbe, arra sincs megbízható becslés, hogy az ilyen rendszerek mekkora hányada lehet aktív.

Türlér, Marc: Signs That Black Holes Swam at Galaxy Centre. CERN Courier, January/February 2005, 12., <http://www.cerncourier.com/main/article/45/1/10>
<http://arxiv.org/abs/astro-ph/0412492>

Az Európai Űrügynökség Newton-űrszondájával egy több mint 170 millió fényévre levő galaxis (Markarian 766 galaxis a Bereniké Haja csillagképben) középpontjában elhelyezkedő szupernehéz fekete lyuk környezetét vizsgálták. Három, a fekete lyuk körül keringő anyagcsomót figyeltek meg, a forró vas gázcsomók a fénysebesség tíz százalékát meghaladó sebességgel mozognak. Első ízben sikerült egy fekete lyuk közelében darabokra szakadt test részeinek mozgását külön-külön nyomon követni és a mozgás sebességét meghatározni. Ezt a fekete lyukat Napunk helyébe képzelve, egészen a Merkúr pályájáig terülne el. A mozgó anyagcsomók a Jupiter távolságára lennének. A Jupiter tizenkét év alatt tesz meg egy kört a Nap körül, a fekete lyuk körül mozgó anyagcsomók 27 óra (!) alatt mennek egyszer körbe.

A keringési idő ismeretében pontosabban lehet meghatározni a fekete lyuk tömegét és egyéb jellemzőit.

http://www.esa.int/esaSC/Pr_1_2005_s_en.html

A teljesség kedvéért nem hagyhatjuk említés nélkül a mini fekete lyukakat sem. Egyes fizikai modellekben feltételezik a 3+1 dimenzió túl további nagy extra dimenziók létezését, a nagy itt milliméter nagyságrendet jelent. Ebben a világban létezhetnek mini fekete lyukak. Keletkezhetnek az univerzum történetének elején, de ezek ma mindössze 1 a 10 millióból részét tehetik ki a Világegyetem össztömegének. A részecskegyorsítók következő generációja, például az LHC a CERN-ben, alkalmas lehet mini fekete lyukak veszélytelen(!) keltésére, méretük a tízezred fermi nagyságrendbe eshet.

Barrau, Aurélien – Grain, Julien: The Case for Mini Black Holes. CERN Courier, November 2004, 27–29.,
<http://www.cerncourier.com/main/article/44/9/22>

J. L.

NAGYENERGIÁJÚ ÉGI GAMMA-SUGÁRZÁS

Szeptember vége óta a teljes HESS mérőrendszer üzemszerűen működik Namíbiában. A HESS (High Energy Stereoscopic System – nagyenergiás sztereoszkópikus rendszer) a nagyenergiájú (>100 gigaelektronvolt) kozmikus gamma-sugárzás minden eddiginél érzékenyebb, jobb felbontású mérésére szolgál. (A név egyúttal a kozmikus sugárzás felfedezőjére, Victor Hessre is emlékeztet.) A mérőrendszer öt évig épült, Németország, Franciaország, az Egyesült Királyság, Csehország, Örményország, Dél-Afrika és Namíbia tizenkilenc kutatóintézete vesz részt a programban. A világűrből érkező nagy

energiájú gamma-sugárzást a légkör elnyeli, elektronok és protonok zápora alakul ki. A részecskék a közegbeli fénysebességnél gyorsabban mozognak, ezért Cserenkov-sugárzás jelenik meg, ezt észleli a HESS. A négy, egyenként 107 m² területű teleszkóp négy különböző nézőpontból mutatja meg ugyanazt a részecskezáport, így a bejövő gamma-sugárzás iránya 0,1 fok, beérkezési helye 10-20 méter pontossággal határozható meg. A mérési adatokból 15 % pontossággal lehet visszakövetkeztetni az elsődleges gamma-sugárzás energiájára. A mérőrendszer azért épült a déli féltekén, hogy optimális látószögből vizsgálhassák galaxisunk középponti tartományát. Az itt levő szupernóvamaradványok, pulzárak, a szupernéhez fekete lyuk bizonyára szerepet játszik a kozmikus részecskék felgyorsításában. A mérőrendszer egyik fő célja a galaxisbeli gamma-források felderítése.

Már az első mérősorozatokból egyértelművé vált, hogy kiemelkedően erős gamma-sugárforrás található ugyanott, ahol a szupernéhez fekete lyuk van. A korábbinál egy nagyságrenddel pontosabban sikerült a forrás helyét kimérni. Régóta gyanítják, hogy a galaxis centrumából nagyon nagy energiájú gamma-sugárzás lép ki. A sötét anyag részecskéinek, például a könnyebb szuperszimmetrikus részecskéknél a szétsugárzását gondolják forrásnak. (Ez csak feltevés, hiszen a sötét anyag összetevői egyáltalán nem ismertek, szuperszimmetrikus részecskéket sem találtak még.) Ha valóban a sötét anyag szétsugárzása, a részecskék annihilációja megy végbe, akkor ezek a részecskék nagyon nehezek (>10 teraelektronvolt), és a sötét anyag igen sűrű a galaxis középponti tartományában. További mérésekkel mód nyílik a forrás helyének még pontosabb meghatározására.

Egy szupernóvamaradvány helyén a Hold kétszeresének megfelelő méretű, néhány száz tíz teraelektronvoltos gamma-sugarakat ki-

bocsátó gyűrűt figyeltek meg. Egyértelműen bebizonyosodott, hogy a szupemóva-sokk-hatás teraelektronvolt energiákra is képes felgyorsítani a részecskéket. A HESS-nek köszönhetően a gamma-sugárforrásokat ezentúl nem jellegtelen pontforrásoknak kell tekintenünk, hanem korábban sohasem látott részletek is feltáruhnak.

Hofmann, Werner: HESS Provides New View of Gamma-ray Sky. CERN Courier. January/February 2005. 30–32., <http://www.cerncourier.com/main/article/45/1/22>
<http://www.mpi-hd.mpg.de/HESS>

J. L.

EGY SZELLEMES ÖTLET: NANO- TECHNOLÓGIA AZ ORVOSTUDOMÁNYBAN

Az orvosbiológiai laboratóriumokban születő új felismerések azzal kecsegtetnek, hogy megoldható lesz a rosszindulatú daganatsejtek szelektív elpusztítása. Tegyük fel, hogy már megoldották olyan antitestek előállítását, amelyek az adott rosszindulatú elváltozásfésülés sejtjeit felismerik, csak azokhoz kapcsolódnak, egészséges sejtekhez nem. Ugyancsak feltételezzük, hogy rendelkezésre állnak a megfelelő gyógyszerek, azok a vegyületek, amelyek elpusztítják a rosszindulatú sejteket. Ezután jönnek a fizikusok, akik először is becsomagolják a hatóanyagot. A hatóanyag kb. egy mikrométer méretű adagját műanyag gömbbel veszik körül. A gömb külső falára aranyzemcsék kerülnek, ezek átmérője mindössze hat nanométer. Az aranybevonatra újabb műanyagréteget visznek fel. Erre kerül a legkülső réteg, amely a daganatsejtek felismerésére képes antitestekből áll. A véráramba került gömböcskék a tumorspecifikus antitestek segítségével felhalmozódnak a daganatban.

Ha kellően sok hatóanyagot tartalmazó gömböcske gyűlt össze a daganatszövetben, akkor jöhet a második lépés, a hatóanyag kiszabadítása a többirétegű csomagolásból. A testszövetet a közeli infravörös tartományban sugárzó lézerrel világítják meg rövid időre, ennek hatására a parányi aranygömböcskék megolvadnak, a hatóanyag kiszabadul a csomagolásból. Olyan hullámhosszat választottak, amelyet az arany erősen elnyel, tehát az elnyelt energia hatására felhevül. Az arany normál körülmények között 1064 Celsius-fokon olvad, a nanoszemcsék azonban sokkal alacsonyabb hőmérsékleten, már 600–800 fok körül megolvadnak. A mindössze 10 nanoszekundum hosszú lézerpulzus olyan rövid, hogy nem károsítja a hatóanyagot, ezt már kísérletekkel igazolták a kutatók. A közeli infravörös hullámhosszú lézersugár mindössze néhány milliméter mélyen képes behatolni a testszövetbe. Ez a megoldás tehát akkor alkalmazható, ha az elpusztítandó szövetek a bőr alatt vannak, vagy olyan helyen, ahova endoszkóppal bejuttatható a lézerfény.

A kísérletek egyelőre olyan kezdeti szakaszban tartanak, hogy állatkísérleteket is csak évek múltával terveznek. A következő cél a gömböcskék további miniaturizálása, egy mikrométer helyett csak néhány száz nanométer átmérőjű hatóanyagot szeretnének becsomagolni. A szellemes megoldás legnagyobb eredményének azt tartják, hogy úgy nyitják ki fényrel a kapszulákat, hogy közben a környező szövetek nem károsodnak.

Nowak, Rachel: Smart Bombs to Blast Tumours. New Scientist. 8 January 2005. 19.
 Caruso, Frank et al.: Optically Addressable Nanostructured Capsules for Controlled Delivery. Advanced Materials. **16** 2184 (2004)

J. L.

ANYAI DOHÁNYZÁS ÉS MAGZATI KROMOSZÓMÁK

A várandós anya dohányzása kimutatható genetikai károsodásokat okozhat a magzatban – állítják spanyol kutatók. Dr. Josep Egozcue (Universitat Autònoma de Barcelona) munkatársaival rutin amniocentézis során nyert magzati sejteken végzett genetikai vizsgálatokat. A sejtek huszonöt dohányos (legalább naponta tíz cigarettát elszívó) és huszonöt nem dohányzó anya magzatától származtak. Megállapították, hogy a dohányos csoportban a kromoszóma szerkezetét érintő elváltozások 12,1 százalékos gyakorisággal fordultak elő, míg a kontrollcsoportban csak 3,5 százalékban. 689 kromoszomális rendellenesség elemzése során kiderült, hogy a „dohányos” magzati sejtekben különösen gyakran jelenik meg torzulás a 11-es kromoszómának egy olyan pontján, amelynek hibája összefüggésbe hozható bizonyos fajta leukémia (vénrák) kialakulásával.

Bár a kutatás korántsem nevezhető teljesnek és tökéletesnek, ez az első olyan eset, hogy összefüggést mutattak ki az anya dohányzása, és a magzati sejtek genetikai károsodása között.

Egozcue, Josep et al.: Chromosomal Instability in Amniocytes From Fetuses of Mothers Who Smoke. *Journal of the American Medical Association*. 2005. 03. 09. 1212–1222.
Medlineplus, 2005. 03. 08.

G.J.

LEVEGŐGENOM?

Újabb meghökkentő ötlettel állt elő az amerikai tudomány fenegyereke, a humán genom programot felgyorsító Craig Venter. Bejelentette, hogy rockville-i kutatóintézete „levegőgenom-programot” indít, azaz azo-

nosítják, szekvenálják a New York-i levegőben lévő mikroorganizmusok örökítőanyagát. Elképzeléseik szerint naponta szívznak mintákat a város levegőjéből, szűrővel elkülönítik a mikroorganizmusokat is tartalmazó részecskéket, majd a DNS-sokszorozás módszerével megpróbálják azonosítani azokat az örökítőanyagszakaszokat, amelyek az egyes mikroszkopikus gombákhoz, baktériumokhoz vagy vírusokhoz tartozhatnak. Venterék máris elhelyeztek két darab rejtett, egy méter nagyságú szűrőt: egyiket egy negyvenméteres épület tetejére, másikat egy iroda levegőkeringető rendszerébe. Naponta mindkettő 1400 köbméter levegőt képes összegyűjteni. „Jelenleg a levegő mikroszkopikus élővilágának egy százalékát azonosíthatjuk laboratóriumban szaporítható formában – nyilatkozta Venter a *The New York Times*-nak –, fontos, hogy megértsük ezt a láthatatlan világot.”

Venter szerint elkészíthető New York város levegőjének genetikai ujjlenyomata, és ez nem csak új, eddig ismeretlen organizmusok felfedezésére ad lehetőséget, de arra is, hogy az ujjlenyomat megváltozásából azonosítsanak például egy bioterrorista akciót.

Mint Venter legtöbb megmozdulása, a „levegőszekvenálási” program bejelentése is óriási vitákat váltott ki. Egyesek örültségnek, mások remek ötletnek tartják.

Egyébként Venterék jelenlegi hatalmas projektjében, amelyben a Sargasso-tenger „szekvenálása” folyik, már 1,2 millió új gént fedeztek fel.

Celeste Biever: New York Air to Have its Genes Sequenced.

http://www.newscientist.com/article.ns?id=dn7112&feedId=online-news_rss10

New Scientist Online, 2005. március 8.

G.J.

Jéki László – Gimes Júlia

Könyvszemle

Láng István: *Agrártermelés és globális környezetvédelem*

Az akadémikus szerző az Országos Környezetvédelmi Tanács elnöke, a hazai környezetvédelem meghatározó egyénisége. Már 1980-ban megjelent könyvével, *A környezetvédelem nemzetközi körképe* (Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 212 p.) bizonyította, hogy az emberiség egyik legégetőbb problémája az emberi környezet védelme.

Jelen könyvében az agrártermelés és az agrártermelés globális környezetvédelmi problémáinak nagyívű áttekintését adja. A szerteágazó téma (természettudományi, gazdasági és politikai) minden vonatkozását a mai ismereteink szerint tárgyalja öt nagy fejezetben. Az *Idézett szakirodalom jegyzéke* 112 külföldi és hazai munkát sorol fel.

Az 1. fejezet áttekintést nyújt a globális környezetvédelmi gondolkodás kialakulásáról. Láng véleménye szerint környezetünk degradációjának drámai problémájára először Rachel Carson (1907-1964) 1962-ben megjelent *Néma tavasz* (Silent Spring) című könyve hívta fel a figyelmet olyan erővel, hogy a környezetünkkel kapcsolatban a társadalmi tudat is megváltozott. Hatására, főleg amerikai és angol szakemberek kezdeményezése alapján Nemzetközi Biológiai Program (IBP) indult el, ennek előkészítő szakasza 1964-től 1967-ig tartott. A tényleges kutatómunka 1967 és 1972 között zajlott le, majd 1973 és 1974 között az eredmények értékelésére került sor. A program még nem a környezetvédelemre fordította a figyelmet, mert akkor még nem volt használatos ez a kifejezés, hanem a produkcióbiológia terén

szorgalmazta az együttműködést az egyes országok között. A Nemzetközi Biológiai Program feladatai között található többek között *A mezőgazdaság gyakorlati problémái* című kutatási keretben a számunkra oly fontos biológiai növényvédelem is.

Az 1960-as évek végén már az Egyesült Nemzetek Szervezete (ENSZ) is napirenden tartotta a környezetvédelmi problémákat. Határozatot hoztak, hogy az ENSZ rendezzen világkonferenciát az emberi környezet problémáiról, és vitassa meg az ezzel kapcsolatos feladatokat. Az értekezlet megszervezését Svédország vállalta, így került sor Stockholmban 1972. június 5. és 16. között az értekezlet lebonyolítására. Magyarország ezen a konferencián politikai okokból nem képviseltette magát.

Az UNESCO már a hatvanas évek második felében kezdeményezte az *Ember és bioszféra* (Man and Biosphere – MAB) közötti kölcsönhatások vizsgálatát. E program már nem a produkcióbiológiára helyezte a hangsúlyt, hanem a társadalom és a természet közötti hatások vizsgálatára. A MAB-programok között jelentős szerepet kapott a peszticid- és műtrágyahasználat hatása a szárazföldi és vízi ökoszisztémákra. Húsz éven át folytak a vizsgálatok, majd a kilencvenes évek elejére az UNESCO a MAB-programot lesűkítette a természetvédelmi területek kutatására, mert az eltelt húsz év alatt más szervezetek is végeztek hasonló vizsgálatokat a környezettel kapcsolatban.

Jelentős eredménynek számított a Római Klub első jelentése, Donella L. Meadows (1972): *A növekedés határai* (The Limits of Growth) című könyve, amelyben kinyilvánították, hogy a világ termőföldkészlete véges,

és nem lesz képes kielégíteni az egyre szaporodó emberiség élelmiszerigényeit. Ez a 21. század közepére válságot idéz elő, ugyanis katasztrofálissá válik a környezet elszennyeződése, kimerülnek a természeti erőforrások, ezáltal csökken a termelés. Javasolták a „globális egyensúly” koncepcióját, ami azt jelenti, hogy csökkenteni kell a népesség szaporodását, korlátozni kell az ipari termelést és a természeti erőforrások kihasználását. A Római Klub tagjai között ott voltak magyar részről Bognár József, Szentágothai János és Kapolyi László akadémikusok.

A fejlődő országok elvetették a Római Klub említett jelentését, ami a „zéró növekedésre” épült, és ami számukra egyenlő lenne a szegénység és az elmaradottság végeleges konzerválásával.

A nyolcvanas évek első felében az ENSZ felismerte, hogy a környezetvédelem egyre inkább globális problémává válik, ezért a Közgyűlés létrehozta a Környezet és Fejlődés Világbizottsága (World Commission on Environment and Development) szervezetet, aminek vezetésére Gro Harlem Brundtland asszonyt, a Norvég Királyság miniszterelnökét kérték fel. A Bizottság huszonkét tagból állt, Magyarországot Láng István akadémikus képviselte. A Bizottság 1984-ben Genfben kezdte meg tevékenységét, és 1987 februárjában Tokióban fogadták el a *Közös jövőnk* (Our Common Future) című jelentést. A Bizottság által elemzésre került nyolc kulcskérdés között ott található az „Élelmiszer-biztonság, mezőgazdaság, erdészet: környezetvédelem és fejlődés”. Ehhez kapcsolódik a növényvédelemben szerepet játszó peszticidprobléma is.

A Brundtland-bizottság *Közös jövőnk* jelentése alkotta meg a fenntartható fejlődés fogalmát, amely így hangzik: „*A fenntartható fejlődés olyan fejlődés, amely kielégíti a jelen generáció szükségleteit, anélkül, hogy veszélyeztetné a jövő generációk esélyét arra, hogy ők is kielégíthessék szükségleteiket.*”

Lester R. Brown, a washingtoni Világfigyelő Intézet (Worldwatch Institute) vezetője 1981-ben jelentette meg *A fenntartható társadalom* (Building a Sustainable Society) című könyvét. Ettől az időtől számítható a fenntartható fejlődés fogalmának meghonosodása a szakirodalomban.

A következő fontos konferenciát az ENSZ Közgyűlésének határozata alapján, ENSZ Környezet és Fejlődés Konferenciája (UN Conference on Environment and Development) címen 1992. június 3. és 11. között tartották meg Rio de Janeiróban. A konferencia öt dokumentumot vitatott meg és fogadott el. Ezek a következők voltak: 1. *Riói Nyilatkozat a környezetről és a fejlődésről*; 2. *Feladatok a 21. századra*; 3. *Elvek az erdőkről*; 4. *Keret-egyezmény az éghajlatváltozásról*; 5. *Egyezmény a biológiai sokféleségről*. Mindegyik dokumentum elsősorban a fenntarthatóságra koncentrált, de soknak növényvédelmi vonatkozása is van. A *Riói Nyilatkozat* 4. és 5. pontját Göncz Árpád, akkori köztársasági elnökünk írta alá.

A könyv a fentebb ismertetett kormányzati szervezeteken kívül felsorolja a nem kormányzati környezet- és természetvédelem globális kérdéseivel foglalkozó szervezeteket és azok tevékenységét is. Ilyen szervezetek: 1. Tudományos Uniók Nemzetközi Tanácsa (International Council of Scientific Unions – ICSU), 2. Nemzetközi Természetvédelmi Unió (International Union for Conservation of Nature – IUCN), 3. Világ Természetvédelmi Alap (World Wide Fund for Nature – WWF).

Az ENSZ 2002 szeptemberében Johannesburgban a *Fenntartható Fejlődési Világtalálkozó* (World Summit on Sustainable Development) címen konferenciát hívott össze, amelyen a tíz évvel ezelőtti, riói konferencia határozatainak és ajánlásainak teljesítését értékelték. A Közgyűlés felhívta a figyelmet arra, hogy a világtalálkozóan egyensúlyt kell teremteni a fenntartható fejlődés három na-

gyobb problémája között: környezetvédelmi, gazdasági és szociális kérdések.

Az ENSZ Millenniumi Nyilatkozata, ami a 2000. szeptember 6. és 8. között megtartott csúcstalálkozón született, 32 pontban összegezte a szükséges feladatokat. Meghatározta a természet tisztelete fogalmát, majd a *Közös környezetünk megvédése* című fejezetben kitért az eddig végzett munka eredményeinek értékelésére.

Láng István könyvének 2. fejezete a környezeti elemek, úgymint: a víz- és a talaj-készletek, az élővilág és a városok globális környezeti problémáit tárgyalja.

A 3. fejezetben az egyes gazdasági szektorok, mint az energetika, az ipar, az agrár-gazdaság, a közlekedés, a turizmus globális kérdései kerültek tárgyalásra. E fejezet agrár-gazdasággal foglalkozó alfejezete érinti a növényvédelemmel foglalkozók érdekeit is.

A 4. fejezet a manapság annyira aktuális európai integráció és az euroatlanti együttműködésről értekezik, ami természetesen minket, magyarokat is minden vonatkozásban érint.

Az 5. fejezet a magyarországi környezetpolitika és környezetvédelem területével foglalkozik. Így a természetvédelem hazai történetének tárgyalásakor olvasható, hogy már az MTA 1926. évi nagygyűlése megbízta Kaán Károly erdőmérnök akadémikust, hogy állítson össze részletes tanulmányt a hazai természetvédelem problémáiról. Egy másik alfejezet kitér a környezet- és természetvédelem szervezeti intézkedéseire. Megtudhatjuk, hogy az 1976. évi II. törvény (Az emberi környezet védelméről) volt az első átfogó jellegű környezetvédelmi törvényünk. Ezután felsorolja a fontosabb törvényeket és kormányrendeleteket, amelyek a környezet védelmével kapcsolatosak. Az 57.

táblázatban (178. oldal) olvashatók a védett élőlényekre vonatkozó adatok. E fejezetben részletesen ismertetésre kerül a 2000. évi XXXV. törvény a növényvédelemről (192. oldal), aminek ismerete nélkül ma már nem végezhető növényvédelmi tevékenység Magyarországon. A törvény harminchárom fogalom értelmezését is megadja. Ebből a három legfontosabb a következő: 1. Integrált növényvédelem. 2. Növényvédőszer-hatóanyag. 3. Megengedett növényvédőszer-maradvány. A továbbiakban kitér a törvény „A növényvédelmi igazgatási szervezetre” és a „A környezet és természet védelmére”. Utóbbi, rendkívül sok fontos növényvédelmi témát érint (193. oldal).

Egy következő alfejezet az Európai Unióhoz való csatlakozást és a környezet védelmét tárgyalja. Az utolsó alfejezetben pedig a „Nem kormányzati mozgalmakról és intézményekről” ír. Kiderül, hogy háromszáz különféle helyi, regionális és országos jellegű szervezet működik Magyarországon. Az 59. táblázat (210. oldal) tartalmazza a 32 fontosabb hazai zöldszervezet nevét.

A könyv stílusa világos és rendkívül olvasmányos. A gazdag irodalomjegyzék alapján, pedig bárki kiválaszthatja azt a munkát, amelyből tájékozódhat mind a hazai, mind a nemzetközi környezet- és természetvédelmi problémák globális állásáról.

A könyvet nagy haszonnal forgathatják e téma egyetemi előadói, hallgatói és mindazok, akiket érdekel a környezet- és természetvédelem ma már megkerülhetetlen kérdése. (Láng István: *Agrártermelés és globális környezetvédelem*. Budapest, Mezőgazda Kiadó, 2003. 215 p.)

Sáringer Gyula

az MTA rendes tagja, professor emeritus

Egy világméretű téma hazai megközelítésben

Az esélyegyenlőség a világ jövőjének egyik legfontosabb problémája, amint azt Fejtő Ferenc is megállapítja Rózsa György új könyve elé írt bevezető soraiban. A világ többségét képező „fejlődő országoknak a fejlettekkel szembeni elmaradottsága közötti különbségek annyira elmélyültek, hogy szinte utópiává vált a szakadék áthidalásának lehetősége.” Rózsa György megközelítése saját kutatásai és személyes tapasztalatai alapján ehhez ad új, fontos képet.

Az erre vonatkozó főbb statisztikai adatok, amelyeket a kötet tömören felsorol, elsősorban az ENSZ egyik jelentős éves kiadványa, a *Human Development Report*, az emberi fejlődésről szóló jelentés szintetikus indexei. Ezeket Amartya San, a Nobel-díjas közgazdász vezetésével dolgozták ki, összevonva a gazdasági-tudományos-műszaki, szociális és oktatási mutatókat. Néhány adat ezekből: míg a világ népességéből 2003-ban a fejlődők és a fejlettek aránya 80,9 % a 19 %-hoz, az ENSZ előrebecslései szerint a jövő század közepére ez 86,3 %-13 % arányra alakul. A 166 országot felölelő kimutatás szerint az összesített országsorrendben a vezető humán fejlődési index rangsorában Norvégia, Ausztrália, Kanada a három első ország, míg az utolsó három Burundi, Niger, Sierra Leone.¹ A részleteket illetően mind a GDP, mind a műszaki fejlettség és az iskolában töltött évek átlagos száma tekintetében az első Finnország, és hosszan lehetne még sorolni a feldolgozott egészségi, menekült népességi adatokat.²

A szerző által pedig felvetett „egy főre eső jó közérzet” és „túlvilági index” mint társadalmilag

felvethető hipotetikus index természetesen nem számszerűsíthető, de szociológiailag jelzést adó mutatókként sajátos megközelítést nyújtják az esélyegyenlőségi problematikának. A „túlvilági indexen” a szerző a világ népessége egy részének azt a felfogását érzékelteti, hogy nem az evilági lét a lényeges, hanem a túlvilági.

A közbeszéd divatja ma kétfelé ágazik: 1. óriási lelkesedés, az IT (Információs Társadalom) mindent megvált, új evangéliumot jelent, új emberiség teremődik vele; 2. az emberi világ vége, a könyv halála, a nemzeti nyelvek megszűnése, múlt nélküli újbarbarizmus, szörnyű szakadék a gazdagok és szegények között, világégés, például Samuel Huntington műve (a civilizációk háborúja), vagy az al-Kaida eszmerendszere.

A könyv mást, a józan utakat prédikálja, azokat is kérdőjelekkel. Szimpátiám teljesen ezé! Még azt is hangsúlyozza, hogy az általa javasoltak nem a világot váltják meg, hanem csupán egy eszközt mutatnak meg a megoldások felé vezető úthoz. Így például az általa kidolgozott MAMA (Multifunkcionális Alkalmazott Munkakészségi Modell). Ez a modell tisztességes, okos önfegyelemről ad példát.

A folytatáshoz szükséges még néhány részlet, amit a szerzőnek, esetleges munkatársainak és követőinek kellene hozzáadniuk. Íme javaslataim a továbblépéshez...

A túlvilági index óriási gondolat! Itt is működik, ebből lesznek az aktivista fundamentalizmusok és a mindenbe belenyugvó tespedések. Persze vannak ártatlan, az emberek halálfélelmét kompenzáló és lelkiismeret-szükségleteit kielégítő túlvilágok is. Ahol nagyobb erre a szükséglet, ott erősebb, így a „fejlődőknél”. Ezt viszont sokkal részletesebben, elemzőbben kellene kifejteni, történetiségében. Konkrétabban rámutatni, hogy ez a boldogság keresésének veszedelmes téveszméje és tévútja, mert aki ebben megmarad, az lehet, hogy egy ideig boldogabb lesz, mint a magát hajszólo produktív ember,

¹ Az érdekesség kedvéért jegyezzük meg Magyarországot 36. helyét (a régióból az első Csehország 33., Szlovákia 35., míg Oroszország az 55.)

² Rózsa Gábor, KSH összeállításából

de elég gyorsan olyan mértékig szolgálja az elmaradást, hogy az a feszültségeket elviselhetetlen mértékűvé növeli, így visszajára fordítja az ígéretét. Ide sorolom a népi romantikát is. *Stillstand bedeutet Rückgang* – a helyben topogás visszaesés –, és ez beláthatatlan ideig így lesz, az eredmény az idézett statisztikákból is jól látható.

Legalább három modellt kellene alaposan elemezni: Távol-Kelet (Kína, Japán, Korea, egyre inkább India is, sőt Indonézia). Nagy kontinuum munkakultúrák, pár százados strukturális merevedés, de megjelenik egy új számyalás e munka- és egyéb kultúrák, befogadóképesség-alapjain.

Az egyik vizsgálandó terep – Afrika. Ennek lényegben az ellenkezője, a kultúrák többsége romantizált tradíció, nagyon nehéz a munkakultúra, fegyelmezett, precíz munka, munkaszeretet bevezetése.

A következő: Dél-Amerika a maga ve-gyességében, ezen belül érdekes alfejezet lehet a feketék helyzete ma az USA-ban, vagy

a romák helyzete és lehetőségei itthon. Azaz nagyon különbözök a történelmi-kulturális imprintek, és erre nagyon különbözök lehetnek a pedagógiai, segítési változatok. Ha lenne jó módszer erre, akkor romaügyben is előbbre tartanánk, de ugyanígy az amerikaiak a feketekintegrációban is. További elméleti kérdés, hogy szükséges-e az a közben-ső lépcső, amit Japán és Kína, Korea is lépett, az elviselhető szegénységben a világ olcsó munkaerejének szerepe. Milyen elviselhető feszültséggel jár ez az út? Mi az eddigi kísérletek tapasztalata?

Óriási lecke, persze nem egy embernek. A kérdéseket viszont, azt hiszem, élesebben kell felvetni. A könyvben elindított gondolatmenet itthon is folytatandó, hisz nálunk is jelentős kulturális különbségek húzódnak a társadalmi csoportok között. (Rózsa György: *Ante-equilibrium. Válatrat a fejlődő országok esélyegyenlőségéről*. *Argumentum*, 2004. 92 p.)

Vámos Tibor
akadémikus

Természet és gazdaság. Ökológiai közgazdaságtan szöveggyűjtemény

Herman E. Daly, az ökológiai közgazdaságtan élő klasszikusa még a Világbanknál dolgozott, amikor 1992-ben publikálta a *Jelentés a világ fejlődéséről: Fejlődés és környezet* (World Development Report: Development and the Environment) című kiadványát. Daly az itt recenzált kötetben is szereplő tanulmányában leírja, hogy miként próbált meg kisebb változtatásokat elérni a világbanki jelentés egyik ábrájában. Az ábra egy „gazdaságnak” címkézett dobozt ábrázolt, egy „inputok” feliratú bemenő és egy „outputok” feliratú kimenő nyíllal. Daly felvetette, hogy az ábra nem rossz, de nem mutatja a környezetet, így kellene a „gazdaság” doboz köré egy nagyobb (ez lenne a környezet), és

akkor rögtön világossá válna, hogy a gazdaság honnan is szerzi az általa feldolgozott erőforrásokat, és hova juttatja vissza a hulladékokat. Vagyis kiderülne, hogy a gazdaság voltaképpen a környezeti rendszer alrendszere, és többszörösen is függ tőle. A környezeti rendszer pedig egy majdnem teljesen zárt rendszer, így a gazdaságnak a környezethez viszonyított relatív súlya, az onnan felvett erőforrások és az oda visszajuttatott hulladékok, szennyezés mennyisége egy határon túl nem növekedhet. Mint Daly beszámol róla, a világbanki jelentés következő verziójában már szerepelt ugyan a nagyobb doboz, ám minden felirat nélkül. Mikor Daly szóvá tette, hogy így csak pusztá díszítés, az ábra végül kikertült a jelentésből. Majd Daly egy nyilvános vitán feltette a kérdést a Világbank akkori vezető közgazdászának, hogy szerinte a közgazdászoknak kell-e foglalkozniuk azzal a problémával, hogy mi a makrogazdaság

optimális mérete az öt ellátó környezethez képest. A válasz, amit kapott, egyszerre volt semmitmondó és mégis jelentőségteljes: „Ezt nem így kell nézni.”

A történet tanulsága nem szorul hosszas magyarázatra: a főáramú közgazdaságtan láthatólag nem nagyon tud mit kezdeni azzal a hatalmas kihívással, amit korunk ökológiai válsága jelent. Az, hogy ökológiai válság van, manapság már tudományos ténynek, és korántsem csak egy szerény véleménynek tekinthető. Az ENSZ égisze alatt működő Kör-mányközi Éghajlatváltozási Bizottság például a világ vezető klímakutatóiból áll, és lassan húsz éve vizsgálja a klímaváltozás lehetőségét és benne az ember szerepét. Az egymást követő jelentéseik egyre nagyobb bizonyossággal állítják, hogy 1.) a légkörben az utóbbi két évszázadban feldúsultak az üvegházhatású gázok; ez a földi átlaghőmérséklet 0,6 Celsius-fokos emelkedését okozta az elmúlt száz évben, s előreláthatóan 2-5 fokos emelkedést fog okozni a XXI. század folyamán; 2.) e jelenség mögött jelentős részben az emberi tevékenység áll. A becslések szerint a fosszilis energiahordozók (kőszén, kőolaj, földgáz) elégetésével az emberiség az ipari forradalom óta több szén-dioxidot juttatott a levegőbe, mint az azt megelőző több ezer évben (!). A mezőgazdasági művelés a talajban kötött szén-dioxidot szabadította fel, valamint csökkentette a szénmegkötő erdők kiterjedését. Mindezek miatt a légköri szén-dioxid-koncentráció ma mintegy 33 %kal magasabb az ipari forradalmat megelőző időszakhoz képest. Ugyanígy részletes vizsgálatok bizonyítják a fajpusztulás drámai mértékét, az ózonréteg elvékonyodását, a talaj és a vizek fokozódó kémiai szennyeződését, a globálisan rendelkezésre álló ivóvíz mennyiségének csökkenését. Az ökológiai rendszerek nagy komplexitása miatt természetesen a környezeti krízis számos részlete még homályos. A legfontosabb kérdés, ami mindenkit érdekel, hogy a szaporodó vál-

ságjelenségek vajon átcsapnak-e, és ha igen, mikor, olyan nagy léptékű és visszafordíthatatlan környezetpusztulásba, amely az emberiség életlehetőségeit alapvetően szűkíti. Nos, a rendelkezésre álló tudásunk szerint az ökológiai válság tény, a környezetpusztítás üteme és mértéke globális szinten az elmúlt három évtizedben a környezettudatosság növekedése ellenére sem csökkent, hanem nőtt (ne tévesszen meg bennünket a fejlett országok környezetpolitikájának néhány inkább látványos, mintsem mélyreható eredménye), így az emberi életminőséget rontó hatások erősödni fognak. Az ökológiai rendszereket jellemző komplex kölcsönhatások, a késleltetett és küszöbhatások miatt azonban nem tudhatjuk teljes pontossággal, hogy hol, mikor, milyen következményekkel jár majd a környezetpusztítás mai üteme és mértéke. Lehet, hogy még évtizedekig csak a szaporodó válságjelenségekkel kell küszködnünk, de az is lehet, hogy már a közeli jövőben a környezeti rendszerek alapvető átstrukturálódásával kell majd szembenéznünk. Egy ilyen alapvető átrendeződés várható például az éghajlati rendszerben: egy széleskörű ismertségre szert tett forgatókönyv szerint a globális felmelegedés miatt emelkedő óceáni vízhőmérséklet a tengeráramlások megváltozásával járhat, és ez az Európát fűtő Golf-áramlat leállásához, vagyis Észak-Európa eljegesedéséhez vezethet.

Nemcsak az ökológiai válság tekinthető azonban ténynek, hanem az is, hogy annak alapvető oka a Daly által felvetett problémában, vagyis a modern gazdaságnak a környezethez viszonyított túl nagy méretében lellehető fel. Az ember természetesen mindig is nagy találékonysággal alakította át maga körül a természeti környezetet. A környezet átalakításának elsődleges célja persze az, hogy jobban érezzük magunkat benne, jobban megfeleljén az emberi szükségletek kielégítésének. Azonban ösidők óta előfordult, hogy a környezet átalakítása „túl jól” sikerült,

és olyan degradációt eredményezett, ami az emberi társadalmak működőképességét is megrendítette. A feltevések szerint például a túllegeltetés és erdőirtás okozta sivatagosodás és talajerózió olyan ókori kultúrák pusztulásához járult hozzá, mint a maja vagy az asszír birodalmak.

A modern kor előtti környezetpusztítás általában fizikai átalakítást jelentett, és többnyire lokálisan, esetleg regionálisan jelentkezett. Csak a modern technológia által felpörgetett gazdaság képes arra, hogy a korábban elképzelhetetlen sebességgel, mértékben és módokon (a fizikai pusztítás mellett a vegyi, sugárszennyezési és a géntechnológia révén a biológiai módszereket is bevetve) alakítsa át a környezetet. A technikai-technológiai eredményeket felhasználó és a piaci koordináció dinamizmusára alapuló modern gazdaság fantasztikus eredményeket tud felmutatni a materiális jólét növelését illetően, ez vitathatatlan. Ugyanez a gazdaság azonban felélte, feléli létének materiális alapjait.

Az ökológiai közgazdaságtannak azért kellett létrejönnie, mert a modern gazdaság működése globális környezeti válsághoz vezetett. A modern gazdaság elméleti háttérét szolgáltató főáramú közgazdaságtan axiomatikus kiindulópontja, hogy az emberek – és gazdaság – célja az anyagi jólét növelése. Az ökológiai közgazdaságtan axiomatikus kiindulópontja, hogy a mai gazdaság környezeti szempontból nem fenntartható: újra kell gondolni a gazdaság intézményeinek működését, s kritikai elemzés tárgyává kell tenni azt a közgazdasági tudást, amely a mai gazdaság működését stabilizálja, és társadalomilag legitimálja. A kötet szerkesztői a könyv bevezetőjében a paradigmaváltás szükségességéről beszélnek: érveik szerint a mai ökológiai problémák nem, vagy csak korlátozottan illeszthetők be a közgazdaságtan keretében feltehető lehetséges kérdések és lehetséges válaszok mátrixába, azaz a normáltudományos „rejtvényfejtési” tevékenységbe.

De igaz-e ez? Hiszen a közgazdaságtan már majdnem egy évszázada elkezdett foglalkozni az erőforrás-felhasználás és a környezetszennyezés problémájával: a környezetgazdaságtannak (environmental economics) nevezett irányzat a neoklaszikus paradigma fogalmi rendszerének és analitikus eszköztárának felhasználásával pontosan ezt teszi. E megközelítés szerint a környezeti probléma nem más, mint szűkösségprobléma, ami a természeti erőforrások, illetve a környezetszennyezés befogadási képességének vonatkozásában áll fenn, és így minden további nélkül kezelhető a közgazdaságtan logikájával. Nos, Herman E. Daly fenti története azt illusztrálja, hogy a környezetgazdaságtan minden eredménye ellenére sem volt képes alapjaiban átalakítani a közgazdasági gondolkodást, amit továbbra is a gazdasági jólét növelésének eszméje fűt. Mintha a főáramú közgazdaságtan még mindig nem tudná elfogadni a környezeti szűkösség gondolatát és az ebből adódó következményeket. Mindaddig viszonylag csekély gyakorlati hatása azonban önmagában még nem kellene, hogy a környezetgazdaságtan elvetésére ösztönözzön minket. Fontosabbak az elméleti ellenvetések: a kötet bevezetője, majd több tanulmány (így például Richard B. Norgaardé) is utal arra, hogy a környezetgazdaságtan leszűkíti vizsgálódását a természet-gazdaság interakció néhány aspektusára, és alapvetően egy mechanisztikus világképben igyekszik megragadni az ökológiai problémákat. Úgy is fogalmazhatunk, hogy technikai kérdésként igyekszik kezelni őket, pedig valószínűbb, hogy szisztemikus (a mai gazdasági rendszer egészét érintő, illetve a gazdasági és az ökológiai rendszer közötti komplex interakciókban jelentkező) problémákra utalnak. Véleményem szerint a környezetgazdaságtan maga is folyamatosan beleütközik saját korlátaiba, és mikor fessegeti azokat, akkor úgyszólván felszámolja

önmagát: jól illusztrálja ezt a környezeti javak értékeléséhez kidolgozott, már-már operacionalizálhatatlan és lételméletbe torkolló túlbonyolított axiológia, ami kétségbeesetten továbbra is monetarizált formában igyekszik kifejezni azt, hogy valaminek akkor is lehet értéke, ha semmi haszna sincs.

A különböző írásokban újra és újra felbukkanó kritikai megjegyzések ellenére azonban a kötet nem tekinti fő feladatának a környezetgazdaságtan bírálását, és ezt valószínűleg jól teszi. A környezetgazdaságtan megvannak a maga eredményei és érdemei – így például kísérleti terepként is szolgál az ökológiai közgazdaságtani gondolatok kidolgozásához –, és megvan a maga haszna, például a közpolitikai döntés-előkészítésben. Természetesen nem zárhatjuk ki azt sem, hogy „technikai” megoldások (gazdasági ösztönzők, szabályozók és a piaci szereplők ezekre adott innovatív válaszai) számos környezeti problémát mérsékelni fognak. Az eddigi csekély vagy átmeneti eredmények – így például az, hogy a világ gazdaság környezet- és energiaintenzitása a nyolcvanas évek csökkenése után újra emelkedik – azonban arra utalnak, hogy a technikai megoldások bevezetése paradox módon már maga is szisztemikus, vagy ha úgy tetszik, paradigmátikus változást tesz szükségessé. A kötet tehát azokra a megközelítésekre koncentrál, amelyek eme rendszerszintű változás jegyében fogantak.

De mi is a rendszer, amit vizsgálunk? Talán ez a kérdés tekinthető a kötet alapproblémájának. Az ökológiai közgazdászok nem elégednek, nem elégedhetnek meg annyival, hogy a gazdálkodás vagy a közgazdasági tudás mai rendszerében kicserélnek néhány elemet: újradefiniálják, sőt, elmossák a rendszer határait. Jól illusztrálja ezt a kötetben Richard W. England írása, amely a GDP alternatíváit tekinti át. Bár több alternatív makroökonómiai mérőszám is a GDP-ből vagy valami hasonló gazdasági mutatóból indul ki – lásd a humán

fejlődés (HDI) vagy a fenntartható gazdasági jólét indexét (ISEW) –, amikor a társadalmi és az ökológiai szempontokat integrálják, már túllépnek a gazdaság rendszerének hagyományosan kijelölt határain. Az ökológiai közgazdaságtan alapvetése, hogy a szűken értelmezett gazdasági jelenségeket az azokat magasabb szinten integráló természeti és társadalmi rendszerek kontextusában lehet, kell értelmezni. Fontos, hogy tényleg rendszerekről van szó, „a” természeti vagy „a” társadalmi rendszer csak metafora: valójában minden gazdasági tevékenység számos ökológiai rendszerhez kapcsolódik, és persze a társadalom is sok mindent jelent, az adott kulturális kontextusoktól az erkölcsi rendszereken át a technológiai szisztémákig. Az ökológiai közgazdaságtani elemzés tehát szükségszerűen kontextuális és multidiszciplináris, a kvantitatív módszereket kombinálja a kvalitatív, interpretatív metódusokkal, a következtetések levonása inkább indukció, mint dedukció útján történik. Ahogy a kötet egyik tanulmánya is utal rá valahol: mintha a száz évvel ezelőtti vitához téménk vissza a „historikus-induktív” vagy az „analitikus-deduktív” módszerek elsőbbségéről a közgazdaságtanban.

Ennél persze sokkal többről van szó. Az ökológiai közgazdaságtan definíciószerűen a természettudományos, az ökológiai és a komplex rendszerekről kialakult ismereteket is igyekszik integrálni, valamint épít az ezekből és száz év tudományfilozófiai fejleményeiből levonható azon általános tanulásra, amely tudományos tudásunk korlátozott voltára mutat rá. Ezért szól a kötet több tanulmánya is a „természeti népek” gyakorlatáról, ami pusztán léténél fogva is fontos (hiszen a modern gazdálkodási módozatoktól eltérő alternatíva lehetőségét villantja fel), de a tradicionális tudás értékét és – Mahatma Gandhival szólva – a „hagyományon alapuló fejlődés” jelentőségét is felmutatja. Ugyancsak a tudományos tudás

korlátainak beismerését jelzi a tanácskozó demokráciáról, a részvételi és deliberatív döntéshozatalról szóló tanulmány, ami a közpolitikai döntések „szakmai kérdésként” való kezelése ellen, valódi politikai és etikai jelentőségük felismerése mellett érvel. A tudománynak és a szakértőknek e felfogás szerint nem az „optimalizálás” a dolguk, hanem valami olyasféle szerepet kell betölteniük, amelyet saját véleménye szerint annak idején Szókratész játszott: „bábáskodni” az igazság, pontosabban a társadalmilag és ökológiailag elfogadható döntés megszületésénél.

Az ökológiai közgazdaságtan nem egységes paradigma, hanem vállaltan multidiszciplináris, „poszt-normál” tudomány. Követői

talán mind egyetértenek abban, hogy a gazdaság túl fontos dolog ahhoz, hogy a közgazdászokra hagyjuk. A közgazdászoknak – jobban, mint valaha – együtt kell működniük az ökológusokkal, de a szociológusokkal, antropológusokkal is. Vagy egy kicsit nekik maguknak és diszciplinájuknak is ökológiává, szociológiává és antropológiává kell válniuk. Ezt a kihívást mutatja be az ökológiai közgazdaságtan szakirodalmának legjavát kínáló, hiánypótló kötet. (*Pataki György – Takács-Sánta András szerk.: Természet és gazdaság; Ökológiai közgazdaságtan szöveggyűjtemény. Typotex Kiadó, Bp., 2004*)

Boda Zsolt
közgazdász, politológus

A rejtőzködő egyén identitása, avagy: ki is vagyok én?

Bene vixit, bene que latuit - „jól él, aki jól rejtőzködik” – írta Ovidius, már az ókorban. Hogy valóban így van-e, megláthatjuk, ha elolvassuk Kaposi Márton legújabb könyvét.

Az igényes stílusú, de rendkívül tömör, mondhatnánk úgy is, filozófiai tömörségű könyvben a szerző átfogó és rendszeres formában mutatja be azt, hogyan rejtje el identitását az egyén, helyesebben szólva milyen is igazi arcunk és milyen álarcok mögé bújunk mi, a könyv olvasói, a mindennapi ember. Merthogy ebben az esetben igazán „rólunk szól a mese”. Énünkéről. Arról, milyen is eredeti arcunk és milyen az azt elrejtő álarc.

A témát eddig ilyen átfogó jelleggel, ami kitér a filozófia, a tudományok és a művészetek legkülönbözőbb álarcról szóló fejtegetéseire, példáira, még eddig a nemzetközi szakirodalomban sem dolgozta fel senki. Nem üres megjegyzés tehát, ha azt mondjuk, Kaposi Márton könyve úttörő vállalkozás az egyéni életstratégiák filozófiai antropológia síkú bemutatása terén.

A könyvben hármas célkitűzést valósít meg a szerző. Egyrészt áttekinti azokat az elméleti műveket (Martin Heidegger, Gianni Vattimo, Jürgen Habermas, Georg Simmel, Edmund Husserl, Hans-Georg Gadamer és mások műveit), amelyek e kérdéssel valamilyen vonatkozásban foglalkoznak. Másrészt hozzá akar járulni az egyéni rejtőzködés lényegének, motívumainak és változatainak, azaz a „szabad és önálló individuum” megértéséhez. S végül a társadalom egészének rejtettebb jellemzőit akarja kimutatni, amelyek a rejtőzésre inspirálják vagy kényszerítik az egyént. A könyv ennek megfelelően három nagy egységből áll: egy általános elméleti szakaszból, egy történeti áttekintésből (főleg a XIX-XX. századra, az ipusztériális társadalomra vonatkozóan) és egy szintetizáló részből.

A rejtőzködés Kaposi Márton szerint az „önazonossághoz való ragaszkodás”. Ezt az alap gondolatát Paul Ricoeur koncepciójának segítségével továbbviszi, és megkülönböztet külső (ipseitas) és belső (identitas) önonazonosságot. Az egyéni rejtőzködés során az ember „vagy a *kilétét* (ipseitas), vagy a *mibenlétét* (identitas) mutatja” az eredetihez

képest másnak, amit a vele kapcsolatban állók lényegében el is fogadnak, ha hitelesnek tartják. Az önelrejtés során tulajdonképpen látszategyénnel van dolgunk, amely másnak mutatja az egyént, mint ami, és aki az valójában. Kaposi Márton tudja, hogy ez esetben nem konformitásról, képmutatásról, alakoskodásról vagy szélhámosságról van szó, hanem arról, hogy a modern és poszt-modern korban az „egyen megmaradásának perspektívái egyre kedvezőtlenebbek”, s ennek ellensúlyozására *szükség van* a rejtőzködéssel. Véleményünk szerint önmagunk védelme szempontjából is, ami a rejtőzködés a könyvben egy kevésbé hangsúlyozott, de fontos motívuma. Az elrejtőző egyén kiléte és milyensége titok marad a többi ember számára. Azt pedig, hogy milyen is valójában, szinte senki sem tudhatja meg, hiszen a titkot is eltitkolja, úgy tesz, mintha itt semmiféle titok se lenne, és azt el is hiteti környezetével. Így a látszatot az egyén valóságként fogadtatja el, és ezt a látszatot képes is fenntartani. Az egyén vagy eltüntet meglévő adottságokat (disszimulál), vagy kialakít nem létező tulajdonságokat (szimulál). Valószínű, hogy ez a transzformáció napjainkban az „önérvényesülés és az önmegmentés életstratégiája”. Fontos kérdés, vajon a rejtőzködők személyes identitása e transzformáció során ép, stabil vagy deformált, megrendült lesz-e, vagyis, hogy ki is az adott egyén valójában.

Az önelidegenedés újabb és újabb változatai megerősödésével szemben az egyén az önmegőrzés újabb és újabb, korszerűbb formáit keresi. A könyv egyik központi fejezete éppen az, ahol a rejtőzködés formáinak változatosságát mutatja be. Itt a példákban is gazdag könyvből csak néhány formát és típust tudunk megemlíteni. A *konvencionális rejtőzködés* egyik megjelenési formája a szakrális metamorfózis (például a passiójáték szereplője), másik a profán metamorfózis (karnevál szereplője). Ezek azonban csak

részleges rejtőzködéssel nyújtanak alkalmat. A *professzionális rejtőzködés* már állandó, rendszeres tevékenységgé vált metamorfózis (például kém, színész, bohóc, stb.). Az *alkalmi alakoskodás* során az egyén szabadban választja ki magának a mímelési helyzeteket. Saját problematikus tetteinek akár így elfogadható, másféle formát adni. Ezen belül a spontán rejtőzködők a különcök, az illúziókergetők, a lázadók, a fanatikusok, míg a tudatosan rejtőzködők a szélhámosok, az intrikusok, a képmutatók, a csábítók. A kényszerrejtekezők a nemkívánatos személyek (üldözött zsidók, antifasiszta ellenállók stb.). A *perspektivikus rejtőzködők* tartósan vagy véglegesen másmilyenné szeretnének válni egy új életvitel kialakítása céljából. Ilyen például a legszokványosabb szereparcokat magára öltő konformista, míg a karrierista változtatja álarcait és attitűdjeit. A tudatos perspektivikus rejtőzők például a remeték vagy a kalandorok. Az egyéni rejtőzködés leginkább kiteljesedett formája, „erős programja” az *inkognitó*. Ezt az identitás válsága hozza létre, de különböző formában jelenik meg: van feltétlen, játékos, kritikus és elvetett inkognitó. Közös bennük, hogy az egyén teljesen „más személyként tünteti fel magát”, mint amilyen a valóságban, és ezt végérvényesnek is tekinti. Így „őrizi személyisége autonómiáját”.

A könyv egy jelentős hányadát teszi ki a rejtőzködés történelmi megjelenésformáinak bemutatása. Az antikvitásban az egyéniség nyíltan jelent meg, és érvényesítette saját magát, nem volt szükség rejtőzködéssel. Szilárd személyiségek voltak, ha olykor, mint Odüsszeusz, másnak is mutatkoztak. Ovidiusnál is csak a végzet változtatta az embereket mássá. Ez a helyzet a római társadalom hanyatlásával változik meg, amikor kimondják, hogy a színlelés nagy előnyökkel járhat. Még a középkorban sem tűnt el az önálló egyén, de közvetítéseken (elsősorban a valláson) keresztül fejezte ki magát. Itt már voltak rejtőzködő egyének,

mint a remeték, zarándokok, udvari bolondok stb., akik azonban sohasem adták fel személyes identitásukat. Fordulat e téren a reneszánsz idején következett be. A fejlett öntudatú, sokoldalú individuum az önérvényesítés szempontjából nem riad vissza a szerepjátszástól, az alakoskodástól. A külső megjelenés és a belső tartalom itt válik először és végérvényesen ketté, ahogyan azt Shakespeare a *III. Richárd*-ban nyíltan ki is mondja. A reneszánszt követő korokban a személyiség veszélyeztetettsége egyre inkább felerősödik, ezért az egyén új és újabb álcázást keres saját érvényesülése érdekében. Például Jonathan Swift *Gulliverje* név nélkül jelent meg először, Paul Holbach *A természet rendszere* című műve Mirabeau álnéven.

Kaposi Márton ezután rendkívül széleskörű ismereteiről tesz tanúbizonyságot, amikor a romantika irodalmának és művészetének rejtőzködőit mutatja be, Friedrich Schillertől Søren Kierkegaardon át egészen Giuseppe Verdiig. Majd az újabb kísérleteket veszi sorra Fjodor Dosztojevszkijtől Honoré de Balzacot át egészen Friedrich Nietzschéig. A XX. században azért van szükség az értékmentő rejtőzködésre, mert a polgári társadalom hagyományos értékei (emberszeretet, becsület, tudás stb.) nagy veszélybe kerültek. Ekkor van, aki önmagába zárkózik

(mint Ady Endre), vagy megmutatja igazi önmagát (mint Bartók Béla). Végül is az egyén igazán nem rejtőzködni szeretne, hanem önmaga maradni. Az inkognitó klasszikus változatát Kaposi Márton Luigi Pirandello műveiben mutatja ki, a „rejtőzködők kaval-kádját”, a maszk viselőit Hamvas Bélánál, a „minimál én” eltűnését Samuel Beckett-nél és Italo Calvinónál. A spontán rejtőzködés, az arcnélküliség azonban egyre tömegesebbé, létállapottá és életstratégiává válik a XX. században, annak ellenére, hogy néhányan (Babits Mihály, Virginia Woolf, Fernando Pessoa, Karel Capek) megpróbálnak ellene védekezni, és úgy gondolják, hogy a XX. században is lehetséges a „homo humanus”.

Kaposi Márton könyvében végig meg van győződve róla, s ez könyvének a *pozitív üzenet* számunkra, hogy a mára többé-kevésbé általánossá vált rejtőzködéssel szemben van lehetőség a normális személyiségfejlődésre is. Fontos, hogy a szükséges és „értelmesen alkalmazott álcázás” ne okozza az éntudat sérülését, hanem képes legyen az ember „autonóm és szabad egyén” maradni. S ez nem is könnyű feladat. (*Kaposi Márton: A rejtőzködő egyén arca és álarcai. Eötvös József Könyvkiadó, Budapest, 2004.*)

Szabó Tibor
történész

Handbook of Nuclear Chemistry Vértess Attila, Nagy Sándor, Klen- csár Zoltán szerkesztésében

Az ötkötetes angol nyelvű kézikönyv, amelynek mindhárom szerkesztője kiváló magyar kolléga, kétségtelenül nyeresége nemcsak a radiokémiának, hanem annál szélesebb tudomány- és szakterületnek is, így az atommagfizikának, a sugárfizikának, a dozimetriának és sugárvédelemnek, de kiváló fejezeteket találunk például az elemi

részecskék standard modelljéről, a nukleáris mérések statisztikai jellegéről vagy a radioaktív kormeghatározásról, sőt még az izotópok segítségével végzett paleoklimatológiai kutatásokról is.

Az egyes köteteknek külön címük van: 1. kötet: *A nukleáris tudományok alapjai*, 2. kötet: *Elemek és izotópok – keletkezés, átalakulás, eloszlás*, 3. kötet: *A magreakciók és sugárzások kémiai alkalmazásai*, 4. kötet: *Radiokémia és radio-gyógyszerkémia az élettudományokban*, 5. kötet: *Műszertech-nika, szeparációs technikák, környezeti vonatkozások*. Az első kötet szerkesztője

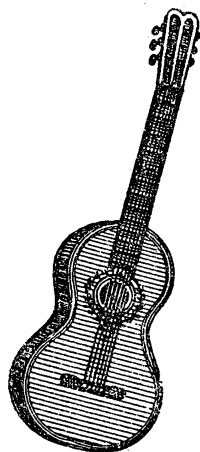
Lovas Rezső (Debrecen), a negyediké pedig Frank Rösch (Mainz).

A negyedik kötet kivételével minden kötet tartalmaz függeléket, amelyben számos fontos adat található: például a SI rendszere, a Mössbauer-nuklidokra, a neutronokkal kiváltott magreakciókra vagy a detektorok kalibrációs standardjaira vonatkozólag, de itt találjuk a teljes nuklid-táblázatot is (a 2. kötet végén). A függelékek szerkesztője minden esetben Molnár Gábor (Bp.). Minden egyes kötetet részletes tárgymutató zár le, ami nagyban megkönnyíti a kézikönyv használatát. Az egyes fejezetek végén egyébként részletes irodalmi jegyzék található.

A könyv szerkesztésében jelentős szerepük volt a magyar kutatóknak. Hasonlót mondhatunk az egyes fejezetek szerzői vonatkozásában is. A szerzők mintegy haramda hazai kutató, köztük olyan nevesek, mint Csikai Gyula, Fényes Tibor, Horváth Dezső, Kiss Árpád, Koltay Ede, Köteles György, Patkós András, Vértes Attila. (*Vértes Attila – Nagy Sándor – Klencsár Zoltán, editors: Handbook of Nuclear Chemistry. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht–Boston–London, 2003. Az öt kötet összesen 2443 oldal*)

Berényi Dénes

atomfizikus, professor emeritus



CONTENTS

Models in Population Dynamics and Measures of Species Community Structure

Guest Editor: János Izsák

János Izsák: Introduction	386
Miklós Farkas: Competition of a K-Strategist and an R-Strategist (The Zip and the Velcro Bifurcations)	388
József Garay: Evolutionary Stability for Several Species	390
János Izsák: A Measure of Scalar Characterization of Species Communities: The Diversity Index	400
Ferenc Jordán – Wei-Chung Liu: Identifying Topological Keystone Species in Food Webs: a Sociometric Approach	404
Géza Meszéna: Population Regulation and Niche	410
Sándor Pongor: Knowledge Representation in Molecular Biology	420

Study

Erő Mészáros: How Air Was Discovered? – A Contribution to the History of Atmospheric Research	426
Mária Wollemann: The Molecular Biological Effects of Narcotic Drugs	438
Kinga Klaudy – Ágota Fóris: Linguistics and the Modernisation of Higher Education ...	449
Győző Kovács: 'Why Bite on Rocks with the Teeth of a Child?'	458
János Kelemen – Ferenc Kiefer: Zeno Vendler, the Linguist and Philosopher	461
Gábor Hamza: Lajos Farkas, the Roman Law Specialist (1841-1921)	467

Interview

Better believe your own eyes not the dogmas – Júlia Gimes' Interview with Éva Mezey 473

Introduction of the New Correspondant Members of the MTA

István Lakatos	482
János Pintz	484
Gábor Szabó	485
Zsolt Tulassay	487
Imre Vincze	488

Academy Affairs 490

Outlook (László Jéki – Júlia Gimes) 496

Book Review 500

Ajánlás a szerzőknek

1. A Magyar Tudomány elsősorban a tudományterületek közötti kommunikációt szeretné elősegíteni, ezért elsősorban olyan kéziratokat fogad el közlésre, amelyek a tudomány egészét érintő, vagy az egyes tudományterületek sajátos problémáit érthetően bemutató témákkal foglalkoznak. Közlünk téma-összefoglaló, magas szintű ismeretterjesztő, illetve egy-egy tudományterület újabb eredményeit bemutató tanulmányokat; a társadalmi élet tudományokkal kapcsolatos eseményeiről szóló beszámolókat, tudmánypolitikai elemzéseket és szakmai szempontú könyvismertetőket.

2. A kézirat terjedelme szöveges tanulmányok esetében általában nem haladhatja meg a 30 000 leütést (a szóközökkel együtt, ez kb. 8 oldalnak felel meg a MT füzetében), ha a tanulmány ábrákat, táblázatokat, képeket is tartalmaz, a terjedelem 20-30 százalékkal nagyobb lehet. Beszámoló, recenzió esetében a terjedelem ne haladja meg a 7-8 000 leütést. *A teljes kéziratot .rtf formátumban, mágneslemezen és 2 kinyomtatott példányban kell a szerkesztőségbe beküldeni.*

3. A közlemények címének angol nyelvű fordítását külön oldalon kell csatolni a közleményhez. Itt kérjük a magyar nyelvű kulcsszavakat (maximum 10) is. A tanulmány címe után a szerző(k) nevét és tudományos fokozatát, a munkahely(ek) pontos megnevezését és – ha közölni kívánja – e-mail-címét kell írni. A külön lapon kérjük azt a levelezési és e-mail címet, telefonszámot is, ahol a szerkesztők a szerzőt általában elérhetik.

4. Szöveg közbeni kiemelésként *dőlt*, (esetleg *félkövér* – bold) betű alkalmazható; ritkítás, VERZÁL betű és aláhúzás nem. A jegyzeteket lábjegyzetként kell megadni.

5. A rajzok érkezhetnek papíron, lemezen vagy email útján. Kérjük azonban a szerzőket: tartsák szem előtt, hogy a folyóirat fekete-fehér; a vonalas, oszlopos, stb. grafikonoknál tehát ne használjanak színeket. Általában a grafikonok, ábrák lehetőség szerint minél egyszerűbbek le-

gyenek, és vegyék figyelembe a megjelenő oldalak méreteit. A lemezen vagy emailben érkező ábrákat és illusztrációkat lehetőleg .tif vagy .bmp formátumban kérjük; értelemszerűen fekete-fehérben, minimálisan 150 dpi felbontással, és a továbbítás megkönnyítése érdekében a kép nagysága ne haladja meg a végleges (vagy annak szánt) méreteket. A közlemény szövegében tünessék fel az ábrák kívánatos helyét.

6. Az irodalmi hivatkozásokat mindig a közlemény végén, abc sorrendben adjuk meg, a lábjegyzetekben legfeljebb utalások lehetnek az irodalomjegyzékre. Irodalmi hivatkozások a szövegben: (szerző, megjelenés éve). Ha azonos szerző(k)től ugyanabban az évben több tanulmányra hivatkozik valaki, akkor a közleményeket az évszám után írt a, b, c jelekkel kérjük megkülönböztetni mind a szövegben, mind az irodalomjegyzékben. Kérjük, *fordítsanak különös figyelmet a bibliográfiai adatoknak a szövegben, illetőleg az irodalomjegyzékben való egyeztetésére!* Miután a Magyar Tudomány nem szakfolyóirat, a közlemények csak a legfontosabb hivatkozásokat (max. 10-15) tartalmazzák.

7. Az irodalomjegyzéket abc sorrendben kérjük. A tételek formája a következő legyen:

- Folyóiratcikkek esetében:

Alexander, E. O. and Borgia, G. (1976). Group Selection, Altruism and the Levels of Organization of Life. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* **9**, 499-474

- Könyvek esetében:

Benedict, R. (1935). *Patterns of Culture*. Houghton Mifflin, Boston

- Tanulmánygyűjtemények esetén:

von Bertalanffy, L. (1952). Theoretical Models in Biology and Psychology. In: Krech, D., Klein, G. S. (eds) *Theoretical Models and Personality Theory*. 155-170. Duke University Press, Durham

8. Havi folyóirat lévén a *Magyar Tudomány* kefelevonatot nem küld, de az elfogadás előtt minden szerzőnek elküldi egyeztetésre közleménye szerkesztett példányát. A tördelés során szükséges apró változtatásokat a szerző egy adott napon a szerkesztőségben ellenőrizheti.

KIS GYÜLÉS, DEC. 21. 1840.

Gróf Széchenyi István úr Ó Mga' elnöksége alatt

Jelen Fáy, Jankewich, Schedius tt. tt. — Bajza, Balogh, Bugát, Frivaldszky, Gebhardt, Győry, Jerney, Kállay, Kiss, Luczenbacher, Szilasy, Sztrokay, Vörösmarty rr. tt. — Bertha, Bloch, Erdélyi, Garay, Kaeskovics, Lukács, Nagy Ignác, Schoepf, Taubner, Walther II. tt. — Schedel F. titoknok, Szalay L. segédjegyző, Helmeccy M. szavazatos pénztárnok.

JERNEY JÁNOS rt. a' szószéken,

a' IV. Béla király alatt honunkat pusztított mogulok' egyik vezérének Kadánnak, Jankowich Miklós tt. gyűjteményében fön lévő, eddigelé ismeretlen 's olvashatatlannak tartott, azonban vegybontó szerekkel újra felélesztett, a' kolosvári, dézsi és besztercei várnagyokhoz intézett parancslevelét mutatta elő eredetiben 's réznyomatu hasonmásokban, melly előadó' nézete szerint történetünkre, valamint a mogulokéra is, nem kevés fényt vet. Az oklevél' elolvasása után előadó annak bírálati taglalgatása 's magyarázatába ereszkedett; 's többi közt az oklevél' saját szavaiból azt igyekezett megmutatni, hogy az' abban „*keser chunich tatar pensa*“ néven említett pénz nem más, mint azon, az óság' buvári és keletinyelv-tudók által mind eddig meg nem magyarázott pénznem, melly IV. Béla király' ismeretes réz pénzeivel együtt szokott hazánkban, nagy számmal, találatni; 's hogy azon pénz ama' szomorú időben a' mogulok által hozatott forgásba.