

Magyar Tudomány

NÖVÉNYÖKOFIZIOLÓGIA

Vendégszerkesztő: Tuba Zoltán

Machiavelli

Klímaügy 2007

Fél évszázad a világűrben

2007•10

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA FOLYÓIRATA. ALAPÍTÁS ÉVE: 1840
168. ÉVFOLYAM – 2007/10. 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,
SOLYOSI FRIGYES, SPÁT ANDRÁS, SZENTES TAMÁS, VAMOS 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: 8064 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

Növényökofiziológia: autökofiziológiától a szünfiziológiáig

Vendég szerkesztő: Tuba Zoltán

- Tuba Zoltán: Növényökofiziológia – Az autökofiziológia és szünfiziológia
diszciplináris helyzete az ökológián belül 1242
- Tuba Zoltán – Csintalan Zsolt – Pócs Tamás: A növényi kiszáradástűrési homoioklorofill
és poikiloklorofill stratégiája és a trópusi szigethegy-ökofiziológia 1250
- Nagy Zoltán – Sente Kálmán – Tuba Zoltán: Gyepvegetáció akklimatizációja emelt
légtér szén-dioxid-koncentrációhoz: hosszú időtartamú kísérletek eredményei 1258
- Fóti Szilvia – Balogh János – Nagy Zoltán – Czóbel Szilárd –
Bartha Sándor – Tuba Zoltán: Mérsékelt övi gyepközösségek CO₂-gázcseréjének
kisléptékű térbeli variabilitása és mintázata 1266
- Czóbel Szilárd – Szirmai Orsolya – Szerdahelyi Tibor – Nagy János – Balogh János –
Fóti Szilvia – Péli Evelin – Pintér Krisztina – Horváth László – Nagy Zoltán
– Tuba Zoltán: Megváltoztatott kezeléssel hazai gyepársulásainak
funkcionális ökológiai válaszai 1273
- Pintér Krisztina – Nagy Zoltán – Barcza Zoltán – Balogh János – Czóbel Szilárd –
Fóti Szilvia – Weidinger Tamás – Tuba Zoltán: Az ökoszisztéma-léptékű
fotoszintetikus CO₂-asszimiláció és légzés sajátosságai mérsékelt övi gyepben ... 1280
- Csintalan Zsolt – Tuba Zoltán – Ötvös Edit – Rabócz Gyula:
Táj- és országos léptékű moha-bioindikációs módszerek és alkalmazásuk 1288

Tanulmány

- Kaposi Márton: Machiavelli életművének egysége és a machiavellizmusok sokfélesége ... 1296
- Pálné Kovács Ilona: Magyar területi reform és az uniós fejlesztéspolitika 1306
- Czelnai Rudolf: Klímatűgy: 2007 1316
- Both Előd: Fél évszázad a világűrben 1327
- Keszthelyi Lajos: 1956 a Központi Fizikai Kutató Intézetben 1336
- Pásztor Tamás: Gazdasági haszon vagy társadalmi érték?
A vállalati szerepvállalás lehetőségei 1341

Vélemény, vita

- Hargittai István: Hozzászólás
a *Quo vadis, intézethálózat? Hol a helye a PhD-képzésnek* c. cikkhez 1345

Kitekintés (Jéki László – Gimes Júlia) 1348

Bemutakozás

- É. Kiss Katalin, Juhász István, Ligeti Erzsébet, Mesterházy Ákos, Oláh Edit 1353

Könyvszemle

- Ötven év múlva (*Simon Mariann*) 1364
- Láng Benedek: Mágia a középkorban (*Zemplén Gábor*) 1366
- Hargittai István: Az öt világformáló marslakó (*Palló Gábor*) 1368
- A magyar falu elmúlt negyed évszázada (*Enyedi György*) 1370
- Peregrinatio Hungarica...* (*Karády Viktor*) 1372

Növényökofiziológia: autökofiziológiától a szünfiziológiáig

NÖVÉNYÖKOFIZIOLÓGIA AZ AUTÖKOFIZIOLÓGIA ÉS SZÜNFIZIOLÓGIA DISZCIPLINÁRIS HELYZETE AZ ÖKOLÓGIÁN BELÜL

Tuba Zoltán

DSc, mb. intézetigazgató, egyetemi tanár

SZIE Növénytani és Ökofiziológiai Intézet, MTA–SZIE Növényökológiai Kutatócsoport
tuba.zoltan@mkk.szie.hu

A növényökofiziológia ökológiai diszciplína. Az ökológián belül pedig a működést leíró funkcionális ökológia része, amely a növényközösség/ek vagy ökoszisztémáik működésének fiziológiai folyamatait tanulmányozza.

Szerveződési szint szerint a növényökofiziológián belül a) egyed- vagy autökofiziológiát és b) közösségi vagy szünfiziológiát kell megkülönböztetnünk. (A *szün*, eredeti írásmódban *syn* szócska, görög előljáróból alakult előtag, jelentése együtt, egyszerre, ami itt a közösségi, egyedfeletti vagy szupraindividuális jellegre utal.) Amíg az autökofiziológia a növényközösség populációra reprezentatív egyedeinek fiziológiai válaszait vizsgálja, addig a szünfiziológia a növényegvedekből szerveződő közösség (Fekete, 1998) kollektív, szupraindividuális fiziológiai válaszait kutatja. Fogalmazhatunk továbbá úgy is, hogy az aut-

ökofiziológia az infraindividuális és individuális léptékű, a szünfiziológia pedig a szupraindividuális léptékű részdiszciplína.

A szünfiziológia célja a növényközösségek – a mindenkori adott kényszerfeltételek (limitációk) közötti – állomány-, ökoszisztéma és tájléptékű fiziológiai folyamatainak és azok szabályozásának a leírása (Tuba et al., 1998a). A szünfiziológia tehát nem teljesen fedődik a növényökofiziológia egészével, hisz annak egy (jó) része autökológiai, individuális és infraindividuális jellegű és megközelítésű. Éppen előzőek miatt lényeges és szükséges a szünfiziológia elkülönített, az ökofiziológia önálló részdiszciplínájaként való bevezetése.

Nem sokszor hangzott el eddig még, hogy a populáció egyaránt tanulmányozható infra- és szupraindividuális szinten, vagyis autökológiai és szünfiziológiai szemlélettel is: ugyanis

az átlagegyeddel reprezentált populáció az autökofiziológia, míg az egyedek közösségként, állományaként kezelt és vizsgált populáció pedig a szünfiziológia területére esik.

Szünfiziológiai minden olyan működési folyamat, ami a növénytársulás és ökoszisztémája – mint egyed és az átlagegyeddel reprezentált populáció feletti szupraindividuális szerveződésű rendszer – egészének anyag- és energiafelvételét, átalakítását, tárolását és leadását, azaz egy termodinamikai nyílt rendszer és környezete közötti anyag- és energiaáramlást végzi és szabályozza. Különös jelentőséget ad a növényközösségek (társulások) (szün)fiziológiájának, hogy az az ökoszisztémák egészének a létét is meghatározza.

Mivel a növénytársulások létezésének (energiafelvételének, növekedésének, fejlődésének, szervesanyag-termelésének stb.) (is) a fotoszintetikus CO_2 -asszimiláció és a C-metabolizmus az alapja, ezért a szünfiziológia a társulás-fotoszintézist és a társulás C-metabolizmust és mindezek limitációját kezeli kiténtetetten. Mindez pedig tükröződik a társulásfiziológia módszertárában is. A társulások fiziológiai működése mindig egy vagy inkább több tényező korlátozó kényszere mellett megy végbe, ezért a szünfiziológia a társulás fiziológiai folyamatait a társulásban éppen limitáló tényezőkkel (vízhiány, alacsony vagy magas hőmérséklet, tápanyaghiány, kompetíció, rovargradáció, tűz stb.) összefüggésben vizsgálja. A fiziológiai működés a reprodukzív allokáción keresztül szorosan kapcsolódik a társulás működésének másik fontos oldalához, a fajok populációinak szaporodásdinamikájához, és így a populációdinamikához, melyen keresztül közvetve szerepet játszik a társulások fajösszetételének, faj/egyed diverzitásának, szerkezetének és produkciójának a kialakításában és a vegetációdinamikai folyamatokban.

A társulásfiziológiai (ún. szünfiziológiai) folyamatok/sajátosságok létezését és a szünfiziológia művelésének szükségességét már önmagában az is indokolja, hogy a növénytársulások és ökoszisztémáik szintjén a fiziológiai folyamatok sajátosságai mások, mint annak növényegyedeiben és különösen azok szerveiben, szöveteiben és sejtjeiben, illetve hogy vannak csak a társulás egészére jellemző, az egyedek és infraindividuum szintjén nem megjelenő fiziológiai sajátosságok is. Így például a társulás zöld lombsátrának egésze – csupán a levélszögállások, levelorientációk és a vertikális rétegzettség miatt is – teljesen más tulajdonságú, optikai szerkezetű fotoszintetikus apparátus, mint a társulás egyes egyedeinek hajtásai vagy még inkább az egyes levelek és sejtjei. Ezért a növénytársulásban a színteztettség kialakulásával fokozódik a záródás, nő a társulás egységnyi területére jutó összlevélfelület (LAI), és csökken a megvilágítás, amely csökkenti ugyan az egyes egyedek egységnyi levélterületére eső fotoszintézis-intenzitását, azonban a LAI említett növekedése, valamint a lombzatarchitektúra és az extinkciós koefficiens egyidejű változása miatt az egységnyi társulásterületre eső összfotoszintézis teljesítménye mégis nő.

A szünfiziológiai folyamatok időléptéke a fiziológiai folyamatokétól nagyobb, illetve az ennél kisebb időléptékű folyamatok nagyobb időintervallumokban integrálva nyernek szünfiziológiai és ökológiai értelmet. Hovatovább már az egyedek ökofiziológiájánál is csak a nagyobb időtartam alatt lezajlott folyamatok integrálása révén lehet az egyed viselkedését magyarázni. Az egész egyed szempontjából pedig leginkább az az időtartam (minimálisan 24 óra) tekinthető ökológiailag relevánsnak, amely során például a fiziológiai folyamatok már mérhető változást eredmé-

nyeznek az egyedek szervallokációs mintázataiban.

A növényököfiziológia és két ága, az autököfiziológia és szünfiziológia diszciplináris helyzetének tisztázásával sikerült feloldanunk azt a megértést sokszor zavaró fogalmi sokféleséget (növényököfiziológia, közösségi élettan [community physiology], szisztém- vagy rendszerélettan [system physiology], környezeti növényélettan, ökológiai növényélettan, élettani ökológia, stresszélettan stb.), ami a növényököfiziológiát körülengte. Előzőek közül külön is meg kell említenünk a növényi stresszélettant, amely csak és kizárólag akkor tekinthető növényököfiziológiai (főként autököfiziológiai) szempontból relevánsnak, ha az a stressztoleranciát (is) vizsgálja, és hogyha az a szupraindividuális (közösségi, társulási, ökoszisztéma) szerveződésű és léptékű folyamatok megértéséhez is egyértelműen hozzájárul. Ugyanis a növényi stresszélettant igen gyakran a növényököfiziológia szinonimájaként avagy egyértelműen a növényököfiziológia részeként említik, pedig fentiek alapján nyilvánvaló, hogy nem ez a helyzet. Annak ellenére nem, hogy a növényi stresszfiziológia a környezeti tényezők limitációinak a vizsgálatával történetileg először az ökológiában, éppen az ököfiziológia részeként jelent meg (Lösch – Larcher, 2000). A stressz egyébiránt a természetes élőhelyeken a növényközösségek és ökoszisztémáik egészét érintve szupraindividuálisan is megjelenik.

Autököfiziológia versus szünfiziológia: antitézis vagy komplementer szükségesség, avagy szükség van-e az autököfiziológiára?

A növényököfiziológia két ága valójában ugyanazon ökológiai kérdések két eltérő szerveződési szint szerinti megközelítésének leképződése: az autököfiziológia az organizmus,

az egyedi szervezet élettani és morfológiai adaptációja felől közelítve elemzi az ökológiai problémát, a szünfiziológia pedig a közösség, a szupraindividuum, a társulás és az ökoszisztéma egésze felől közelít.

A környezethez történő alkalmazkodás – összhangban a multiplurális környezetelvel (Juhász-Nagy, 1986) – a molekuláristól a sejt-, szövet-, szervszinten át az egyedig és populációig sokféle szinten bekövetkezhet. Vagyis minden olyan szinten történhet adaptáció, ahol a környezeti tényezők detektálása zajlik és bekövetkezik a válasz a környezeti tényezők változására. Az adaptációban az élettani és molekuláris folyamatokon kívül főként azoknak van komoly szerepük, amelyek genetikailag meghatározottak, de kifejeződésük erősen függ a környezeti tényezőktől. Mivel a növények helyhez kötöttek, számukra a fiziológiai és morfológiai adaptáció különösen fontos. A környezeti tényezők növényvel való kölcsönhatásai alakítják ki az adott növény „fitnessét”, azaz a növekedés és szaporodás képességének a sikerét egy adott időben és térben.

Míndezek tanulmányozása pedig az autököfiziológia tárgykörébe tartozik (Larcher, 2003). Az autököfiziológia tehát nélkülözhetetlen a szupraindividuális fiziológiai működés megértéséhez. Így például növényegyedek reproductív stratégiája, reproductív allokációja egyaránt vizsgálható autökológiai és szünfiziológiai szinten is. Addig, amíg az autökológia mint adaptációs formát elkülönítve vizsgálja a fenti példánál maradva a reproductív allokációt, addig a szünfiziológia rendszerbe (egyedek rendszerébe) ágyazva vizsgálja ugyanezt az allokációs problémát. Előzőeknek messzemenő következményeik vannak a közösségek egészének fiziológiai működésére, nélkülük a szünfiziológiai folyamatok nem érthetők meg teljesen. Épp ezen előzőek miatt mondhatjuk

azt, hogy a növényököfiziológia jellegzetesen olyan ökológiai diszciplína, amely a nagy tér- és időléptékű módszerek mellett a kezdektől alkalmaz biokémiai, biofizikai, sőt molekuláris módszereket is, éppen a szupraindividuális működés megértése érdekében. Hovatovább az ököfiziológia nemcsak molekuláris módszereket használ, hanem az ököfiziológia, az autököfiziológia a molekuláris biológia fejlődését is előmozdíthatja, mivel jól felhasználható bizonyos élettani és morfológiai tulajdonságok alkalmazkodásának vizsgálatában, ami még ráadásul populációgenetikai és az evolúcióbiológiai vonatkozásokkal is bír.

Noha úgy tűnik, a növényököfiziológia szemléletileg ma egyre inkább a szupraindividuális léptékű szünfiziológia irányába halad, mégis módszertanilag az autököfiziológia is mindig megújul, (például stabil izotópok [C, O, N], fluoreszcencia leképezési, stabil izotópok frakcionálódása és diszkriminációja, avagy éppen a molekuláris genetikai módszerek használata révén). Ez persze azért is fontos, mert nem kis számban az autököfiziológia módszertárából fejlődnek ki a szünfiziológiai vizsgálatokra alkalmas metodikák (például szén-dioxid- és vízgőzcsera mérése a növényállomány szintjén) is.

A szünfiziológiának nagy szüksége van az egész egyedek (az egyes egész egyedek) fiziológiájának ismeretére is. Ugyanis a szünfiziológiai válaszok és folyamatok kumulatív jellegűek. A méréstükre szolgáló módszerek/technikák nem tájékoztatnak az alkotó egyedek fiziológiai válaszairól.

Az egész egyedszintű fiziológiai folyamatok területén a továbblépéshez viszont az egész egyedek mérésére alkalmas technikák kifejlesztése szükségeltetik. Ugyanis jelenleg az autököfiziológiai vizsgálatokhoz szükséges műszerek szinte mindegyike laboratóriumi

telepített műszerek hordozhatóvá és így terepi körülmények között használhatóvá tett változatai, melyek éppen „infraindividuális” eredetük miatt jó esetben is legfeljebb egész levél mérését teszik lehetővé, és sajnos még egy kisméretű lágyszárú növény egész egyede sem mérhető meg.

Mindezek következménye, hogy napjainkban a növényegyedek egészének fiziológiájára vonatkozó ismereteink valójában még igen szerények. Ezért amikor egész növényegyed fiziológiájáról (egyed autököfiziológiájáról) beszélünk, azon ma döntően egyed alatti, infraindividuális (levél/hajtás, gyökér, reproduktív szerv stb.) szintű mérésekből származó fiziológiát kell értenünk. Vagyis az egész növényegyedekre vonatkozó fiziológiai ismereteink ma többnyire csupán az egyes szervek válaszáinak az egész egyedre vetített kiterjesztéséből (egyszerű felszorzásából) származnak. Az „egész növényegyed” ököfiziológiai folyamatainak megértését persze sokszor az is hátráltatja, hogy nem világos, mit tekinthetünk egyáltalán egyetlen növényegyednek, például a zombékképző, illetve a klonális növekedésű növények esetében.

Tehát megállapítható, hogy noha a szünfiziológia a szerveződési szintek közül a szupraindividuális (társulásállomány) szintet tünteti ki, annak megismeréséhez és megértéséhez az egyedek fiziológiájának ismeretét sem nélkülözheti. Már csak azért sem, mert a szünfiziológiai jelenségek és mechanizmusok megértéséhez vissza kell nyúlnunk az alatta lévő (autököfiziológiai) szerveződési szinthez.

A szünfiziológia mikro- és makroléptéke

A szünfiziológián belül a megismerés eddig a makroléptékű, vagyis az társulásállománytól a tájlépték szintjéig terjedő – fiziológia területén haladt előre (lásd később). Az aut-

ökofiziológiai és a fenti makrolépték szünfiziológiája közötti – néhány m²-es ún. *mikro*-léptéktartományba eső szünfiziológiai működésről viszont gyakorlatilag a legutóbbi évig nem voltak ismereteink. Pedig ez az a léptéktartomány, ahol a növényközösségekben a legtöbb és leglényegesebb folyamat megy végbe (Bartha, 2004). A szünbiológia jellegeből következően a szünfenetikai és szünfunkcionális, így utóbbin belül a szünfiziológiai folyamatokkal szoros kapcsolatban kell álljanak. Ennek ellenére a szünfenetikai és a szünfiziológiai folyamatok tényleges összekapcsolása, azonos léptékű, párhuzamos vizsgálata mégis szinte máig váratott magára. Ennek oka pedig egyszerűen az említett léptéktartományban végzendő szünfiziológiai vizsgálatok hiánya, ami elsősorban az ezen folyamatok mérésére alkalmas módszerek hiányára vezethető vissza. Kutatásainkkal – többek között – a mikroléptékű növényi szünfiziológia fent hiányolt elméleti kereteit és metodikáját alapoztuk meg. Az elméleti alapozás eredményeként a növényökofiziológia alábbi felosztására teszünk javaslatot (Tuba, közölten anyag; *1. táblázat*):

Az autökofiziológia és makrolépték közötti fiziológia: a mikroléptékű szünfiziológia

Csak a mikrotérléptékű szünfiziológiai vizsgálatokkal adhatók meg a válaszok olyan alapvető fontosságú kérdésekre, mint például:

- létezik-e és ha igen, mekkora a szünfiziológiai minimumarea az egyes növénytársulásoknál?
- van-e összefüggés a cönológiai és a szünfiziológiai minimumarea között?
- befolyásolják-e a domináns és ritka növényfajok, egyáltalán a florisztikai kompozíció a társulásfiziológiai folyamatokat?
- a térben és időben változó cönológiai viszonyok szupraindividuális szinten hogyan befolyásolják a társulásfiziológiai folyamatokat?

A szünfiziológia és ezen belül főként a mikroléptékű szünfiziológia sajátossága, hogy a felsorolt és fel nem sorolt alapkérdésekre a válaszokhoz az ugyanazon léptékű szerkezeti, cönológiai, illetve fajkompozíció, vagyis szimultán szerkezeti ökológiai vizsgálatok is szükségeltetnek (Mooney et al., 1987). Mindezernt a szünfiziológiai szemlélet nemcsak újfajta gondolkodást, de új módszereket is kíván. Így a szünfiziológia fejlődésének is egyik záloga a megfelelő, térben és időben adekvát léptékben dolgozó szünfiziológiai módszerek kifejlesztése. Erre minden olyan módszer/technika megfelelő, amely az egész növényközösség, mint sok faj számos egyedéből álló rendszer energia-, hő-, víz- és egyéb anyagfelvételének, átáramlásának, tárolásának, leadásának, metabolizmusának, növekedésének, fejlődésének, produkciójának stb. *in situ*, többnyire nem destruktív módon történő mérésére alkalmas.

NÖVÉNYÖKOFIZIOLÓGIA



1. táblázat

A makroléptékű, több kilométeres vagy ennél is sokkal nagyobb, már tájléptékű fiziológiai működés vizsgálatára használható technikák eredetileg más tudományágak, így a légkörfizika, repülésirányítás és meteorológia részére lettek kifejlesztve. Bármily furcsa is, de előnyük egyben a hátrányuk is, vagyis hogy csak a legnagyobb térléptékű folyamatok vizsgálatára alkalmasak. Ilyen módszer a vízgőz, hő, CO₂ és egyéb, pl. további üvegházhatású gázok (nitrogén-oxidok, metán) fluxusainak „eddy korrelációval” hosszú időtartamon keresztüli mérése a társulás és a légtér határán (Nagy et al., 2007). Az ismert módszerek tárházát napjainkban egyre inkább kiegészítik a szünfiziológiailag is releváns távérzékelési módszerek (például LAI, NDVI, GIS) és természetesen a modellezés (szimulációs, optimalizációs), amely az előrejelzés lehetőségével már a gyakorlati (például környezetvédelmi, tájökölógiai) alkalmazást is előkészíti.

Amíg az autökofiziológia-léptékű és a makrotérléptékű módszertannál és ismereteknél nagy az előrelépés, a cönológiailag releváns néhány négyzetméteres mikrotérléptékű szünfiziológia vizsgálata módszertanilag napjainkig megoldatlan volt. Elvileg az ezen léptéktartományú társulásfiziológiai folyamatok mérésére is lett volna lehetőség, ez pedig például az ún. „magnövelt kamrás” CO₂ gáz- és H₂O gőzcsere mérési módszer. Ez a módszer a levél mérésére használt kamrák felnagyított változata. Azonban a levélmérésre alkalmas kamrák méretének egyszerű megnövelése (felnagyítása) nem járható út. Ugyanis a nagy űrtartalmú mérőkamrában számtalan (például légáramlástani, hőmérsékletváltozási és hőmérsékletszabályozási, vízgőz-kondenzációs, rövid időtartam alatt használható mérési jel és jelátalakítás stb.) problémát kell megoldani, ráadásul olyanokat, amelyek egyetlen

levél mérésére alkalmas kamrák esetében sem könnyűek. A gondok a kamra méretével pedig hatványozottan növekednek. Az eddigi egyetlen megoldás az általunk kifejlesztett térléptékfüggő hattagú CO₂ gázcsere mérő kamrasorozat (Czóbel et al., 2005).

A gödöllői szünfiziológiai térléptékfüggő kamrasorozat és gyeptársulások CO₂-gázcserejének térbeli léptékfüggése

A kamrasorozat, valamint a kamrás vegetáció és ökoszisztéma CO₂-gázcsere és C-mérleg mérések technikai előkészítése és kidolgozása 1999-ben kezdődött, a rendszeres mérések pedig 2000 őszétől folynak. Az eddig ismeretekhez képest szemléletében és módszertanában is új, a szünfenetikai térléptékű vizsgálatokkal párhuzamos térléptékű szünfiziológiai CO₂ gázcsere mérésére alkalmas technikájú kamrasorozatot fejlesztettünk ki. Az ún. zárt rendszerű IRGA technikával működő hat darab kamra alapterülete logaritmikus skálát követ, 7,5 cm-től 480 cm-es átmérőig. A kamrákkal igen rövid időtartam (pár másodperc) alatt és széles hőmérsékleti tartományban végezhető el a mérések. Ezzel megnyílik az út a szünfenetikai térlépték-tartományú funkcionális, beleértve a szünfiziológiai folyamatok megismeréséhez (lásd Fóti Szilvia és munkatársai tanulmányát jelen számban).

Egy másik, az ökofiziológiába ugyancsak általunk bevezetett módszer a geostatistika alkalmazása. Ennek révén szemivariogramok segítségével – a léptékfüggő kamrasorozattal komplementer kiegészítő módon – vizsgálhatók a növényközösségek szünfiziológiai karakterisztikus léptéktartományai és a fiziológiai minimumareák (erről szintén Fóti Szilvia és munkatársai tanulmánya szól).

A növényi szünfiziológia esete is jól példázta, hogy a rendelkezésre álló módszerek jelle-

ge (más tudományoktól átvett vagy saját volta) mennyire meghatározza egy diszciplína fejlődését, amely nyilvánvalóan csak a saját módszer-tár kialakításával indulhat meg igazán.

Az ökofiziológiai kutatások további legújabb módszerei és irányzatai: Közülük elsőként az ún. szabadtéri kísérletes ökológiai-ökofiziológiai laboratóriumokat említeném (Tuba et al., 1998b) (1. kép). Ezekben a növénytársulások állományaival (Nagy Zoltán és munkatársai tanulmánya) vagy ökoszisztémáikkal, sőt magukkal a tájakkal folynak a kísérletek, vizsgálatok (lásd Pintér Krisztina és munkatársai munkáját). Ezen ökoszisztéma- és táj-laboratóriumokban végzett kutatások igen nagy műszer- és eszközigényű és egyben komoly fenntartási költségekkel járó hosszú távú (ún. *long-term*) kutatások. Azért van szükség *long-term* kutatásokra, mert az ökológiai jelenségeket, de még csupán az interannuális hatásokat (az egyes évek eltérő időjárásainak hatásait) is csak sokéves, évtizedes vizsgálat-sorozatokból ismerhetjük meg. A kísérletekben az abiotikus és biotikus környezeti tényezőket, a növényközösségek, ökoszisztémák diverzitását, fiziognómiai és texturális szerkezetét, lomb- és gyökérarchitektúráját stb., illetve előzőek interakcióját változtatjuk meg.

Az ökofiziológiai alapfolyamatok kutatása mellett napjainkban előtérbe kerültek az éghajlattal és váltoásaival, valamint az ökoszisztémák, tájak használati módjával kapcsolatos kísérletes vizsgálatok is (Campbell et al., 2000), melyek szinterei döntően szintén a szabadtéri kísérletes laboratóriumok. Széles körben vett geográfiai skálán az éghajlat az az állapot tényező, ami leginkább meghatározza az ökoszisztéma-folyamatokat és azok szerkezetét. Az emberi tevékenység pedig gyakorlatilag az összes ökoszisztématulajdonságot és állapotot szabályozó folyamatra egyre na-

gyobb hatással van. Az ipari forradalom óta az emberi tevékenység olyan mértékűvé vált, hogy az egyértelműen megkülönböztethető a többi – nem emberi – hatástól, és ezért különleges figyelmet érdemel. Ezzel kapcsolatos kötetünkben Pintér Krisztina és munkatársai tanulmánya.

Új szemléletű és -keletű kutatás a filogenetikai ökofiziológia (autökofiziológiai szint), amely filogenetikai kontextusban vizsgálja a fiziológiai adaptációkat az extrém élőhelyeken. Ezzel olyan fontos és bonyolult kérdések válaszolhatók meg, mint például a C₄-es fotoszintézisút vagy a N₂-fixáció kialakulásának időszaka és okai. Az ökofiziológia és a filogenetika összekapcsolása új lehetőségeket nyit az organizmus biológiájának és a fiziológiai tulajdonságok evolúciójának kutatásában. Ilyen kutatás a gödöllői kiszáradástűrő növény és vegetáció projekt (inselbergökofiziológia), amely a trópusi virágos poikilohidrikus inselbergvegetáció és fajai extrém kiszáradástűrésének evolúcióját és ökofiziológiai (molekuláristól az ökoszisztémáig) alapjait vizsgálja (Oliver et al., 2000). (Erről szól kötetünkben Tuba Zoltán és munkatársai írása.)



1. kép • A Gödöllői Kísérletes Növényökológiai Szabadföldi Kutatóállomás (Szent István Egyetem MKK Növénytani és Ökofiziológiai Intézet Botanikuskertje) hazánk és egyben Kelet-Európa egyetlen CO₂-expozíciós szabadföldi ökológiai kísérleti laboratóriumával

Korunk legfontosabb gyakorlati kihívása a bioindikáció ökofiziológiai technikáinak kidolgozása táji vagy annál nagyobb tér- és időléptékű ökofiziológiai folyamatok reprezentálására. A Gödöllőn kidolgozott kriptogám transzplantációs ökofiziológiai bioindikációs eljárással a pontszerűtől a tájain és országosan át a kontinens térléptékéig végezhető környezetállapot- (környezetterhelés-) vizsgálatok. Ráadásul maguk az alkalmazott objektumok, a mohapárnák és zuzmótelepek is szupraindividuális közösségek (populációk). Az időbeli nagy térléptéket pedig jól érzékelteti például a retrospektív bioindikációs vizsgálatok akár 100–150 éves múltat is átölelő mértéke, de a recens vizsgálatok több hónapos, féléves, éves időtartama is ezt jelzi. Mohabioindikációs munkánk révén született meg többek között hazánk első nemzeti nehézfém- és szennyezési atlasza (Ötvös et al., 2003). Ez irányú tevékenységünket Csintalan Zsolt és munkatársai tanulmánya mutatja be. Fenti-

ek azt is érzékeltetik, hogy a növényököfiziológiában az alap kutatás és a gyakorlati alkalmazás igen közel van egymáshoz.

Kitüntetett köszönettel tartozom Fekete Gábor akadémikusnak és Bartha Sándor tudományos főmunkatársnak igen értékes és részletes szakmai véleményükért és tanácsaikért. Továbbá a CarboEurope-IP (EU 6 Framework project), OTKA 032568, PL 970518 EU-MEGARICH EU 4. RND keretprogrambeli projekt, EVK2-CT-2002-00105 GREENGRASS (EU 5 Framework project), MTA-GATE (SZIE) Globális Klímaváltozás-Növényzet kutatócsoport 10009, és MTA-SZIE Növényökológiai Kutatócsoport pénzügyi támogatásáért.

Kulcsszavak: *ökofiziológia, autökofiziológia, szünfiziológia, nagy térlépték, ökoszisztéma-szénmetabolizmus, térléptékfüggés, szabadtéri kísérletes ökológiai laboratórium*

IRODALOM

- Bartha Sándor (2004): Paradigmaváltás és módszertani forradalom a vegetáció vizsgálatában. Magyar Tudomány. 110, 12–26.
- Campbell, Bruce D. – Stafford Smith, D. M. – Ash, A. J. et al. (2000): A Synthesis of Recent Global Change Research on Pasture and Rangeland Production: Reduced Uncertainties and Their Management Implications. Agriculture, Ecosystems and Environment. 82, 39–55.
- Czóbel Szilárd – Fóti Sz. – Balogh J. et al. (2005): Chamber Series and Space-Scale Analysis in Grassland Vegetation. A Novel Approach. Photosynthetica. 43, 2, 267–272.
- Fekete Gábor (1998): *A közösségi ökológia frontvonalai*. Scientia, Budapest
- Juhász-Nagy Pál (1986): *Egy operatív ökológia hiánya, szükséglete és feladatai*. Akadémiai, Budapest
- Larcher, Walter (2003): *Physiological Plant Ecology*. 4th ed., Springer, Berlin
- Lösch, Rainer – Larcher, Walter (2000): Entwicklung und Trends der Ökophysiologie im 20. Jahrhundert. Wetter und Leben. 50, 291–336.
- Mooney, H. Allan – Pearcy, R. W. – Ehleringer, J. (1987): **Plant Physiological Ecology Today**. *BioScience*. 37, 1, 18–20.
- Nagy Zoltán – Pintér K. – Czóbel Sz. et al. (2007): The Carbon Budget of a Semiarid Grassland in a Wet and a Dry Year in Hungary. Agriculture, Ecosystems & Environment. 121, 21–29.
- Oliver, Melvin J. – Tuba Z. – Mishler, B. D. (2000): The Evolution of Vegetative of Desiccation Tolerance in Land Plants. *Plant Ecology*. 151, 85–100.
- Ötvös Edit – Pázmándi T. – Tuba Z. (2003): First National Survey of Atmospheric Heavy Metal Deposition in Hungary by Analysing of Mosses. *Science of Total Environment*. 309, 151–160.
- Tuba Zoltán – Csintalan Zs. – Sente K. et al. (1998b): Carbon Gains by Desiccation Tolerant Plants at Elevated CO₂. *Functional Ecology*. 12, 39–44.
- Tuba Zoltán – Csintalan Zs. – Nagy Z. et al. (1998a): Szünfiziológia: alapoó gondolatok és exploratív vizsgálatok egy születő növényökológiai tudományterülethez. In: Fekete Gábor (szerk.): *A közösségi ökológia frontvonalai*. Scientia, Budapest, 171–196.

A NÖVÉNYI KISZÁRADÁSTŰRÉS HOMOIOKLOROFILL ÉS POIKILOKLORO- FILL STRATÉGIÁJA ÉS A TRÓPUSI SZIGETHEGY-ÖKOFIZIOLÓGIA

Tuba Zoltán

DSc, mb. intézetigazgató, egyetemi tanár
Szent István Egyetem Növényteni és Ökofiziológiai Intézet,
MTA–SZIE Növényökológiai Kutatócsoport
tuba.zoltan@mkk.szie.hu

Csintalan Zsolt

PhD, habil. egyetemi docens
SZIE Növényteni és Ökofiziológiai Intézet

Pócs Tamás

az MTA rendes tagja, professor emeritus
Eszterházy Károly Főiskola Növényteni Tanszék

A vegetatív szerveikben kiszáradástűrő (DT), az angolszász irodalomban feltámadónak avagy újraeledőnek is nevezett növények a sejtvíz tartalmuk 90–95 %-ának elvesztését (teljes kiszáradás, amikor is a sejtekből a folyékony vizes fázis eltűnik) és a kiszáradt állapotot rövidebb-hosszabb ideig képesek elviselni és túlélni (Gaff, 1989). A kiszáradt állapotban újra nedvességhez jutva az addig szünetelő vagy minimálisra csökkent anyagcsere-tevékenységük helyreáll, és a növény teljes élete ismét a nem kiszáradástűrő növényekre jellemző aktivitással folyik tovább. Elméleti fontossága mellett a vegetatív növényi kiszáradástűrés nyilvánvaló gyakorlati jelentősége nem szorulhat magyarázatra. A kiszáradástűrés minőségileg különbözik a nem kiszáradástűrő növények szárazságtűrésnek nevezett tulajdonságától.

A mohák széles körben elterjedt kiszáradástűrése alapján valószínűsíthető, hogy a vege-

tatív kiszáradástűrés a szárazföldre került ősi poikilohidrikus növények alapvető tulajdonsága volt, melynek meghatározó szerepe kellett legyen a tengeri és az édesvízi eredetű primitív növények szárazföldi elterjedésében. A ősi poikilohidrikus növények vízszállításának fokozatos internalizálódása eredményeként létrejött homoiohidrikus jelleg kifejlődése révén a száraz növények a törzsfajlás során fokozatosan elveszítették vegetatív szöveteik kiszáradástűrő képességét (Oliver et al., 2000). A vegetatív kiszáradástűrést biztosító gének azonban részt vettek a reproduktív propagulumok kiszáradástűrésének biztosításában is, ami a vegetatív kiszáradástűrés ősi formájából fejlődött ki. Ezt követően a szélsőségesen száraz élőhelyek növényeiben a vegetatív szövetekben a kiszáradástűrés újra kifejlődött, mégpedig a magvaik fejlődésébe „programozott” kiszáradástűrés mechanizmusból. Az edényes növényekben a vegetatív szövetek

kiszáradástűrésének reevolúciója számos alkalommal következett be. Így a zárvatermők között a kiszáradástűrésnek legalább nyolc független reevolúciója figyelhető meg. Mindezek eredményeként a vegetatív kiszáradástűrés ma is megmaradt a virágtalan szárazföldi növények (cyanobaktériumok, zuzmók, mohák) körében, és ma is ismert az edényes növények között is, bár előfordulása rendszerint egyenlőtlen. Az edényes növények között jelenleg mintegy 350 kiszáradástűrő fajt ismerünk (Proctor – Tuba, 2002). A kiszáradástűrő edényes növények között az egyszikűek (négy család) és a harasztok létszámban felülmúlják a kétszikűeket, kiszáradástűrő nyitvatermőt pedig egyet sem ismerünk. Az egyszikű *Velloziaceae* család az összes többinél több (200 fölötti) kiszáradástűrő fajt foglal magába. A kiszáradástűrő fajok száma az ugyancsak egyszikű *Cyperaceae* és *Poaceae* családban kevesebb, ám egyes *Cyperaceae* fajok uralkodóvá váltak a kiszáradástűrők élőhelyein. Az edényes DT-növények széles körben elterjedtek az egész világ trópusi szigethegyein, ahol a Paleotrópuson, Kelet- és Nyugat-Afrikában és Madagaszkáron a *Poaceae*, *Cyperaceae* és *Velloziaceae* családok dominálnak, míg Ausztráliában elsősorban a tág értelemben vett liliomfélék körében fordulnak elő. A kétszikűeknél azok öt családjában fordulnak elő kiszáradástűrők. Azonban feltehető, hogy a legtöbb edényes és virágos növény spórája és pollenje/magja kiszáradástűrő, ezért a kiszáradástűrés nagy valószínűséggel általánosnak tekinthető az edényes növények világában. (Kivétel: számos trópusi esőerdei növény magjai.) A kiszáradástűrő növények kivétel nélkül poikilohidrikus vízgazdálkodásúak. Elméleti biológiai és ökológiai fontossága mellett a vegetatív kiszáradástűrés gyakorlati jelentősége sem szorul magyarázatra.

A DT-növények számos ökoszisztéma meghatározó alkotórészei a trópusoktól a sarkkörig, ezért ezen ökoszisztémák működését és jellegét nagymértékben befolyásolják. Így a földi vegetáció sajátosságainak és változásainak megismeréséhez nélkülözhetetlen a DT-növények, vegetációik és ökoszisztémáik kutatása.

A kiszáradástűrésben nagyszámú biokémiai és élettani mechanizmus és mintegy 800–3000 közötti gén vesz részt (Proctor – Tuba, 2002; Hartung et al., 1998). Ennek ellenére a kiszáradás és újranedvesedés során még a kiszáradástűrő növényekben is jelentős sérülések, károsodások léphetnek fel. A kiszáradás egyik fő veszélye a reaktív oxigéngyökök képződésével járó oxidatív folyamatok felerősödése (Smirnoff, 1993). Az oxidatív folyamatok fény jelenlétében csak tovább erősödnek, amit ráadásul a kiszáradás során egyre csökkenő fotoszintetikus fényenergia-hasznosítás még jelentősen tovább fokoz.

A homoioklorofill és poikiloklorofill kiszáradástűrési stratégiák

A kiszáradástűrő növényeket a kiszáradás és újraéledés során legsérülékenyebb és legveszélyeztetettebb szerkezet, a fotoszintetikus rendszer viselkedése alapján is osztályozni lehet, ami evolúciós szempontból is kiemelten jelentős (Tuba et al., 1998; Oliver et al., 2000). Azokat a kiszáradástűrő növényeket, melyek a kiszáradás és a kiszáradt állapot ideje alatt megőrzik fotoszintetikus rendszerüket és így klorofilltartalmukat is, ún. *homoioklorofill* kiszáradástűrőknek (HDT-knek) nevezzük. Ezzel szemben a vegetatív edényes kiszáradástűrő növények egy része, az ún. *poikiloklorofill* kiszáradástűrők (PDT-k) a kiszáradás során lebontják kloroplasztiszaik belső szerkezetét, és ezzel együtt elvesztik teljes klorofilltartalmu-

kat is, majd az újranedvesedést követően újra felépítik fotoszintetikus rendszerüket.

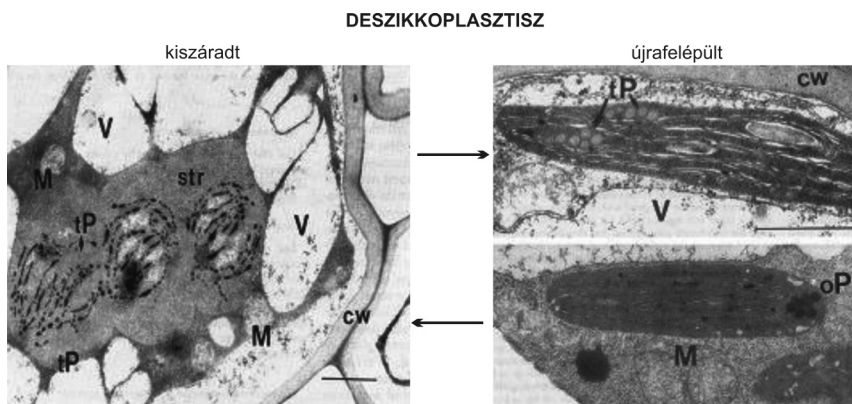
A fentebb már tárgyalt, a gyors kiszáradást toleráló növények vagy sejntegritás-megőrzési vagy sejntegritás-helyreállítási stratégiájuk, és egyikük sem módosult kiszáradástűrő, ugyanakkor valamennyiük homoioklorofill. Ezért valamennyi sejntegritás-megőrzési és sejntegritás-helyreállítási stratégiájú növény egyben homoioklorofill kiszáradástűrési stratégiájú is.

A poikiloklorofill kiszáradástűrési stratégiáról

Az Ivan M. Vassiljev által még 1931-ben leírt ún. poikiloklorofillia jelenség elnevezése David J. Hamblertől (1961) származik. A poikiloklorofilliát sokáig néhány kiszáradástűrő növény érdekes sajátosságának tartották (Gaff, 1989). Csak nem oly rég ismertük fel és írtuk le, hogy egy új növényi kiszáradástűrési stratégiáról van szó (Tuba et al. 1994, 1998). A poikiloklorofill kiszáradástűrési stratégia nem a két ősből sejntegritás-megőrzési, illetve sejntegritás-helyreállítási stra-

tégiára épül. Eszköztára a legveszélyeztetetebb kloroplasztiszon belüli szerkezet kiszáradás alatti lebontása és az újraéledés alatti gyors újrafelépítése (Tuba et al., 1994). A stratégia alapját képező lebontás–felépítés mechanizmusa az általunk csak nemrég leírt szintestire, az ún. deszikkoplasztiszra épülnek (Tuba et al., 1993).

A deszikkoplasztisz időben kompartmentalizált kloroplasztisz dimorfizmus, amely deszikkoplasztisz fotoszintézisre alkalmas szerkezetét elvesztett, gerontoplasztiszhoz hasonló intrakloroplasztisz szerkezetű, de reverzibilisen újrazöldülésre és belső szerkezetének újrafelépítésére képes plasztiszforma (1. ábra). Ez pedig minden más plasztiszformától megkülönböztető tulajdonsága. Az irányított/programozott intrakloroplasztisz szerkezet lebontásához és újrafelépítéséhez a szöveti vízviszonyok kiszáradás és újranedvesedés alatti változása a kiváltó jel. A *X. scabrída* – és más PDT-növények – kiszáradt leveleiben található deszikkoplasztiszok tilakoidokat egyáltalán nem tartalmaznak, bennük



1. ábra • A poikiloklorofill kiszáradástűrő *Xerophyta scabrída* időben kompartmentalizált kloroplasztisz dimorfizmusa: a kiszáradt állapotbeli deszikkoplasztisz és a belső szerkezetében újrafelépült fotoszintetikus működésre kész kloroplasztisz. Jelmagyarázat: V: vakuolum, tP: átlátszó plastoglobulus, oP: ozmiofil plazmoglobulus, cw: sejtfal, M: mitokondrium, str: sztroma

a korábbi gránum és sztróma tilakoidok helyein csupán ozmiofil lipid anyagokat, illetve átlátszó plasztoglobulusokat találunk.

A deszikkoplasztiszra épülő poikiloklorofill kiszáradástűrési stratégiájú növények kiszáradása és újraéledése a modellnövény Xerophyta scabrida példáján (Tuba et al., 1994, 1995)

A nettó CO₂-asszimiláció a kiszáradás kezdetétől meredeken csökken és a kiszáradási időtartam 1/5–1/4-nél szűnik meg. A PDT *X. scabrida* levelek kiszáradásának időtartama két nagyságrenddel hosszabb, mint a poikilohidrikus kriptogám homoiochlorophyllous DT-k (HDT), és egy nagyságrenddel hosszabb, mint az edényes HDT-k lassú kiszáradása. A *X. scabrida* levelek klorofilljának és tilakoidjainak kiszáradás alatti lebomlásához egészen a kiszáradás végéig tartó – és jóval -3,2 MPa-nál kisebb levélvízpotenciál mellett is folytatózó –, a kiszáradás egészét végigkísérő hosszú időtartamú ún. kiszáradási légzés társul. Szerepe többek között a fotoszintetikus szerkezet lebontásában és a kloroplasztiszok deszikkoplasztiszokká való átalakításában van. Kiszáradása során élőhelyén a *X. scabrida* klorofilltartalmát teljesen, karotinoidtartalmának pedig kétharmadát elveszíti. A karotinoidok a dezorganizálódnak, teljesen tilakoid nélküli kloroplasztiszok, a deszikkoplasztiszok ozmiofil plasztoglobulusaiban raktározódnak. Ilyenkor a levelek makroszkóposan csaknem fekete színűekké válnak, harántirányban összehúzódognak vagy összesodródognak.

A PDT *X. scabrida* kiszáradt, légszáraz levelei újraéledési és fotoszintetikus újranelépülési képességüket évek múltán is megőrzik. A légszáraz, kiszáradásuk során klorofilltartalmukat, belső kloroplasztisz szerkezetüket, belső membránrendszerüket és fotoszintetizáló

képességüket teljesen elvesztett *X. scabrida* levelek anabiotikus állapota újranelvedés hatására megszűnik, és 72 óra alatt teljesen újra felépülnek. Ezen időpontra fotoszintetikus rendszerük újra felépül (klorofilltartalmuk reszintetizálódik, a tilakoidok nélküli deszikkoplasztiszokból normális szerkezetű kloroplasztiszok képződnek), és ismét teljes fotoszintetikus és egyben anyagcsere-aktivitásúvá válnak. Külsőleg ezt a folyamatot a levelek kiterülésén kívül narancssárga, citromsárga, majd fokozatosan élénkzöld színűre változása jelzi. Hasonló külső színváltozás („fordított őszi lombzínéződés”) figyelhető meg sok más poikiloklorofill kiszáradástűrési stratégiájú növényenél újraéledésük során, például *Borya (Liliaceae)* vagy *Coleochloa (Cyperaceae)* fajoknál.

A légzési folyamatok működése még a turgor visszaállása előtt (az újranelvedést követő első hat óra során) megindul. A PDT *X. scabridánál* az újranelvedési légzés a HDT-növények természetes körülmények közötti újranelvedési légzéséhez képest hat-tízszer hosszabb időtartamú. Ez az intenzív légzés kell biztosítsa a fotoszintetikus rendszer teljes újranelépülésének energia- és metabolizsükségletét.

A tilakoidoknak, a CO₂-asszimilációnak és a sztomatikus konduktációnak az újranelépése, illetve helyreállása összehangoltan, ugyanazon időpontban (72. óra) fejeződik be. Az újranelépült fotoszintézis rendszerű *X. scabrida* levelek nettó CO₂-asszimilációs rátája a C₃-as növények átlagát közelítő tartományba esik.

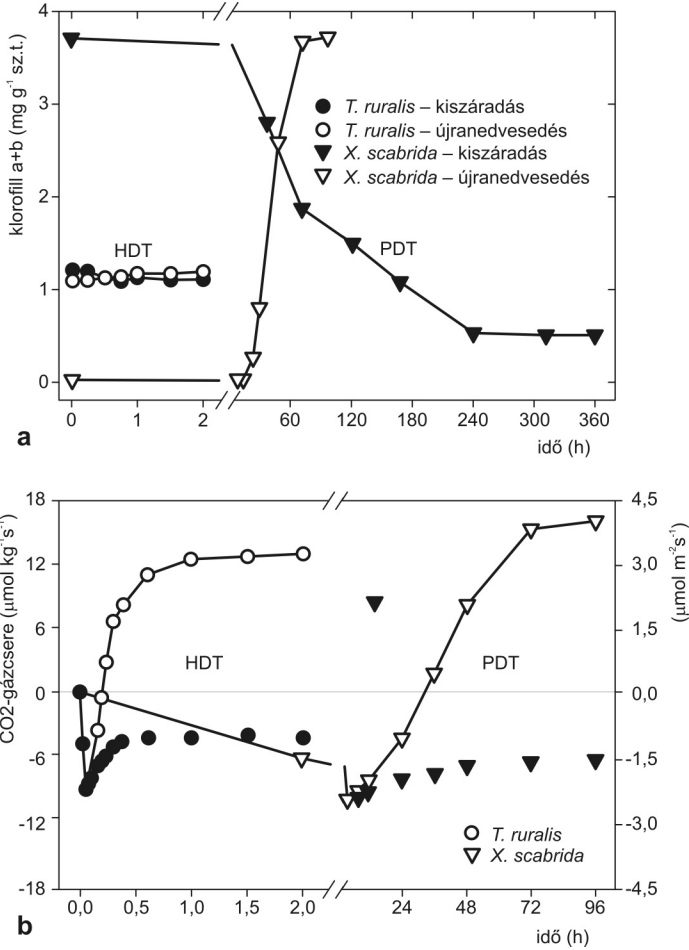
A homoiochlorofill és poikiloklorofill kiszáradástűrési stratégiák ökológiai vonatkozásai (2a. és 2b. ábra)

A PDT-k és HDT-k közötti lényeges különbség, hogy az utóbbiaknál a CO₂-asszimiláció

kiszáradás alatti csökkenése, majd megszűnése változatlan klorofiltartalom és fotoszintetikus szerkezet mellett következik be, és az csak a szöveti vízvesztés miatti inaktíválódás következménye. Ezzel szemben a PDT *X. scabrida*-nál a klorofilok és a tilakoidok lebom-

lanak, melyeknek a következő újranedvesedés /újraéledés során újra fel kell épülniük.

A HDT mechanizmus olyan élőhelyeken jelent előnyt, ahol a kiszáradt állapotok rövid időtartamúak, és a rövid kiszáradt és újranedvesedett állapotok váltakoznak egymással,



2. ábra • a.) Homoio- és poikilohidrikus kiszáradástűrő (HDT, illetve PDT) növények klorofil a + b tartalmának újranedvesedés és kiszáradás alatti változása; b.) fényteltettségi (üres szimbólumok), valamint sötétben mért (telt szimbólumok) nettó CO₂-gázcsere (pozitív értékek: nettó CO₂-asszimiláció, negatív értékek: légzés) intenzitásának változása a légszáraz állapotból az újranedvesedett és újrafelépült, fotoszintetikusan aktív állapot eléréséig. Modellnövények: HDT ektohidrikus *Tortula ruralis* lombosmoha és a *Xerophyta scabrida* egyszikű (*Velloziaceae*) trópusi afrikai szigethegyi faj

ezért a HDT-k élőhelyén a kiszáradt időszakok hossza rövid.

Ezért a PDT-k, így a *X. scabrida* élőhelyén a hosszú, féléves vagy hét–tíz-/tizenegy hónapos kiszáradt állapot alatt a HDT-jelleg már nem megfelelő stratégia. Sokkal előnyösebb a nagyon kényes fotoszintetikus szerkezetet a kiszáradás alatt lebontani és az esős évszak kezdetén újrafelépíteni, mint megőrizni és lassú helyreállítás során javíthatni. A meglévő kiszáradt levelek fotoszintetikus rendszerének újrafelépülése lényegesen gyorsabb és eredményesebb mód a növény (évelő) egésze szempontjából a növekedés megkezdésére, mint új levelek kifejlesztése. Ráadásul erre a működőképes járulékos gyökérrendszer hiánya miatt nem is lenne lehetőség.

A poikiloklorofill stratégiájú kiszáradástűrő növények élőhelye, előfordulási gyakorisága, globális jelentősége

Ez a növényi kiszáradástűrés egy új, evolúciónálisan külön fejlődött stratégia (Tuba et al., 1994, 1998; Oliver et al., 2000, Proctor – Tuba, 2002), ami kizárólag trópusi egyszikű növények között fordul elő. Ezen poikiloklorofill kiszáradástűrési stratégia teszi csak lehetővé az ilyen növények élőhelyein, a szigethegyeken, a sok hónapos kiszáradt állapot elviselését. A poikiloklorofill növények jelenleg az egyszikűek négy családjának (*Cyperaceae*, *Liliaceae*, *Poaceae*, *Velloziaceae*) nyolc nemzetségében ismertek (Proctor – Tuba, 2002). Néhány példa: a *Cyperaceae* családból az *Afrotrilepis pilosa* (Boeck.) J. Raynal, a *Liliaceae* családból a *Borya nitida* Labill., a *Poaceae* családból a *Sporobolus stapfianus* Gandoger, a *Velloziaceae* családból a *Xerophyta scabrida*, a *X. villosa*, *X. humilis* és a *X. viscosa*. Saját kutatásaink szerint – terepmunka, továbbá direkt és indirekt bizonyítékok alapján – a PDT-fajok száma jelenleg

252, azonban eddig nem ismert fajok is gazdagítják ezt a számot (közöletlen adataink).

A PDT *Cyperaceae*-k és *Poaceae*-k nagy kiterjedésű területeket borítanak. Például a nyugat-afrikai *Afrotrilepis pilosával* Szenegáltól délkeletre Gabonig találkozhatunk, több mint 3500 km-en keresztül. Ebben a régióban az *Afrotrilepis pilosa* majd minden szigethegyen előfordul egy bizonyos magasság felett.

Az Östrópusok (Paleotrópusok), azaz Kelet- és Dél-Afrika és Madagaszkár a PDT-növények fejlődésének központjai. Itt a *Velloziaceae*, *Poaceae* és *Cyperaceae* családok dominálnak, számos fajjal. Valamennyi trópusi szigethegyet tekintve pedig a *Poaceae* családba tartozó kiszáradástűrő fajok fordulnak elő a legnagyobb gyakorisággal.

A PDT-fajok kizárólagosan csak a trópusi szigethegyeken élnek, ráadásul ezeken az élőhelyeken globálisan jelentős területeket borítanak szintén globálisan jelentős mennyiségű biomasszával. Ezen szempontból nem is az egyes PDT-fajok, hanem a teljes PDT-növénytársulások a lényegesek, mely társulások itt dominánsak (Pócs, 1976). Előzetes kutatásaink alapján a trópusi szigethegyek teljes növényi biomasszája a mérsékelt övi gyepek biomasszájához hasonló mennyiségű. A hosszú kiszáradt állapot ellenére a jelentős, sőt földi léptékben sem elhanyagolható nagyságrendű növényi szárazanyag-mennyiség előállítása épül a deszikkoplasztizsra. A szigethegyi PDT-társulások növényi biomassza adatai 620/880– 1,790/2,3210 g, sz.a.m⁻² tartományba esnek (saját közöletlen adataink). Tehát globális léptékben is jelentős C- és N-raktárakról van szó, s a rájuk vonatkozó ismeretek nélkül nem érthető meg a földi globális C- és N-körforgalom sem. Ráadásul a kiszáradástűrő edényes HDT-növények több mint 90 százaléka is a trópusokon él.

A trópusi és részben a szubtrópusi szigethegyek a DT-növények és vegetációik izolált evolúciós gócpontjai, amelyek egyben a növényi kiszáradástűrési taxonómiai és funkcionális sokféleségének (diverzitásának) kulcs-ökoszisztémái is. A szigethegyek prekambriumi gránit és a gneisz sziklakiemelkedések, melyek a geológiailag ősi kristályos szárazföldi pajzsokon fordulnak elő, és különösen gyakoriak a trópusokon (Porembski – Barthlott, 2000). Szikláit nem vagy csak csekély részben és akkor is igen vékonyan borítja talaj. A szigethegyekre a rendkívül „kemény” és az élőlények által az elviselhetőség határát is átlépő extrém edafikus és mikroklímatis körülmények jellemzőek.

Szigethegy-ökológia és -ökoфизиология

A szigetek ökológiai jelentősége (evolúció, fajképződés) Darwin és Wallace munkássága óta jól ismert, ezen ismeretek azonban az óceáni/tengeri szigetekre vonatkoznak. Előzőektől a szárazföldi szigetek, a szigethegyek lényegesen különböznek. Az egyik fő szempont, hogy míg az óceániak az ember által erősen befolyásolt ökoszisztémák, addig a teresztris szigetek a legkevésbé érintett ökoszisztémák helyszínei. További lényeges sajátosság, hogy mivel a szigethegyek és ökoszisztémáik azonos (gránit, gneisz, homokkő) szubsztráton, de földrajzilag nagyon különböző helyeken fordulnak elő, ezért a legkiválóbb objektumai lehetnek az összehasonlító ökológiai diverzitás, fragmentálódási, globális környezeti hatás és invázió kutatásának. Mégis a szigethegyek globális jelentőségének felismerése az ökológiai kutatásokban csak napjainkra esik, jóllehet ezek Alexander von Humboldt érdeklődését már 1819-ben felkeltették.

Láttuk azonban, hogy a trópusi szigethegyek a növényi kiszáradástűrési evolúciós

központjai is. A szigethegyekre azonban nemcsak a kiszáradást indukáló vízhiány, hanem a vízzel való elárasztás (az esős évszakban), a szélsőséges tápanyaghiány (pl. N- és P-hiány) is jellemző. Ezért a csapadékosabb trópusok szigethegyein a különösen erős tápanyagkilugzás miatt jellemző a „rovarevő” növények (*Nepenthes*, *Drosera*, *Helicophyllum* és más nemzetségek fajainak) tömeges megjelenése.

A sugárzási viszonyok is eltérnek a szigethegyek környezetétől: szélsőségesen magas (nappal) és alacsony hőmérsékleti stressz (éjjel), a rendkívül erős látható és UV-B fénystressz és főként előzőek interakciója is jellemző.

Ezért a szigethegyek nemcsak a virágos poikilohidrikus és kiszáradástűrő növényi fajképződés, hanem feltehetően: a növényi szerkezeti, működési (anatómiai, élettani, biokémiai, megporzási), növekedési-formai fejlődés és diverzitás helyszínei is. A szigethegy-ökoфизиология tárgya ezen fentiek tanulmányozása a faj/egyed szinttől a társulásállomány- és ökoszisztéma-szintig. Fontosnak tartjuk, hogy a szigethegy-ökoфизиológiát sikerült útjára indítanunk.

Az inselbeg-növényekre vonatkozó új ismereteink még a növénytan olyan hagyományos területeit is újraírhatják, mint a morfológia és az anatómia, nem is beszélve a növekedési és működési területekről. Ráadásul számos, kimondottan speciálisan szigethegy növény alapvető sajátossága (például edényes növényeik poikilohidrikussága) szintén alig tanulmányozott és ismert, ugyanakkor ezen tulajdonságok megismerése igen közel vihet a homiohidrikus növények vízzállítási és víztárolási folyamatainak és ezen folyamatok evolúciójának jobb megismeréséhez.

A kiszáradástolerancia molekuláris hátterének megismerését célzó kutatások nélkülözhetetlenek a mezőgazdasági gyakorlat számá-

ra is. Ugyanakkor a növekvő érdeklődés ellenére viszonylag kevés információ áll rendelkezésre a kiszáradástűrés molekuláris biológiájáról (inkluzív genetikájáról), és szinte semmit nem ismerünk anatómiájukról, élettanukról (pl. vízgazdálkodásukról), *in situ* egyed- és állományökológiai viselkedésükről, ökoszisztémáik szerkezetéről, működéséről.

Kulcsszavak: *deszikkoplasztisz, homoioklorofil, kiszáradástűrés stratégia, poikiloklorofil, trópusi szigethegyek*

IRODALOM

Gaff, Donad F. (1989): Responses of Desiccation Tolerant Resurrection Plants to Water Stress. In: Kreeb, K. H. – Richter, H. – Hinckley, T. M. (eds.): *Structural and Functional Responses to Environmental Stresses: Water Shortages*. SPB Academic Publishing, The Hague, 264–311.

Hambler, David J. (1961): A Poikilohydrous, Poikilochlorophyllous Angiosperm from Africa. *Nature*. 191, 1415–1416.

Hartung, Wolfram – Shiller, P. – Dietz, K. J. (1998): Physiology of Poikilohydric Plants. *Progress in Botany*. 59, 299–327.

Kappen, Ludger – Valladares, Fernando (1999): Opportunistic Growth and Desiccation Tolerance: The Ecological Success of Poikilohydrous Autotrophs. In: Pugnaire, Francisco I. – Valladares, Fernando (eds.): *Handbook of Functional Plant Ecology*. 9–80.

Oliver, Melvin J. – Tuba Z. – Mishler, B. D. (2000): The Evolution of Vegetative Desiccation Tolerance in Land Plants. *Plant Ecology*. 151, 85–100.

Pócs Tamás (1976): Vegetation Mapping in the Uluguru Mountains (Tanzania, East Africa). *Boissiera*. 24b, 477–498.

Porembski, Stefan – Bartlott, Wilhelm (2000): Granitic and Gneissic Outcrops (Inselbergs) As Centers of Diversity for Desiccation-Tolerant Vascular Plants. *Plant Ecology*. 151, 19–28.

Proctor, Michael C. F. – Tuba Zoltán (2002): Poikilohydry Or Homoihydric: Antithesis Or Spectrum

Szerzők ezúton fejezik ki köszönetüket a CarboEurope-IP (EU 6 Framework project), MTA–INSA indiai–magyar, MTA–BAS bolgár–magyar, MTA–CSIC spanyol–magyar bilaterális együttműködési projektek, TÉT W/28/99 amerikai–magyar, TÉT DAK-9/98 és TÉT DAK 2002 – dél-afrikai–magyar tudományos és technológiai kormányközi projektek, MÖB–DAAD 2602/2001 német–magyar kutatási projekt, valamint az MTA–SZIE Növényökológiai Kutatócsoport pénzügyi támogatásáért.

of Possibilities. *Tansley Review. New Phytologist*. 156, 327–349.

Smirnov, Nick (1993): The Role of Active Oxygen in the Response of Plants to Water Deficit and Desiccation. *New Phytologist*. 125, 27–58.

Tuba Zoltán – Lichtenthaler H. K. – Csintalan Zs. et al. (1994): Reconstitution of Chlorophylls and Photosynthetic CO₂ Assimilation upon Rehydration of the Desiccated Poikilochlorophyllous Plant Xerophyta Scabrida (Pax) Th. Dur. et Schinz. *Planta*. 192, 414–420.

Tuba Zoltán – Lichtenthaler H. K. – Maróti I. – Csintalan Zs. (1993): Resynthesis of Thylakoids and Functional Chloroplasts in the Desiccated Leaves of the Poikilochlorophyllous Plant Xerophyta Scabrida upon Rehydration. *Journal of Plant Physiology*. 142, 742–748.

Tuba Zoltán – Proctor, M. C. F. – Csintalan Zs. (1998): Ecophysiological Responses of Homoiochlorophyllous and Poikilochlorophyllous Desiccation Tolerant Plants: A Comparison and An Ecological Perspective. *Plant Growth Regulation*. 24, 211–217.

Tuba Zoltán – Lichtenthaler H. K. – Csintalan Zs. et al. (1995): Loss of Chlorophylls, Cessation of Photosynthetic CO₂ Assimilation and Respiration in the Poikilochlorophyllous Plant *Xerophyta Scabrida*. *Physiologia Plantarum*. 96, 383–388.

Vassiljev, Ivan M. (1931): Über den Wasserhaushalt Von Pflanzen der Sandwüste im Südöstliche Kara-Kum. *Planta*. 14, 225–309.

GYEPVEGETÁCIÓ AKKLIMATIZÁCIÓJA EMELT LÉGKÖRI SZÉN-DIOXID- KONCENTRÁCIÓHOZ: HOSSZÚ IDŐTARTAMÚ KÍSÉRLETEK EREDMÉNYEI

Nagy Zoltán

kandidátus, PhD, habil. egyetemi docens,
Szent István Egyetem
Növényteni és Ökofiziológiai Intézet
Nagy.Zoltan@mkk.szie.hu

Szente Kálmán

kandidátus
Magyar Vállalkozásfejlesztési KHT.

Tuba Zoltán

DSc., mb. intézetigazgató, egyetemi tanár
SZIE Növényteni és Ökofiziológiai Intézet
MTA-SZIE Növényökológiai Kutatócsoport

A jelenlegi 380 ppm körüli légköri CO₂-koncentráció század végére várható jelentős növekedése még a CO₂-kibocsátási nemzetközi egyezmények betartása esetén is várható. A globális klímaváltozás egyik antropogén okaként megjelölt, emelkedő CO₂-koncentráció azonban nemcsak az üvegházhatás révén befolyásolja a klímát, hanem a szárazföldi vegetáció megváltozó működése miatt is (Tuba *et al.*, 2003). Itt elsősorban a növényzet csökkent párologtatására kell gondolnunk, amit a magasabb CO₂-koncentráció a növényi gázcsere nyílások vezetőképességének (a sztóma nyitottsági fokának) csökkentése révén fejt ki. Ennek egyenes következménye, hogy a levelek felszíni hőmérséklete megemelkedik, illetve hogy a növényzettel fedett felszínnek esetében az energiamérlegben a szenzibilis hőáramra jutó hányad nagyobb

lesz. A probléma (a globális klímaváltozás és a növényzet kapcsolatát tekintve) összetettségére jellemző, hogy a vegetáció fentebb említett csökkent párologtatásának jelentős szerep jut abban, hogy a folyók tengerekbe történő vízzállítása az utóbbi évtizedekben erősen megnövekedett (Gedney *et al.*, 2006). Magyarországon a nyári csapadék nagyrészt záporok és zivatarok formájában hullik le, amelyek kialakulásában a felemelkedő levegő vízgőztartalma fontos szerepet játszik. Ha a levegő vízgőztartalma – a vegetáció emelt szén-dioxid-szint miatti csökkentett, „leszabályozott” vezetőképessége és párologtatása miatt – csökken, akkor a záporok és zivatarok kialakulásának esélye is csökken (Horváth, 2005), ami a nyári aszályok, hőség hullámok előfordulásának valószínűségét növeli. A 2003-as év nyarának súlyos aszályát részben

a téli csapadék elmaradása és az ennek következményeként csökkent felszíni párologtatás okozta (Nagy et al., 2007). Bár ez utóbbi esemény nem köthető közvetlenül az emelkedő légköri CO_2 -koncentrációhoz, a hatás – az aszály kialakulása – hasonló, függetlenül attól, hogy a vegetáció csökkentett párologtatását a téli csapadék hiánya, vagy a magasabb légköri CO_2 -szint okozza. A CO_2 ugyanakkor a növények növekedésének „alapanyaga” is, és mint ilyen, számos, a növények anyagcseréjét, így termésmennyiségét és annak összetételét közvetlenül befolyásoló élettani folyamatra is hatással van (Tuba, 2005). A sztóma-vezetőképesség már említett csökkenése nem csak a párologtatásra, hanem a növények CO_2 -asszimilációjára is hatással van (Sage et al., 1989; Tuba et al., 1996; Nagy et al., 1997). Ez a hatás azonban kettős: egyrészt csökkentő (a gázcsereenyítlások kisebb vezetőképessége miatt), másrészt pedig pozitív, elsődlegesen a CO_2 -megkötés enzimjének, a rubiscónak a serkentése miatt. Ehhez kapcsolódik, hogy kisebb enzimmennyiség és/vagy aktivitás is elegendő a fotoszintézis sebességének fenntartásához, és a fotoszintetizáló szövetek nitrogénkoncentrációja – a csökkent rubiscotartalom következtében – emiatt sok esetben csökken. Mindez maga után vonja, hogy emelt CO_2 -koncentráció alatt a növekedés nitrogénigénye csökkenhet. A termesztett növények hozamára, produkciójára az emelt légköri CO_2 -szint általában pozitív hatással van (Rogers et al., 1983). A megtermelt szénhidrát-mennyiséget azonban fel is kell „használni”, például a raktározó szerepű növényi szövetekben, ellenkező esetben ugyanis a megnövekedett oldható cukortartalom negatív visszacsatolással csökkenti a fotoszintézis sebességét (Azcon-Bieto, 1983). Emiatt a megnövekedett légköri CO_2 -szint

elsődlegesen azokra a növényfajokra lehet pozitív hatással, amelyek a fotoszintézis megnövekedett sebességét a raktározó szövetekbe történő transzporttal képesek hasznosítani. A levélfelület-indexre gyakorolt hatás sem egyértelmű, ugyanis nő a levelek vastagsága (a specifikus levéltömeg), a levelek felülete így hasonló vagy akár megnövekedett levéltömeg mellett is változatlan maradhat vagy csökkenhet. A növények egyedi válasza az emelkedő légköri CO_2 -koncentrációra tehát összetettek, függenek az adott növényfaj alaktani és élettani sajátosságaitól is. A válaszok megismerését és a predikciót nehezíti, hogy a fajok többsége rövidebb-hosszabb kezelési időtartam után akklimatizálódik a megemelt CO_2 -szinthez (Makino, 1994; Nagy et al., 1997), amely válasz részben a már fent említett fotoszintézis-leszabályozásból, részben alaktani, allometriai módosulásokból áll, de – a növényi állomány szintjén – megváltoznak a vegetáció elsődleges funkcióit – anyag- és energiaforgalmát – a környezeti tényezők (források) függvényében leíró kapcsolatok is. Többfajú növényállományokban az állomány hozamára gyakorolt hatás összességében (az állomány egészére nézve) semleges vagy negatív is lehet (Amthor, 1995). Ilyen többfajú növényállományok alkotják a legeltetéssel vagy kaszálással hasznosított gyepek többségét is.

A gyepvegetáció részaránya a teresztis vegetációban meghaladja az egyharmadot, ezért mind a klímavédelem, mind a hasznosítás szempontjából fontos, hogy ismerjük a gyepvegetáció-típusok emelkedő légköri CO_2 -koncentrációra adott, várható válaszait. A gyepek jelentősége a fás vegetációval borított területek zsugorodásával várhatóan emelkedik. Ennek ellenére, amíg az erdei ökoszisztémák C-tároló szerepéről és kapacitásáról tekintélyes mennyiségű információ áll rendelkezésre,

kezésre, a gyepek vonatkozásában ez nem mondható el. Egyáltalán nagyon kevés ismeretünk van a gyepek működéséről, globális C-körforgalomban betöltött szerepéről, azok hosszú időtartamú emelt CO₂-koncentrációra adott válaszairól. Pedig a gyepekoszisztémák az erdőökoszisztémáktól lényeges eltérő tulajdonságokkal bírnak. Ilyen például az, hogy amíg az erdőkben a szén felhalmozódása főképp a föld feletti, addig a gyepekben az a föld alatti biomassza formájában történik.

A kutatás célja az emelkedő légköri CO₂-koncentráció hosszú távú növényökológiai hatásainak megismerése egy jellegzetes Kárpát-medencei (homokpusztagyep) és egy kelet-európai gyepevetáció (lőszpusztagyep) példáján. A vizsgálatok a vegetáció szerkezetének, illetve a vegetáció és növények fiziológiájának, produkciójának és ökofiziológiájának a vizsgálatára terjedtek ki. A munka a GATE (SZIE) Növénytani és Ökofiziológiai Intézete korábban EU-pályázati pénzügyi forrásokból felépített és működtetett „Globális klímaváltozás és növényzet” EU *long-term* kísérletes ökológiai kutatóállomásán (EU-programok és GCTE tagja) biztosított feltételekkel folyt.

Az expozíciós technika

A növények emelt légköri CO₂-szint alatti neveléséhez felül nyitott tetejű, műanyag falú, 1,28 m átmérőjű, 1 m magasságú kamrákat (OTC), illetve a CO₂-koncentráció emelését kamra nélkül biztosító, 1,5 m átmérőjű mini FACE-gyűrűket (Free Air CO₂ Enrichment – FACE) alkalmaztunk. Az OTC-rendszerben a kamra alján körben elhelyezkedő ventilált polietilén csőben emeljük meg a befűjt levegő CO₂-koncentrációját, ami a cső falába vágott nyílásokon keresztül jut a kamra terébe, majd a kamra nyitott tetején távozik. A mini FACE-rendszer esetében a működés ezzel analóg, a

különbség a kamra hiánya és az ebből eredő sokkal nagyobb CO₂-felhasználás, illetve fluktuáló CO₂-koncentráció. A kamrahatás (a kamra lényegesen melegebb környezeténél és a légáramlás szárító hatása is jelentős) elkerülése végett mégis érdemes volt ezt a technikát alkalmazni.

Az OTC-rendszerben 1994-től folytattunk kísérleteket transzplantált lősz- és homokpusztagyep monolitokon. A mini FACE-rendszer felépítése (a CO₂-ellátó rendszer, az emelt CO₂-koncentrációjú gyűrűk kontroll-rendszere, elektromos vezetékek, mikrometeorológiai állomás telepítése és üzembe helyezése) és a lőszgyep monolitok transzplantációjára 1998 júniusában fejeződött be, a fumigáció 2000 végéig tartott. A mini FACE-rendszerben a CO₂-szint mellett két N-műtrágyázási szint is a kísérlet része volt.

A vizsgált objektumok

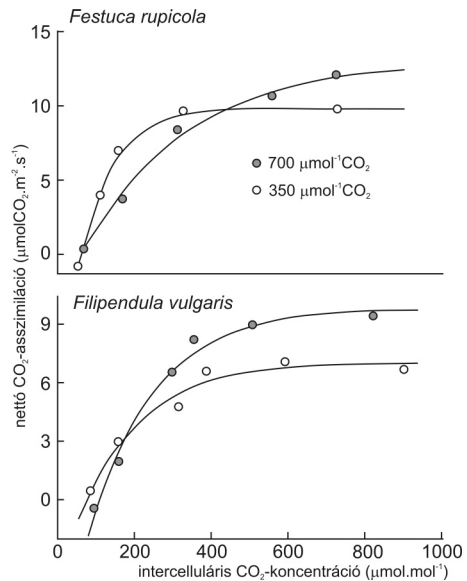
1.) *Salvia Festucetum rupicolae* lőszpusztagyep eredetihez közeli és degradált állománya és fontosabb fajai: *Festuca rupicola*, *Filipendula vulgaris*, *Salvia nemorosa*; 2.) *Festucetum vaginatae danubiale* homokpusztagyep-állomány és fontosabb fajai: *Festuca vaginata*, *Silene otites*, *Koleria glauca*, *Thymus marschallianus*, valamint zuzmó (*Cladonia convoluta*, *C. furcata*), moha (*Tortula ruralis*) telepei.

Eredmények

Levélszintű nettó CO₂-felvétel, akklimatizáció. A levél CO₂ gázcserejének egyenlegét a bruttó fotoszintézis és a (mitokondriális és fény-) légzés különbségeként a nettó fotoszintézis adja meg. Mérése infravörös gázanalizátorral egybekapcsolt levélkamrában történik, értéke függ a környező levegő CO₂-koncentrációjától is, annak emelkedő értékeivel növekszik, a kontroll- és az emelt CO₂-koncentráción

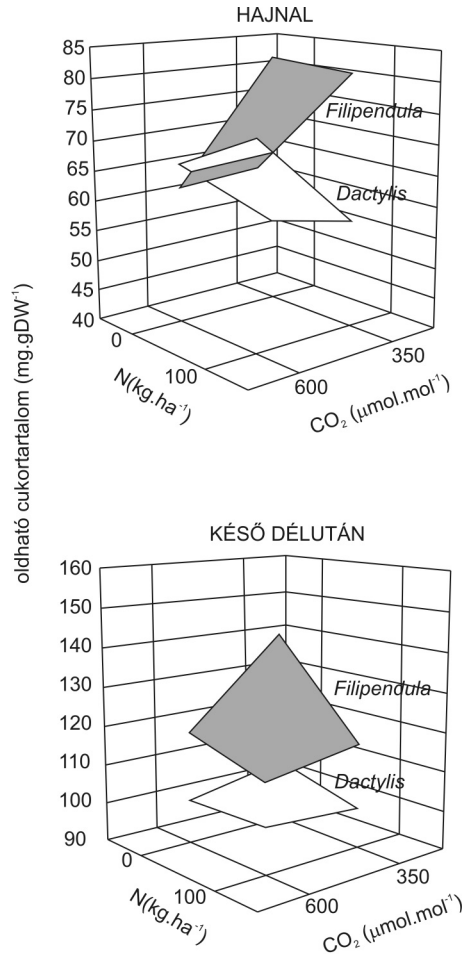
nevelt növényeknél egyaránt. A kezelésnek tulajdonítható különbség a görbék lefutásában keresendő, nevezetesen a kezdeti emelkedés és a maximum (a telítési érték) értékeiben. A maximumnak a kontrollhoz hasonlított nagyobb értéke esetén a növény – levélszinten – pozitívan válaszolt az emelt CO_2 -szintre, emellett a válasz lehet semleges vagy negatív is a fotoszintézis leszabályozása miatt. A pozitív válasz azt jelenti, hogy az adott faj valószínűleg sikeresebb lehet az emelt CO_2 -koncentrációjú légkörben, míg a negatív válasz ennek ellenkezőjét sejteti. A válasz élettani háttere többtényezős, a leszabályozást (a fotoszintézis- CO_2 -koncentráció görbe telítési szakaszának gátlását) ugyanis okozhatja a relatív foszforhiány éppúgy, mint a megtermelt szénhidrátokat fogadni képes raktár hiánya. Rövid (a fajtól függően néhány hónapos, egy-két éves) expozíciók esetében általában a pozitív válasz volt jellemző a vizsgált esetek túlnyomó többségében, az emelt CO_2 -koncentráción nevelt növények fotoszintézis- $[\text{CO}_2]$ görbéje magasabbra futott, mint a kontrollnövények esetében. Hosszabb (öt éves) expozíció után azonban a válasz a fajok egy részénél lefelé módosult (leszabályozás), azaz a kezelt és a kontrollnövények hasonló lefutású görbét mutattak, más részüknél viszont a fenntartott pozitív akklimatizációs válasz volt jellemző. E két esetet tapasztaltuk homokpusztagyepi és löszpusztagyepi (1. ábra) fajoknál egyaránt, azaz a válasz független volt a gyep típusától, ellenben függött attól, hogy a vizsgált faj pázsitfűféle vagy pedig kétszikű faj volt. A fűfajok ugyanis a fotoszintézis leszabályozását, a kétszikűek pedig a hosszabb időtartamon át is fenntartott pozitív akklimatizációt mutatták. Miután a két talaj tápanyagellátottsága erősen különbözik, a válaszok hasonlósága a két gyep esetében inkább

köthető a megemelt szénhidrátszint általi visszacsatolás jelentkezéséhez (fűfélék) vagy annak elmaradásához (kétszikűek), mint a P-hiányhoz. Azaz a kétszikű fajok esetében a raktárak (pl. a gyökérrendszer) nagyobb kapacitásuk révén hosszú expozíció után is alkalmasak voltak a többlet-szénhidrát-tartalom hasznosítására, míg a fűfajok esetében nem. Utóbbiaknál a legnagyobb raktár maga a növekedési folyamat lehet, gyökérrendszerük ugyanis kevésbé alkalmas raktározásra, mint az évelő kétszikűeké, maghozamuk tömegaránya (teljes földfeletti tömeghez képest) pedig kicsi. Ezek az eredmények az OTC-ben nevelt növényekre vonatkoznak, de hasonló eredményeket kaptunk a mini FACE-rendszerben tartott növények esetében is.



1. ábra • A nettó fotoszintézis CO_2 -koncentráció-függése két löszgyepi faj, a *Festuca rupicola* és a *Filipendula vulgaris* 350, illetve 700 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1} \text{CO}_2$ -koncentráció mellett élő egyedek leveleiben öt éves expozíció (OTC) után

További, a fentiekkel összhangban lévő eredményt az oldható cukor- és szénhidrátartalom vizsgálata hozott (mini FACE, löszgyep), ahol azt tapasztaltuk, hogy a fűfaj (*Dactylis glomerata*) és a kétszikű faj (*Filipendula vulgaris*) ellentétes képet mutatott a hajnali szénhidrátszintek alakulásában (2. ábra). A hajnali mintavételt az indokolja, hogy intenzív éjszakai felhasználás (transzport/növekedés) esetén hajnalra az oldható cukrok és a keményítő mennyisége csökken, ellenben a növekedés (vagy általában a szénhidrátokat „fogyasztó” folyamatok) hiányában említett metabolitok szintje kevéssé változik. A legyezőfű (*F. vulgaris*) leveleiben az oldható cukrok szintje kisebb volt a kezelt állományban, mint a kontrollban, a napközbeni hasonló aktivitás (esti értékek) ellenére, azaz a felhasználás sebessége a kezelt növények esetében valószínűleg nagyobb volt. A fű esetében ellentétes képet kaptunk, a szénhidrátok éjszakai felhasználásának mértéke a kontrollnövényekben nagyobb volt, mint az emelt CO₂-koncentráción tartottakban. A szén-dioxid-gázcserében és szénhidrátmintázatban mutatott képet a hajtások, illetve levelek növekedési sebessége is alátámasztotta, azaz a fűvek növekedési sebessége csökkent, a kétszikűeké pedig növekedett az emelt CO₂-szint hatására. A növekedési válasz egy további fontos információt ad, ha a gázcserében és a szénhidrátmintázatban tapasztaltakkal együtt vesszük figyelembe; ez pedig az, hogy a kétszikű fajok a levél-, illetve a hajtásnövekedés szintjén is kedvezőbben reagálnak, mint az egyszikűek, az összetett levélszerkezet plasztikusabb válasz lehetőségét biztosítja. Másként fogalmazva a hajtás növekedése (és nem csak a raktározó szerveké) maga is pótlólagos szénhidrát-felhasználást jelent, elkerülve ezzel az egyébként (a fűvek esetében) a fotoszinté-



2. ábra • Az oldható cukrok hajnali és késő délutáni szintjei a *Dactylis glomerata* és a *Filipendula vulgaris* eltérő CO₂-koncentráción (és N-ellátottság mellett) fejlődött egyedeinek leveleiben két éves expozíció (mini FACE) után. A növekedési, illetve a transzportfolyamatok révén hajnalra a levelek cukortartalma csökken, így az említett folyamatok sebességeinek kezelése közötti kvalitatív összevetésre nyílik lehetőség. Késő délutánra az oldható cukrok szintjei megemelkednek, értékeik a hajnalban mértéknél magasabbak

zisre a szénhidrátszinten keresztül megvalósuló negatív visszacsatolást.

Az emelt CO_2 -koncentráció hatására általában csökken a levelek fehérje-nitrogén tartalma, illetve a klorofillok, karotinoidok (A-vitamin prekursor) mennyisége is. Ugyanakkor, legalábbis a fotoszintézisükben leszállított fajokban nő a szénhidrát-tartalom, és többnyire fokozódik a rostképződés. Mindez pedig közvetlenül befolyásolhatja a növény-állat interakciót, az állatok táplálkozását, anyagcseréjét és viselkedését, valamint természetesen az emberi táplálkozást is.

Állomány szintű válaszok

Az eddigiekben egyes növényfajok levélszintű válaszait vizsgáltuk, és az ezekből származó eredmények azt valószínűsítik, hogy az egyszikű fajok valószínűleg hátrányba kerülhetnek a kétszikűekkel szemben a mainál magasabb légköri CO_2 -koncentráció mellett. Ezek az eredmények, bár értékesek lehetnek, nem adnak választ arra a nagyon is kézenfekvő kérdésre, hogy a vegetáció egésze hogyan válaszolhat az emelt CO_2 -szintre. Ha erre a kérdésre nem is nyerhettünk választ, a vizsgált gyep növényállományának viselkedésére nézve az alábbi eredményeket kaptuk.

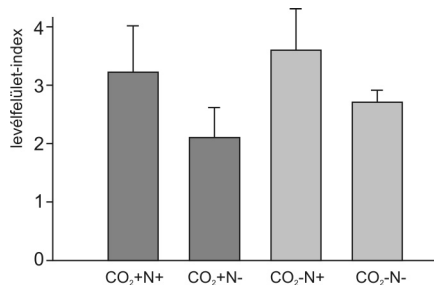
Az emelt CO_2 -koncentráció a kontrollkezeléshez képest a sokfajú gyep állományának szintjén vizsgálva:

- jó csapadékellátású évben növelte az összes (földterületegységre vonatkoztatott) biomasza mennyiségét,
- csökkentette a levélfelület-index értékét,
- a vegetáció felszíni hőmérsékletének 1,5-2 °C-os emelkedését okozta,
- a kétszikű fajok borításának növekedését eredményezte az egyszikűek hátrányára.

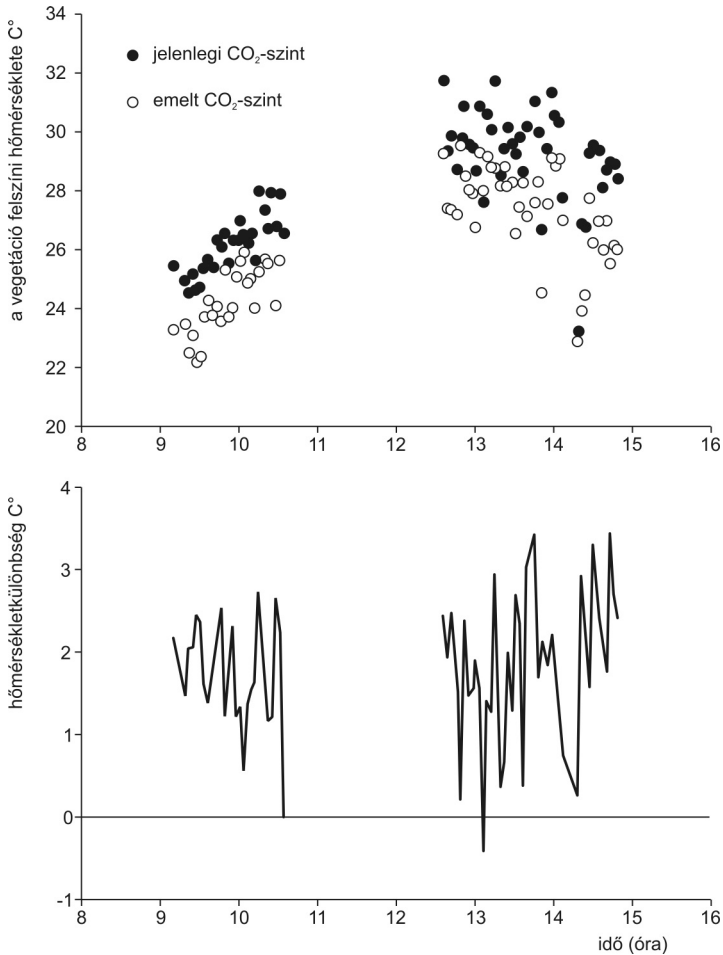
A termesztett növények esetében általánosan tapasztalhatóhoz hasonlóan az emelt CO_2 -

szint a sokfajú gyepvegetáció esetében is növelte az egységnyi földterületre eső biomasza mennyiségét, bár nem szignifikáns mértékben. Ehhez hozzátartozik, hogy ez csak egy viszonylagosan jó csapadékellátású évben volt igaz, szárazságstressz alatt (a 2000-es évben) már nem volt különbség a kezelések között.

A levélfelület-index az 1 m²-re eső levelek (egyik oldalának) összfelületét jelenti. Becslése a lombzat fényelnyelésének mérésével lehetséges. Az említett LAI-csökkenés (3. ábra) valószínűleg az emelt CO_2 -szint bevezetésében már említett specifikus levéltömegnövelő hatásának, illetve részben a fűfajok csökkent növekedési sebességének tudható be, amely hatásokat az állomány szintjén a kétszikűek nagyobb növekedése – tehát nagyobb egyedi levélfelülete – sem volt képes ellensúlyozni. A csökkent levélfelület-index – a szűkebben tartott gázcsere nyílások mellett – már elégséges volt a vegetáció felszíni hőmérsékletének szignifikáns emelkedéséhez a kontrollállományhoz képest (4. ábra). Tehát a működési (sztómák, fotoszintézis és növekedés) és alaki (spe-



3. ábra • A levélfelület-index (LAI) értékei eltérő CO_2 -koncentráción (expozíció: mini FACE-rendszerben) és N-ellátottság mellett a löszgyep állományában az intenzív növekedési periódusban (április vége). Nitrogén hozzáadása növelte, a CO_2 -kezelés, viszont (1. és a 3., illetve a 2. és a 4. oszlopok összevetése) csökkentette a levélfelület-indexet



4. ábra • A vegetáció felszíni hőmérsékletének értékei a löszgyep eltérő CO₂-koncentráción fejlődött állományaiban augusztus hónapban. Az egyes mérési pontok tíz mérés átlagai. Az emelt légköri CO₂-koncentráció a sztómaak szűkítése és az így csökkentett párologtatás révén a vegetáció felszíni hőmérsékletét csökkenti

cifikus levéltömeg és állományszinten a levél-felület-index) jellemzők együttes változásai egy olyan választ – a növényállomány kisebb párologtatását és nagyobb felszíni hőmérsékletét – eredményeztek az állomány szintjén, amely már nagy térléptékben is fontos és részben felelős lehet olyan jelenségekért, mint például a folyók megemelkedett vízhozama.

Utóbbi esetben a csökkentett párologás miatt az elfolyás – lokálisan esetleg nem észlelhető mértékben – növekszik, ami egész vízgyűjtők területét figyelembe véve viszont már szignifikáns mennyiség lehet.

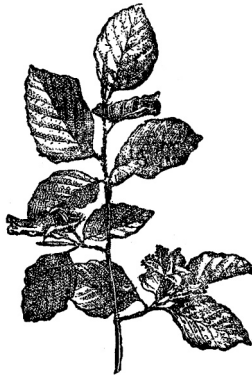
A kétszikű fajok borításának növekedése és az egyszikűek borításának párhuzamos csökkenése – az eddig tárgyaltakkal összhangban

– olyan eredmény, amely közvetlenül mutatja, melyik csoport lehet előnyben a másikkal szemben a várható klímaváltozás során.

Kulcsszavak: *globális klímaváltozás, növény-tömeg, akklimatizáció, állományszintű változások, fotoszintézis, vízhasznosítási efficiecia*

IRODALOM

- Amthor, Jeff. S. (1995): Terrestrial Higher-Plant Response to Increasing Atmospheric $[CO_2]$ In Relation to the Global Carbon-Cycle. *Global Change Biology*. 1, 243–274.
- Azcon-Bieto, Joaquin. (1983): Inhibition of Photosynthesis by Carbohydrates in Wheat Leaves. *Plant Physiology*. 73, 681–686.
- Gedney, Nicola – Cox, P. M. – Betts, R. A. – Boucher, O. et al. (2006): Detection of a Direct Carbon Dioxide Effect in Continental River Runoff Records. *Nature*. 439, 835–838.
- Horváth Ákos (2005): A gomolyfelhőktől a hurrikánokig – a konvekció mint a légkör egyik legfőbb bizonytalansági tényezője. *Magyar Tudomány*. 7, 797–804.
- Makino, Amane (1994): Biochemistry Of C_3 -Photosynthesis in High CO_2 . *Journal of Plant Research*. 107, 79–84.
- Nagy Zoltán – Pintér K. – Czóbel Sz. et al. (2007) The Carbon Budget of a Semiarid Grassland in a Wet and a Dry Year in Hungary. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 121, 21–29.
- Nagy Zoltán – Szente K. – Tuba Z. (1997): Acclimation of Dicot and Monocot Temperate Species to Long-Term Elevated CO_2 Concentration. *Abstracta Botanica*. 21, 329–336.
- Rogers, Hugo H. – Thomas, J. F. – Bingham, G. E. (1983): Response of Agronomic and Forest Species to Elevated Atmospheric Carbon Dioxide. *Science*. 220, 428–429.
- Sage, Rowan F. – Sharkey, T. D. – Seeman, J. R. (1989): Acclimation of Photosynthesis to Elevated CO_2 in Five C_3 Species. *Plant Physiology*. 89, 590–596.
- Tuba Zoltán (ed.) (2005): *Ecological Responses and Adaptations of Crops to Rising Atmospheric Carbon Dioxide*. Haworth Press Inc, New York, USA
- Tuba Zoltán – Szente K. – Nagy Z. – Koch J. (1996): Responses of CO_2 Assimilation, Transpiration and Water Use Efficiency to Long-Term Elevated CO_2 in Perennial C_3 Xeric Loess Steppe Species. *Journal of Plant Physiology*. 148, 356–361.
- Tuba Zoltán – Raschi, A. – Lannini, G.M. et al. (2003): Vegetations with Various Environmental Constraints under Elevated Atmospheric CO_2 Concentrations. In: Sanità di Toppi, Luigi – Pawlik-Skowronska, Barbara (eds.): *Abiotic Stresses in Plants*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 15–204



MÉRSÉKELT ÖVI GYEPKÖZÖSSÉGEK CO₂-GÁZCSERÉJÉNEK KISLÉPTÉKŰ TÉRBELI VARIABILITÁSA ÉS MINTÁZATA

Fóti Szilvia

PhD-hallgató, tanszéki mérnök
SZIE Növényteni és Ökofiziológiai Intézet
Foti.Szilvia@mkk.szie.hu

Balogh János

PhD-hallgató, tudományos segédmunkatárs
MTA–SZIE Növényökológiai Kutatócsoport

Nagy Zoltán

kandidátus, PhD, habil. egyetemi docens
SZIE Növényteni és Ökofiziológiai Intézet

Czóbel Szilárd

PhD-hallgató, egyetemi adjunktus
SZIE Növényteni és Ökofiziológiai Intézet

Bartha Sándor

kandidátus, PhD, habil. tudományos tanácsadó
MTA Ökológiai és Botanikai Kutató Intézet

Tuba Zoltán

DSc, mb. intézetigazgató, egyetemi tanár
SZIE Növényteni és Ökofiziológiai Intézet
MTA–SZIE Növényökológiai Kutatócsoport

A vegetáció szerkezetét és annak megváltozását térben és időben különböző léptékekben vizsgálhatjuk. A gyepek kutatásának térbeli tartománya hagyományosan a kis lépték, mely néhány centimétertől néhány méterig terjed, mert ebben a tartományban nyilvánul meg a florisztikai kompozíció legnagyobb változatossága (Bartha et al., 1997).

A fátlan növényállományok, s ezen belül a nagy változatossággal bíró gyepek, így a mérsékelt övi gyepek fiziológiai tulajdonságai is léptéktől függően, a cönológiai kontextus alakulásának megfelelően változnak (Tuba et al., 1998).

A fiziológiai működések közül kiemelten fontos a gyepek fotoszintetikus teljesítménye

és légzése, melyek ráadásul összefüggnek a gyepek globális szénkötésciklusában betöltött szerepével is, ugyanis a szárazföld felszínének kb. 40 %-át fátlan növényközösségek borítják. A CO₂-gázcsere térben és időben nagy variabilitást mutat minden ökoszisztémában (Stoyan et al., 2000); ez a folyton változó környezeti feltételekhez való alkalmazkodás kulcsa.

Számos módszer létezik fátlan növényállományok CO₂-gázcseréjének mérésére. A kisléptékű térbeli variabilitás nyomon követésére elsősorban különböző méretű és alakú, nyílt vagy zárt rendszerű gázcseremérő kamrák használatosak (Angell et al., 2001).

A variabilitás legegyszerűbben a mért változó variációs koefficiensével (CV) fejezhető

ki. Két további módszer a térbeli mintázat vizsgálatára is alkalmas, s teljesen új az ökoфизиологияban. Az egyik esetben növekvő mintavételi egységgel dolgozunk (egymásba ágyazott kvadrátok módszere), a másik esetben konstans méretű mintavételi egységeket növekvő szeparációs távolság mellett hasonlítunk össze (geostatistikai módszer). Az előbbi módszer a CO_2 -gázcsere mérése esetében több, már említett, különböző méretű gázcseremérő kamra (1. ábra) (Czóbel et al., 2005) párhuzamos alkalmazását jelenti. E vizsgálatokhoz hét kamrából álló sort fejlesztettünk ki, melyek átmérője 7,5 cm-től 480 cm-ig duplázódik, s melyek mindegyike zárt, átlátszó és henger alakú. A geostatistikai módszer esetében a fentiek közül egy kamra használatáról van szó, amellyel hetvenöt ponton, kijelölt kör (transzszekt) mentén mérünk. A minta mérése mindkét esetben hordozható infravörös gázanalizátorral történik.

A mért értékek csak akkor alkalmasak térbeli mintázatanalízisre, ha a kapott minta eleget tesz az állandósági (stacionaritási) feltételnek, valamint kellően nagy a minta mérete. A kamrasorozat alkalmazásával olyan karakterisztikus mintavételi egység nagyságot (karakterisztikus áréát) kereshetünk, melynél a gyepek CO_2 -gázcsereje a legnagyobb vagy a legkisebb variabilitást mutatja. A legnagyobb variabilitást mutató egységet (maximumarea) használhatjuk a későbbiekben a mintázatanalízishez szükséges adatok összegyűjtéséhez, mert ezzel a kamramérettel feltehetőleg a CO_2 -gázcsereének is nagy változatossága fogható meg, s így juthatunk a legtöbb ismerethez a gyepek működéséről. A legkisebb variabilitással jellemezhető mintavételi egység a működés minimumareája.

A geostatistika számos módszere közül az ökoфизиologiai célokhoz a félvarianciát (szemivarianciát), illetve az ennek alapján álló



1. ábra • Növekvő mintavételi egységek: 7,5 cm-től 480 cm-ig duplázódik a gázcseremérő kamrák átmérője

félvariogramot (szemivariogramot) találtuk alkalmasnak. A mért értékek páronkénti eltérésegyzeteinek kiszámításával, s növekvő szeparációs távolság függvényében történő ábrázolásával kapott telítési görbék szerint a közelebbi minták hasonlóbbak egymáshoz, mint a távolabbiak, majd egy bizonyos távolságtól függetlenné válnak egymástól. A szemivariogramok paraméterei alapján meghatározható a vizsgált változó karakterisztikus foltmérete, és becslés is végezhető az ismeretlen, meg nem mért pontokra modellezéssel (krigeléssel). A krigelt mintázatok allokálásával ábrázolható a vizsgált változók foltmintázata.

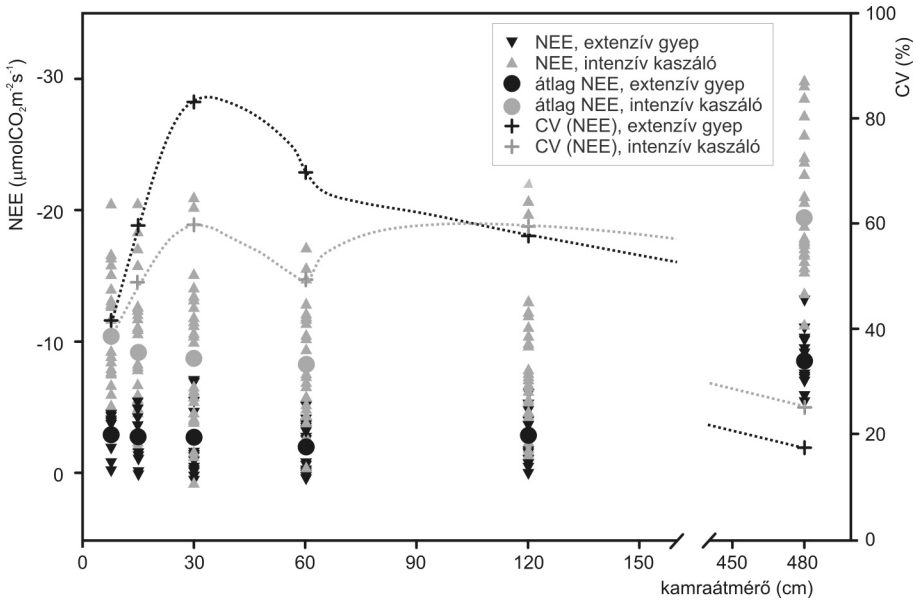
Munkánk néhány eredményt villant fel az állomány-fotoszintézis, a talajlégzés és néhány háttérben húzódó talajparaméter mikroskálájú térbeli variabilitásáról és mintázataról, valamint az állományok működésbeli (szünfiziológiai) karakterisztikus léptékeinek meglétéről. Számos mérsékelt övi gyepekoszisztémán folytattunk méréseket, itt most közülük három különböző és földrajzilag is távol eső ökoszisztémáról, a bugaci extenzív legelőről, az isaszegi lösztyepről és a domb- és hegyvidéki mátrai gyepről (1. táblázat)

származó eredményeket mutatunk be. Valamennyi helyszínen vizuálisan homogén, közel vízszintes helyzetű állományfoltokban mértünk, többnyire a gyepek maximális biomasszájú, kora nyári időszakában. E kutatásaink célja a funkcionális términtázatok első megismerése, egy mikroléptékű tér- és időbeli fotoszintézis-modell megalapozása, melyekkel sérülékeny, fragmentált hazai és más gyepekoszisztémák szénkörforgalomban betöltött szerepének jobb megismerését reméljük.

A mátrai extenzív és intenzív kezelésű gyepekben végzett szünfiziológiai mérések eredményei szép példát adtak arra, hogy kevésbé limitált időpontban, homogén gyepefoltban meghatározhatók az állomány karakterisztikus foltméretei. Az extenzív legelőn az összes mintavételi egység nagyságnál alacsonyabb nettó ökoszisztéma-gázcsereértékeket (NEE) mértünk, mint az intenzív kaszálón (2. ábra). A nettó fotoszintézis variabilitása fordított volt, nagyobb CV-t az extenzív gyepe esetében kaptunk csaknem minden mintavételi egységnél, ami e terület nagyobb kompozíciós változatossága, vizuálisan is feltűnő jelentő-

	Bugac	Isaszeg	Mátra
Évi átlagos csapadék (mm)	500	550–600	600
Évi átlaghőmérséklet (°C)	10,5	11	10,5
Tengerszint feletti magasság (m)	140	230	300
Talaj	csernozjom típusú homok	humusz- és tápanyaggazdag homokos lösz	köves, kötött agyag
Domináns fajok	<i>Festuca pseudovina</i>	<i>Festuca rupicola</i> , <i>Chamaecytisus austriacus</i>	<i>Arrhenatherum elatius</i> (kaszáló), <i>Festuca pseudovina</i> (legelő)
Kezelés	extenzív legeltetés húsz éve folyamatosan	felhagyott, cserjésedik	intenzíven kezelt kaszáló és extenzív művelésű legelő

1. táblázat • A három vizsgálati helyszín néhány jellemzője



2. ábra • A nettó fotoszintézis átlagának ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) és variációs koefficiensének (%) függése a mintavételi egység nagyságától a mátrai gyepekben

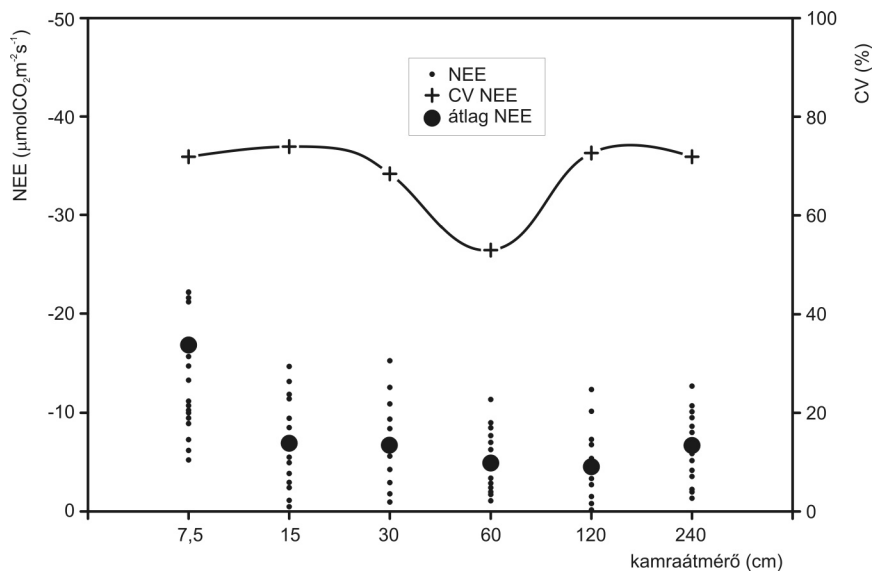
sebb foltossága alapján feltételezhető volt. A variabilitás minimuma extrapolációval volt becsülhető: a szünfiziológiai minimumára: 625 cm-nek, illetve 1066 cm-nek adódott az extenzív és az intenzív gyepekben (10 % CV-re extrapolálva). E gyepekben a CV maximuma (maximumarea) a 30 cm átmérőjű mintavételi egységnél található.

A löszpusztagyepen folytatott vizsgálatok meglepő eredményt hoztak a CV léptékfüggése és a CO_2 -gázcserre allokált términtázata szempontjából. A nettó fotoszintézis (3. ábra) variációs koefficiens a 60 cm átmérőjű kamránál minimumot mutatott, ami feltehetően a társulás fotoszintézisének lokális minimum áréaja. A geostatistikai mintázatelemzéssel arra kerestük a választ, hogy mi a CV emelkedésének oka a 60 cm átmérőjű mintavételi egységnél nagyobb kamrák alkalmazásakor.

A geostatistikai analízis során azt tapasztaltuk, hogy az állomány CO_2 -gázcseréjének

a vizsgált térbeli tartományban nem volt észlelhető, robusztus, kis foltokból álló mintázata, amit amúgy mikroökológiai struktúrája alapján vártunk volna. A talajlégzés és a talajvíztartalom allokált értékei és krigelt mintázata alapján egyértelműen láthatóvá vált egy, a választott térbeli léptéken túlmutató foltosság jelenléte. A terület cserjésedése valószínűleg komoly befolyást gyakorolt az állomány szintű fiziológiai működésre, hiszen a cserjék nemcsak közvetlen környezetükben, hanem akár jó pár méter távolságra is kihatnak a mikroklíma és számos talajtulajdonság alakulására (Breshears *et al.*, 1997). Ez a jelenség magyarázhatta a több mintavételi egység nagysággal folytatott vizsgálatban a lokális, s nem abszolút variabilitásminimum jelentkezését is.

A geostatistikai analízishez a bugaci homoki legelőn is a 30 cm átmérőjű kamrával végeztük a fotoszintézis- és légzésméréseket. A homoki gyepek mozaikos kompozíciójáról



3. ábra • A nettó fotoszintézis átlagának ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) és variációs koefficiensének (%) függése a mintavételi egység nagyságától löszpusztagyep esetében

és mikrocönológiai szerkezetéről meglévő előzetes ismereteink alapján alig feltételeztük, hogy szép, statisztikailag szignifikáns paraméterekkel alátámasztott funkcionális términ-tázatot találunk majd, mégis ez történt.

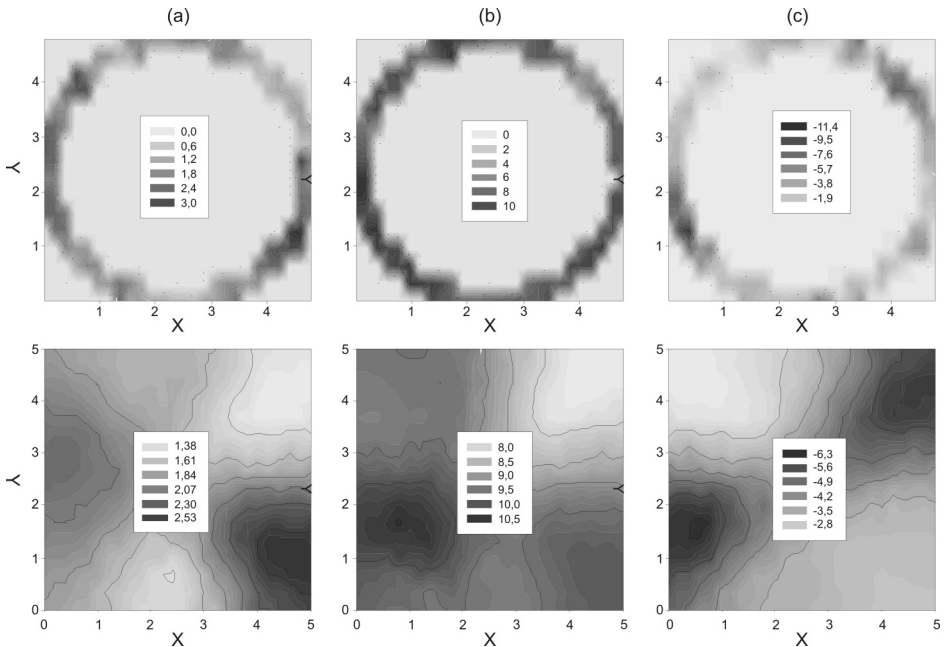
A homoki legelő nettó fotoszintézis-, talaj-légzés- és talajvíztartalom-mintázatai a választott térbeli felbontás léptékébe eső foltokkal voltak jellemezhetőek (4. ábra), s e mintázatok szignifikáns szemivariogram paraméterekkel rendelkeztek. A „forró pontok” (maximumok) nagyjából ugyanarra a helyre estek. A homoki legelő tehát igen jól szervezett (szabályozott) és ezért kiváló objektumnak bizonyult a CO_2 -gázcsere térbeli mintázatának vizsgálatára.

Összefoglalás

Vizsgálataink valamennyi objektumon azt bizonyították, hogy a CO_2 -gázcsere variabilitása térben nem állandó, függ a mintavételi egység nagyságától és a mintavétel helyétől is.

Az átlagos CO_2 -gázcsere és annak variációs koefficienssel kifejezett variabilitása mellett lényeges új ismeretekhez, valós térbe allokkált funkcionális mintázatokhoz jutunk az alkalmazott módszerekkel. A CO_2 -gázcsere bemutatott foltmintázatai, karakterisztikus areái ugyanakkor csak „pillanatfelvételek” e gyepek fenológiai optimum-időszakából. A megismert mintázatok megváltozhatnak, évszakonként eltérő jellegzetességekkel rendelkezhetnek, megnyilvánulhat a vízhiány vagy hőstressz csakúgy, mint a degradáció vagy más dinamikai folyamat, ahogy erre eredményeink is utalnak.

Az itt leírt, a társulásszintű ökofiziológiai funkciók mintázataira és szerveződésükre vonatkozó vizsgálataink exploratív jellegűek. Fontos kiemelni, hogy ilyen típusú és ilyen részletességű terepi ökofiziológiai vizsgálatokat előttünk még sehol sem végeztek. Ugyanakkor várható, hogy a bioszféra globális változásai során legelőször éppen ebben, az álta-



4. ábra • A talajlégzés (a, $\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$), a talajvíztartalom (b, %) és a nettó fotoszintézis (c, $\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$) mért (felső ábrák) és becslült (alsó ábrák) értékeinek allokált mintázata a bugaci homoki legelő esetében. A kör mentén megmért foltok talajlégzése és víztartalma a kisebb értékektől a nagyobbakig, a világosabbtól a sötétebb színekig terjedő színiskálával ábrázolt foltmintázatot mutatva. A megmért értékeket becsléssel terjesztettük ki egy-egy nagyobb, 5×5 m-es foltra, majd ugyanúgy a szürketónusú színiskálát rendeltük az értékekhez, mint a fenti két ábrán. Így vált láthatóvá egy nagyobb terület mintázata, mely mindkét tulajdonságra fokozatos átmenetet mutatott az egyik irányban, két eltérő típusú, nagyobb folt találkozására utalva

lunk kiválasztott, néhány dm-től néhány m-ig terjedő állományszintű léptéktartományban lépnek majd fel kritikus – később más léptékekre is továbbgyűrűző – változások. A karakterisztikus foltok, mint akár „működési egységek” nagyobb, táji léptékű folyamatok alapjai, így a foltméretek megváltozása nagyobb terület ökofiziológiai funkcióit is érinti.

Kutatásainkat az OTKA-32586 projekt, továbbá a GREENGRASS, a CARBOMONT, a CARBOEUROPE és a MERCI EU-projektek támogatták.

Kulcsszavak: CO_2 -gázcsere, karakterisztikus area, krigelés, szemivariancia, térbeli mintázat, variációs koefficiens

IRODALOM

- Angell Raymond F. – Svejcar T. – Bates J. et al. (2001): Bowen Ratio and Closed Chamber Carbon Dioxide Flux Measurements over Sagebrush Steppe Vegetation. *Agricultural and Forest Meteorology*. **108**, 153–161.
- Bartha Sándor – Czárán T. – Scheuring, I. (1997): Spatio-temporal Scales of Non-equilibrium Community Dynamics: A Methodological Challenge. *New Zealand Journal of Ecology*. **21**, 2, 199–206.
- Breshears, David D. - Rich, P.M. - Barnes, F.J. - Campbell, K. (1997): Overstory-imposed Heterogeneity in Solar Radiation and Soil Moisture in a Semiarid Woodland. *Ecological Applications*. **7**, 4, 1201–1215.
- Czóbel Szilárd – Fóti Sz. – Balogh J. et al. (2005): Chamber Series and Space-Scale Analysis in Grassland Vegetation. A Novel Approach. *Photosynthetica*. **43**, 267–272.
- Stoyan, Helmut - De-Polli, H. - Böhm, S. et al. (2000): Spatial Heterogeneity of Soil Respiration and Related Properties at the Plant Scale. *Plant and Soil*. **222**, 1–2., 203–214.
- Tuba Zoltán – Csintalan Zs. – Nagy Z. et al. (1998): Szülnfiziológia: alapozó gondolatok és exploratív vizsgálatok egy születő növényökológiai tudományterülethez. In: Fekete Gábor (szerk.): *A közösségi ökológia frontvonalai*. Scientia, Budapest, 171–196.



MEGVÁLTOZTATOTT KEZELÉSSű HAZAI GYEPÁRSULÁSAINK FUNKCIONÁLIS ÖKOLÓGIAI VÁLASZAI

Czóbel Szilárd

PhD-hallgató, egyetemi adjunktus
SZIE Növénytani és Ökológiai Intézet
czobel.szilard@mkk.szie.hu

Szirmai Orsolya

PhD-hallgató, tudományos segédmunkatárs
MTA–SZIE Növényökológiai Kutatócsoport

Szerdahelyi Tibor

PhD, egyetemi adjunktus
SZIE Növénytani és Ökológiai Intézet

Nagy János

PhD, egyetemi adjunktus
SZIE Növénytani és Ökológiai Intézet

Balogh János

PhD-hallgató, tudományos segédmunkatárs
MTA–SZIE Növényökológiai Kutatócsoport

Fóti Szilvia

PhD-hallgató, tanszéki mérnök
SZIE Növénytani és Ökológiai Intézet

Péli Evelin

PhD-hallgató, tudományos segédmunkatárs
MTA–SZIE Növényökológiai Kutatócsoport

Pintér Krisztina

PhD-hallgató, tanszéki mérnök
SZIE Növénytani és Ökológiai Intézet

Horváth László

DSc, habil. vezető főtanácsos
Országos Meteorológiai Szolgálat

Nagy Zoltán

kandidátus, PhD, habil. egyetemi docens
SZIE Növénytani és Ökológiai Intézet

Tuba Zoltán

DSc, mb. intézetigazgató, egyetemi tanár
SZIE Növénytani és Ökofiziológiai Intézet
MTA–SZIE Növényökológiai Kutatócsoport

Bolygónk szárazföldjeinek mintegy negyedén gyepökoszisztéma a potenciális természetes vegetáció, melynek kb. 20 %-át – az Antarktisz kivételével minden kontinensen előforduló – mérsékelt övi gyepök alkotják (IUCN, 1999). A trópusi és szubtrópusi övben a hőmérsékleti viszonyok lehetővé teszik a vegetáció folyamatos fejlődését, de a mérsékelt övben a téli fagypont alatti vagy közeli hőmérséklet

nyugalmi állapotba (dormancia) kényszeríti a növényeket. A kontinentális éghajlaton kialakult gyepársulásoknál, a nyári aszályos időszakban megfigyelhető egy másik nyugalmi periódus is, melynek oka nem a magas hőmérséklet, hanem a vízhiány következtében fellépő szárazságstressz (Archibold, 1995). Ebben az időszakban a kevés csapadék és magas hőmérséklet okozta sztómazáródás

hatására a napi szénmérleg a tavaszinál alacsonyabb értéket mutat. A növények áttelelő szervek segítségével élnek túl a kedvezőtlen időszakokat. Nyári vízhiány idején a domináns, élő füvek párhuzamosan növelik gyökérzetük és csökkentik hajtásuk növekedését, majd nyugalmi állapotba kerülnek, összehajló levelekkel. A hagymás és gumós fajok a kellően csapadékos időszakokban virágoznak tömegesen, míg a száraz és hideg periódust föld alatti szerveik segítségével vészelik át. Csapadékos években – a sivatagokhoz hasonlóan – gyakoriak a magállapotban áttelelő, rövid életciklusú efemer növények. A többnyire fajgazdag füves élőhelyek niche szegregációjára nemcsak a különböző funkcionális csoportok (például életformák és fotoszintézis-típusok) együttes jelenléte, hanem eltérő felépítésű gyökérzetük is utal, ami csökkenti a nedvességért vívott kompetíciót.

A mérsékelt övi füves ökoszisztémák föld feletti biomaszájában jellemzően az összes szerves szén kevesebb, mint 1 %-a található (Burke *et al.*, 1997). Ennél lényegesen nagyobb a gyökérzetben tárolt organikus szén mennyisége, de legnagyobb széntároló kapacitással a talaj rendelkezik, mely a füves ökoszisztéma összes szervesszén-tartalmának döntő tömegét (átlag 90 %) tárolja. Fentiekből következően csak a légkör–vegetáció–talaj rendszer összes komponensét vizsgáló, integrált megközelítés képes leírni megfelelően a gyepökoszisztémák szénkörforgását. Napjainkig kevés ilyen jellegű, komplex publikáció jelent meg, de a rendelkezésre álló adatok azt igazolják, hogy a vegetáció és a talaj széntartalma jelentősen eltérhet különböző gyeptípusok esetén (Reeder – Schuman, 2002). Ez elsősorban klimatikus eltérésekre vezethető vissza, de edafikus tényezők is okozhatják. Eddigi ismereteink birtokában megállapítha-

tó, hogy az adott gyeptípus szerves széntartalma az évi csapadékmennyiség növekedésével pozitívan, míg az évi középhőmérséklet emelkedésével negatívan korrelál (például Burke *et al.*, 1989).

Az eltérő fiziognómiájú, struktúrájú és diverzitású hazai gyeptársulások (Tuba *et al.*, 2004b) kiterjedése a korábban művelt területek rovására az elmúlt néhány évtizedben jelentősen megnőtt, szocioökonómiai okok miatt. Hazánk csatlakozva az Európai Unióhoz vállalta 1 millió hektár mezőgazdasági művelés alatt álló terület hosszú távú felhagyását, ezért még a közeljövőben is növekedni fog a felhagyott területek aránya. EU-csatlakozásunknak a hazai agrárgazdálkodásra gyakorolt további várható hatása, hogy egyes területeken (kaszálók, legelők) megváltozhat a gyepek tradicionális kezelési intenzitása, így a korábban extenzíven kezelt gyepek egy részén intenzívebb művelés (például műtrágyázás, öntözés) várható.

Az említett változások nemcsak a gyepek cönológiai viszonyaira és diverzitására hatnak, hanem párhuzamosan megváltoztathatják a fajok működését (Szente *et al.*, 1996) és az adott rendszer C- és N-körforgását, ezáltal befolyásolva a főbb üvegházhatású gázok fluxusait is (Soussana *et al.*, 2007). A füves területek gázcserejében szerepet játszó három üvegházhatású gáz közül a CO₂-nál a talaj és a vegetáció szerepe döntő, a N₂O-ot a talajok, míg a CH₄-t a legelő állatok bocsátják ki, de utóbbi a talajjal is cserélődhet (Soussana *et al.*, 2007). Az elmúlt évek hazai (Tuba *et al.*, 2004a; Balogh *et al.*, 2007) és nemzetközi (Soussana *et al.*, 2007) ökofiziológiai és mikrometeorológiai kutatásai során bebizonyosodott, hogy a vizsgált hazai gyepökoszisztémák – hasonlóan a vizsgált európai füves területekhez és leszámítva az extrém száraz

éveket – a talajjal és légkörrrel alkotott rendszerben mint nyelők játszanak szerepet az üvegházhatású nyomgázok cseréjében. Nagy kiterjedésű gyepterületeink tehát jelentős szerepet töltenek be az üvegházhatású gázok (továbbiakban GHG) Magyarországra vetített éves mérlegében, hiszen döntően a közlekedés és az ipar által kibocsátott GHG egy szignifikáns részét megkötik. Ezért is fontos, hogy minél több hazai gyeptársulás globális szén- és nitrogén-körforgalomban betöltött szerepét megismerjük, valamint különböző manipulációs kísérletekkel felkészüljünk az előre jelzett földhasználati és klimatikus változások funkcionális ökológiai hatásainak predikciójára.

Kutatásunk során két eltérő alapközethez köthető, különböző jellegű (például fajkészlet, fiziognómia, struktúra) hazai gyeptársulásban vizsgáltuk három éven keresztül (2002–2004) a legeltetés felhagyásának, a korábban kezeletlen gyepek műtrágyázásának, illetve öntözésének az állományok szénkörforgására és növényökológiai viszonyaira gyakorolt hatásait. Jelen publikációban bemutatjuk a vizsgált gyepek szén- és nitrogén-áramlásában, cönológiai és fiziognómiai szerkezetében, főbb funkcionális csoportjaiban, állomány szintű működésében (infravörös gázanalízátorral/CIRAS-2, PP Systems, Hitchin, UK és ún. *kamrás* technikával mért CO₂-fluxus adatok alapján), termelésében (mennyiségi, minőségi), továbbá a talaj szén- és nitrogéntartalmában bekövetkező változásokat. A több tudományterületet felölelő (például meteorológia, botanika, ökofiziológia, talajtan) sokrétű mérések és analízisek a fluxusvizsgálatokkal párhuzamosan történtek.

A kiválasztott objektumok közül a homokterületek legeltetésével kialakult homoki száraz legelő (*Cynodonti-Festucetum pseudovinae*)

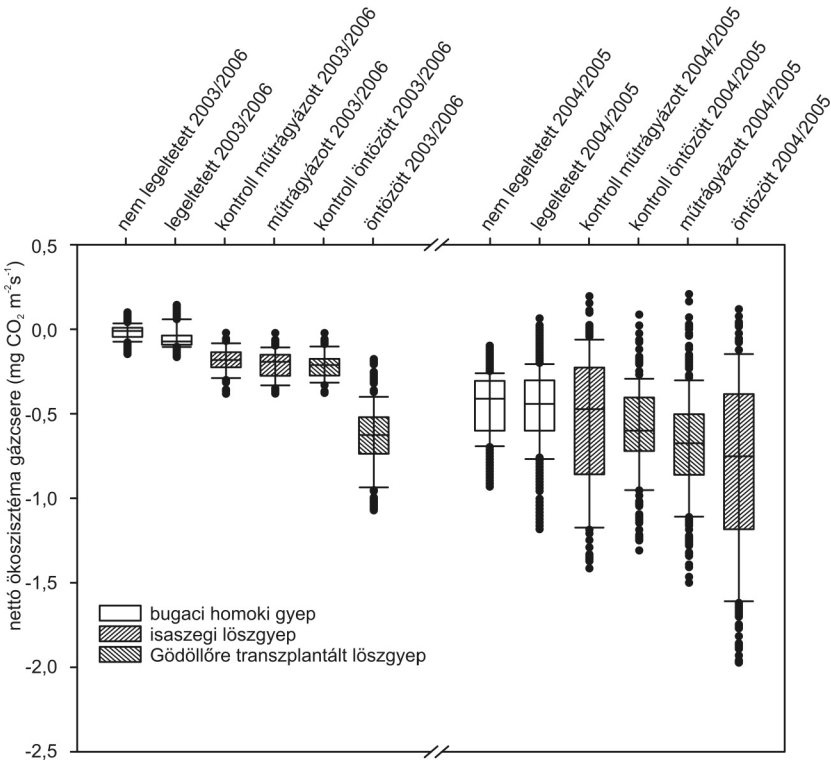
Bugacpusztához közel, a Kiskunsági Nemzeti Park területén található (é. sz. 46041', k. h. 19036', tszf. magasság 113 m). A hazánk homokterületein jellegzetes másodlagos növény-társulás enyhén lúgos (pH 7,3–8,6) homoktalaja csernozjom típusú. A kiválasztott sík területen egy kb. 6 ha-os elkerített rész reprezentálta a legeltetés felhagyását. A szürke marhával extenzíven legeltetett területen az átlagos legelési ráta 0,53 és 0,75 állat/ha között változott.

A homoki legelő mellett kiválasztott magas füvű, széleslevelű kétszikűekben gazdag, diverz lőszgyeptársulás (*Salvio-Festucetum rupicola*) az eurázsiai sztyeppzóna hazai képviselője. Termékeny talaja miatt hajdani állományainak többsége intenzíven művelt mezőgazdasági területté alakult. In situ vizsgálatainkat a Gödöllői-dombság nagyobb kiterjedésű lőszgyepekkel jellemezhető területén végeztük, melynek gyengén lúgos (pH 7,6–7,9) talaja közepesen erodált, mészlepedékes csernozjom. Az Isaszeg és Nagytarcsa közötti sztyeppreten (é. sz. 47042', k. h. 19024', tszf. magasság 255 m) két transzszekt mentén kiválasztott tíz állományfolt (1 m × 1 m) közül ötben évi egyszeri alkalommal – a vegetációs időszak kezdetén – műtrágyáztuk a gyepeket (a kiszórt mennyiség 100 kg N ha⁻¹, 50 kg P ha⁻¹, 50 kg K ha⁻¹-nak felelt meg). Ebből a lőszgyepállományból a Szent István Egyetem Botanikus Kertjébe (Gödöllő, é. sz. 47036', k. h. 19026', tszf. magasság 220 m) transzplantált tíz monoliton végeztük az öntözés hatását vizsgáló kísérletet, öt-öt öntözött és kontroll állományfoltot (0,8 m × 0,8 m). A vegetációs időszak alatt üzemelő, automata öntözőrendszer – éjszakai locsolással – biztosította a gyepek előre meghatározott, egyenletes vízellátottságát (0,35 m³/m³ talajvíztartalom alatt tartva az öntözött gyepeket).

A manipulációs kísérletek eredményét a vizsgálati időszak klimatikus anomáliái befolyásolták. A bugaci homoki legelőn 2003 első intenzív növekedési periódusában (március–június) a lehullott csapadék össz mennyisége mindössze 40 %-a volt az ötvenéves átlagnak. Ezzel szemben 2004 hasonló időszakában a gyepre 3,5-ször több csapadék hullott, mint 2003-ban. Hasonló eltéréseket tapasztaltunk a vizsgált löszgyepek csapadékviszonyainak elemzésekor is, mely jelentős mérték-

ben befolyásolta a gyepek működését és produktóját. Az Európa-szerte extrém száraz 2003-as esztendő (Ciais et al., 2005) a gyepek fiziológiai aktivitása mellett befolyásolta a bugaci területre jellemző tradicionális kezelést (fél éves folyamatos, extenzív legeltetés), a legeltetést ugyanis 2003 nyarán két hónapra (július, augusztus) meg kellett szakítani.

A kiskunsági homoki legelőn a legeltetés felhagyása kismértékben növelte a pillangósok relatív arányát, de nagyobb mértékben



1. ábra • Nyílt kamrás technikával mért maximális fotoszintetikus ráta évek közötti variabilitása megváltoztatott kezelési homoki száraz legelőn (*Cynodonte-Festucetum pseudovinae*) és löszpuszta-terén (*Salvia nemorosae – Festucetum rupicolae*), eltérő klimatikus viszonyok között. A homoki gyepek CO_2 -megkötése az optimális vízellátottságú és fenológiai fázisú évben a vizsgált kontroll löszgyepekhez hasonló volt. Az extrém száraz 2003-as év a szünbotanikai viszonyokat és fiziológiai aktivitást tekintve egyaránt nagyobb mértékben stresszelte a kevésbé strukturált, de humuszban gazdag homoki gyepek, mint a löszgyepek

csökkentette az egyéb kétszikűekét. A vegetációs periódusban havonként nyílt kamrás módszerrel mért nettó ökoszisztéma CO₂-fluxus értékeink azt mutatják, hogy egyes időszakokban a legelt részen nagyobb volt a CO₂-elnyelés, mint az elkerített területen. Mindez különösen akkor említésre méltó, ha figyelembe vesszük a legeltetés felhagyása miatt bekövetkezett eltéréseket a levélfelületértékek között. Az azonos mikrometeorológiai viszonyok között mért CO₂-fluxus, illetve az ebből számított szénmérleg nem tért el szignifikánsan a legeltetett és a legeltetéstől elzárt gyep között a kutatási időszakban. Ennek feltehető oka, hogy a legeltetéstől elzárt állomány magasabb biomasszamenyiségét és zöld levélfelületét kompenzálta a jelentősebb avarfelhalmozódás, valamint a lebomlás következtében fellépő magasabb légzésintenzitás, továbbá a tápanyagok lassabb reciklizációja és az elmaradt trágyázás.

A homoki gyep CO₂-megkötése az optimális vízellátottságú és fenológiai fázisú évben a vizsgált kontroll löszgyeppekhez hasonló volt (*t. ábra*). A föld alatti biomassa tömege a legeltetéstől elkerített állományhoz képest átlag másfélszeresére növekedett, ezáltal a legelt részen szignifikánsan kisebb értéket kaptunk (1/20 és 1/25) a föld feletti és föld alatti biomassa arányára. A talaj szénakkumulációja a legeltetéstől elzárt gyepnél mindhárom vizsgált szint esetében kisebb mértékben nőtt, mint a legelt területen, és ez hosszú távon befolyásolhatja a fiziológiai működést.

A löszgyep esetében mindkét kezelés csökkentette a C₄-es fajok borítását és az életformák számát. (A döntően trópusi, szubtrópusi területekről szétterjedő C₄-es növények többsége a 45°-nál alacsonyabb füves élőhelyeken jellemző.) A vizsgált funkcionális csoportok közül a műtrágyázás megnövel-

te a kétszikűek relatív arányát, míg öntözés hatására az egyszikűek váltak monodominánsá, és a pillangós fajok teljesen eltűntek a gyepből. A műtrágyázást toleráló fajok a tápanyag-utánpótlás hatására növelték levélfelületüket, magasabbra nőttek, kompenzálva az eltűnt, illetve lassan adaptálódó fajok hiányzó levélfelületét és biomasszatömegét. Az öntözés pozitív hatásaként szárazságstresszelt időszakban közel négyszeresére nőtt a zöld levélfelület a kontrollállományhoz képest, emiatt szignifikánsan nagyobb (másfélszeres) borítási értékeket mértünk az öntözött vegetációnál. A megfelelő vízellátottság következtében az egyébként forró és csapadékhiányos nyári hónapokban is jelentős CO₂-megkötést mértünk az öntözött gyepben. Az egyenletes vízellátottság a C-fixáció növekedéséhez képest jóval kisebb mértékben növelte a talajlégzést. Mindkét kezelt löszgyep CO₂-felvételében negatív visszacsatolás figyelhető meg, melynek feltehető oka a gyors biomassa növekedés és N-akkumuláció következtében a vegetációs időszak előrehaladtával fellépő N-hiány volt. Az öntözött növényzetnél a föld feletti/föld alatti biomassa aránya szárazságlimitált időszakban nagyobb volt a kontrollállományhoz képest. Ennek oka a már említett intenzív föld feletti biomasszanövekedés, mellyel – N-pótlás hiányában – nem volt képes lépést tartani a gyökérszét növekedése. A csapadékhasznosítási rátánál (éves föld feletti nettó primer produkció/évi csapadékösszeg; részletesebben lásd Huxman *et al.*, 2004) megfigyelhető, hogy még az optimális vízellátottságú öntözött gyep működését is kismértékben, de negatívan befolyásolta az aszály. Ennek feltehető oka, hogy a gyepet döntően C₃-as fajok uralják, melyek sztómazáródása (a déltáji alacsony RH miatt) csökkentette a produkciót. Csapadékos év-

ben az intenzív növekedés és az ezt kísérő talaj-növényzet allokáció miatt az öntözött gyepek föld alatti biomasszájának N-tartalma jelentősebben, míg a talaj N-tartalma közel azonos mértékben csökkent a kontroll- és az öntözött állománynál. A biomassza C-tartalma, a földhasználati módtól és kezeléstől függetlenül csak szűk tartományban változott.

Vizsgálataink alapján megállapítható, hogy az extrém száraz periódus a szünbotanikai viszonyokat és fiziológiai aktivitást tekintve egyaránt nagyobb mértékben stresszelte a kevésbé strukturált, de humuszban gazdag homoki gyepeket, mint a löszgyepeket (*i. abra.*). Szén-dioxid-gáz szempontjából a kutatók a löszgyepek éves szinten – kezeléstől függetlenül – megköthetőnek tekinthető, míg a kevésbé strukturált homoki gyepek csak extrém száraz években tekinthető CO_2 -forrásnak. A vizsgált paraméterek közül a leggyorsabb változás a fajkompozíció esetében figyelhető meg, míg a CO_2 -gázcsere intenzitása csak az öntözött és műtrágyázott löszgyepeknél tért el a kontrollhoz képest, az aktuális talajvízviszonyok függvényében. A diverzitás és a cönológiai értékek fluktuációja jelzi, hogy a szünbotanikai működés nagyobb környezeti perturbáció (például 2003. évi aszály) után is helyreáll. A talajparaméterek jellemzően csak hosszabb időskálán változnak szignifikánsan, de trendek már három év alatt is megfigyelhetők. A löszgyepeknél a kezelés hatására észlelt csökkenő fajszám és diverzitás, elsősorban az erős kompetitor fajok növekvő dominanciája (*Salvia nemorosa* a műtrágyázott, *Dactylis glomerata* az öntözött gyepeken) miatt következett be. A fajkompozíció és a borítási értékek megváltozásából nemcsak az egyes fajok érzékenysége következtethetünk, hanem a

jövőben sikeres taxonok predikciója is lehetővé válik a manipuláció során kiválasztott gradiens mentén. Kutatásunk igazolta, hogy a kezelési eredmények értékelésénél – és ezek modellezési alapadatként történő felhasználásánál – figyelembe kell venni egy kezdeti akklimatizációs periódust, melynek hossza a kezelés jellegétől, a klimatikus viszonyoktól és a vegetációdinamikai folyamatok intenzitásától függ. Az adaptáció során megfigyelhető gyors vegetációdinamikai folyamatok nemcsak a cönológiai viszonyokat változtatják meg, hanem az állomány struktúráját, diverzitását és LAI-értékeit is jelentősen módosíthatják. A klimatikus eltérések lehetővé tették a biomasszanövekedés és a csapadékmennyiség közötti összefüggés vizsgálatát. Megállapítottuk, hogy a gyeptípusok és kezelések közül a csapadékhasznosítási ráta csak a műtrágyázott gyepeknél növekedett lineárisan, míg a többi gyeptípusnál telítődésjellegű volt. Eredményeink rövid távon nem támasztják alá azt a hipotézist, hogy a szünbotanikai jellemzők megváltozásával a szünfiziológiai működés is párhuzamosan változik.

A szerzők ezúton köszönik meg a GREENGRASS (EU Framework 5 project), CARBOMONT (EU Framework 5 project), CarboEurope-IP (EU 6 Framework project), NitroEurope-IP (EU 6 Framework project), NKFP6-00079/2005 projektek, valamint a Scientia Amabilis Alapítvány anyagi támogatását, továbbá a Kiskunsági Nemzeti Park együttműködését.

Kulcsszavak: földhasználat, homokpusztagyep, löszpusztagyep, diverzitás, felhagyás, öntözés, műtrágyázás, biomassza, szénmérleg

IRODALOM

- Soussana, Jean Francois – Allard, V. – Pilegaard K, et al. (2007): Full Accounting of the Greenhouse Gas (CO₂, N₂O, CH₄) Budget of Nine European Grassland Sites. Agriculture, Ecosystems and Environment. 121, 1–2., 121–134.
- Archibold, O. William (1995): Ecology of World Vegetation. Chapman and Hall, London,
- Balogh János – Nagy Z. – Fóti Sz. – Pintér K. – Czóbel Sz. – Péli E. R. – Acosta, M. – Marek M. V. – Csintalan Zs. – Tuba Z. (2007): Comparison of CO₂ and H₂O Fluxes over Grassland Vegetations Measured by the Eddy-Covariance Technique and by Open System Chamber. Photosynthetica. 45, 2, 288–292.
- Burke, Ingrid C. – Laurenroth, W. K. – Milchunas, D. G. (1997): Biogeochemistry of Managed Grasslands in Central North America. In: Paul, Eldor A. – Paustian, K. – Elliott, E. T – Cole, C.-V. (eds.): Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems: Long-term Experiments in North America. CRC Press, Boca Raton, 85–102.
- Burke, Ingrid C. – Yonker, C. M. – Parton, W. J. et al. (1989): Texture, Climate, Cultivation Effects on Soil Organic Matter Content in US Grassland Soils. Soil Science Society of America Journal. 53, 800–805.
- Ciais, Philippe – Reichstein, M. – Viovy, N. et al. (2005): Europe-Wide Reduction in Primary Productivity Caused by the Heat and Drought in 2003. Nature. 437, 529–533.
- Huxman, Travis – Smith, M. – Fay, P. et al. (2004): Convergence across Biomes to a Common Rain-Use Efficiency. Nature. 429, 651–654.
- IUCN Report (1999): IUCN Report on Biological Diversity on Dryland, Mediterranean, Arid, Semi-Arid, Savanna and Grassland Ecosystems. In: Fourth Meeting of the Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice /Montreal, Canada/.
- Reeder, Jean D. – Schuman, Gerald E. (2002): Influence of Livestock Grazing on C Sequestration in Semi-Arid Mixed-Grass and Short-Grass Rangelands. Environmental Pollution. 116, 457–463.
- Szente Kálmán – Nagy Z. – Tuba Z. – Fekete G. (1996): Photosynthesis of *Festuca rupicola* and *Bothriochloa ischaemum* under Degradation and Cutting Pressure in a Semiarid Loess Grassland. Photosynthetica. 32, 399–407.
- Tuba Zoltán – Nagy Z. – Czóbel Sz. et al. (2004a): Hazai gyeptársulások funkcionális ökológiai válaszai, C-körforgalma és üvegházhatású gázainak mérlege jelenlegi és jövőbeni várható éghajlati viszonyok, illetve eltérő használati módok mellett. AGRO 21 Füzetek. 37, 123–138.
- Tuba Zoltán – Bakonyi G. – Singh, M. K. (2004b): Impacts on Biodiversity. In: Láng István – Kőmíves T. – Jolánkai M. (eds.): Pollution Processes In Agri-Environment. A New Approach. Akaprint Publishers, Budapest, 235–254.



AZ ÖKOSZISZTÉMA-LÉPTÉKŰ FOTOSZINTETIKUS CO₂-ASSZIMILÁCIÓ ÉS LÉGZÉS SAJÁTOSÁGAI MÉRSÉKELT ÖVI GYEPEKBEN

Pintér Krisztina

PhD-hallgató, tanszéki mérnök
SZIE Növénytani és Ökofiziológiai Intézet
pinter.krisztina@mkk.szie.hu

Barcza Zoltán

PhD, egyetemi adjunktus
ELTE Meteorológiai Tanszék

Czóbel Szilárd

PhD-hallgató, egyetemi adjunktus
SZIE Növénytani és Ökofiziológiai Intézet

Weidinger Tamás

PhD, egyetemi docens
ELTE Meteorológiai Tanszék

Nagy Zoltán

kandidátus, PhD, habil. egyetemi docens
SZIE Növénytani és Ökofiziológiai Intézet

Balogh János

PhD-hallgató, tudományos segédmunkatárs
MTA-SZIE Növényökológiai Kutatócsoport

Fóti Szilvia

PhD-hallgató, tanszéki mérnök
SZIE Növénytani és Ökofiziológiai Intézet

Tuba Zoltán

DSc, mb. intézetigazgató, egyetemi tanár
SZIE Növénytani és Ökofiziológiai Intézet,
MTA-SZIE Növényökológiai Kutatócsoport

Bevezetés

A szünfiziológia a különböző növényközösségek és ökoszisztémák fotoszintetikus folyamataival és C-metabolizmusának vizsgálatával foglalkozó tudományág. Ilyen térléptékben már nem alkalmazható a levélszinten használt kamrás mérési technika. A jelenlegi technikai feltételek mellett a kiterjeszhetőség felső határa Balogh János és munkatársai (2005), illetve Czóbel Szilárd és munkatársai (2005) vizsgálatai alapján méteres nagyságrendű. A makrotérléptékű, pár száz métertől akár több kilométeresig terjedő térléptékű fiziológiai működés vizsgálatához más tudományágak mód-

szereit kell használni. Ilyen eljárás például a mikrometeorológiából kölcsönzött eddy- (vagy örvény-) kovariancia módszer, mellyel a vízgőz, hő, szén-dioxid és egyéb nyomgázok (például: ózon, nitrogén-oxidok, metán) a társulás és a légtér határán történő turbulens kicserélődésének a hosszú időtartamon keresztüli mérése valósítható meg.

Az eddy-kovariancia módszer az ökológiai kutatásokban most kezd igazán elterjedni. Kutatócsoportunk még 2002-ben létrehozta hazánkban az első ökoszisztéma-léptékű eddy- (vagy örvény-) kovariancia kutatóállomást (helyszíne Bugacpuszta), majd 2003-ban, a

Mátrában (Szurdokpüspöki) működtetni kezdtük második ilyen kutatóállomásunkat. Kelet-Európában gyepfelszínekről még napjainkban is csak ezen két állomásról származó szén-dioxid-mérleg adatsorok állnak rendelkezésre, melyek egyértelműen jelzik ezen kutatóállomások egész földrajzi térségbeli jelentőségét (Soussana *et al.*, 2007).

Munkánkban először az eddy-kovariancia módszer elméleti alapjait ismertetjük, majd röviden bemutatjuk a két mérőhelyet, végül pedig méréseink eredményei közül ismertünk néhányat.

Elméleti alapok

A felszín és a légkör közötti vertikális (függőleges) irányú kicserélődés különböző méretű örvények közreműködésével zajlik. A szélmező nagy időbeli felbontású mérésével nyerhetünk információt ezen örvények viselkedéséről. Ha megrajzoljuk egy nyári délutánra a 10 Hz-es szélmérés eredményét, akkor egy – az első pillantásra kaotikusnak tűnő – képet kapunk (*1. ábra*). Ám ha alaposabban megnézzük az ábrát, feltűnik benne némi rendszeresség. Először is a szélesség nem véletlenszerű határok között változik, hanem csak egy jól meghatározott tartományban vesz fel értékeket. Ha kiszámoljuk például a félórás átlagokat, akkor egyértelmű csökkenő tendenciát kapunk, ami a szélesség napi menetét mutatja. A pillanatnyi szélességérték átlagtól való eltérése (fluktuációja) is mutat napi menetet, ebből pedig az következik, a szélesség változékonysága (szórása) alkalmas a turbulencia erősségének a számszerűsítésére. Felfedezhető továbbá az is, hogy a szélső értékek többféle időskálán fordulnak elő (1 perc, 5 perc, fél óra). Ez a tulajdonság azt bizonyítja, hogy a légkörben a mozgások és kicserélődési folyamatok több különböző méretű ör-

vény szuperpozíciójaként jönnek létre. Az örvények mérete és életideje között szoros kapcsolat áll fenn, a nagy örvények hosszabb ideig maradnak meg a légkörben, míg a kisebbek rövidebb ideig élnek (Stull, 1988).

Említettük, hogy a szélességszórás jól jellemzi a turbulencia erősségét. A vertikális szélesség és egy adott tulajdonság (pl. hőmérséklet, vízgőz vagy szén-dioxid-koncentráció) szorzatának szórását (kovarianciáját) kiszámolva megkapjuk az adott tulajdonság turbulens áramát. A vertikális szélesség hőmérséklettel vett kovarianciája adja a szenzibilis hőáramot, a vízgőz-koncentrációval számított kovarianciája a látens hőáramot, valamint szén-dioxid-koncentrációval vett kovariancia adja a szén-dioxid-áramot. A módszer előnye, hogy mostanra már hosszú távú, folyamatos méréseket tesz lehetővé napi 24 órában félórás vagy órás bontásban, az év minden napján. Ezzel szemben a hátránya, hogy csak a fotoszintézis és a respiráció eredőjét, a nettó ökoszisztéma- (szén-dioxid) kicserélődést (NEE – Net Ecosystem Exchange) képes közvetlenül mérni (Aubinet *et al.*, 2000). A mérőrendszer magasságától függően egy 600–1000 méter átmérőjű gyepökoszisztéma (vagy más vegetációval borított) terület egészének méri folyamatosan a nettó szén-dioxid-kicserélődését.

Mérőhelyek

A Szent István Egyetem Növényteni és Ökofiziológiai Intézetének kezelésében hazánkban két helyen zajlik gyepfelszínek szénserjének mérése. Bugacpusztán (46.69°N, 19.60°E, 113 m tszf.), a Kiskunsági Nemzeti Parkban, a környéken az éves átlaghőmérséklet: 10,4°C, éves csapadékösszeg: 562 mm. A területen a humuszos, mélyben szikes homoktalaj a jellemző, a talajvíztartalom általában 5–25 térfogat % között változik. A gyepfelszínt a *Festuca*

ca pseudovina, *Achillea collina* növényfajok jellemzik. Második mérőállomásunkat a Mát-ra nyugati részére, Szurdokpüspöki település közelébe (47.85° N, 19.73° E, 300 m tszf.) telepítettük. A térségben az alfölditől kissé eltérő klimatikus viszonyok uralkodnak, az éves középhőmérséklet 10,2 °C, az éves csapadék-összeg pedig 622 mm. Az 50 %-os agyagtartalmú barna erdőtalajon kialakult gyeperő alkotója a *Festuca rupicola*, a talaj víztartalma 18–44 térfogat % között mozog.

Mérések

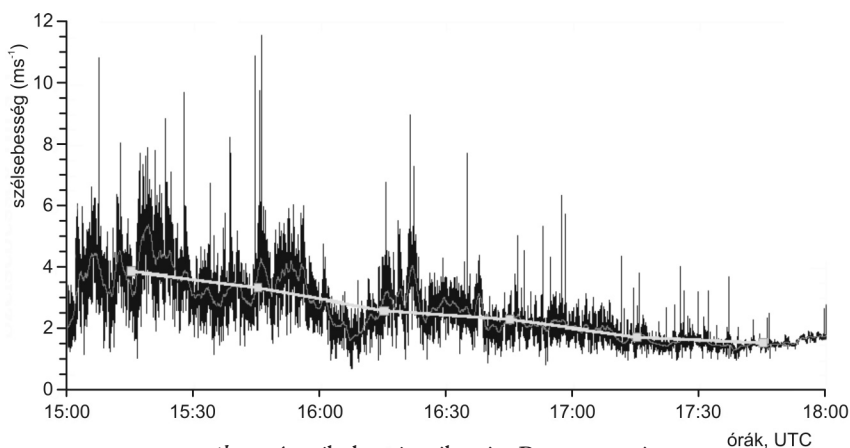
Mindkét mérőhelyen félórás átlagolási idővel mérjük a környezeti tényezőket, így a hőmérsékletet, a relatív nedvességet, a csapadékot, a szélsébséget, a szélirányt, a globálsugárzást, a sugárzasi egyenleget, a fotoszintetikusan aktív sugárzást (PAR), a talajhőmérsékletet. Az eddy-kovariancia módszerhez szükséges 10 Hz-es szélsébség méréseket egy CSAT3-as szónikus anemométerrel valósítjuk meg. A vízgőz és a szén-dioxid koncentrációjának nagyfrekvenciás mérése egy Li-Cor 7500-as infravörös gázanalizátorral történik. Ezzel a módszerrel nemcsak a szén-dioxid turbulens

fluxusát, hanem az energiamérleg két fő komponensét, a szenzibilis és a látens hőáramot is meghatározhatjuk. A mérőrendszer a mérési magasságtól és a horizontális szélsébségtől függő nagyságú forrásterületen elhelyezkedő növényegyedek együttes szén-dioxid-cseréjét méri. Ennek a területnek a meghatározása az ún. *footprint* (magyarul: forrásterület) analízis segítségével történik.

EREDMÉNYEK

Meteorológiai viszonyok a két mérőhelyen

Méréseink alapján elmondható, hogy Bugacon 2002-ben a nyár az átlagosnál melegebb és szárazabb volt. A 2003-as éves átlaghőmérséklet (9,7 °C) ugyan alacsonyabb volt a tízéves átlagnál (10,4 °C), de ennek fő oka az átlagnál jóval alacsonyabb februári átlaghőmérséklet, hiszen a nyári hónapok átlaghőmérséklete (22,3 °C) jóval meghaladta a tízéves átlagot (20,3 °C). 2004-ben az éves átlaghőmérséklet 10 °C volt, ami kevéssel alacsonyabb a tízéves átlagnál, a napi átlaghőmérsékletek nyáron jól láthatóan az előző évi alatt voltak. A 2003-as extrém szárazság miatt a talaj nedvességtartalma május közepére 10 % alá csök-



1. ábra • A szélsébség változása Bugacpusztán 2005. augusztus 9-én délután, 10 Hz-es felbontásban

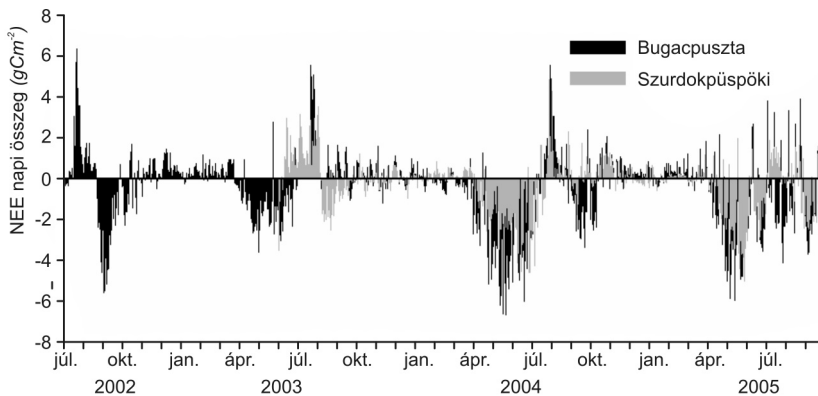
kent, és jelentős utánpótlás nem is történt október közepéig. A többi vizsgált évben a nyár folyamán többször is jelentősen emelkedett a talajnedvesség szintje.

A Mátrából 2003 júniusától állnak rendelkezésre adatok, a nyári hónapok átlaghőmérséklete (22 °C) itt is magasabb volt a tízéves átlagnál (20,5 °C). 2004-ben az éves átlaghőmérséklet megegyezett a tízéves átlaggal, de a nyár enyhébb (19,8 °C), és az ősz (11 °C) kissé melegebb volt a tízéves átlagnál (nyár: 20,5 °C, ősz: 10,3 °C). 2005-ben a tavaszi átlaghőmérséklet (10,8 °C) csak 0,1 °C-kal volt alacsonyabb a tízéves átlagnál, de nyáron már -0,6 °C volt a különbség. A mátrai talajnedvességértékek sokkal kisebb változékonyságot mutatnak, mint a bugaciak, ennek oka a két mérőhely talajviszonyaiban keresendő. A bugaci homoktalaj kis mennyiségű csapadékot is fel tud venni, és könnyebben is szárad ki, míg a mátrai agyagos talaj nehezebben veszi fel a csapadékot, és nehezebben is szárad ki.

A két mérőhely klimatikus viszonyait összehasonlítva általában elmondható, hogy a Mátrában az Alföldhöz képest hűvösebb van, és több csapadék hullik

A bugaci és mátrai ökoszisztémák szén-cseréjének napi összegei

Az állományszintű (ökoszisztémaszintű) széndioxid-gázcsere mérések gyakorlatában, a biológusok által használt terminussal ellentétben a negatív értékek jelentik az ökoszisztéma általi – általában nappali – szén-dioxid-felvételt (a légkör szempontjából veszteség), és a pozitív értékek a légzési folyamatokból származó – általában éjjel jellemző – szén-dioxid-leadást. A mérőrendszer által szolgáltatott félórás értékeket hosszabb időszakra (pl. nap, hónap vagy év) összegezve megkapjuk a nettó ökoszisztéma-gázcsere (NEE, $\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ időmértékegység}^{-1}$) értékét, ami azt mutatja, hogy az adott ökoszisztéma az adott időszakra nézve nettó nyelő (negatív összeg) vagy nettó forrás (pozitív összeg) volt-e. Normális esetben nyáron a fotoszintézis dominál, és negatív napi összegeket mérünk. Száraz és csapadékszegény nyarakon azonban a növényzet kiszáradásának köszönhetően a respiráció kerül túlsúlyba, és pozitívak lesznek az ökoszisztéma nettó gázcseréjének (NEE) napi összegei.

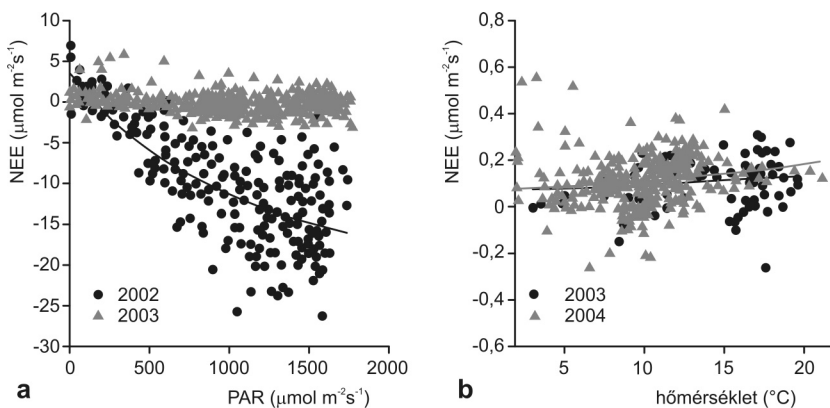


2. ábra • Az ökoszisztéma nettó szén-cseréjének napi összege Bugacpusztán és Szurdokpüspökiben 2002 júliusa és 2005 szeptembere között

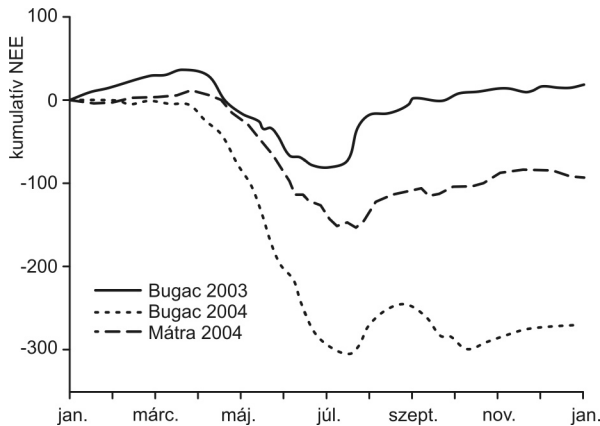
A bugaci és mátrai gyepfelszín nettó szén-cseréjének napi összegeit a 2. ábra szemlélteti. Általában március közepétől október közepéig a fűfelszínnek szén-dioxid-cseréjének napi összegei negatívak, tehát szén-dioxidot vesznek fel a légkörből. A szén-dioxid-megkötés intenzitása évek közti változékonyságot mutat. 2003-ban, az extrém meleg és száraz évben a növényzet napi szinten feleannyi szén-dioxidot vett fel, mint a többi vizsgált évben. A mátrai gyep a bugacinál kisebb mennyiségű szén-dioxidot vesz fel, annak ellenére, hogy a csapadékviszonyok a mátrai mérőhely esetében a kedvezőbbek. A bugaci és mátrai ökoszisztémák viselkedése közötti másik legnagyobb különbség a nyár közepén történő kiszáradás, valamint az azt követő regeneráció megléte vagy elmaradása. Ezen folyamatokat az átlaghőmérsékleten és a lehullott csapadék mennyiségén kívül a mérőhelyek talajviszonyai és a vegetációt alkotó gypfajok szárazságtűrése is befolyásolja. A bugaci homokos talajon már kevesebb csapadék is jelentősen növeli a növényzet számára felvehető vízkészletet, míg a mátrai agyagos talajon ehhez

ennél lényegesen nagyobb mennyiségű csapadékra van szükség. Ennek tulajdonítható, hogy 2003-ban a mátrai gyep estében tapasztaltunk őszi növekedést, 2004-ben a bugaci vegetáció mutatott erősebb őszi regenerációt, valamint hogy 2005-ben Bugacon nem is történt meg a növényzet kiszáradása, így a szénfelvétel a nyár és kora ősz során folyamatos volt, míg a Mátrában ezen a nyáron is kiszáradt a növényzet. Szintén ehhez a kérdéskörhöz köthető az a jelenség, hogy csapadékhullás után megnő a respiráció, aminek következtében akár a legintenzívebb szénfelvételi időszak közepén is előfordulhat, hogy egyes napok nettó szénmérlege pozitív lesz, vagyis jelentős mennyiségű szénleadás történik. Ezt a folyamatot mindkét ökoszisztéma esetében megfigyelhetjük.

A növényzet viselkedése tovább jellemezhető az NEE és a PAR (nappal), valamint az NEE és a hőmérséklet (éjszaka) közötti összefüggések vizsgálatával. Az NEE és PAR közötti kapcsolatot 2002 és 2003 augusztusának második felére hasonlítjuk össze (3a. ábra). Az első évben a növényzet vízellátottsága op-



3. ábra • a.) A fotoszintetikusan aktív sugárzás (PAR) és az NEE kapcsolata 2002. és 2003. augusztus második felében; b.) A hőmérséklet és az NEE kapcsolata 2003 és 2004 májusának második felében



4. ábra • Az NEE kumulatív összege az Alföldön és a Mátrában

tímális volt, így a szokásos hiperbolikus függvény jól illeszthető az adatokra. Ezzel szemben 2003-ban a növényzet augusztusra már kiszáradt, nem mutatott fotoszintetikus aktivitást, így nincs szignifikáns kapcsolat a két változó között. A hőmérséklet és az NEE között általában exponenciális a kapcsolat, a 2003 és 2004 májusában érvényes függvényeket a 3b. ábra hasonlítja össze. Itt is megfigyelhető a szárazság hatása, hiszen 2003-ban a kiszáradt gyepek éjszakai légzése sokkal gyengébb, mint a következő, jó vízellátottságú évben.

A két gyeppfelszín éves (2004) szénfelvételeinek összehasonlítását a 4. ábra szemlélteti. A két mérőhely kumulatív szénmérlegében az első szembevetendő különbség, hogy a téli hónapokban a hegyvidéki gyeppfelszín szenet adott le, míg az alföldi szénmérleg napi szinten nulla körül mozgott, de inkább kissé negatív volt. Április elején mindkét mérőhelyen megkezdődött a vegetáció aktív növekedési periódusa, jelentős szénmegkötés történt, majd a növekedési időszak végére (július eleje) a bugaci gyeppfelszín már több mint kétszer annyi szenet vett fel, mint a mátrai. Ez az arány a két ökoszisztéma szénfelvétele között az év végére a bugaci őszi növekedési periódusnak

köszönhetően megváltozott, és a bugaci gyepek éves NEE összege -188 gC m^{-2} (Nagy *et al.*, 2007), míg a mátrai fűfelszíné -35 gC m^{-2} lett.

Bugacpusztai méréseink alapján lehetőség nyílik a két, eltérő meteorológiai viszonyokkal jellemezhető év szénmérlegének összehasonlítására (4. ábra). Az évek közötti legjelentősebb különbség az éves csapadék mennyiségében keresendő, hiszen 2003-ban Bugacon a tízéves átlagnál 140 mm-rel kevesebb csapadékot mértünk, míg 2004-ben 55 mm-rel többet. Ezen viszonyoknak köszönhetően a bugaci gyeppfelszín szénfelvétele 2003-ban $+80 \text{ gC m}^{-2}$ volt, míg 2004 -188 gC m^{-2} .

Összehasonlításképpen különböző földrajzi helyeken (zömében Észak-Amerikában) elhelyezkedő, különböző fajösszetételű gyepek (főleg C₄-es és vegyes, magasfűvű) szénmérlege -274 és $-18 \text{ gC m}^{-2} \text{ év}^{-1}$ között alakult (Li *et al.*, 2005). A csapadékszegény időjárás más ökoszisztémák esetén is hasonló hatással bír. Lawrence B. Flanagan és munkatársai (2002) Kanadában mérsékelt övi gyeptársulás felett folytatott eddy-kovariancia mérései alapján az 1999-es csapadékosabb év szénmérlege -21 gC m^{-2} volt (szénfelvétel), míg az azt követő csapadékszegényebb és melegebb

évben éves szinten 18 gC m^{-2} szénleadás történt. Jelen esetben az éves szén-csere mértékét nagyban befolyásolja, hogy a mérések helyén a havi középhőmérsékletek $3\text{--}4 \text{ }^\circ\text{C}$ -kal elmaradnak a nálunk mérhetőtől, köszönhetően annak, hogy a mérőhely északabbra található, mint a miénk. Mediterrán területeken szintén előfordult, hogy a csapadékhiány miatt a gyepek éves szinten forrás lett. Egy kaliforniai gyeptársulás éves szénmérlege -132 gC m^{-2} , illetve 29 gC m^{-2} volt, a csapadék évközi eloszlásának függvényében (Xu – Baldocchi, 2004). Mérőhelyünkkel közel azonos földrajzi szélességen, a mongol sztyeppén történtek Sheng-Gong Li és munkatársai (2005) vizsgálatai, a 2003 és 2004 márciusa között folytatott mérések azt mutatták, hogy a sztyeppes éves szénmérlege -41 gC m^{-2} volt. A bugacpusztai gyepek klimatikus viszonyait és növényzetét tekintve összevethető a fenti gyepek ökoszisztémáinak adataival. A 2003-as évben tapasztalt jelentős mértékű C-leadás az adott év időjárása miatt extrémnek tekinthető, míg 2004 az átlagoshoz hasonlóbb időjárású – általában jellemzőbb – év volt.

Összefoglalás

A különböző léptékekben és ökoszisztémák felett folytatott szén-dioxid-gázcsere mérések döntő jelentőségűek a globális szénmérleg meghatározása szempontjából. Az eddy-kovariancia módszerrel történő kicserélődés-

mérések lehetőséget nyújtanak a szezonális, illetve éves szénmérleg tájleptékű megisméréséhez. A hosszú távon folytatott mérések alkalmat adnak a szénmérleg klimatikus viszonyoktól való függésének meghatározására. Méréseink alapján kijelenthetjük, hogy az éves csapadékösszeg és annak évközi eloszlása jelentős hatást gyakorol a gyepevegetációk működésének éves menetére és végső soron szénmérlegére, hiszen a 2003-as aszályos évben a bugaci terület gyenge forrásként viselkedett, amíg az átlagnál kicsivel csapadékosabb évben jelentős mennyiségű szénet kötött meg. A globális éghajlatváltozás hatására térségünkben a hőmérséklet emelkedése és a csapadékmennyiség csökkenése várható (Bartholy et al., 2005). A melegedés és szárazodás mértékétől, valamint a gyepefelszín stressztoleranciájától függően a gyepek egy része nettó szén-dioxid-nyelőből forrássá válhat, akár hosszú távon is.

Jelen kutatásokat a GreenGrass (EU Framework 5 project), a Carbomont (EU Framework 5 project), valamint a Carboeurope IP (EU 6 Framework project), továbbá a KLÍMAKKT (NKH) és GVOP kutatási programok támogatták, illetve támogatják.

Kulcsszavak: felszín–légtér kicserélődés, eddy-kovariancia mérések, nettó ökoszisztéma szén-csere, csapadékszegény időjárás

IRODALOM

- Aubinet, Marc – Grelle, A. – Ibrom, A. *et al.* (2000) Estimates of the Annual Net Carbon and Water Exchange of Forests: The EUROFLUX Methodology. *Advances in Ecological Research*. 30, 113–175.
- Balogh János – Fóti Sz. – Juhász A. *et al.*, (2005): Seasonal CO_2 -Exchange Variations of Temperate Semi-Desert Grassland in Hungary. *Photosynthetica*. 43, 2, 107–110.

- Bartholy Judit – Mika J. – Pongrácz R. *et al.*, (2005) A globális felmelegedés éghajlati sajátosságai a Kárpát-medencében. In: Takács-Sántha András (szerk.): *Éghajlatváltozás a világban és Magyarországon*. Alinea-Védegyelet, Budapest
- Czóbel Szilárd – Fóti Sz. – Balogh J. *et al.* (2005): Chamber Series and Space-scale Analysis in Grassland Vegetation. A Novel Approach. *Photosynthetica*. 43, 2, 267–272.

- Flanagan, Lawrence B. – Wever, L. A. – Carlson, P. J. (2002): Seasonal and Interannual Variation in Carbon Dioxide Exchange and Carbon Balance in a Northern Temperate Grassland. *Global Change Biology*. 8, 7, 599–615.
- Li, Sheng-Gong – Asanuma, J. – Eugster, W. et al. (2005): Net Ecosystem Carbon Dioxide Exchange over Grazed Steppe in Central Mongolia. *Global Change Biology*. 11, 1941–1955.
- Nagy Zoltán – Pintér K. – Czóbel Sz. *et al.* (2007): The Carbon Budget of a Semiarid Grassland in a Wet and a Dry Year in Hungary. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 121, 21–29.
- Soussana, Jean-Francois – Allard, V. – Pilegaard, K. et al. (2007): **Full Accounting of the Greenhouse Gas (CO₂, N₂O, CH₄) Budget of Nine European Grassland Sites**. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 121, 121–134.
- Stull, Roland B. (1988): *An Introduction to Boundary Layer Meteorology*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht
- Xu, Liukang – Baldocchi, Dennis D. (2004): Seasonal Variation in Carbon Dioxide Exchange over a Mediterranean Annual Grassland in California. *Agricultural and Forest Meteorology*. 123, 1–2, 79–96.



TÁJ- ÉS ORSZÁGOS LÉPTÉKŰ MOHA-BIOINDIKÁCIÓS MÓDSZEREK ÉS ALKALMAZÁSUK

Csintalan Zsolt

PhD, habil. egyetemi docens
Szent István Egyetem Növénytani
és Ökofiziológiai Intézet
csintalan.zsolt@mkk.szie.hu

Tuba Zoltán

DSc, mb. intézetigazgató, egyetemi tanár
SZIE Növénytani és Ökofiziológiai Intézet,
MTA-SZIE Növényökológiai
Tanszéki Kutatócsoport

Ötvös Edit

PhD
SZIE Növénytani és Ökofiziológiai Intézet

Rabnecz Gyula

PhD-hallgató, tanszéki mérnök
SZIE Növénytani és Ökofiziológiai Intézet

A környezetvédelem napjaink egyik legfontosabb kérdése, ezzel összhangban egyre erősebb és kifejezettebb az igény a környezetet károsító tevékenységek szabályozására. Minden ilyen irányú szabályozásnak és korlátozásnak azonban előfeltétele, hogy egzakt módon tudjuk meghatározni a környezet állapotát, a környezetterhelés mértékét és annak élőlényekre, köztük az emberre kifejtett tényleges hatását.

A fenti igény változatos módszereket hívott életre, illetve a meglévők rohamos fejlődéséhez vezetett. A módszerek egyik jelentős csoportja a környezet megváltozásának műszeres megfigyelése. Ezen eljárások skálája a legegyszerűbb módszerektől a teljesen automatizált, műszeres vizsgálati rendszerekig terjedhet. Ezekre az eljárásokra azonban kivétel nélkül jellemző, hogy csak az egyes szennyező anyagoknak a környezetbe jutott mennyiségét határozzák meg, de nem adnak információt a terhelés élőlényekre kifejtett hatásai-

ról. Ennek kimutatása kizárólag az előbbiektől lényegesen eltérő bioindikációs módszerekkel lehetséges, amelyek a környezetterhelésnek bizonyos tesztélőlényekre, például tesztnövényekre gyakorolt hatását vizsgálják, mellyel lehetővé válik a környezetnek mint élőhelynek magukon az élőlényeken keresztüli minősítése.

A bioindikációs célra felhasználható élőlények (bioindikátorok) között elsőbbséget élveznek a növények, életmódjuknak (például helyhez kötöttség) köszönhetően. Kiváló bioindikátor értéküknek köszönhetően a növények között is kiemelkedő szerepet kapnak a kriptogám növények, a zuzmók, és elsősorban a mohák. A mohák ugyanis nagyságrendekkel nagyobb mértékben akkumulálják a nehézfémeket, mint a virágos növények, beleértve olyan ritka elemeket is (Ag, Bi, Sn), melyek a szubsztrátban nem kimutathatóak. Mivel legtöbbször nem rendelkeznek kutikulával és vastag sejtfallal, testük könnyen átjár-

ható a víz és ásványi anyagok számára (a szennyezőanyagokat is beleértve), melyet így a csapadékból és a felületükre rakódott anyagokból veszik fel. A felhalmozott elem mennyiséget a légköri ülepedésből származó elemkoncentráció, a mohák felülete, adszorbeáló képessége és ionkicszerelési kapacitása szabja meg. A szubsztrát elemi összetétele a belső vízszállító rendszerrel rendelkező, úgynevezett endohidrikus fajoknál (pl. *Polytrichum*) jelent csak befolyásoló hatást, az ektohidrikus fajoknál, melyeknél a víz a moha külső felületén szállítódik (pl. *Hypnum*), ez elhanyagolható.

A környezetterhelés bioindikációja mohákkal

A mohák bioindikációs célú felhasználása egyrészt történhet a vizsgált térségben az *in situ* megtalálható fajok előfordulásának feltérképezése, a mohaflóra összetételének vizsgálata alapján. E térképezési technikák a legszennyezettebb területeken, például nagyvárosok központi területein, rendszerint mohamentes övezetet, mohasivatagot vagy csak ún. gyommohákat (pl. *Funaria hygrometra*, *Bryum argenteum*, *Marchantia polymorpha*) találnak. Innen távolodva fokozatosan jelennek meg a kevésbé toleráns fajok.

A mohák mint bioindikátorok legszélesebb alkalmazási területe azonban a nehézfemterhelés bioindikációja. Alkalmazásukkal egészen kis területek, pontszerű szennyezőforrások környezete ugyanolyan eredményességgel vizsgálható, mint több, diszperz szennyezőforrás hatásának kitett térségek, mint például nagyvárosok vagy több települést is magába foglaló kistáj-térléptékű élőhelyek, de akár egész országok, sőt kontinensek.

In situ háttérszennyezés vizsgálata

Az utóbbi időben a moha-bioindikáció legfontosabb, legnépszerűbb alkalmazási területévé

vált a háttérterhelés vizsgálata. Az észak-európai országokban a moha-bioindikáció nagy múltra tekint vissza (például Rühling – Tyler, 1971). Az 1970-es, 80-as években svéd–dán közös program indult a levegő nehézfém-háttérszennyezettségének felmérésére, amely nyolc elem – cink, kadmium, króm, nikkel, ólom, réz, vanádium és vas – vizsgálatára terjedt ki. Az Északi Miniszterek Tanácsa közreműködésével 1985-ben Svédországon, Dánián, Norvégian és Finnországon kívül egyre több ország kapcsolódott az *Atmospheric Heavy Metal Deposition in Europe* monitoring projekthez. A vizsgálatokat 1990-ben Európa java részét lefedő mérésekkel egészítették ki. A vizsgálatosorozatot – melyet napjainkra már több mint harminc európai országban elvégeztek – ötvenként azóta is megismétlik, ami hosszú távú és nagy léptékű biomonitoring vizsgálatokat és összehasonlításokat tesz lehetővé.

Ehhez a kezdeményezéshez vizsgálatainkkal Magyarország 1995-ben csatlakozott. Az első sorozat után a méréseket 2003-ban ismételtük meg újra (Ötvös *et al.*, 2003).

E vizsgálathoz a legáltalánosabban használt mohafajok az igen széles elterjedésű *Hylocomium splendens* és a *Pleurozium schreberi*. Mellettük vagy hiányuk esetén *Hypnum cupressiforme*-t és *Scleropodium purum*-ot használnak. A mohákat legalább 1–3 mintavételi hely/1000 km² sűrűséggel gyűjtik, egy-egy mintavételi helyet pedig egy kb. 50x50 m-es kvadrátból származó öt-tíz minta homogén keveréke képvisel.

Transzplantációs bioindikáció

Transzplantációs technika alkalmazása során a tesztnövényeket egy elméletileg szennyezetlen, csak a háttérszennyezésnek kitett területről ültetik át a vizsgálandó helyszínre. E

módszer egyik előnye, hogy megfelelő kivitelezéssel standardizációra ad módot, ami a különböző helyeken és időben elvégzett kísérletek eredményeit összemérhetővé teszi.

Saját transzplantációs vizsgálatainkhoz rendszeresen a széles elterjedésű, talajlakó, ektohidrikus *Tortula ruralis* ssp. *ruralis* mohafajt használjuk. A mohapárnákat 6 cm-es talajszubsztrátjukkal együtt 15×25 cm-es alapterületű expozíciós dobozokba ültetve telepítjük át. A tesztnövények expozíciójának időtartama általában két-három hónap.

Ökofiziológiai bioindikáció

Az *in situ* előforduló vagy transzplantált mohatelepek begyűjtését követően a további feldolgozás során lehetőség van arra is, hogy ne csupán a tesztnövények elemakkumulációs sajátosságait használjuk ki bioindikációs célra, hanem bizonyos fiziológiai paraméterek szennyezés hatására bekövetkező változásait is. Ez utóbbi, úgynevezett moha-ökofiziológiai bioindikációs módszerrel arra kapunk választ, hogy egy térség környezete milyen mértékben terhelt, illetve milyen mértékben károsodott egy gyakorlatilag szennyezetlen (kontroll) területhez képest. Az ökofiziológiai bioindikáció azért igen előnyös, mert a fiziológiai paraméterek nemcsak az akkumulált ágensek, hanem valamennyi egyéb, az adott területen ható előnytelen környezeti tényező hatásának eredőjét tükrözik.

A fiziológiai paraméterek közül azok a leginformatívabbak, amelyek a növények állapota egészének szempontjából döntő rész-folyamatok eredői, illetve a növények állapotának egészét tükrözik, mint például a növények növekedését, produktivitását döntően meghatározó fotoszintézis.

E módszer alapfeltétele a tesztnövények ökofiziológiai sajátosságainak pontos és

részletes ismerete. Ennek érdekében bioindikációs vizsgálatainkkal párhuzamosan folyamatosan tanulmányozzuk a mohák sajátos élettani folyamatait is. Az egyik ilyen sajátosság a mohák mint poikilohidrikus, kiszáradástűrő növények ún. újranedvesedési légzése, melynek több karakterisztikus pontját is alkalmasnak találtuk bioindikációs célra (Menks et al., 1991). Egy másik intenzíven vizsgált terület a mohák tápanyagfelvétele, az elemek növényen belüli lokalizációja és a nehézfémek növényen belüli mozgása, melyről beigazolódott, hogy a különböző nehézfém-ionoknak nemcsak a lokalizációja, de transzlokációja is eltérő, melyet a tápanyag-ellátottság is lényegesen befolyásol (Badacsonyi et al., 2000). Továbbá különböző zavaró tényezők (például: egyéb szennyezők, szél, csapadék) hatását és kiküszöbölésük lehetőségét is vizsgáljuk (Tuba et al., 1994).

Többváltozós analitikai módszerek a bioindikációban

Az indikátorként használt szervezeteket egyidejűleg több károsító hatás is éri, másrészt a tesztnövényekben felhalmozódó szennyező elemek egyidejűleg több forrásból is származhatnak, melyeket a különböző források más-más arányban bocsátanak ki. A minták elemkoncentráció-adatai nyilvánvalóan ezeket az információkat nem hordozhatják, ám körültekintően megtervezett mintavételezéssel, illetve transzplantációval az adatok varianciájából ezekre is következtethetünk. A különböző hatások elkülönítésében, a vizsgálatokkal nyert adatokban rejlő részletek feltárásában a multivariancia-analízis különböző módszerei nyújthatnak segítséget.

A multivariancia-analízis a vizsgált paraméterek (mint változók) tér- és időbeli mennyiségi varianciájának összehasonlítása révén

egyrészt lehetőséget nyújt a különböző helyeken és időben gyűjtött minták (mint objektumok) csoportosítására (klasszifikáció, pl. klaszteranalízis), valamint az egyes változók közötti kapcsolat, korreláció kimutatására, a szennyezést okozó fő faktorok beazonosítására, elkülönítésére (ordináció, pl. főkomponensanalízis).

A PONTSZERŰTŐL AZ ORSZÁG- ÉS KONTINENS-TÁJLÉPTÉKIG TERJEDŐ BIOINDIKÁCIÓS VIZSGÁLATAINKRÓL

Pontszerű és vonal szennyezőforrások által okozott környezetterhelés vizsgálata

A mohák egyik nagy felhasználási területe olyan önmagukban álló szennyezőforrások hatásának felderítése, amelyek a háttérszennyezés szintjénél jelentősen nagyobb terhelést jelentenek. Ezek lehetnek közutak (pl. Tuba – Csintalan, 1993a) vagy különféle ipari létesítmények, mint például bányák, kohászati és fémfeldolgozó üzemek (például Meenks et al., 1991), illetve hőerőművek (például Tuba – Csintalan, 1993b).

Nagyváros nehézfémterhelésének vizsgálata

A mohák jól alkalmazhatóak a nagyvárosok környezetszennyezésének és állapotának nyomon követésére is, melyet főként a gépjárműforgalom, fűtés, különböző ipari tevékenységek okoznak, illetve peremterületeken a mezőgazdasági tevékenység is szerephez juthat.

Magyarországon transzplantációs moha-ökoфизиологияi bioindikációs módszerrel Budapesten végeztünk két alkalommal – 1993 októberében és 1994 februárjában – vizsgálatokat. A városban az ÁNTSZ ülepedőpormérő hálózatának tizenhat kiválasztott mérőpontján helyeztünk el a Kiskunsági Nemzeti

Parkban gyűjtött *T. ruralis* ssp. *ruralis* moha-telepeket. Az expozíció időtartama két-két hónap volt. Az eredmények kiértékelése során felhasználtuk az ÁNTSZ-től kapott szedimentációs, valamint az Országos Meteorológiai Szolgálatól kapott meteorológiai adatokat is.

Vizsgálataink egyértelműen igazolták, hogy a belváros sokkal erősebben szennyezett, mint a peremkerületek. Ugyanakkor a város déli részén kimutatható volt a közeli ipari város, Százhalombatta hatása az onnan érkező magasabb vanádium- és a nikkelszennyezés tekintetében. A peremterületek és a városközpont közötti különbséget vizsgálva az élettani paraméterek alapján nem mutattunk ki szignifikáns különbséget. Ennek okát részben abban látjuk, hogy a peremterületek között egyaránt vannak ipari-lakóövezetek és zöldövezeti területek, s ez a heterogenitás tompítja a különbséget. A városközpont nagyobb távú hatása mellett tehát a lokális szennyezőforrások terhelésével is számolni kell, ami a peremkerületek bizonyos pontjain akár a városközpontot meghaladó terhelést is jelenthet.

Kistáj-térléptékű

moha bioindikációs vizsgálatok

Több települést is magába foglaló kistérségi transzplantációs moha-ökoфизиологияi bioindikációt ezidáig Ajka és Százhalombatta térségében végeztünk el, Ajkán 1991-ben és 1993-ban, Százhalombattán pedig 1990-ben, 1997-ben és 2002-ben. Bioindikációs célra minden alkalommal a *T. ruralis* tesztnövényt használtuk a budapestivel azonos módon, az expozíciós idő azonban három-három hónap volt.

Százhalombatta területén két jelentős ipari létesítmény található, egy kőolajfinomító és egy olajtüzelésű hőerőmű. A több mint tízéves vizsgálati időszakban a környezetszeny-

nyezés szempontjából igen jelentős változások játszódtak le. Az első vizsgálati periódus után a hőerőműben porleválasztó szűrőberendezéseket helyeztek üzembe, ami drasztikusan lecsökkentette a kén-dioxid és nehézfém-tartalmú porkibocsátást. 1999-ben beszüntették az ólomtartalmú üzemanyagok gyártását, és végül a 2000-es évek elején a hőerőműben földgázüzemre tértek át. Ezek a változások – jelentős javulást hozva a hazai háttérszennyezéshez viszonyítva és nemzetközi összehasonlítás tekintetében is – nagyon jól nyomon követhetők voltak a bioindikációs eljárásokkal.

Százhalombattán és környékén a legjelentősebb szennyező elem a Százhalombattán feldolgozott és elégetett ún. nehézkőolajból származó vanádium és nikkel. Mindkét elem legnagyobb mértékben az erőmű közvetlen közelében halmozódott fel a tesztnövényekben. Az erőműtől távolodva a telepek terhelése a távolság függvényében exponenciálisan csökkent. A többi elem esetében hasonló tendencia nem mutatkozott, de egyes elemek, mint például a cink és a réz esetén lokális, a térség mezőgazdasági tevékenységével összefüggő jelentős szennyezés volt kimutatható.

A 2002-es százhalombattai elemtartalom adatok multivariancia-analízise a Ni tekintetében már két elkülönülő szennyezőforrást is beazonosított. Az egyik, amelyben a nikkel kizárólag a vanádiummal alkotott elkülönülő csoportot, továbbra is a Százhalombattán feldolgozott és felhasznált nehézkőolaj. A másik – a nikkellel ebben a komponensben párosuló elemek alapján – talajeredetű, a talaj felső rétegeiben korábban felhalmozódott nikkelszennyezés, mely a szél, illetve a mezőgazdasági művelés okozta talajerózió révén okoz másodlagos környezetszennyezést. Ez utóbbi forrás természetesen régebben is létezett, de hatása – arányában – csekély mérté-

kű volt. Meghatározó jelentőségűvé 2002-re a fő kibocsátás szignifikáns csökkenése miatt vált. 2002-ben az ólomszennyezés egyedüli forrásának a szennyezett talajrézecskek felkavarása és kiülepedése adódott, minthogy az ólom kizárólag a fenti második forrás elemével csoportosult. A korábbi vizsgálat sorozat eredményeivel ellentétben egyéb, a gépjárműforgalommal összefüggésbe hozható ólomszennyező forrást a statisztikai elemzés már nem mutatott ki.

A három időszakot összevetve jelentős csökkenés mutatkozott hét elem (Al, Cu, Fe, Ni, Pb, V és Zn) három hónap alatt akkumulált mennyiségében is. A krómnál az átlagos terhelés változatlan maradt, a kadmiumnál azonban csekély mértékben megnövekedett a terület egészén a szennyezés. A V és Zn kivételével minden elem térségen belüli eloszlása sokkal egyenletesebb lett. Azonban továbbra is változatlan a térségben a V és a Ni-terhelés dominanciája és e két elem területi eloszlása is, minthogy továbbra is a hőerőműhöz közeli helyek a legszennyezettebbek.

ORSZÁGOS TÉRLÉPTÉKŰ MOHA-BIOINDIKÁCIÓ: ELSŐ HAZAI HÁTTÉRSZENNYEZÉSI ATLASZ

Nehézfémterhelés vizsgálata

Hazánk területének száznál több pontjára kiterjedő, többéves mohavizsgálataink alapján elkészítettük hazánk légkörből történő háttérszennyezési nehézfém-lerakódási térképét (Ötvös et al., 2003). Eddigi eredményeink legfontosabb üzenete, hogy az eddig kis hatótávúnak gondolt nehézfém-szennyezés a kibocsátó forrástól távolabb is érezeti hatását. Az eltérő földrajzi-geológiai adottságok mellett jól kirajzolódnak a fő emissziós körzetek. Az ólom esetében például, melynek fő forrása

az első vizsgálat idején még a gépjárművekben elégetett üzemanyag volt, élesen kirajzódnak hazánk legforgalmasabb főútjai (*i. ábra*). Világossá vált, hogy miután a szennyezés nincs tekintettel az országhatárokra, az ellene folytatott küzdelem is csak nemzetközi összefogásban valósítható meg. A magyarországi helyzet a környező országokhoz viszonyítva elfogadhatónak mondható, hazánk a legtöbb vizsgált elem tekintetében az európai középmezőnyben vagy annak közelében található. Ugyanakkor nyugtalanító tény, hogy Európában a legsúlyosabb helyzet határaink közelében (Románia, Szlovákia) van.

A radioaktív szennyezés bioindikációja

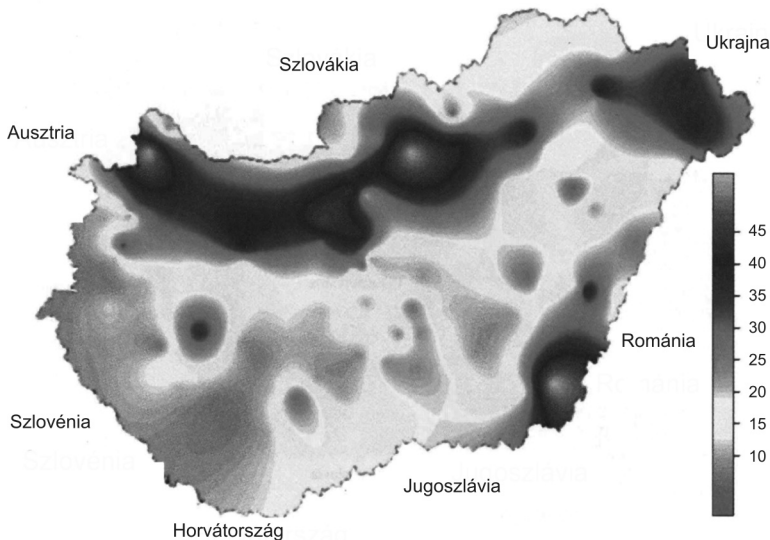
A mohák a radioaktív anyagokat is nagyobb mértékben veszik fel az edényes növényekhez képest. A radioaktív szennyeződés bioindikációjának jelentősége az 1986-os csernobili katasztrófa után növekedett meg, és igen kiter-

jedt irodalma lett mára. A nukleáris robbanások és robbantások mellett jól használhatók a mohák az uránbányászat, radioaktív hulladéklerakók környezetre gyakorolt hatásának tanulmányozására is.

A magyarországi nehézfém-háttérszennyezés vizsgálatához 1997-ben begyűjtött *H. cupressiforme* mohamintákból elvégeztük a hosszú felezési idejű radioaktív izotópok (^{210}Pb , ^{134}Cs , ^{137}Cs és béta-sugárzó izotópok) feldúsulásának vizsgálatát is. A kapott eredmények megnyugtatóak voltak a maximum és az átlagos értékek tekintetében is, mint-hogy egyetlen érték sem utalt kitüntetett, lokális szennyezőforrásra.

Szerves szennyezők bioindikációja

A policiklusos aromás szénhidrogének (PAH) két vagy több benzolgyűrűt tartalmazó vegyületek, a fosszilis energiahordozók tökéletlen égése során kerülnek a környezetbe. Az



i. ábra • A hazai ólomterhelés eloszlása 1997-ben Magyarország 112 pontjáról begyűjtött több száz *H. cupressiforme* mohaminta felhasználásával elvégzett első hazai nehézfém-háttérszennyezés felmérés alapján

erőművek mellett a legfontosabb szennyezőforrás a gépjárműforgalom, ami különösen fontossá válik városi környezetben. A nagyvárosok központi területein a PAH vegyületek koncentrációja akár egy nagyságrenddel is nagyobb lehet, mint a kizárólag háttérszennyezésnek kitett területeken.

Az 1997-es magyarországi háttérszennyezés vizsgálatához gyűjtött mohaminták közül a *H. cupressiforme* esetében a PAH akkumulációt is megvizsgáltuk (Ötvös et al., 2004). Biztató eredmény, hogy a mintáknak majdnem a felében a friss növényi anyagra vonatkoztatott koncentráció $15 \mu\text{g g}^{-1}$ alatti volt. A PAH szennyezés tapasztalt térbeli eloszlásában jól tükröződik az a tendencia, hogy a nagyobb, forgalmasabb helyeken a közúti forgalom terhelésével összhangban jelentősen megemelkedik a szennyezés.

Egy kontinens térleptékű moha-bioindikáció kezdő munkálatai

Erre a tájékozódó jellegű vizsgálatra a trópusi Kelet-Afrikában (Kenya, Tanzánia és Madagaszkár) 1998 és 2001 között, kizárólag nemzeti parkok területén gyűjtött, közel száz mohaminta feldolgozásával került sor. A minták túlnyomó része *H. cupressiforme* volt, továbbá *Hypnum aduncoides*, *Bryum preusii*, valamint *Dystichium capillaceum*. Kilenc elem – Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, V és Zn – mennyiségi adatait az 1997-es magyarországi háttérszennyezés-adatokkal összehasonlítva az afrikai mintákban a Zn és Fe kivételével az elemek legtöbbször lényegesen alacsonyabb koncentrációban fordult elő. Az ólomnál pl. csupán tizedakkora koncentrációt tapasztaltunk.

Nagy időleptékű, retrospektív bioindikáció

A bioindikációs kutatás néhány évtizedes története már módot ad arra, hogy a különbö-

ző időben végzett vizsgálatok eredményeit összehasonlítva a környezetterhelés jellegének és mértékének időbeli alakulására lehessen következtetni. Saját vizsgálataink tekintetében erre Százhalombattán és a környező kistérségben adódott lehetőség. Az összehasonlítás korlátja, hogy a kezdetben alkalmazott módszer nem változhat lényegesen, lehetetlené téve a legújabb eljárások és módszerek alkalmazását. Alternatívát jelenthet a szennyezés retrospektív monitoringja, ahol egységes módszerrel végezhető a vizsgálat, ám a minták eltérő kora az eredmények interpretálása során különös figyelmet kell hogy kapjon.

Az egyik lehetséges megoldás a herbáriumban fellelhető mohák nehézfém-tartalmának összehasonlító elemzése. A vizsgált időszak lehet néhány év, de készült már százévesnyi időszakot felölelő elemzés is. A herbáriumi minták vizsgálata általában megfelelő képet adhat a szennyezés változásának irányáról és hozzávetőleges mértékéről, azonban a minták elérhetősége esetleges, és nagyon ritkán lehet nagy térfelbontású, részletes monitoringot végrehajtani. További feladatot jelent a minták tárolás alatti esetleges elemtartalom-változásának kalibrálása is.

A múlt század során a hazai nehézfémterhelésben bekövetkezett változások tanulmányozása céljából a huszadik század elejéről (1910–1940) a Magyar Természettudományi Múzeum Növénytarából származó három mohafaj (*Brachythecium rutarbulum*, *H. splendens* és *T. ruralis*) összesen nyolcvanöt mintáját vizsgáltuk meg. A kapott eredmények jól mutatják a légkörből származó és onnan kiülepedő nehézfémek koncentrációjának emelkedését. Az elmúlt század megnövekedett Cd, Cr, Ni és V terhelése egyértelmű következménye az ipar fejlődésének. A Cu terhelés növekedése a növényvédőszer-

szélesebb körű alkalmazásával és a közlekedés fejlődésével is magyarázható.

A bioindikáció fejlődésének várható iránya

A bioindikációs kutatás az elmúlt évtizedekben bebizonyította alkalmasságát a környezet változásának jelzésére, különös tekintettel az emberi eredetű környezetváltozásra, környezet-szennyezésre. Nagy mennyiségű, másképpen nem megszerezhető, így pótolhatatlan információt szolgáltatott a tudományos kutatás és a környezetvédelmi döntéshozatal számára.

A bioindikációban rejlt lehetőségek jobb kihasználására két – egymást nem kizáró – fejlődési út látszik lehetségesnek. Az első, nagyobb térségek, földrajzi egységek nagyléptékű, elsősorban a háttérszennyezésre összpontosító, rendszeresen megismételt felmérése. Ebben az esetben továbbra is jól hasznosítha-

tó a bioindikáció olcsósága és egyszerűsége, amely lehetővé teszi nagyszámú mérés egyidejű elvégzését. A másik út a bioindikáció megbízhatóságának és előrejelző képességének növelése. Ezt egyrészt a szennyezéssel kapcsolatos biokémiai és élettani ismereteink növelésével és rendszerezésével, másrészt az egyéb tényezők növényekre és a szennyezés folyamataira gyakorolt hatásának felderítésén keresztül érhetjük el.

Jelen kutatásokat az MTA-GATE Globális Klímaváltozás–Növényzet kutatócsoport 10009 és az International Visegrád Found kutatási programok támogatták.

Kulcsszavak: környezetszennyezés, nehézfémterhelés, háttérszennyezés, moha, bioindikáció, ökofiziológia, fotoszintézis, retrospektív

IRODALOM

- Badacsonyi András – Bates, J. W. – Tuba, Z. (2000): Effects of Desiccation on Phosphorus and Potassium Acquisition by a Desiccation-Tolerant Moss and Lichen. *Annals of Botany*. 86. 621–627.
- Meenks, Jan L. D.- Tuba Z.- Csintalan Zs. (1991): Eco-physiological Responses of *Tortula ruralis* upon Transplantation around a Power Plant in West Hungary. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory*. 69, 21–35.
- Ötvös Edit – Pázmándi T. – Tuba Z. (2003): First National Survey of Atmospheric Heavy Metal Deposition in Hungary by Analysis of Mosses. *The Science of Total Environment*. 309, 151–160.
- Ötvös Edit – Kozák I. O. – Fekete J. et al. (2004): Atmospheric Deposition of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Mosses (*Hypnum cupressiforme*) in Hungary. *The Science of Total Environment*. 330, 89–99.
- Rühling, Ake – Tyler, Germund (1971): Regional Difference in the Deposition of Heavy Metals over Scandinavia. *Journal of Applied Ecology*. 8, 497–507.
- Tuba Zoltán – Csintalan Zsolt (1993a): Bioindication of Road Motor Traffic Caused Heavy Metal Pollution by Lichen Transplants. In: Markert, Bernd (ed.) *Plants as Biomonitors for Heavy Metal Pollution of Terrestrial Environments*. VCH – Publisher, Inc., Weinheim–New York, 329–342.
- Tuba Zoltán – Csintalan Zsolt (1993b): The Use of Moss Cushion Transplantation Technique for Bioindication of Heavy Metal Pollution. In: Markert, Bernd (ed.): *Plants as Biomonitors. Indicators for Heavy Metals in the Terrestrial Environment*. VCH Publisher, Inc., Weinheim–New York, 403–411.
- Tuba Zoltán – Csintalan Zs. – Nagy Z. et al. (1994): Sampling of Terricolous Lichen and Moss Species for Trace Element Analysis with Special Reference to Bioindication of Air Pollution. In: Markert, Bernd (ed.): *Sampling of Environmental Materials for Trace Analysis*. VCH Publisher, Weinheim–New York–Tokio, 415–434.

Tanulmány

MACHIAVELLI ÉLETMŰVÉNEK EGYSÉGE ÉS A MACHIAVELLIZMUSOK SOKFÉLESÉGE

Kaposi Márton

a filozófiai tudományok kandidátusa, egyetemi docens, ELTE
kaposimarton@freemail.hu

Niccolò Machiavelli életművének gazdag tematikája és különböző témáinak más-más mértékű kidolgozottsága *önmagában véve is nagyon eltérő* jellegű reagálásokat, vagyis kritikákat és folytatásokat tett lehetővé. Ezt az alaphelyzetet két másik tényező még tovább bonyolította. Az egyik – és nyilvánvalóbb – a mindenkor *befogadók és közvetítők* – Paul van Tieghem szerint – soha nem ignorálható nézetei és igényei, amelyek a tudomásul vett eszméket a szerző eredeti gondolatvilágának egészéből kiemelték, értelmezték és új kontextusba helyezték. (Van Tieghem, 1939, 57–60.) A másik – kevésbé szembetűnő, de nagyon is fontos speciális – módosító tényező a *premachievellizmus* változatainak szinte kiküszöbölhetetlen, bár többnyire látens befolyása. (De Mattei, 1969)

Arra a tényre, hogy Machiavelli markáns és karakterisztikus életműve csak *a szó legtágabb értelmében véve képez egységet*, és a bennük jól kirajzolódó koncepció nem mentes bizonyos következtelenségektől és logikai ellentmondásoktól, hiszen szerzőjük nagyon különféle inspirációk nyomán, meglehetősen eltérő tapasztalatokat és forrásokat hasz-

nosítva, az értelmezett anyagot nem mindig azonos általánossági fokon feldolgozva és vegyes reflexiókkal kísérve fogalmazta meg, már többen felhívták a figyelmet; legutóbb a Cambridge-i kontextualista iskola képviselői, akik közé egyik monográfusa, Quentin Skinner is tartozik. (Skinner, 1981, 7., 10.; Nederman, 1999, 636–638.) (Például ezek egyike az az alapvető kérdés is: vajon a firenzei titkár a monarchia vagy a köztársaság híve volt-e végső soron?)

Az is régóta tudott tény, hogy Machiavelli – minden eredetisége ellenére – *hagyományos* problémákat tárgyalt újra, más szemlélettel, és egyik-másik elődjének (forrásának vagy csupán előfutárának) néhány jól megfogalmazott eszméje a firenzei gondolkodótól *függetlenül* is élt és hatott, részben vele egy időben, részben az ő működése után is. Ezek egy csoportja a *gyakorlati premachievellizmus* körébe sorolható, hiszen nagyon hasonlítanak a Machiavellinél leírtakra, és – dokumentálhatóan – olyan uralkodók, hadvezérek és hasonló szerepet betöltő vezetők szájából hangzottak el, akik alkalmazták is őket (a legközismertebb példa a spártai Lüsztandrosz utalása

az oroszlán és a róka tulajdonságainak egyesítésére a király részéről). Más hasonló kitételeket bizonyos *elméletírók* dolgoztak ki (Callimachus Experiens, Aurelio Brandolini, Giovanni Pontano). A tovább élő premachiavellizmusok, illetve posztmachiavellizmusok Machiavelli eszméivel történő egybemosódására és az ebből adódó nehézségekre már Robert Mohl és Charles Benoist nyomatékosan ráirányította a figyelmet. (Mohl, 1858, 553–590.; Benoist, 1907, 2–8.) Mindkét szerző – igaz, különböző szempontok szerint – négy csoportba sorolta Machiavelli követőit, sőt Benoist olyan trilógiában dolgozta fel a machiavellizmus történetét, amelyben az első rész (1907) a *premachiaavellizmust* mutatja be, a második (1934) Machiavellit tárgyalja, a harmadik (1935) pedig az őt így vagy úgy követőket, vagyis a szó szűkebb értelmében vett *machiavellizmus* történetét mutatja be. A premachiavellizmus és posztmachiavellizmus fő tendenciáit Mohl és Benoist észrevételeinek felhasználásával rendezhetjük el a továbbiak során.

A fentiek alapján Machiavelli életművét olyan *csomópontnak* tekinthetjük az államelméleti és politikai irodalom történetében, amely bizonyos premachiavellista tendenciákat *egyesít*, illetve amelyből többféle (poszt)machiavellizmus *ágazik szét*. A *viszonyítási pont* a firenzei gondolkodó életműve, az ő *eredendő és autentikusnak* tekinthető machiavellizmus (M). Ennek kétféle előzménye van. Az egyik – és ez a meghatározóbb – egy *gyakorlati premachiavellizmus* (PM₁), vagyis uralkodók, fontos állami vezetők többé-kevésbé tudatos államirányító módszereinek néhány olyan jellemző tényleges eleme, amelyek alkalmazásáról az illetők feljegyzett szólásai, kortársak visszaemlékezései vagy történetírók megállapításai adnak hírt. (Ilyen összeállítást készített Aragóniai Alfonz bölcs mondásairól

Antonio Beccadelli, illetve Mátyás királyéiról Galeotto Marzio.) Az ilyen elemekből formálódik, a régebbi királytüköröket is felhasználva, az *olyan államelméleti jellegű művek* köre, amelyek elvileg átgondoltan mutatják be az állam szuverénjének uralkodói módszereit, köztük sok olyat is, amely később Machiavellinél hasonló megfogalmazásban szerepel, és ennyiben az *elméleti premachiavellizmus* megjelenítői (PM₂). Machiavelli – bár az arányokat nem tudjuk pontosan megállapítani – ezek egy részét forrásként is hasznosította, de attól függetlenül – mind az általa használtak, mind a többiek – később is forgalomban voltak, hatottak, találkozhattak az eredendő machiavellizmussal. Például Xenophón *Küropeidaéja* vagy Beccadelli említett szólásgyűjteménye Machiavelli műveinek megjelenése után is népszerű volt.

Az előzményekhez képest sokkal változatosabb az *utóélet*, Machiavelli „fortuná”-ja, az általa indukált „poszt”- és „anti”-machiavellizmusok széles panorámája. (Procacci, 1995; De Camilli, 2000.) Ebben a differenciálódásban nem csupán a szűkebb értelemben vett, tudományos tartalmú proliferálódás lehetőségei valósultak meg (Kuhn, 1984, 80–81.), de a különböző ideológiai szempontok és politikai hatások is tovább fokozták a bonyolultságot. Az így előállt konstelláción belül első helyen Machiavelli *igazi követőit* (M₁) kell említenünk, bár ilyenek hagyományosan felfogva szinte nincsenek is, mert a szó szoros értelmében vett Machiavelli-epigonok nem léptek fel (annak esetleg Agostino Nifót lehetne tartani *De regnandi peritia* című műve alapján); az *érdemleges* tanítványok tulajdonképpen azok, akik a mester szellemében *továbbgondolták* az ő legfontosabb eszméit (Francesco Guicciardini, Jean de Silhon, Zrínyi Miklós). A követők egy másfajta csoportja a

népszerűsítőké és apologetáké (M_2), akik – néha különös módszerekkel – a firenzei titkár védelmére keltek, mégpedig vagy direkter módon, annak hangsúlyozásával, hogy ő csak a történelem során eredményesnek bizonyult, mások elmélete által is elfogadott eszközöket írta le, amelyek nagy közösségek számára pozitív következménnyel jártak (Francis Bacon, Louis Machon), vagy közvetett úton védtek: szerintük Machiavelli így figyelmeztette a népet arra, hogy milyen veszélyek fenyegetik a könnyen zsarnokká váló fejedelmek részéről (Alberico Gentili, Jean-Jacques Rousseau). Azonban a követők is meg a védelmezők is jócskán kisebbségben maradtak a kritizálókhoz képest. Ez utóbbiak egy része *autentikus kritikusnak* tekinthető (M_3), mert Machiavelli műveinek alapos ismerete és a politikai irodalom széles körének tekintetbevétele alapján, továbbá nemegyszer a firenzei gondolkodó ellentmondásainak feltárásával egybekötve fejtették ki ellenvéleményüket, miközben Machiavelli egyes gondolatait is elfogadták (Justus Lipsius, Giovanni Botero, Jean Bodin, Rozsnyai Dávid). De, sajnálatos módon, azok tábora a legnépesebb, akik Machiavellit *nagyon felületesen és egyben elfogultan* bírálták (M_4), sokszor anélkül, hogy olvasták volna, és csak általános erkölcsi kifogásokat hoztak fel ellene (Innocent Gentillet, Antonio Possevino, Pedro Ribadeneira, Csúzy Zsigmond). Az autentikus kritikusok (M_3) hangoztatták ugyan a hagyományos szempontú erkölcsi fenntartásokat, de nem ragaszkodtak hozzájuk mereven, és ez is meg egyéb megfontolás is segítette őket abban, hogy lényeges *politikai* kérdéseket vessenek fel (uralkodói alkalmasság, államérdék); ezzel szemben a felületes kritikusok (M_4) csak formális moralizálásokba bocsátkoztak, esetleg vallási kérdésekre tértek ki (például azt bizonygatták,

hogy a vallás nem *instrumentum regni*). Ez utóbbiak annyira kiüresítették a machiavellizmus fogalmát, hogy az szinte már csak az elnevezése révén kapcsolódott Machiavellihez. Ennél is semmitmondóbb fogalmat csak azok használtak, akik az „örök machiavellizmus”-t emlegették (többnyire a pontatlan, mindennapi szóhasználatban). (Benoist, 1907, 3–4.) A szó szoros értelmében a posztmachiavellistáknak csak az első két csoportját (M_1 és M_2) lehet *machiavellistáknak* nevezni, a másik kettő (M_3 és M_4) valójában már *antimachiavellista*.

Az ilyen *klasszifikáló fogalmak* és *ideáltípusok* segítségével meg lehet könnyíteni Machiavelli és a hozzá hasonlók viszonyának áttekintését, vagyis *az ő több mint primus inter pares* helyének és szerepének beláttatását, az őt követők nagyfokú különbözőségeinek érzékeltetését, valamint az érdemleges követők (M_1) és az autentikus kritikusok (M_3) *kitüntetett szerepét* magának Machiavellinek a megértésében, illetve az apologeták (M_2) és a felületes bírálók (M_4) *áttételesen* érvényesülő jelentőségét a firenzei gondolkodó nagyfokú eredetiségének *nyomatékosításában*.

Machiavelli ugyan radikálisan gondolkodik, és nagyon pontosan fogalmaz, de azért mégsem könnyű – különösen önállóan kiemelt részletek esetében – azt megállapítani, hogy átvételek esetén mi származik tőle és mi a machiavellizmusok valamelyik képviselőjétől. Különösen az elméleti premachiavellizmus (PM_2), illetve az igazi követők (M_1) és az apologeták (M_2), de olykor még az autentikus kritikusok (M_3) részmegállapításait is nehéz elválasztani az övéitől, különösen ha azok olyan általános államvezetési vagy mindennapi viselkedéssel megnyilvánulásokra vonatkoznak, amelyek mind az említetteknek, mind a firenzei gondolkodónak a közélet gyakorlatából vett modellként szolgáltak.

A Machiavelli előtti államelméleti irodalomban (királytükörök, fejedelmi órák stb.) kétségkívül az uralkodó fontos tulajdonságai és államvezetési elvei között szerepel az energikusság, a határozottság, az akarat és a gondolkodás szigorú fegyelme, az egoizmus, a körültekintőkészség, de ezek mellett a rugalmasság és alkalmazkodókészség, továbbá közömbösség a jó és rossz, az igazságosság és igazságtalanság, az igazmondás és hazugság, az adott szó megtartása és megszegése terén. Ezek mind jelen vannak Machiavelli fejedelemnek adott tanácsai között (aminek alapján a rossz machiavellizmusfogalmakat elsősorban kialakították), de nála egyrészt bizonyos megszorítások is *pontosítják* alkalmazhatóságukat, másrészt *újabb* jellemzők is szerepelnek. (Benoist, 1907, 11–12.) Így Machiavelli nem ambivalenciát, hanem *alternatívát* lát jó és rossz, őszinteség és színlelés, illetve más hasonló ellentétek között, amelyekből a megfelelőt a mindenkori helyzet pontos felmérése alapján lehet és kell kiválasztani. A firenzei politikus tehát *problematizál* és *konkretizál*, és a döntést – bármennyire így tűnik fel – nem az uralkodói egoizmus, hanem a nép és a haza érdekei szempontjából nézve hozzák meg szerinte a jó vezetők (ami különösen az *Értekezések*-ből és néhány kisebb írásból derül ki). Az állam vezetőinek erényei közül nagyon kiemeli a racionális mérlegelni tudást, a helyzetfelismerő képességet, a tettekézséget, a felelősségtudatot és a hazaszeretetet. Machiavelli a dinamikusabb, rugalmasabb államvezetés, a széles látókörű politizálás híve, és ez mindenképpen megkülönbözteti – néha még a részletek tekintetében is – mind elődeitől, mind az utána következőktől. (Berlin, 1972, 163–203.)

Machiavelli elmélete a XVIII. század végéig, sőt egyes országokban a XIX. század

folyamán is jóval több volt tudományos (majd tudománytörténeti) kérdéssnél. Éppen azért váltott ki annyi éles vitát, mert *fontos ideológiai forrásként* kezelték: előbb a *nemzeti abszolutizmus* kialakítása során, majd az *önálló nemzetállamok* megteremtése folyamán hasznosították gondolatait mint eszmei forrást. Az elfogult kritikusok *egyszerűsítés* révén is, *hamisítás* révén is torzító formulája – Machiavelli tanainak lényege: a cél szentesíti az eszközt – eléggé elterjesztette azt a szemléletet, hogy csak az eszközökre kell figyelni; azonban a továbbgondolók (M_1) és a hozzáértő bírálók (M_3) nem feledkeztek meg a *célról* sem. S minthogy érdekük volt – történelmi kortól és szituációtól függően – a két nagy cél – előbb az abszolút monarchia, majd a nemzetállam – valamelyikének megvalósítása, felülvizsgálták az eszközöket, finomítani próbálták alkalmazásuk módjának értelmezésén, sőt elkezdtek a *politizálás specifikumán* elmélkedni. Az apológéták (M_2) lényegében megértették Machiavellit, de főleg a múlt alapján és annak megértésére vonatkozóan fogadták el, elmélete továbbfejlesztésével érdemben nem foglalkoztak, mintegy rezervátumba zárták, ahol ugyan megmaradhat, de nem tud igazán hatni. A felületes kritikusok (M_4) a maguk erkölcsi kritériumai alapján „megsemmisítő” bírálatot gyakoroltak rajta, sőt még a lehetőségét is kizárták annak, hogy tanulni lehessen belőle valamit. (A pápa 1559-ben indexre tette műveit; Machiavellit olvasni csak megfelelő engedéllyel lehetett.) (Bujanda, 1990, 195., 626.) Ez után két, egymással közvetlenül ellentétes, de végső soron egymást erősítő, *káros folyamatot* eredményezett. 1. Az eredendő machiavellizmust (M) és továbbfejlesztett változatát (M_1) csak titokban és hallgatólagosan lehetett bevonnai a politizálásba. 2. Az elfogult apológi-

ák (M_2) és felületes kritikák (M_4) még arra sem voltak képesek, hogy az autentikus machiavellizmus tényleges hibáinak zömét feltárják. A különféle antimachiavellizmusok természetesen keletkezésük során sem álltak elő vegytiszta formában, később még inkább összekeveredtek és egybemosódtak, de *negatív hatásuk túlsúlya* elég egyértelműen bontakozott ki. A modern politikaelmélet megalapozójának tanításai ezek miatt – a bennük rejlő *elvi lehetőségekhez* képest – csak *jóval kisebb hatásokkal* érvényesülhettek a feudális formákat felváltó polgári államok megteremtésének folyamatában.

Machiavelli eredendő államelméleti és politikai tanításait a XVI–XVIII. században két ellentétes irányú törekvés szolgálatába állították: az egyik az *abszolút monarchia kialakítása*, a másik a *zsarnokok elleni küzdelem*. Az előbbi, az egyértelműen pozitív, a firenzei gondolkodó legkövetkezetesebb továbbvitele volt az újabb és már kedvezőbbre fordult körülmények között; az utóbbi, az előítéletekből és félremagyarázásból következően eleve problematikus; csak mindenkor alkalmazásától függően kapott valamilyen konkrét értéket.

Európa feudális viszonyokat lassan visszatorzó történelme során az *egységes nemzet-állam* programja csak későn fogalmazódott meg, mivel az abszolút monarchiát megteremtő országok – Franciaország, Anglia – megszervezték a maguk erős államát, de az egységesítés vagy az önállóvá válás nem jelentett számukra olyan problémát, mint Itália vagy Németország esetében. Machiavelli tanításainak erre vonatkozó része csak a XIX. század folyamán vált aktuálissá az említett országok és több kelet-európai nép számára.

A *zsarnokság* (örök) problematikája a XVI. században ismét napirendre került, nagyrészt

az abszolút monarchia erősödése és a vallásháborúk kapcsán. Ekkor Machiavelliben sokan a zsarnokság elméletíróját vélték felismerni vagy legalábbis bemutatni, akivel szemben, de őt is felhasználva, a *monarchomachia* (tirannomachia) koncepcióját igyekeztek kidolgozni. (Horváth, 2004, 209–210.) Machiavelli ilyen jellegű kompromittálásához – akarla-akaratlanul – részben még a védelmezői is hozzájárultak, hiszen egy részük azt hangsúlyozta, hogy ő tényleg élt uralkodók eredményes keménykezűségét és manipulációit írja le (Francis Bacon), mások arról beszéltek, hogy a fejedelem képében a zsarnokot mutatja be azért, hogy áttételes úton figyelmeztesse a népet a rá leselkedő reális veszélyre (Alberico Gentili, Denis Diderot). Az elfogult és tényeket alig ismerő s még kevésbé tisztelő kritikusok ezeken – a pontosító részleteket ignorálva – merészen túlléptek, s könnyen kialakíthatták Machiavelli fejedelemeszményéből a zsarnok képét, Machiavelliből ennek a tanácsadóját, műveit pedig olyan alkotásoknak tüntették fel, amelyeket – Reginald Pole bíboros szerint – a „Sátán ujjai” vetettek papírra. Ennek segítségével politikai ellenfelét szinte bárki machiavellista zsarnoknak minősíthette, mint például Pázmány Péter tette Bethlen Gáborral, sőt egy erdélyi pasquillusszerző a pokol szülötteként mutatta be Machiavellit, aki egyenesen onnan szállt Dáciába, hogy a legsötétebb politikust, Teleki Mihályt közvetlenül irányíthassa az ország vesztét okozó üzelmében. Európában két fontos esemény erősítette meg Machiavelli ilyen jellemzését: a protestánsok körében a Szent Bertalan-éjszaka (1572), a katolikusok között Navarrai Henrik pápa általi kiátkozása (1585). (Horváth, 2001, 94–95.) A protestánsok gyorsan reagáltak: Junius Brutus álnéven – a szerző valószínűleg Philippe Duplessis Mor-

nay – vitairatot adtak ki *Vindiciae contra tyrannos* címmel (1579), és ezt a későbbiek során többször egybekötve jelentették meg *A fejedelemmel*. (Zsámboky János könyvtárában is egy ilyen példány található.) Ez a mű azért nagyon fontos, mert a monarchomachia gondolatát alapvetően nem Machiavellit figyelembe véve fogalmazza meg. Az viszont jellemző, hogy a „zsarnokpárti” *Principe* és a „zsarnokellenes” *Vindiciae* egybekötve jelent meg több alkalommal is.

A monarchomachia eszméjét – amelynek egyes képviselői a zsarnokhoz való viszonyulás harmadik fokozataként a zsarnokölést is megengedhetőnek tartják – elsősorban a protestánsok dolgozták ki, és ők képviselték radikálisabb változatát, de ebben náluk Machiavelli nem játszott döntő szerepet (François Hotman: *Monitoriale adversus Italogalorum*, 1588; Johannes Althusius: *Politica methodice digesta*, 1603; Dudleius Fennerus: *Sacra theologia*, 1632). A katolikusok inkább a zsarnokság megelőzését, illetve az erre bátorító tanok cáfolását és semlegesítését hangsúlyozták, Machiavellit pedig olyan szerzőként emelték ki, mint aki a zsarnokságot hirdető eszmék legveszélyesebb változatait foglalta rendszerbe, amennyiben a zsarnoki eszméket úgy mutatta be, mint az államvezetés általában érvényes, sőt legeredményesebb módszereit (Marius Salomonius: *De principatu*, 1544; Juan Mariana: *De rege et regis institutione*, 1598; Luis de Molina: *De iure et iustitia*, 1599; Roberto Bellarmino: *De officio principis christiani*, 1619). Nagyon sokatmondó az a változás, amely Ribadeneira egyik művének első, spanyol nyelvű és későbbi, latinul megjelent kiadása között végbement. Az első kiadás (Madrid, 1595) címe: *Tratado de la religion y virtudes que debe tener el príncipe cristiano para gobernar y conservar sus estados, contra*

lo que Nicolás Maquiavelo y los políticos deste tiempo enseñan; a latin kiadás (Strassbourg, 1603) címe már csak az eredeti alcím rövid változata: *Princeps Christianus adversus Machiavellum*. Egyébként Innocent Gentilet közismert vitairatát is csak az alcímben szereplő *Antimachiavellus* címmel emlegették. A pápai tilalom ellenére is terjedő Machiavelli-művek elsősorban a provokáció szerepét játszották a monarchomachok szemében (a katolikusokéban jobban, a protestánsokéban kevésbé), ugyanakkor a monarchomachia táplálta az antimachiavellizmus szellemiségét.

Machiavelli tanításainak ilyen irányba torzított értelmezései a magyar gondolkodókat is elérték. Többnyire el is fogadták őket; ellenvéleménynek kevesen adtak hangot. Hatásos kritikai észrevételt csak Alvinczi Péter református prédikátor tett olyan Machiavelli-cáfolókról, mint Ribadeneira és Mariana. Jóval többen voltak azok, akik a zsarnokpártinak kikiáltott firenzei titkár ellen felléptek. Ilyen volt a magyar származású és a csehországi lutheránus ellenállás letörése során kivégzett Jeszenszky János (Johannes Jessenius), aki még 1591-ben, Padovában orvosi tanulmányait befejező diákként írta és adta elő *Pro vindiciis contra tyrannos* című traktátusát (de csak Frankfurtban publikálta 1614-ben), s ebben a zsarnokok tanácsadójaként említi Machiavellit. A kálvinista Apáczai Csere János Dudleius Fennerusra támaszkodva veti fel 1653-ban a zsarnok megölésének lehetőségét. A katolikusok közül a nagy tekintélyű Pázmány Péter még mint a gráci egyetem professzora tárgyalta úgy a monarchiát Bellarmino és Molina alapján, hogy az könnyen tiranniává torzulhat. Később, Alvinczivel polemizálva is hasonló véleményen volt. (Kaposi, 1967, 178–181.)

Természetesen a monarchomachiának nem csupán az antimachiavellizmus egyes elemei adtak tápot, hiszen néhány fontos elemét a lutherizmusból és a kálvinizmusból kölcsönözte, és a magisztrátusok szerepének hangsúlyozásával hozzájárult az abszolút monarchia szélsőségeinek visszafogásához, mint ahogyan azt az antimachiavellizmus – bizonyos erkölcsi megszorításokat hangsúlyozva – szintén megtette. Az abszolút monarchia támogatását illetően a továbbgondolt machiavellizmus (M_1) volt a leghatékonyabb, különösen akkor, amikor már a tacitizmussal együtt fejtette ki hatását. (Baldassare Alamos, Jean de Silhon, Zrínyi Miklós), de ugyanakkor a sok ellenvetést is megfogalmazó autentikus kritikusok (M_3) éppen ahhoz járultak hozzá, hogy az abszolútista állam *újabb fejlődési szakaszában* felmerült problémák megértését segítsék elő (ragion di stato). Machiavelli ugyanis még túlzottan a fejedelem személyiségének vezetői alkalmasságára helyezte a hangsúlyt, a szervezeti formák közül pedig egyedül a hadseregre, ami a reneszánsz utáni korban részben már meghaladottá vált, jobban előtérbe került az intézményrendszer fontossága, a diplomáciai hálózat kiépítése és más ehhez hasonlók. Machiavellit ki kellett egészíteni, amit csak a mereven gondolkodók és az erkölcsileg elfogultak értelmezhettek úgy, hogy teljesen el kell vetni. (Oesrreich, 1989, 148–149.)

A XVI. században körvonalazódott machiavellizmusok tartalma, milyensége alapvetően nem változott meg a XVII–XVIII. század során, de hatáslehetőségeik és funkcióik meglehetősen átalakultak. A direkt védelmezők (M_2) személye cserélődött ugyan, de számuk továbbra is kicsi volt, és alig értek el hatást (például Louis Machon értékes munkája kéziratban maradt). (Procacci, 1995, 465–

473.) A továbbgondolók (M_1) elég nagy mértékben támaszkodtak, azonban nyíltan alig hivatkoztak Machiavellire. Az érdemleges kritikusok (M_3) a bíráló leple alatt vagy amellet, kevésbé feltűnően, gyakran csempésztek be új gondolatokat az állam- és politikaelméletbe, de ezek nem hívták fel eléggé magukra a figyelmet. Bizonyos kísérletek mégsem maradtak hatás nélkül: így Lipsius elgondolása a „prudentia mixta” alkalmazásáról sokban elősegítette az eredendő machiavellizmus „elfogadható machiavellizmussá” (gemässigten Machiavellismus) szelídítését és részbeni elfogadhatóságát. (Meinecke, 1957, 234.) A felületes támadók (M_4), minthogy lényegében a moralizálás körére szorítkoztak, nem voltak képesek érdemleges hatást gyakorolni az államelméletekre, sőt az erkölcs terén is csak megerősíteni tudták a meglehetősen hagyományos, nagyrészt magánéleti nézőpontú keresztény felfogást.

Az abszolút monarchiák kialakulása, sőt megszilárdulása után, illetve a *nemzetállamok szerveződése* időszakában – a XIX. század elejétől kezdve – megváltozott Machiavelli életművének ideológiai szerepe: ettől kezdve mint az *Itáliát egyesíteni és felszabadítani óhajtó politikus* vált érdekessé és fontossá. Ez azzal is járt, hogy munkásságának egészén belül nagyobb figyelmet kapott a gyakorló politikus, elmélete megítélésében pedig a gyakorlatra orientáltság. Módosítani kezdték az állammelfogásáról régebben kialakult értékeléseket. Pontosan jelzi ezt Georg W. F. Hegel néhány fontos utalása: Németország alkotmányáról írt korai művében (1800–1802) arról ír, hogy a firenzei gondolkodó életművének fókuszusa *A fejedelem* XXVI. fejezete; a jénai reálfilozófiában, majd a világtörténet filozófiájáról tartott előadásában pedig azt jelenti ki igen határozottan, hogy sokat kri-

tizált politikai módszerei nélkül nem lehet egységes nemzetállamot teremteni. (Hegel, 1986, 551–558; Hegel, 1966, 684–685.) Hegel művei közül leghamarabb a történetfilozófiai előadássorozat vált olvashatóvá (1840), de megértését előkészítette Johann Gottlieb Fichte (1807) és Thomas Babington Macaulay (1827) pozitív hangvételű Machiavellitanulmánya. Ezt a fajta értékelést nemcsak az olaszok tartották igen aktuálisnak, hanem a legtöbb magyar politikus (Kossuth Lajos, Kemény Gábor) és elméletíró is (Dománovszki Endre, Beöthy Ákos). Hegel haladás-konceptiójának konkretizálására (amelyben a negativitásnak is van előrevivő szerepe) csak később került sor. A liberálisok az erkölcs és politika közelítésére törekedtek (John Stuart Mill, Benedetto Croce); az újfajta, a *sajátos politikai erkölcs* lehetőségére és szükségességére Robert Mohl hívta fel a figyelmet, amit nálunk a jogfilozófus Concha Győző akceptált. (Concha, 1893, 8–10.) Machiavelli állam- és politikaelméletének alapos, tárgyilagos és hasonló javaslatokat is szem előtt tartó értékelését a későbbiekben a kedvezőtlen társadalmi változások gátolták: a XX. század totalitárius rendszereinek fennállása idején a felelős gondolkodók még ebben a közvetett formában is veszélyesnek ítélték az erőszak, a színlelés és a manipulálás eszközeinek bármilyen – tehát akár a múltra vonatkoztatott – részben jogos elismerését is.

A Machiavelli sokrétű és nem teljesen homogén életműve nyomán létrejött többféle machiavellizmus és antimachiavellizmus egyike sem fejlesztette tovább a *maga egészében*, koncepcionális egységében a firenzei gondolkodó eszmevilágát. Csupán bizonyos oldalaihoz és részleteihez tudtak – ilyen vagy olyan előjellel – kapcsolódni. Elméletének legeredetibb összetevőit, vagyis az *államveze-*

tés radikalizmusának és rugalmasságának alapelvét igazi követőinek szűk köre (M_1) is csak kevésbé merész formában vitte tovább, a védelmezők (M_2) részbeni támogatásával. (Botero „ragion di stato”-ja csak a politikai koordinátarendszer origóját jelöli ki.) Azonban ennek során még ők sem vették tekintetbe eléggé korszerű történelemszemléletének politikaelméletével való több összefüggését, illetve nem tettek kísérletet arra, hogy a félreállított erkölcs helyébe egy új, sajátosan politikai erkölcsöt állítsanak. (Lipsius „prudentia mixta”-ja még egy „gyenge program”-nak is alig felel meg.) Autentikus kritikusként jelentkező antimachiavellisták (M_3), továbbá az elfogult és felületes ellenzők (M_4) az elutasítás mértékében különböztek ugyan, de a viszonyulás irányában már kevésbé, abban pedig a különböző változatok legtöbb képviselője egymásra talált, hogy Machiavellit – mit sem törődve a köztársaságért tettekkel és róla mondottakkal (ez iránt annak idején még a monarchomachok is érzéketlenek maradtak) – a zsarnokok tanácsadójaként fogja fel. Az antimachiavellizmus értékét nagymértékben növelte, hogy fel tudták használni a monarchomachia elméletének kidolgozásához a XVI–XVIII. században, sőt még a diktatúrakoncepciók hallgatóságos kritikájához is a XX. században. (De Camilli, 2000, 55–56., 138–144., 156–165.)

A többféle machiavellizmus – mindegyik a maga ideológiai alapján – különféle módon járult hozzá a *relative egységes és koncepcionálisan koherens* Machiavelli-életmű részben *ignorálásához*, részben elméleti képeinek *dekonstrukálásához*. Az 1527-ben elhunyt firenzei titkárnak 1559 után alig maradt kiadatlan írása, a legfontosabbak nagy gyakorisággal jelentek meg újra, a munkássága egészéről alkotott képet csakis az olyan törekvések

többsége tehette egyoldalúvá, amelyek – persze nem a lényegét teljesen elhibázva, és nem is a kor szükségleteitől függetlenül – szinte csak a politikailag (és erkölcsileg) releváns művekről adtak *leszűkített értékelést*, és érvényesítettek műveinek elemzése során kizárólag ilyen szempontokat. A különféle machiavellizmusok már a tematikai egyoldalúsítások és a szemléleti horizontok *összeszűkítése* tekintetében is közel kerültek egymáshoz. A Machiavelli hagyományát valamennyire folytatók tábora is csak a *politikai irodalom szűk* – és éppen Machiavelli által nagyon szűknek kijelölt – ösvényén követte mesterét. Az antimachiavellistákat a *hagyományos erkölcs védelméből táplálkozó nemtetszés* terelte egy táborba. A tematikát illetően, az előbbiekhöz hasonlóan, ők sem vettek tudomást annak gazdagságáról, főleg szépírói tevékenységét hagyták figyelmen kívül; még a Machiavelli rehabilitálásában alapvető szerepet játszó Macaulay is elég lekicsinylően szólt róluk. Világnézetük, értékrendjük meglehetősen különbözött ugyan Machiavelli ideológiai alapokon álló és ilyen szempontokat érvényesítő értelmezőinek, de leszűkített elméleti horizontjuk sok tekintetben nem engedte őket eléggé eltávolodni egymástól. A XIX–XX. századi szaktudományos elemzések már jobban el tudták kerülni ezt az egyoldalúságot,

aminek eredményeként sok jó elemzés született.

A Machiavelli sokoldalú, felismerésekben gazdag munkásságáról kialakítható képet – annak valóságához mérve – nagyon leegyszerűsítették, elszegényítették, leminősítették, több tekintetben *egyoldalúsították*. Azok az öt *ideológiai* alapon megítélő különböző machiavellisták és antimachiavellisták, akik ebben többé-kevésbé tudatosan és közvetlenül részt vettek, szándékaik ellenére bár, de nagyon közel kerültek egymáshoz, s még ha húzódott is közöttük egy választóvonal, egyikük sem állt távol ettől a vízválasztótól, mert a tudományos távolságtartástól alapvetően különböző természetű óvatosságok, idegenkedések és előítéletek őket magukat is óhatatlanul az *egyoldalúság felé sodorták*. Mintha ezért vagy azért nem tartották volna magukat *A fejedelem* XV. fejezetében olvasható, alapvető módszertani figyelmeztetéshez: „Az értőknek óhajtván hasznos dolgot írni, helyesebbnek ítélem a dolog valódi igazságának kifürkészését, semmint megelégedni a róla alkotott elképzeléssel.” (Machiavelli, 1964, 76.)

Kulcsszavak: *autentikus machiavellizmus, pre-machiavellizmus, posztmachiavellizmus, antimachiavellizmus, ideológia, abszolút monarchia, nemzetállam, ignorálás, dekonstrukció*

IRODALOM

- Benoist, Charles (1907): *Le Machiavellisme. Premier partie: Avant Machiavel*. (2. ed.) Plon, Paris
- Berlin, Isaiah (1972): The Originality of Machiavelli. In: *Studies on Machiavelli*. (Ed. by Gilmore, M. P.) Sansoni, Firenze
- Bujanda, Juan M. (ed.) (1990): *Index Romae 1557, 1559, 1564. Les premiers index romains et l'index du Concile de Trente*. Centre d' Étude de la Renaissance, Quebec
- Concha Győző (1893): *Politikai jegyzetek. (Egyetemi előadásai nyomán jegyezte: Semsey Kálmán.) I. rész:*

Alkotmánytan és társadalomtan. (Kézirat gyanánt.)

Politzer Zsigmond, Budapest

De Camilli, Davide (2000): *Machiavelli nel tempo. La critica machiavelliana dal Cinquecento a oggi*. Edizioni ETS, Pisa

De Mattei, Rodolfo (1969): *Dal premachiavellismo all'antimachiavellismo*. Sansoni, Firenze

Hegel, Georg W. F. (1986): Die Verfassung Deutschlands. In: Hegel: *Werke. 1. Bd. Frühe Schriften*. Suhrkamp, Frankfurt am Main

Hegel, Georg W. F. (1966): *Előadások a világtörténet filozófiájáról*. (Ford.: Szemere Samu.) Akadémiai, Bp.

- Horváth Barna (2001): *Angol jogelmélet.* (2. kiad.) Pallas Stúdió–Attraktor, Budapest
- Horváth Barna (2004): *A jogelmélet vázlat.* (2. kiad.) Pallas Stúdió–Attraktor, Budapest
- Kaposi Márton (1967): Le prime tracce dell'influenza di Machiavelli nella letteratura ungherese. In: Horányi Mátyás – Klaniczay Tibor. (szerk.): *Italia ed Ungheria.* Akadémiai, Budapest
- Kuhn, Thomas S. (1984): *A tudományos forradalmak szerkezete.* (Ford.: Bíró Dániel.) Gondolat, Bp.
- Machiavelli, Niccolò (1964): *A fejedelm.* (Ford.: Lutter Éva.) Magyar Helikon, Budapest
- Meinecke, Friedrich (1957): *Die Idee der Staatsräson in der neueren Geschichte.* (5. ed.) Oldenburg, München
- Mohl, Robert (1858): *Die Geschichte und Literatur der Staatswissenschaften.* Enke, Erlangen
- Mohl, Robert (1866): *Az államtudományok encyklopædiája.* (Ford.: Löw Töbiás.) Heckenast Gusztáv, Pest
- Nederman, Cary J. (1999): Amazing Grace: Fortune, God, and Free Will in Machiavelli's Thought, *Journal of the History of Ideas.*
- Oesrreich, Gerhard (1989): *Antiker Geist und moderne Staat bei Justus Lipsius (1541–1606).* Vandenhoeck und Ruprecht, Göttingen
- Procacci, Giuliano (1995): *Machiavelli nella cultura europea dell'età moderna.* (2. ed.) Laterza, Bari
- Skinner, Quentin (1981): *Machiavelli.* Atlantisz, Budapest
- Van Tieghem, Paul (1939): *La Littérature comparée.* (2. ed.) Armand Colin, Paris



MAGYAR TERÜLETI REFORM ÉS AZ UNIÓS FEJLESZTÉSPOLITIKA

Pálné Kovács Ilona

az MTA doktora, intézeti igazgató, egyetemi tanár
MTA RKK Dunántúli Tudományos Intézet
palne@rkk.hu

Bevezetés

1990-ben az önkormányzati modellt bevezetése sokak szerint a rendszerváltás egyik sikertörténete volt. Az önkormányzati autonómiához kötődő lelkesedésről ma már tudjuk, hogy illúziókat is táplált. Az önkormányzati rendszer formálása során szinte kizárólagosan érvényesített politikai értékrend működési gondokhoz vezetett. Az önkormányzati rendszer minőségét kettős mércével kell ugyanis mérni, a demokratikus politizálás feltételeinek megteremtése mellett a hatékonyság, professzionalizmus éppoly fontos, ami nem pusztán költségtakarékosságot jelent, hanem jó szolgáltatási minőséget.

A rendszerváltás óta eltelt tizenöt év tapasztalatai rámutattak arra, hogy a helyi hatalomgyakorlás modellje nem felel meg a modern kihívásoknak. Az önkormányzati rendszer nem „csak” technokrata, hatékonysági oldalról nem vált be, hanem hatalompolitikai összefüggésben sem, a magyar állam ugyanis centralizált maradt, annak ellenére, hogy az önkormányzatok közjogi értelemben autonómiát élveznek.

A magyar közigazgatás megújulási kényszere tény, mégpedig függetlenül az uniós csatlakozástól. A megújulás – úgy tűnik –

strukturális reformokat igényel. Szinte az önkormányzati rendszer kiépítése óta folyamatos viták tárgya a választott térbeli struktúra, vajon milyen módon integrálható a helyi önkormányzatok, a „kis köztársaságok” erősen szétaprózott rendszere, és milyen léptékben kell megszervezni a kormányzás középső szintjét. Kérdés az is, vajon a magyar közigazgatás modernizációját, strukturális átalakítását mennyiben kell alárendelni az uniós fejlesztési támogatásokhoz való hozzájutás követelményeinek.

A magyar önkormányzati (homokóra) modell lényege

Ma már evidenciáknak tűnnek a *magyar közigazgatás térbeli szerkezetének* gondjai:

- Az *alapszint* szabályozásában kiütéssel győzött a polgárközelség, „bázisdemokrácia” követelménye. Az elaprózott helyi önkormányzati modell kapacitás- és minőségi gondokkal küszködő közszolgáltató intézményrendszert működtet, melynek kárvallottja nem a helyi hatalom, hanem a polgár, aki nem jut hozzá jó minőségű szolgáltatásokhoz.
- A *középszint*, a megyei önkormányzatok szinte teljes kiiktatása több irányban indított el „kompenzációs” mechanizmuso-

- kat. A megyei önkormányzatok helyén burjánzik a minisztériumoknak alárendelt területi államigazgatás, párhuzamos szervezeti-intézményi struktúrák jöttek létre (területfejlesztés, idegenforgalom stb.), különböző tércategóriák jelennek meg „közép”-szinten (különböző körzetek, kistérségek, régiók), mindezek között nincs koordináció, s virágzik az informális hálózatokra épülő elitizmus, ún. „korporatív regionalizmus”. A középszinten kontrollálatlanul kiépített dzsungel sem nem hatékony, sem nem demokratikus.
- A helyi-területi szintű hatalomgyakorlás diszfunkciói *központi szinten* is megjelennek. A központi kormányzás erős középszint nélkül túlterhelődött operatív feladatokkal. A magyar hatalmi modell „homokórához” hasonlítása azért találó, mert nemcsak a felső és alsó szint méretét, „űrtartalmát” érzékelteti, hanem a homok belső kohéziójának hiányát is. Ahogy helyi szinten nem fognak össze sem a helyi hatalom szereplői, sem az önkormányzatok egymással, hasonlóan nem képes a kormány és a miniszterelnök sem a tárcákat összefogni. A kormányzati hatalom hatékonysága tehát a koordináció hiánya miatt alacsony. A magyar állam olyan centralizált állam, amelyben még a centralizáció előnyei sem érvényesülnek.

Az eddigi magyar reformprogramok kudarcainak okai

A rendszerváltás idején elkövetett hibákat máig nem sikerült korrigálni. A szépszámú reformkísérletek kudarciból való tanulástól a jövőbeni reformelképzelések sikere függ.

- Alapvető tanulság, hogy szakmai, politikai konszenzus nélkül nincs esély sikerre. Márpedig állítható, hogy nincs szakmai

konszenzus a középszint méretét, szintjeinek számát illetően. Lényegében három középszintű területi egység van folytonosan „versenyben”, ezek közül a kistérség és a régió mérete, száma, földrajzi határai, székhelye tekintetében még inkább a változások, viták jellemzőek, semmint a stabilitás. Ugyancsak bizonytalanságok érzékelhetőek az egyes szintek, területi egységek tartalmát, funkcióit, közjogi státusát illetően.

- Bár a területi közigazgatás átszervezése folyamatosan a politika és a szakma napi-rendjén volt, mégsem született empirikus, teoretikus kutatásokkal megalapozott, koherens reformkoncepció, amelyik átfogó érvénnyel foglalkozott volna az irányítás valamennyi szintjével és szektorával. A közigazgatás, illetve a tudomány műhelyeiben voltak értékes elemzések, koncepciók (Verebélyi, 2000), de ezek nem tudtak egységes és *átfogó programmá formálódni*, miután a „megrendelő” soha nem igényelte és finanszírozta meg az átfogó, hosszú távú reformprogram előkészítését. Ezért inkább szlogenek, misztifikált uniós elvárások, semmint tudatos felismerések, a reform szükségességének a belátása vezette az újabb és újabb koncepciók „kinyilatkoztatásához”.
- Nem terveztük meg a reform *előkészítésének és végrehajtásának a folyamatát* sem. A kormányzás ciklikus jellegéből adódóan négyévenként irányváltások, megtorpanások következtek be, így a konkrét reformprogramok inkább kormányzati rögtönzések, semmint tudatos, hosszabb távú törvényhozói célkijelölésekké váltak.
- Nincs a közigazgatás reformjáért felelős standard kormányzati szerv, intézmény, pozíció, így szükségszerűen erősebbek

az állandóságban érdekelt kormányzati erők.

- Mint ahogy a kormányzás más területein, a közigazgatási reformok kérdésében sem jött létre standard érdekegyeztetési mechanizmus. Nem sikerült a „regionalisták” és „megyepártiak”, bürokraták és politikusok, „centristák és municipalisták”, „demokraták és technokraták” táborai közötti törésvonalakat feltárni és kezelni. Összességében a változások (decentralizáció) támogatói folyamatosan kisebbségben maradtak.
- A reformoknak szinte egyáltalán nem volt kommunikációja, a társadalom a reformok kérdésében kívülálló maradt. Így nem is alakulhatott ki valamilyen kognitív vagy emocionális viszony a reform irányában, a „reformerek” magukra maradtak, sőtétben tapogatóztak a fogadtatást illetően.
- Nem készült el mindezek miatt egy hosszabb távra szóló (kormányzati ciklusokat átívelő) intézkedéscsomag, amelynek végrehajtását modellezni, szakaszolni, megtervezni lehetett volna.
- A reformcsomagok a fentiek miatt lényegében szinte mindig megrekedtek a párt- vagy kormányprogramok szintjén, és nem jutottak el a nagyobb legitimitációt és hosszútávúságot biztosító törvényhozási szintig.

A területi reformok sikerének feltételei

- *Komplex szakmai megalapozottság:* A területi reform nem cél, hanem eszköz. A térbeli szerkezetnek a rendszer funkcióit kell optimálisan szolgálnia, tehát először kell tisztázni a feladatokat, s azt követően az optimális léptéket, illetve szervezeti formát. A közigazgatás által ellátott funk-

ciók vizsgálatának kell alátámasztania a reform szükségességét.

- *Politikai konszenzusra törekvés:* A nemzetközi tapasztalatok alapján bizonyos, hogy az objektívnek tekinthető földrajzi realitások és racionalitások, a méretgazdaságosság objektív követelményei mellett nem hanyagolhatóak el a történelmi tradíciók, identitás, a szervezeti inerciák, a társadalmi, politikai érdekek sem, sőt esetenként ezek a szempontok sokkal erősebben hatnak a racionális megfontolásoknál. Éppen ezért gyakori, hogy a közigazgatás térbeli átszervezése lépcsőzetesen, konkrét térséget vagy egy-egy térbeli léptéket általában érintő korrekciók útján zajlik, csak ritkán rajzolva át radikálisan, totálisan az ország közigazgatási térképét.
- *Világos forgatókönyvek:* Ha nem is lehet átfogó területszervezési reformot végrehajtani szakmai és politikai kompromisszumok nélkül, de ezek megkötéséhez célszerű világos modellekből – alternatívákból kiindulni.
- *A végrehajtás módszerének gondos megtervezése:* A sikeres reformhoz nem elegendő világos, szakmailag optimális és komplex reformkoncepcióval rendelkezni, hanem meg kell tervezni a végrehajtás folyamatát, fel kell mérni a reformcélok végrehajthatóságát.

A Nyugat-Európában lezajlott közigazgatási reformok értékelése alapján megszületendőek az alábbi tanulságok (Wright, 1997):

- Az üzleti módszerek alkalmazása, az állam szerepének csökkentése nem varázsszer.
- A divatirányzatokat nemzetközi szervezetek szakértői terjesztik sokszor anélkül, hogy az alkalmazás nemzeti, helyi feltételeivel tisztában lennének.

- A reformok olyan intézkedésláncolatot alkotnak, ahol az egyes érdekcsoportok, illetve reformcélok helyzete módosul, veszélyeztetve a reform feletti szilárd politikai uralmat.
- A reformok ambiciózus célokat fogalmaznak meg, amelyhez képest a tényleges hatás, illetve a végrehajtás hatékonysága mindig szerényebb.
- A közigazgatási reformok ritkán kerülnek a közvélemény érdeklődésének középpontjába, a harsány politikai propaganda többnyire sikertelen (Schneider – Heredia, 2003).
- A pragmatikus, személyes szempontok, a belső szervezeti inerciák következtében a koncepcionális célok helyett a végrehajthatóság szempontja játszik döntő szerepet.
- A közvetlenül érintettek támogatásának megszerzése vagy az ellenérdekeltek ellenállásának helyes kezelése kulcskérdés (a pulyka ugyanis nem várja a hálaadást). A felülről indított reformok jelentős akadály lehet a közigazgatás szabályozottságának mértéke, fragmentált vagy integrált felépítése, a politika és a bürokrácia viszonyrendszerének modellje, a politikai és szakmai racionalitás közötti távolság, a reformot akadályozni képes ún. vétőpontok száma (Knill, 1999).
- Számolni kell a reformok nem szándékolt, nem tervezett következményeivel, amelyek esetenként cáfolják az eredeti célokat (például többletköltségekhez vezetnek).
- Nagy szükség van kísérletekre, amelyekre azonban a reformer kormányok legtöbbször nem pazarolják az időt. A diktált tempó nem tesz lehetővé szisztematikus értékelést, a reformok így gyakran utazások az ismeretlenbe (Rhodes, 1997).
- A tisztán felülről irányított reformok kora lejárt, sokkal ígéretesebb a fokozatos, az érdekelteket a tanulási folyamatba bevonó modell (Schedler, 1997). A kis korrekciók, visszacsatolások, alkalmazkodások módszerét viszont össze kell hogy fogja az átfogó stratégia (Strehl, 1997).
- Vannak országok, ahol a politikai rendszerváltás történelmi esélyt adott az átfogó és mély, azonnali reformra. Spanyolország ezt az esélyt például elmulasztotta (Alba, 1997). A „nyugati” címkék, szlogenek, sémák átvétele formálisan megtörtént, a tartalom, a modell azonban a régi maradt.
- A Kelet-Közép-Európában a rendszerváltással keletkezett *tabula rasa* helyzetet lényegében ugyancsak nem tudták kihasználni. Magyarország élvonalba tartozott a régióban a politikai, gazdasági reformokat illetően, s ambiciózus reformokat fogalmazott meg a közigazgatásra vonatkozóan is. A reformprogramok azonban sokkal inkább az aktuális reformgondolkodás reflexei voltak, mint a változások háttérzett forgatókönyvei, a reformmelképzeléseket is erősen áthatotta a múlt konzervativizmusa és decentralizációellenessége. Az elért részleges sikereket inkább a fiskális krízis és az EU-elvárások magyarázzák, semmint a politikai elit vagy a kormány elszántsága (Nunberg, 2003).
- A politikai instabilitás, az újabb és újabb reformok kilátásba helyezése általában nehezíti a reformlépések megszilárdulását, intézményesülését. A bürokraták erős mozgásával, leépítésével járó reformok végrehajtását erősen nehezítik továbbá a hiányzó források, illetve a bürokrácia politikai elitre gyakorolt erős nyomása (Schneider – Heredia, 2003).

- A reformok társadalmi beágyazottsága, az intézményi, szociológiai szempontok nagyon fontos elemei a reformoknak, ezek mellett a legdominánsabb mozgatóerőnek az utóbbi időben a nemzetközi politikai, gazdasági-pénzügyi befolyás bizonyult. E hármas összefüggésrendszer együttes figyelembe vétele megkönnyíti a reformok esélyeinek prognózisát (Kaufman, 2003).

A regionális reform kérdőjelei.

Az európai minta?

A regionalizmus nálunk is lassan elkoptatott közhely, bár nem mindig vagyunk tisztában a jelentéstartalmával. A régiók helyzete és a regionális reformok európaszerte rendkívül tarka képet mutatnak (Pálné, 2005). Meglepő talán, de igazán „regionalizált” ország kevés van Európában, olyan, ahol a régióknak alkotmányos státusuk, nagy autonómiájuk és egyben domináns szerepük is volna. A viszonylag ritkán előforduló politikai regionalizmus esetén a regionális politikai elit célja a nemzetállami központosítási törekvések elensúlyozása (Kohler–Koch, 1998).

Az ún. funkcionális regionalizmust ezzel szemben a központi állam kezdeményezi, racionalizálási, gazdaságfejlesztési célokat követve, gyakran az Európai Unió regionális politikájának befolyása alatt. Az Európai Unió tagállamai középszinten nagyon eltérő modelleket működtetnek, mind léptékben, mind tartalomban, mind jogállásban. A közös vonás inkább az, hogy a tradicionális nemzeti struktúrák lassan, illetve alig változnak. Nincs sem léptékben, méretben, sem státusban minta, s a Regionális Önkormányzatok Európai Chartájának fiaszója azt jelzi, hogy a tagállamok nem is kívánnak megállapodni valamiféle standardban.

Az uniós kohéziós politika mint ultima ráció?

Magyarországon a területfejlesztési törvény elfogadása óta gyakran hangoztatják, hogy a régiók létrehozására elsősorban az uniós támogatásokhoz való hozzáférés miatt van szükség. A csatlakozásra készülve kiépült a területfejlesztési intézményrendszer, bár a fejlesztési tanácsok nem csupán a régiókban, hanem a megyékben, illetve a kistérségekben is létrejöttek, jelezve a bizonytalanságot a régiók kiépítése és helyzetbe hozása kérdésében. Az Európai Unió Statisztikai Hivatala számára szolgáltatandó információk gyűjtésére szolgáló ún. statisztikai számbavételi egységek (NUTS) kialakítása során hoztuk létre ugyanis

- a kistérségi társulásokat a NUTS 4 egységekben (jelenleg 168 van belőlük, méretük hasonlít a járásokhoz, illetve városkörnyékekhez),
- a megyei fejlesztési tanácsokat (NUTS 3)
- és a hét regionális fejlesztési tanácsot 1999-től a NUTS 2 egységekben. Ez utóbbi egységeknek van egyébként kulcsszerepük az uniós támogatások elnyerése szempontjából, hisz ez a lépték az alapja a támogatható régiók kiválasztásának. Amennyiben az adott NUTS 2 régió egy főre eső GDP-je nem éri el az uniós átlag 75 %-át, akkor minősül támogathatónak.

Fontos hangsúlyozni, hogy a regionális fejlesztési politika menedzselésével szembeni uniós elvárások jellemzően nem vezettek választott regionális önkormányzatok létrejöttéhez. Az EU tagállamai közül szép számmal vannak olyanok, ahol a strukturális alapok felhasználásának keretében szolgáló ún. NUTS 2 régiókban nem működik választott önkormányzat, sőt általános hatáskörű közigazgatási szerv sem. A fejlesztési régiók, függetlenül

attól, hogy működik-e választott önkormányzat, saját intézményekkel (irányító hatósággal, monitoring bizottsággal, ügynökséggel) rendelkeznek, amelyek létrehozását, kijelölését az EU szabályai előírják, meglehetősen nagy mozgásteret hagyva a tagállamoknak.

Az utóbbi években Kelet-Közép-Európában a NUTS rendszer felállításának kényszerre kétségtelenül nagyobb hatást gyakorolt a

területi reformokra, miután az Európai Bizottság direkter befolyást gyakorolt a csatlakozó országokra, mégsem került sor mindennél területi megfeleltetésre. A kisebb országokban az újonnan létrehozott „közigazgatási régiók” mérete nem éri el a NUTS2 egyiséghez kötött nagyságrendi kívánalmakat (az Európai Tanács rendelete szerint jelenleg 800 ezer–3 millió fős népesség) például Cseh-

Ország	Közigazgatási egység neve	Száma	Státusa	Átlagnépesség 1000 fő	NUTS megfelelés beosztástól	Különbözik a NUTS 2
Ausztria	Bundesländer	9	Tagállam	906	NUTS-2	
Belgium	Régions	3	Tagállam	3437	NUTS-1	X
Ciprus		1	—	771	—	
Csehország	Kraje	14	Önkormányzat	732	NUTS-3	X
Dánia	Amter	15	Önkormányzat	360	NUTS-3	X
Észtország	Maakond	15	Önkormányzat	94	LAU-1	X
Finnország	Maakunnat	20	Önkorm. társulás	261	NUTS-3	X
Franciaország	Regions + DOM	26	Önkormányzat	2304	NUTS -2	
Németország	Länder	16	Tagállam	5152	NUTS-1	X
Görögország	Periferies	13	Dekoncentrált	820	NUTS-2	
Magyarország	Megyék + Bp.	20	Önkormányzat	510	NUTS-3	X
Írország	Regional authority regions	8	Dekoncentrált	700	NUTS-3	X
Olaszország	Regioni	21	Önkormányzat	2762	NUTS-2	
Lettország	Rajoni	33	Dekoncentrált	71	LAU-1	X
Litvánia	Apskritys	10	Dekoncentrált	344	NUTS-3	X
Luxemburg	Cantons	13	Dekoncentrált	34	LAU-1	X
Málta	Distretti	6	Dekoncentrált	67	LAU-1	X
Hollandia	Provincies	12	Önkormányzat	1360	NUTS-2	
Lengyelország	Województwa	16	Önkormányzat	2414	NUTS-2	
Portugália	Regioes (distritos) 7	(20)	Dekoncentrált	1503	NUTS-2	
Szlovákia	Kraje	8	Önkormányzat	672	NUTS-3	X
Szlovénia	Upravne enote	58	Dekoncentrált	33	LAU-1	X
Spanyolország	Comunidades	19	Önkormányzat	2274	NUTS-2	
Svédország	Län	21	Önkormányzat	429	NUTS-3	X
Egyesült Királyság	Counties	37	Önkormányzat	1629	NUTS-2	
		421		1093		

1. ábra • Kormányzati szint alatti közigazgatási egységek az EU-ban (Forrás: http://europa.eu.int/comm/eurostat/ramon/nuts/laeu_en.html alapján saját szerkesztés)

országban, Szlovákiában, Bulgáriában. Ugyanakkor ahol a méret és a jogállás is megfelel az „absztrakt kívánalmaknak” (lengyel vajdaságok), ott sem a regionális önkormányzatok lettek a fejlesztéspolitika elsődleges szereplői.

Bővítés, az európai regionalizmus hanyatlása?

A 2004-ben megtörtént csatlakozás a regionalizmus kérdésében nagy csalódást okozott. A regionalizmus eszméjének és földrajzi léptékének érvényesítése során lassan egy évtizede alapvető referencia volt a „Régiók Európája” és a strukturális alapokhoz való hozzáférés. Sajátos módon azonban a csatlakozásunk idejére mintha a regionalizmus európai térhódítása megtorpant volna, s maga az Európai Unió, pontosabban az Európai Bizottság sem tekintene olyan prioritásnak, mint a kilencvenes évtizedben. Nem lehet ugyanis véletlen, hogy az újonnan csatlakozó országok mind-egyikében centralizált irányítási modellt kellett kiépíteni az uniós források felhasználására. Hiába épült ki nálunk is a partnerségi elvet követő regionális fejlesztési tanácsok és ügynökségek hálózata, a források feletti döntési hatalom központi szinten maradt, mintegy kiüresítve a „nemzeti” fejlesztéspolitikai intézményrendszert.

A fentiekben vázolt tények, jelenségek arra intenek bennünket, hogy a regionális köz-igazgatási reform nem hajtható végre pusztán külsődleges elvárásokat követve, átfogóbb mérlegelést igényel a NUTS2 egységek létrehozásának kényszeréhez képest. A hatalomgyakorlás térbeli modelljét nem lehet kialakítani pusztán szolgáiban követve külső mintát, s csak imitálva a tanulást. A felülről, kívülről vezérelt, elsősorban technokrata megfontolásokból, a forrásszerzés reményében indított top down regionalizmus kimerítette tartalékait. A regionalizmus második, bottom up sza-

kaszába akkor tudunk átlépni, ha felismerjük a regionalizmus belső mozgatórugóit.

Igazi decentralizációt – a regionális reform lebegtetése helyett

Az utóbbi néhány évben a magyar közigazgatás megújulása, jövőképe, a modernizáció esélye egyértelműen összekötődött a régiók kérdésével. Vannak, akik a politikai decentralizáció lehetséges kereteként (Ágh, 2005), mások a gazdasági versenyképesség okán szorgalmazzák a regionális önkormányzatok létrehozását (Horváth, 2005). Már a 2002-es, majd a 2006-os kormányprogram is célul tűzte ki a regionális önkormányzatok megválasztását, mindkét kísérlet kudarcot vallott. Ideje levonni a tanulságokat!

A regionalizmus nem egyszerűen a megyéknél nagyobb, NUTS2 régiók létrehozását jelenti, hanem annak felismerését, hogy a hatalomgyakorlás középszintjét nem szabad üresen hagyni, nem szabad sem a centralizáció (dekoncentráció), sem az ellenőrizetlen elit hálózatok terepévé degradálni. Az utóbbi évek szomorú tanulsága ugyanis, hogy a fejlesztési tanácsok és más delegációs elven működő „korporációk” nem a partnerség, sokkal inkább a kliensrendszer keretei (Pálné et al., 2004). A regionalizmus szellemisége ahhoz segíthet bennünket hozzá, hogy meginduljon a teljes kormányzati rendszer modernizációja a decentralizáció, a működő hálózatok, a partnerség és a mérrethatékony-ság jegyében.

Regionalizált fejlesztéspolitika

Az alulról és felülről egyaránt támogatott regionalizáció felgyorsulását az eddiginél sokkal határozottabb, perspektivikusabb reformfolyamat eredményezheti. Nem kell további mérlegelés, nem kell kétharmados parlamen-

ti többség a régiók mint fejlesztési egységek megerősítéséhez. A megyék mérete valóban nem alkalmas a gazdaságfejlesztési és területi kiegyenlítési politika számára. A régiók mintegy évtizedes gyakorlattal, kiépült intézményrendszerrel várnak a lehetőségre, arra, hogy ne pusztán statisztáljanak a regionális politikához, hanem annak felnőtt szereplőjévé váljanak. Erre nyilvánvaló esélyt nyújthatott volna a második nemzeti fejlesztési terv, illetve az ennek végrehajtásához rendelhető uniós és hazai források. Azonban a strukturális alapok menedzselő szervezetei újra központosított modellben épültek ki, rácsafolva a kormány regionalizációs ambícióira. Ilyen helyzetben nem sok értelme van a területfejlesztési tanácsokat (ráadásul három területi szinten) működtetni. Értelmét veszti az a vita is, hogy kik üljenek a tanácsokban. De az esély is elvész, hogy a közeljövőben támogatottságot lehessen szerezni egy regionális közigazgatási reform számára!

Decentralizáció a közigazgatásban

A modern állam vertikális hatalmi szerkezetét alapvetően nem a helyi szinten biztosított önállóság mértéke, hanem a középszint súlya határozza meg, amennyiben tehát decentralizált államot akarunk, a középszintet kell megerősíteni. Nem a méretről kell elsősorban dönteni, hanem arról a tényről, hogy átalakítjuk-e a hatalom „homokóra”-szerkezetét, elindulunk-e a centralizált állam modelljétől a decentralizált állam irányába.

Nem a decentralizáció azonban a cél önmagában, hanem a hatékonyabb, átláthatóbb, demokratikusabb állam. A decentralizációval párhuzamosan van esély a működés hatékonyságát, rugalmasságát, demokratikus beágyazottságát és átláthatóságát javítani. Kérdés, vajon a decentralizációt milyen módon kell

végrehajtani?

Természetesen mérlegelni kell a térbeli, strukturális változások szükségességét:

- Elsődlegesen nem a gazdaságfejlesztés, hanem a közszolgáltatások, az igazgatás szükségletei és az elérhetőség oldaláról kell megadni a regionális közigazgatás léptékének optimumát, ami csak a közszolgáltatások, a közigazgatás funkció- és intézményrendszerének alapos elemzésével, modellszámításokkal dönthető el. Ilyen elemzésekről azonban nem sokat hallani, még az elindított közszolgáltatási reformok vonatkozásában sem!
- Rendkívül fontos szempont a hatalomgyakorlás optimális szerkezete is. Azt kell eldönteni, hogy a magyar politikai-hatalmi rendszer működőképessége hogyan változik a jelenlegi megyéknél lényegesen nagyobb döntéshozási egységek létrejöttével. A polarizáltabb, koncentráltabb hatalmi szerkezet jobban vagy kevésbé képes kezelni a konfliktusokat, jobban vagy kevésbé átlátható, jobban vagy kevésbé ad lehetőséget a részvételre? A kérdés fontosságát a 2006. évi önkormányzati választási eredmények világosan bizonyítják.
- Széles a mozgástér a régiók, mint politikai-hatalmi egységek közjogi intézményesítése kérdésében is. A regionalizáció modellje tekintetében markáns véleményeltérés mutatkozik a klasszikus önkormányzati régiók és a „regionális kormányzatok” modelljét támogatók között (Horváth, 2004). Az önkormányzati és a föderális logika realitása mellett ne feledjük azt sem, hogy az államigazgatási régiók létrehozása elvileg bármikor lehetséges (ahogy ez megtörtént Magyarországon is, 2006 végén), s a nyugat-európai tapasztalatok is jelzik, hogy a regionalizálás jelszavával

vissza is lehet élni! A régió lehet a központosítás eszköze is, mint ahogy bizonyos jelenlegi kormányzati reformlépések erre utalnak. A megyei önkormányzatok továbbbi visszazorítása tehát egyértelműen a kormányzat hatalmát növelte.

A régió vagy megye kérdés eldöntése alapos kutatásokat igényel, ezért lenne célszerű a regionalizációs folyamat hosszabb távra tervezett szakaszolása egy, a parlament által elfogadott *decentralizációs törvénykezési csomag* formájában.

A decentralizációs törvények (alkotmánymódosítást is beleértve) előkészítését megelőzhetné egy olyan politikai jellegű dokumentum (fehér könyv), amely megalapozza a törvényjavaslatok kidolgozását, és lehetővé teszi a reformfolyamat hosszabb időre történő megtervezését. Egy ilyen dokumentum kidolgozása és közjogilag legitimált formában történő elfogadása azért fontos, mert a strukturális reform valóban közmegegyezést igényel, több kormányzati cikluson keresztül végrehajtást kell megalapozni.

A területi közigazgatás optimális modelljét az átfogó elemzések, modellezés, kísérletezés hiányában egyelőre nehéz lenne megjósolni. Az bizonyos, hogy a középszint átrendezése egyaránt érinti a települési szintű közigazgatás átalakítását, modernizálását és a kormányzati irányítás modellváltását.

A modell feletti döntés során mérlegelni kell, hogy a gazdaság és társadalomfejlődés a jövőben milyen új középszintű közösségi

funkciók vállalását igényli, illetve melyek azok a szerepkörök, eszközök, amelyek már elavultak, idegenek a 21. századi modern államiségtől. Az önkormányzatiság és a térbeli kormányzás modellje már nem a 19. században kialakult értékek és követelmények mentén kell hogy formálódjon. A modell módosulásának a lényege haladás a *government*-ből a *governance*, a közhatalmi, hierarchikus irányítástól a partnerségi kormányzás irányába.

Ugyanakkor azt is szem előtt kell tartani, hogy nincs általános „európai” modell, különösen nem a földrajzi lépték tekintetében. A decentralizáció nem feltétlenül igényel strukturális változásokat, a közigazgatási határok módosítását. A hatékony térbeli kormányzás nem csupán jól megválasztott lépték kérdése, sokkal inkább az együttműködési és alkalmazkodási készségeké, a hálózatos struktúráké. Ezek hiányában a mesterséges, szereplőit tekintve konfliktusos, integrálatlan régiók nem tudják érvényesíteni a területileg nagyobb lépték előnyeit.

A magyar közigazgatási reformok eddigi kudarcai alapján fel kell ismerjünk, hogy a felszínes külsődleges mintakövetés nem sikeres alkalmazkodási stratégia. Valóságos tanulásra van szükség, ez minden reform sikerének záloga.

Kulcsszavak: *középszintű kormányzás, megyék, régiók, uniós regionális politika, strukturális alapok menedzsmentje*

IRODALOM

Ágh Attila (2005): A regionális reform és a politikai intézményrendszer kapcsolata. In: Mező István – Wiener György (szerk.): *Regionalizmus és önkormányzatiság*. Gondolat – Debreceni Egyetem Állam- és Jogtudományi Karának kiadványai

Alba, Carlos R. (1997): Modernising Spanish Public Administration: Old Inertias and New Challenges. In: Kickert, Walter J. M. (ed.): *Public Management and Administrative Reform in Western Europe*. Edward Elgar, Cheltenham, 181–203.

- Horváth Gyula (2005): Decentralization, Regionalism and the Modernization of the Regional Economy in Hungary: An European Comparison. In: Barta Györgyi – G. Fekete É. – Szörényiné Kukorelli I. – Timár J. (eds.): *Hungarian Spaces and Places. Patterns of Transition*. Pécs, Centre for Regional Studies, 50–64.
- Horváth M. Tamás (szerk.) (2004): *A regionális politika közigazgatási feltételei. Variációk az uniós csatlakozás küszöbén*. IDEA–MKI, Budapest
- Kaufman, Robert (2003): The Comparative Politics of Administrative Reform: Some Implications for Theory and Policy. In: Schneider, Ben Ross – Heredia, Blanca (eds.): *Reinventing Leviathan: The Politics of Administrative Reform in Developing Countries*. North-South Center Press University of Miami, 281–303.
- Knill, Christoph (1999): Explaining Cross-National Variance in Administrative Reform: Autonomous versus Instrumental Bureaucracies. *Journal of Public Policy*. 19. 113–139.
- Kohler-Koch, Beate (1998): *Interaktive Politik in Europa. Regionen im Netzwerk der Integration*. Leske-Budrich, Opladen
- Nunberg, Barbara (2003): The Politics of Administrative Reform in Post-Socialist Hungary. In: Schneider, Ben Ross – Heredia, Blanca (eds.): *Reinventing Leviathan: The Politics of Administrative Reform in Developing Countries*. North-South Center Press University of Miami, 59–89.
- Pálné Kovács Ilona – Horváth Gy. – Paraskevopoulos, C. J. (2004): Institutional „Legacies” and the Shaping of Regional Governance in Hungary. *Regional and Federal Studies*. 14. 3. 430–460.
- Pálné Kovács Ilona (szerk.) (2005): *Regionális reformok Európában*. IDEA–TÖOSZ, Budapest
- Rhodes, Rod: Reinventing Whitehall 1979–1995. In: Kickert, Walter J. M. (ed.): *Public Management and Administrative Reform in Western Europe*. Edward Elgar, Cheltenham, 43–61.
- Schedler, Franz: The State of Public Management Reforms in Switzerland. In: Kickert, Walter J. M. (ed.): *Public Management and Administrative Reform in Western Europe*. Edward Elgar, Cheltenham, 123–43.
- Schneider, Ben Ross–Heredia, Blanca (eds) (2003): *Reinventing Leviathan: The Politics of Administrative Reform in Developing Countries*. North-South Center Press University of Miami
- Strehl, Franz (1997): Administrative Reforms in Austria: Project „Verwaltungsmanagement”. In: Kickert, Walter J. M. (ed.): *Public Management and Administrative Reform in Western Europe*. Edward Elgar, Cheltenham, 103–123.
- Verebélyi Imre (szerk.) (2000): *Egy évtized önkormányzati mérlege és a jövő kilátásai*. MKI–MTA PTI, MTA RKK, Budapest
- Wright, Vincent (1997): The Paradoxes of Administrative Reform. In: Kickert, Walter J. M. (ed.): *Public Management and Administrative Reform in Western Europe*. Edward Elgar, Cheltenham, 7–15.



KLÍMAÜGY: 2007

Czelnai Rudolf

az MTA rendes tagja
cz32r@t-online.hu

A Nemzetközi Földtudományi Unió (IUGS) és az UNESCO kezdeményezése nyomán az ENSZ Közgyűlése 2005. decemberi határozatával a 2008. évet *A Föld Bolygó Nemzetközi Événé* nyilvánította.

Ezzel összefüggésben az MTA 2007. évi májusi közgyűlésén *Klímaváltozás a Stern-jelentés, valamint a brüsszeli csúcs tükrében* címmel tartottam előadást, melynek mondanivalóját négy kérdés köré csoportosítottam: *Mi az, amit tudunk, és mi az, amit nem tudunk a klímaváltozással kapcsolatban? Mi történik a világon ma a klímapolitikában? Mi a helyzet a megfigyelések és adatok terén? És végül: Mire kell vigyáznunk?*

Bevezető megjegyzések

A harmadik évezred kezdetén elérkeztünk az emberiség eddigi történetének legkritikusabb szakaszához, mely szakaszban a gondot okozó faktorok között az antropogén klímaváltozás problémája különleges helyet foglal el. A legkevesebb, amit mondhatunk, hogy az emberiségnek még sosem volt alkalma szembenézni olyan problémával, mely ehhez akár egy kicsit is hasonlítana.

Az év kezdetétől különféle magas szintű politikai értekezletek követték egymást, ahol a központi témát a **klímaváltozás és energia-jövők** kérdései adták. Ezek között fontosság-

Jelen cikk az említett előadás anyagát tartalmazza, ám lényeges változtatásokkal. Egyrészt, a *Magyar Tudomány* 2007/5 számában a Föld globális megfigyelésének kérdéseiről már szó esett, s ezért a fentebb felsorolt kérdések közül a harmadikat itt nem tárgyalom. Másrészt a klímapolitika terén a május óta eltelt hónapok folyamán sok minden történt, amit e cikk végleges formába öntésekor már nem hagyhattam figyelmen kívül. Különösen fontosnak érzem, hogy kiterjek a G8 államfőinek 2007. június 6–8. között tartott heilgendammi ülésére, melyről némi óvatossággal talán az is elmondható, hogy a nemzetközi klímapolitika terén új helyzetet teremtett.

ban kiemelkedett az EU vezetőinek márciusi brüsszeli ülése, mely már a G8 júniusi csúcsertekezletére való felkészülés jegyében zajlott. A folyamatot élénk diplomáciai tevékenység kísérte, amiből itt csak pár elemet ragadnék ki.

A brit kormány a brüsszeli EU-csúcsertekezlettel majdnem egy időben hozta nyilvánosságra az ún. *Stern-jelentést*.¹ Ez az impozáns anyag a klímaváltozás lehetséges gazdasági

¹ *Stern Review on the Economics of Climate Change*: 700 oldalas jelentés, melyet Sir Nicholas Stern 2006. október 30-án adott át a brit kormánynak. (Sir Nicholas Stern, a British Academy tagja. 2000 és 2003 között a Világbank első elnökhelyettese, egyben a fejlesztési

következményeiről, és e következmények elhárításáról szolt. A jelentés megvitatásából mi sem maradtunk ki. A budapesti brit nagykövetségen, 2007. március 28-án a témáról konferenciát rendeztek, melyet John Roland Nichols nagykövet úr nyitott meg. (A jelenésre még visszatérek.)

A továbbiakban a legfontosabb esemény a 2007. június 6–8. között Heiligendamm-ban lezajlott G8-csúcsértekezlet volt. Az értekezleten elnöklő Angela Merkel részben személyes sikereként könyvelheti el, hogy ezúttal történelmi jelentőségű egyezsége juttattak a klímavédelem főbb vonalait illetően. Legfőképpen, sikerült az USA és az EU között egy nagyjából közös út követésében megegyezni.

Amikor arra vállalkoztam, hogy áttekintést adok arról, ami a nagyvilágban a klímapolitika terén történik, először is azt kellett számításba vennem, hogy erről a kérdéstről nem lehet tárgyilagos véleményt alkotni a klímaprobléma természetének megértése, vagyis a tudományos alapkérdések megértése nélkül. Ezért az alábbiakban először is ezekről szeretnék (remélem) közérthető áttekintést adni. Csak ez után térek rá arra, hogy a klímapolitika mégiscsak politika, tehát nyers érdekekről szolt, amelyeken fontos átlátnunk.

Az általam vállalt feladat természete miatt az előadásra való felkészülés során folyamatosan naprakész tájékozottságot szerettem volna nyerni arról, hogy mi történik a világban klíma- és energiaügyekben. Az események és nyilatkozatok forgatagát aligha lettem volna képes egyedül figyelemmel kísérni. Ebben Nagy Árpád Zoltán

stratégiáért, kutatásért felelős ún. vezető közgazdásza volt. Majd a brit Államkincstárhoz tartozó Government Economic Service vezetője. 2005-ben Tony Blair kérte fel a klímaváltozás gazdasági vonatkozásainak vizsgálatára.)

ny. tszv. egyetemi tanár barátom nyújtott felbecsülhetetlen segítséget. Ezért ezen a helyen is szeretnék neki köszönetet mondani.

Mi az, amit tudunk, és mi az, amit nem tudunk a klímaváltozással kapcsolatban?

A klímaváltozás problémájának természetéről, továbbá a döntő részfolyamatok fizikájáról már ötven éve szépen kialakult ismeretek állnak rendelkezésünkre. Ezek az ismeretek a 17. század közepétől lassacskán gyűltek össze, majd nagyjából teljessé éppen ötven évvel ezelőtt váltak.

A régóta ismert dolgok összegezését azzal kell kezdenem, hogy a geológiai feltárások már régen kimutatták, hogy az éghajlat többször is változott a múltban. Ebből már régen le lehetett vonni a következtetést, hogy az éghajlat változhat a jövőben is. (Itt, zárójelben, érintenem kell azt a polémiát, mely arról szolt, hogy a klíma változása természetes okokból következik-e be, vagy antropogén okokból. Erre azt lehet mondani, hogy az ipari forradalom előtti időkben döntően a természetes hatások okozták a klíma változásait, de akkor is előfordulhattak már számításba vehető antropogén hatások. A lényeg az, hogy az antropogén hatások szerepe az ipari forradalom kezdete óta hatványozottan növekedett, és most is tovább nő. Ugyanakkor továbbra is fennáll, hogy a klíma alakulását természetes hatások is befolyásolják. Tehát meddő dolog arról vitázni, hogy az egyik vagy a másik okozza-e a változást. A valóság az, hogy mindkét hatás jelen van, sőt kölcsönhatásban is lehet egymással.)

A fizikusok és csillagászok már rég kiszámították, hogy ha nem volna üvegházhatás, akkor a felszínközeli globális átlaghőmérséklet a jelenlegi 15 °C helyett 33 fokkal alacsonyabb lenne, és a Föld számunkra lakhatatlan

volna! Ugyanakkor már a 19. század végén tudott volt, hogy az ipari forradalom kezdete óta egyre több szén-dioxid került a légkörbe. Volt, aki már akkor feltette a kérdést, hogy miként hat ez a klímára? Ezt a vitát egy időre az oceanográfusok csendesítették le azzal, hogy a világóceán maradéktalanul képes elnyelni akkora szén-dioxid-többletet, amekkorát az emberi tevékenység képes a légkörbe juttatni. Ezzel a téma több mint fél évszázadra elaludt.

Ám 1955-ben egy napon a Scripps Oceanográfiai Intézet igazgatója elé tettek egy kutatási beszámolót, mely radioaktív izotópokra vonatkozó mérési adatokat tartalmazott. Az igazgató, Roger Revelle, észrevette, hogy valami nincs rendben. Pontosabban rájött, hogy vagy hibásak az adatok, vagy azt jelzik, hogy a légkörbe kerülő szén-dioxid jelentős része mégis benne marad a légkörben. Tehát nem igaz, amit az oceanográfusok hatvan éven át biztosra vettek! Azonnal átlátta a dolog jelentőségét, riadót fújt, és nekilátott, hogy megindítson egy különlegesen pontos, hosszú távú, légköri szén-dioxid-mérési programot. Erre a célra a Hawaii fősziget Mauna Loa vulkánjának tetején jelölték ki a megfelelő helyet. Egy David Keeling nevű fiatalember vállalkozott az obszervatórium vezetésére. Az építést és felszerelést rekordidő alatt végre is hajtották,² és a mérések 1957-ben, a Nemzetközi Geofizikai Év programjának keretében meg is kezdődtek. Tíz évnek sem kellett eltelnie, s már kétségtelen volt, hogy Revelle jól gondolta: a légköri szén-dioxid-koncentráció folyamatosan emelkedett. Az amerikai mérnöki akadémia elnöke akkor jelentette ki, hogy „ez lett a 20. század legfontosabb geofizikai mérési sorozata”.

² Ez azért volt lehetséges, mert akkor még Amerikában az intézetfinanszírozás rendszere volt általános, nem a sokkal nehezkesebb projektfinszírozás, mint ma.

Tehát Roger Revelle-nek köszönhetően már ötven éve született egy erős hipotézisünk arra vonatkozóan, hogy az emberi tevékenység révén légkörbe kerülő, növekvő mennyiségű szén-dioxid a légkörben nagyrészt benne is marad, és így a légköri szén-dioxid-koncentráció folyamatos növekedését okozza. Ezt a hipotézist az 1960-as évek közepére már sikerült mérésekkel is igazolni.

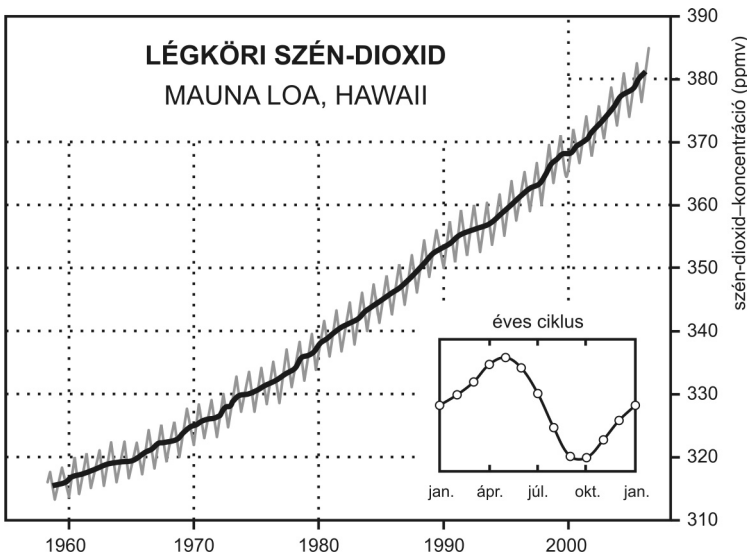
Ha nő a légköri szén-dioxid-koncentráció (és egyéb tényezők nem változnak), akkor a sugárzásfizikai törvények értelmében nő az üvegházhatás, vagyis elvileg a légkör alsó pár kilométeres vastagságú rétegében hőbevétel történik. Ennek a számszerű mértékét azonban nagyon nehéz volt pontosan meghatározni, és ez sokéves fáradságos kutatást igényelt. E számításokat csillagászok és fizikusok végezték el, és a maguk részéről a feladatot ezzel megoldottnak tekintették.

Nem így a meteorológusok és oceanográfusok, akik jól tudták, hogy a dolog neheze még ezután következik, mert az igazi nagy kérdés az, hogy hogyan reagál az éghajlati rendszer az üvegházhatás növekedésére. Amint erősödik az üvegházhatás, a felszínközeli légkörben hőtöbblet keletkezik, de az általános légkörzés és óceáni vízkörzés azonnal hozzákezd a hőtöbblet elosztásához. Vagyis ha tudni akarjuk, hogy a klímával mi történik, szükséges kvantitatív elemzésnek alávetni a légköri és óceáni áramlások, hőtranszportok és visszacsatolások összes lehetséges folyamatát és hatásait. Ez igen komplikált feladat. Rövidre fogva: a klímaprobléma legfőbb sajátossága a komplexitás. A gond alapvetően az, hogy hiába ismerjük a részfolyamatokat, hiába tudjuk a fizikai törvényeket, melyek a részfolyamatokat meghatározzák, a teljes rendszer működésének megértéséhez és előrejelzéséhez sokkal többre van szükség.

A légkör és óceán áramlási rendszereire vonatkozó elméletek fejlődésére a legnagyobb hatást a háború idején Amerikában dolgozó és tanító Carl Gustaf Rossby svéd meteorológus gyakorolta. 1957-ben bekövetkezett halála előtt sikerült egy teljesen kerek életművet asztra tennie. Abból indult ki, hogy az általános légköri „Hadley-cellában” a pólus felé áramló levegő megőrzi impulzusnyomatékát, s ennek következtében a szubtrópusi övben egy nagysebességű, csatornaszerű magaslégi áramlás (jet) alakul ki. Ez dinamikus okokból hullámszerűvé válik, vagyis létrejön egy áramlási alakzat, melyet ma „Rossby-hullámnak” nevezünk. A Rossby-hullámokról örvények szakadnak le. Ezek az ún. „mérésékelt övi ciklonok”, melyek kulcsszerepet játszanak a magasabb szélességek felé irányuló hőtranszport lebonyolításában. Nagyon lényeges, hogy a Rossby-hullámok különféle pozíciókat és alakzatokat képesek felvenni, és ettől függően változnak a „ciklonpá-



Roger Revelle, a Scripps Oceanográfiai Intézet igazgatója, aki az antropogén klímaváltozás konkrét veszélyét 1955-ben felismerte



1. ábra • A Mauna Loa Observatórium által végzett szén-dioxid-koncentráció mérések eredményét mutató híres „Keeling-diagramm”

lyák”. A klíma megváltozásának szinte minden fontos gyakorlati következménye (ha nem is kizárólagosan) összefügg azzal, hogy hol helyezkednek el a ciklonpályák.

Nálunk például döntően ettől függ, hogy szárazság van, vagy túl sok a csapadék, hogy hőség uralkodik, vagy hideg az időjárás. Laboratóriumi áramlástani kísérletekkel már régen kimutatták, hogy a légköri sugárzásforgalom változásai érintik a Rossby-hullámokat és rajtuk keresztül a ciklonpályákat, de azt, hogy pontosan hogyan érintik, ilyen kísérletekkel nem lehetett megállapítani. (Hozzá kell tennem, hogy nem ez a bonyodalmak egyetlen oka, de ez a legfontosabb.)

A kollégák emlékiratai szerint, amikor Neumann Jánosnak előadták a problémát, ő a következő mondattal reagált: *Úgy látszik, olyan kérdéssel állunk szemben, amelynek esetében egyszerű kvalitatív okoskodással még egyszerű kvalitatív válaszokat sem kaphatunk.*

Rögtön le is vonta a gyakorlati teendőkre vonatkozó tanulságot. Azonnal lépéseket tett az éghajlat modellezésének érdekében. Az általa kiválasztott Joe Smagorinsky vezetésével létrehozta egy folyadékdinamikai laboratóriumot, amely aztán úttörő munkát végzett. Megjegyzem, hogy Joe Smagorinskyval már 1965-ben felvettük a kapcsolatot, s később többször is járt Magyarországon, sőt az MTA Képes Termében, 1974-ben egy nagyszerű előadást is tartott. Akkoriban az Országos Meteorológiai Szolgálat kutató osztályain már számos, elméletileg jól képzett fiatal munkatárs dolgozott, akik profitálni tudtak ebből az előadásból. Az a mag, melyet Neumann elvetett, azóta szépen kihajtott, de a klímaváltozás számítógépes modellezése terén egyre nagyobb erővel folyó nemzetközi munka fő iránya – a lényegét tekintve – ma is az, amit Neumann János ötven évvel ezelőtt kijelölt.

Arra vonatkozóan, hogy milyen konkrét kérdésekre lehet a klímát alakító teljes fizikai rendszer matematikai modellezésével válaszokat kapni, vázolnék egy példát. A problémát, melyről itt szó lesz, két grönlandi jégmagfúrás szolgáltatta, melyeket 1988 és 1993 között hajtottak végre. Az egyik jégmagot az amerikai Greenland Ice Sheet Project (GISP2) révén, a másikat az európai Greenland Ice Core Project (GRIP) keretében kapták. Mindkét fúrás kb. 3000 méter mély volt, egymástól 28 km-re történtek, és a két jégmag elemzése két egyező klímarekonstrukciót szolgáltatott a legutóbbi 110 ezer évre vonatkozóan. Ez a 110



Neumann János közismert matematikusi tevékenysége mellett az első sikeres számítógépes időjárás-előrejelzés kulcsfontosságú résztvevője is volt. Ugyancsak ő hívta fel a figyelmet 1955-ben arra, hogy az antropogén klímaváltozás egyebek közt biztonságpolitikai kockázatot is jelent. Kezdeményezésére indult meg a számítógépes klímamodellezés terén a komoly munka az 1950-es évek második felében.

ezer éves klímátörténet két különösen érdekes dologra hívta fel a figyelmet. Az egyik az, hogy százezer éven át a klíma drasztikusan (kb. 10 fokos amplitúdóval!) ingadozott, majd az utolsó kb. tízezer évben szinte eseménytelené vált. Pontosabban az ingadozás amplitúdója kb. egy nagyságrenddel csökkent. Ez a rezsimváltozás azért rendkívül érdekes, mert a relatíve stabil klíma kezdetének időpontja nagyjából egybeesik a földművelés, vagyis az emberi kultúra kialakulásának kezdetével.

A másik érdekes sajátosság az első százezer év drasztikus ingadozásaival kapcsolatos. Úgy tűnik, hogy két kvázi egyensúlyi állapot között történtek a gyors átváltások. Az egyik állapot a maihoz hasonlóan meleg, a másik a maihoz képest lényegesen (kb. 10 fokkal) hidegebb volt. Az átváltások kötött ritmusa azt a sugallja, hogy a jelenséget valamilyen oszcillátor hatás hozhatta létre. (Több példát ismerünk arra, hogy a légkör és az óceán dinamikusan összekapcsolt együttese oszcillátorként tud működni. A legismertebb és legfontosabb példa az „El Niño Southern Oscillation”, mely a Csendes-óceán trópusi övezetében okoz olykor drámai változásokat.)

Visszatérve az említett klímarekonstrukcióra, az tehát a kérdés, hogy tudunk-e találni olyan oszcillátor hipotézist, mely magyarázata lehet az ábrán látható átváltásoknak. Az 1980-as években Wallace Broecker állt elő azzal, hogy az óceáni termohalin cirkuláció (THC) nagyon hihető magyarázatot kínál. Arról van szó, hogy a teljes világóceánon átívelő cirkulációs rendszert (a „nagy óceáni szállítószalagot”) az Atlanti-óceán északi csücske táján működő vízsüllyedési mechanizmus tartja mozgásban. Ennek működését az biztosítja, hogy a Golf-áram felszíni vize az észak felé tartó út során egyre jobban lehül, és a párolgás folytán egyre sósabb. Így nehe-

zebbé válhat az alatta lévő mélyvízhez képest, és le tud bukni a mélybe. Ha viszont az északi, jéggel borított térség melegsik, és nagyobb mennyiségű jég elolvad, a felszíni víz felhígul, sótartalma csökken, és többé nem tud lebukni. Ez lelassítja, sőt le is állíthatja a cirkulációs rendszert. Ezzel az észak felé irányuló hőszállítás lényegesen csökken, tehát az Atlanti-óceán északi térségében lehűlés veszi kezdetét. Innen kezdve zárul a ciklus.

Amikor e hipotézis közismertté vált, felbukkantak olyan spekulációk, melyek azt sugallták, hogy az üvegházhatás növekedése új jégkorszak bekövetkezését okozhatja. Ezt a kérdést csak a legújabb számítógépes klíma-modellek segítségével lehetett rendbe tenni. E modellek egyrészt igazolták, hogy a THC gyengülése tényleg bekövetkezhet, és ennek az Atlanti-óceán északi térségében lényeges lehűlés lehet az eredménye. Másrészt kimutatták, hogy a THC gyengülése egymagában igazi jégkorszakot nehezen tudna okozni.

1992 óta a klímaváltozással kapcsolatos ismeretek állásáról a Kormányközi Éghajlat-változási Panel (angolul: *Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*) hatévenkénti jelentéseiből szokás tájékozódni. A Panelt 1988-ban hozta létre a Meteorológiai Világszervezet (WMO) és az ENSZ Környezeti Programja (UNEP). Ekkor már folytak az előkészületek a Meteorológiai Világszervezet által 1990-re tervezett *Második Éghajlati Világkonferenciára* (az első a WMO 1979-ben rendezte meg), és már tervezték a Rio de Janeiróban megrendezendő *Környezet és fejlődés* világkonferenciát. Mindehhez megfelelő munkagépezetet kellett létrehozni.

Az IPCC a hivatalos megfogalmazás szerint azt a szerepet kapta, hogy átfogó, objektív, nyitott és transzparens módon elemezze a témakörre vonatkozó tudományos és társa-

dalmi-gazdasági információt. Mérje fel: 1.) az ember okozta klímaváltozás veszélyére utaló tudományos tényeket, megfigyeléseket és kutatási eredményeket, 2.) az ember okozta klímaváltozás lehetséges hatásait, és 3.) az elkerülhetetlen változásokhoz való *alkalmazkodás* lehetőségeit, valamint az antropogén klímaváltozás *mérséklése* érdekében tehető lépéseket.

Az IPCC „első jelentését” 1990-ben hozták nyilvánosságra, a Meteorológiai Világszervezet által akkor összehívott *Második Éghajlati Világkonferencia* számára. 1992-ben, közvetlenül a Riói Csúcsértekezlet előtt egy „kiegészítő jelentés” is készült. A „második jelentést” 1995-ben publikálták, a „harmadik jelentést” 2001-ben, a „negyedik jelentést” pedig 2007 elején. Mindegyik jelentés három teljesen különálló részből állt, és e részeket három egymástól független munkacsoport készítette. Az első rész tartalmazta a klímatudományi alapokkal foglalkozó összegező elemzéseket, a második rész az éghajlati hatástanulmányokat, a harmadik rész pedig a politikai választási stratégiákkal foglalkozó munkákat.

A legújabb (negyedik) jelentés klímatudományi összefoglalóját 2007. február 2-án tették közzé, s a következőket emelték ki:

- Nyomatékosították az előző jelentés megállapítását, miszerint a globális éghajlat évtizedek óta egyértelműen melegszik.
- *Megerősítették, hogy a globális átlaghőmérséklet 20. század közepe óta bekövetkezett emelkedése legnagyobbbrészt, és nagy valószínűséggel annak a mérésekkel bizonyított ténynek a következménye, hogy az üvegházgáz-koncentrációk az emberi tevékenység következtében növekedtek.*
- A klímamodellek számításai alapján kilátásba helyezték, hogy a globális hőmérséklet emelkedés a 21. század folyamán 1,1 °C és 6, 4 °C között bármekkora lehet (attól

függően, hogy mennyire sikerül a jelenlegi üvegházgáz-emissziókat csökkenteni).

- Hangsúlyozták: nemcsak melegedeésről van szó, hanem arról is, hogy a klíma egyes övezetekben szélsőségesebbé válhat.
- Kilátásba helyezték, hogy a klíma melegeése és a tengerszint-emelkedés, a rendszerben már benne lévő többlet-üvegházgázok következtében még akkor is évszázadokig folytatódna, ha most azonnal meg tudnánk fékezni a kibocsátásokat.

Az antropogén okoknak tulajdonított tengerszint-emelkedés előrejelzései érzékeny kérdéseket érintenek, és az erre vonatkozó modellszámításokkal szemben nagy a bizalmatlanság. Ráadásul maguk a modellezők is gyakran hangsúlyozzák, hogy a becsléseiket több tényező is kérdésessé teszi.

A fő nehézség abból ered, hogy a tengerszint két alapvető okból is emelkedhet: egyrészt, ha a tengervíz melegszik, akkor kitégúgul, másrészt, ha olvadnak a gleccserek, ezek vize hozzáadódik az óceánok vizéhez. A két okból bekövetkező változás különválasztása nem könnyű feladat. A TOPEX/Poseidon és Jason műholdak altiméteres mérései már 1992 óta folyamatosan szolgáltatnak globális tengerszintadatokat. Ilyen adatokból azonban nem lehetett kielemezni, hogy a változás mekkora hányada származik a vízhőmérséklet emelkedéséből, és mekkora a jég elolvadásából.

Ezért különösen jelentős egy újabb mérés-technikai frontátörés. Az előbb említett műholdtípusokra kifejlesztettek egy új műholdas vízsrűréség-táv mérő megoldást, mely a „Gravity Recovery and Climate Experiment” (GRACE) nevet kapta. Ez az új mérés az óceáni tömegváltozásokról ad képet. Az altiméteres mérés, valamint a gravitációs mérés együtt már betekintést enged a tengerszint-emelkedés mechanizmusába és okaiba.

E rövid kitérő után térjünk vissza arra a kérdésre, hogy mi az, amit tudunk, és mi az, amit nem? Nos, egészen biztosan tudjuk, hogy az emberi tevékenység már a Föld mai népességének és e népesség mai ipari tevékenységének szintjén is veszélyezteti az éghajlat egyensúlyát. Biztosan tudjuk, hogy a ráhatás jelentős része már „benne van a rendszerben”, de különféle okokból (pléldául a világóceán pufférhatása miatt) még nem tudott teljes mértékben megmutatkozni. Tudjuk, hogy akkor is történne további változás, ha valami csoda folytán a káros kibocsátásokat azonnal leállíthatnánk. Biztosan tudjuk, hogy a Föld népessége tovább növekszik, és minden klímapolitikai akció ellenére nagymértékben tovább növekednek a káros kibocsátások.

Arról, hogy mindez milyen mértékű (és természetű) klímaváltozást okozhat, seregnyi számszerű becslés készült, és e becslések bizonytalansága a megfigyelési módszerek és számítógépes klímamodellek fejlődésével egyre csökken, de még ma is elfogadhatatlanul nagy. Ez azonban nem adhat okot arra, hogy a probléma komolyságát kétségbe vonjuk. Nagyon fontos felfogni, hogy ez a **bizonytalanság nem adhat felmentést a klímavédelmi lépések megtétele alól**. Még azok a változások is, melyeket a legszerűnyebb becslések jeleznek előre, messzemenően indokolják a klímavédelmi intézkedéseket. **A probléma nehezebbik oldala, hogy a klímavédelmen túl az elkerülhetetlen változásokra is fel kell készülni, és ehhez a felkészüléshez nagyon hasznos lenne, ha a mostaniakhoz képest lényegesen jobb előrejelzéseket tudnánk készíteni!**

Mi történik ma a világon a klímapolitikában?

Amint már a bevezetőben említettem, a klímapolitika kérdéseiről nem lehet tárgyilagos

véleményt alkotni a klímával kapcsolatos tudományos alapkérdések megértése nélkül. Az előbbieken e kérdéseket próbáltam vázolni. Most áttérhetünk arra, vajon tudhatjuk-e, hogy a világ vezető politikusai miféle terveket forgatnak a fejükben a klímaváltozással kapcsolatban.

Michael H. Glantz rendkívül hasznos könyvében azt találtam, hogy „**a klímapolitika minden olyan klímával kapcsolatos törekvés és tevékenység együttese, melynek révén a különböző szereplők (politikuskok, civil szervezetek) bizonyos politikai célokat kívánnak elérni egyes csoportok vagy nemzetek érdekében (gyakran más csoportok vagy nemzetek rovására)**” (Glantz, 2003). Azt hiszem, szépen körülírta a lényegét: azt, hogy a politikában a kiindulási pont az érdek.

A klímapolitika esetében (is) többféle érdekről lehet szó. Egyik részről adva van egy közös globális érdek, mely a globális klíma állapotának védelmére irányul. Másik részről adva vannak a részérdekek, melyek lehetnek uniósak, nemzetiek, regionálisak vagy helyiek, és jobb, ha tudjuk, hogy ezek eltérnek egymástól. És ezzel a történetnek nincs vége, mert sajnos itt vannak még a **kulcsszereplők partikuláris érdekei**, amelyek az ügyeket ténylegesen mozgatják.

A politikai feladat (ideális esetet feltételezve) magában foglalja a részérdekek képviselőt, valamint különböző szinteken az egyeztetést a közös globális érdek érvényesítése érdekében. Ehhez elkerülhetetlen, hogy minden országnak és csoportnak tisztázni kell (ene) saját érdekeit, ami sokirányú szakmai feladat.

1979-ben, amikor a **Meteorológiai Világszervezet az Éghajlati Világprogramot** létrehozta, megfelelő felkészültségű szakértő csoportok hosszasan vitatták a probléma megköze-

lítésének lehetőségeit. Akkor dőlt el, hogy két cselekvési irányt kell kijelölni. Az egyik a **klímavédelem**, amit akkor **mitigációnak**³ neveztünk el, a másik pedig az immár elkerülhetetlen változásokhoz való **alkalmazkodás (adaptáció)**.

Ehhez a logikus kiindulási koncepcióhoz képest meglepetést okozott, hogy a *Környezet és Fejlődés Világkonferencián*, melyre 1992-ben, Rio de Janeiróban került sor, az elkerülhetetlen változásokhoz való alkalmazkodást tabutémává nyilvánították (Pielke *et al.*, 2007), vagyis félretolták. Ezzel a kisebb és/vagy szegényebb országok érdekeit látómezőn kívülre helyezték.

Az elkerülhetetlen változásokhoz való alkalmazkodás témájának mellőzése azzal a következménnyel járt, hogy az országok többségét szembeállították a nemzetközi klímapolitikával. India és más fejlődő országok ezt megelégtették, és 2002-ben, egy New Delhi-ben tartott konferencián kiadták a *Delhi Deklarációt*. Ebben követelték az adaptáció ügyének helyretételét, és kimondták, hogy **nem lehet hitele olyan klímapolitikának, amelyik az elkerülhetetlen változásokhoz való alkalmazkodás kérdését mellőzi!**

Az adaptáció kontra mitigáció vita nálunk is a levegőben lóg, mert egyes érdekcsoportok, valamilyen érthetetlen ok miatt, igyekeznek az adaptáció ügyét lesöpörni az asztalról, mint ha nem is a hazai, hanem valamilyen külhoni érdekek mozgatnák őket. (Az is lehet, hogy az okozza a problémát, hogy az adaptáció ügyeinek megértéséhez szakértelem szükséges.) Úgy tűnik azonban, hogy az illetékesek a jó oldalon állnak. 2003-ban, az akkori környezetvédelmi miniszter, dr. Kóródi Mária, kutatási szerződést írt alá az MTA elnökével,

³ A mitigation szó angolul „mérséklést” jelent, esetünkben pedig az antropogén klímaváltozás mérséklését.

melynek alapján létrejött a közismert VAHA-VA projekt. A munka Láng István vezetésével és kb. ötszáz kutató részvételével 2006 végére be is fejeződött. Elkészült egy sokirányú szakmai szempontokon alapuló felmérés a klíma ügygel kapcsolatos teendőkről. Sőt készült egy javaslat egy országos éghajlati stratégia kialakítására. Ebben az elkerülhetetlen változásokhoz való alkalmazkodás nagy súlyt kapott. **Azt hiszem, fontos kihangsúlyoznunk, hogy az eredeti javaslat szellemének megőrzése elsőrendű nemzeti érdek lenne!**

Az EU irányvonala természetesen más, mert más szempontok determinálják. A világpolitika legmagasabb szintjein most az energiaprobléma van napirenden, s ez teljesen érthető. Azt hiszem, ha az EU vezetőinek gondolkodásáról akarunk képet kapni, akkor a *Stern-jelentés* tartalmával kell tárgyilagosan megismerkednünk. Ez a jelentés azért különösen értékes, mert nem egy konszenzus riport, tehát nem egy bizottság véleményét tükrözi, hanem egyetlen személy írta alá, és ezért sértetlen a belső logikája. Koherens módon le van írva benne, amit Sir Nicholas Stern gondol a kérdéstről. Ráadásul neki nem kellett arra tekintettel lennie, hogy ahhoz, amit leír, mit szólnak a különböző pártok és civilszervezetek. Így ez az anyag kevéssé kontaminálódhatott a partikuláris érdekek által. Az a gyanúm, hogy Tony Blair épp ezért választotta ezt az utat arra, hogy megszellőztesse azt a közgazdasági koncepciót, amelynek irányába az EU vezető politikusai mostanában menni kívánnak.

Sir Nicholas adatai szerint, ha nem történik hatékony lépés az üvegházgázok emissziójának csökkentése érdekében, az olyan fokú klímaváltozást okozhat, melynek globális, évenkénti költsége (kára) minimálisan a globális GDP 5 %-át, maximálisan 20 %-át is elérheti. Számításai szerint, ha ezzel szemben

a globális GDP 1 %-át a megfelelő védekező intézkedésekre fordítjuk, a legsúlyosabb következményeket el tudjuk kerülni.

Még érdekesebb, amit a fejlesztési irányokról mond. Azt állítja, hogy ha az elkövetkező tíz–húsz év során rossz irányba indulnak a fejlesztések (figyeljünk, mert ez érinti az adaptációt!), ez olyan mérvű globális gazdasági visszaesést vonhat maga után, mint amekkorát a két világháború és az 1930-as évek gazdasági világválsága együttesen okozott. Ezzel összefüggésben Sir Nicholas is hangsúlyozza, hogy az elkerülhetetlen változásokhoz való alkalmazkodásra, a tűrőképesség fokozására, a katasztrófavédelemre és a kárenyhítésre nagy figyelmet kell fordítani. Az energiatermelés és -fogyasztás technológiáiban és a gazdaság szerkezetében véghezvitt fejlesztésekkel el kell érni, hogy a gazdasági fejlődés és üvegházgáz-kibocsátás folyamatai elváljanak egymástól.

Az emissziók csökkentése érdekében motivációt kell teremteni az energiahatékonyság növelésére, az igények megváltoztatására és a „tiszta” energia-, hő-, és közlekedési-szállítási technológiák bevezetésére. Mindehhez három dologra van – szerinte – szükség: Az első az adók, emisszió kereskedelem, és szabályozás együttes alkalmazása. A második az új technológiák fejlesztésének támogatása. A harmadik az energiahatékonyság fokozását akadályozó emberi tényezők eltávolítása. Rövidre fogva a dolgot: teljesen világos, hogy az egész elképzelés lényege az, hogy a klímabarát energia-politikára való teljes áttérés hatalmas feladatát Sir Nicholas döntően piaci eszközökkel tartja elérhetőnek.

Ugyanakkor mások úgy vélik, hogy valamiféle globális kormányzásra lenne szükség és a kiotói protokoll már egy lépés volt ilyen irányban. Egy esetleges klímakatasztrófa fenye-

getésével szemben a világ országainak sokkal nagyobb szolidaritással kellene viszonyulniuk egymáshoz. Mivel világos, hogy minden ország döntései hatással vannak a többire, felmerülhet a kérdés, hogy valamiféle „világkormány” volna kívánatos. Valószínűleg az van annak a háttérében, hogy George W. Bush nem tartja jó gondolatnak, hogy a kulcskérdéseket az ENSZ kereteiben rendezzék el, ahol az egy ország egy szavazat rendszer eléggé bizarr helyzeteket tud létrehozni. Ezért javasolta, hogy a tizenöt legnagyobb szén-dioxid-kibocsátó országnak kellene összejönnie és megegyeznie a hosszú távú célokban. Azt mindenesetre meg kellene értenie a világnak, hogy az USA nem ratifikál olyan megállapodást, melyen Kína és India kívül marad.

Utószó

A politikusok komolyan foglalkoznak a klíma ügyével, és ez jó hír. Ezzel szemben rossz hír, hogy csak az halad előre, amihez partikuláris érdek fűződik. Ilyen elsősorban a nagy energiarendszerek átállítása, ami kolosszális üzlet. Ugyanakkor a nem kevésbé fontos vízellátási probléma nem kelt akkora érdeklődést, mint amekkorát megérdemelne.

A most következő években hatalmas kísérletezés kezdődik, melyből idővel új világ születik a régi helyébe, és – mint tapasztalatból tudjuk – ilyenkor nemcsak az változik meg, aminek meg kell változnia, hanem néha az is, aminek nem kellene. Egy ilyen hatalmas nekibuzdulás a világ gyökeres átalakítására tipikusan az a fajta helyzet, amelyben nagy baklövéseket lehet elkövetni. Ezért nagyon oda kell figyelni arra, hogy mi történik. Igen lényeges, hogy a különböző érdekcsoportok Európában is kezdjenek egy kicsit a közös ügyre is gondolni, nemcsak arra, hogy bizonyos jelszavakkal milyen politikai előnyöket

tudnak kicsikarni a maguk számára. A mi feladatunk, a tudomány részéről az, hogy pontos multidiszciplináris felméréseket készítsünk, és megfelelő javaslatokat dolgozzunk ki, mint ahogyan a VAHAVA projekten dolgozó kutatók tették. A politikusoké pedig az, hogy bölcs döntéseket hozzanak.

Neumann János 1940. május 13-án a következőket írta Ortvay Rudolfnak: „*Ha a fizikában egy folyamatról kimutatható, hogy azt a folyamatot minden 'Störung' siettetni, és pedig teljesen függetlenül a 'Störung' természetétől, és tisztára annál jobban minél nagyobb a 'Störung' – akkor fel szokás tételezni, hogy a folyamat egy egyensúlyi állapot felé vezet. Ez alighanem a politikában is így van. Ill. a politikában még azzal cifrázva, hogy ha egy ilyen folyamat egy adott politikai mozgalom mechanizmusán keresztül bonyolódik le, akkor az ezen mozgalom leküzdésére irányuló erőfeszítésekről hamarosan kiderül, hogy egy legalábbis ugyanolyan jó mecha-*

nizmust szolgáltatnak ugyanabba az irányba.” Miért is idéztem ezt? Nos, azért, mert miközben talán jobbul a világ, bizonyos folyamatok és törekvések sok olyasmit veszélyeztetnek, amiket ma jó dolgoknak tartunk. A klímaváltozás is ilyen fenyegetés, akár közvetlen hatásai révén, akár azzal, hogy alkalmat (űrügyet vagy okot) ad bizonyos veszélyes, voluntarista (netán üzleti vagy társadalomgépészeti) elgondolások felvezetésére. Végül számolnunk kell azzal is (nem képzelődés, hanem történelmi tapasztalat okán), hogy a klíma változásának fenyegetésével szemben felmerülő törekvések és elgondolások között olyanok is lehetnek, melyek esetleg éppen akkora zavart volnának képesek okozni, mint amit az okozna, amit el akarnak hátrítani. Ezért az odafigyelés elsőrendű ösztársadalmi ügy!

Kulcsszavak: *klímaváltozás, klímapolitika, klímavédelem, alkalmazkodás, Stern-jelentés*

IRODALOM

Glantz, Michael H. (2003): *Climate Affairs. A Primer.* Island Press, Washington

Pielke, Roger et al. (2007): Lifting the Taboo on Adaptation. *Nature*. 8 February 2007. 445.



FÉL ÉVSZÁZAD A VILÁGŰRBEN

Both Előd

igazgató, Magyar Űrkutatási Iroda
both@hso.hu

1957. október 4-én az egykori Szovjetunióból földkörüli pályára állították a 83,6 kg tömegű, 58 cm átmérőjű, gömb alakú *Szputnyik–1*-et, a történelem első mesterséges holdját. Megkezdődött az *űrkorszak*. A műhold 220 és 940 km közötti magasságú, ellipszis alakú pályáján 92 napig keringett bolygónk körül, majd a sűrűbb léggrétegekben megsemmisült. Működési ideje alatt először mérte meg a kozmikus környezetünkben uralkodó nyomást és hőmérsékletet. Azóta több ezer társa követte a világűrbe. A kerek évforduló alkalmából érdemes visszapillantani arra, mit is adott az űrkorszak első fél évszázada az emberiségnek.

Cikkünket ünnepi megemlékezésnek szánjuk, ezért nem az adatokra helyezzük a hangsúlyt, ahol mégis szerepelnek számadatok, ott a tendenciák, nagyságrendek érzékeltetése a célunk. A pontos és részletekbe menő adatokat, statisztikákat az érdeklődők a szakirodalomban és az erre specializálódott honlapokon megtalálják – ha nem is mindig egyszerűen. Előre kell bocsátanunk azt is, hogy cikkünk terjedelmi korlátai miatt szó sem lehet arról, hogy teljességre törekedjünk. Inkább csak megpróbálunk felvillantani néhányat az elmúlt fél évszázad eredményeiből, eseményeiből. Még azt sem ígérhetjük, hogy a legfontosabb területeket vesszük számba, sokszor elkalandozunk a látványos területekre, tudva, hogy a fontos és a látványos eredmények sokszor nem esnek egybe.

Előtörténet

Az űrkorszak nem a semmiből született. Előzményeinek sokan a II. világháborús rakétatechnikai és egyéb katonai fejlesztéseket tartják, nem is teljesen alaptalanul. Ezek részletei helyett azonban itt illőbb megemlégni azoknak a nevére, akik munkássága nélkül aligha értünk volna el az űrkorszakba. A legismertebb közülük *Konstantyin Ciolkovszkij* (1857–1935), aki alapvető számításokat végzett a rakétarepülés elméleti megalapozása érdekében. Időrendben őt követi az amerikai *Robert Goddard* (1882–1945), aki folyékony hajtóanyagú rakétákkal sikeres kísérleteket hajtott végre. Az erdélyi születésű *Hermann Oberth* (1894–1989) ugyancsak elsősorban elméleti munkásságával került be az űrkutatás történetébe, de folyékony hajtóanyagú rakétákkal is kísérletezett. Végül, de nem utolsósorban meg kell említeni a már űrhajózási célokat szolgáló rakéták fejlesztésének két vezéregyéniségét, *Wernher von Braunt* (1912–1977), illetve *Szergej Koroljovot* (1907–1966).

Technikai háttér

Az aktív űrkutatáshoz mindenekelőtt hordozórakétákra volt szükség. Ezek kezdetben a katonai rakéták nagyobb teljesítményű változatai voltak. Az alapelv fél évszázad alatt mit sem változott, kémiai hajtóanyaggal működő rakéták biztosítják, hogy a hasznos teher el-

érje legalább az első kozmikus sebességet. Minőségi ugrást jelentett a többször felhasználható űrrepülőgépek kifejlesztése, ám a Space Shuttle rendszer nem tudta a várakozásoknak megfelelő arányban csökkenteni a fajlagos költségeket, ezért néhány éven belül – csaknem három évtizedes sikeres működés után – kivonják őket a forgalomból. Történetek másfajta próbálkozások is a hagyományos rakéták kiváltására – repülőgépről indított rakéták, ionhajtóművek –, ezek azonban eddig technikai korlátaik miatt nem tudtak elterjedni.

A sikeres űrtevékenységhez jelentős földi infrastruktúrára van szükség. Mindenekelőtt a rakéták indítását lehetővé tevő űrközpont-ra. A legjelentősebbek – Bajkonur, Pleszeck, Kennedy vagy Kourou – mellett egyre többet hallunk Tanegashimáról vagy Sriharikotáról, ám ma már tengeralattjáróról vagy átalakított, úszó tengeri fúrótoronyról is lehet rakétát indítani a világűrbe. A földi szegmens további fontos része az irányítóközpont, valamint az adatok vételét biztosító vevőállomás.

Az űrtevékenységhez számtalan különféle eszközt, műholdakat, űrhajókat, űrállomásokat, űrszondákat kellett kifejleszteni. Nem célunk ezek fogalmának pontos definiálása, inkább néhány olyan kihívást szeretnénk érintékelteni, amelyekkel egyes speciális területeken a fejlesztőknek szembe kellett nézniük. Ritka kivételektől eltekintve a meghibásodott műholdakat nem lehet megjavítani, ezért maximális üzembiztonságra kell törekedni, ami különleges mérnöki megoldásokat igényel. Gondoskodni kell az űreszköz energiaellátásáról. A *Szputnyik-1* még akkumulátorokat vitt magával. Ma a mesterséges égitestek döntő többségét napelemekkel szerelik fel. Az űrbeli használatra kifejlesztett, hatékony napelemek számos földi alkalmazásra találtak, ha energiagondjaink megoldását nem is ezek-

től várhatjuk, azért a villamos hálózattól távoli közösségek vagy berendezések gazdaságos áramellátásában egyre jelentősebb szerepet játszanak. A Naprendszer távoli vidékeire induló űrszondákat viszont radioaktív izotópok bomlási hőjét árammá alakító generátorokkal szerelik fel. A nagymennyiségű mérési adat, főként a képek hatékony Földre továbbítása új adattömörítési eljárások kidolgozására sarkallt. Mivel a világűrben a rendelkezésre álló energia mennyisége korlátozott, az űreszközök pályára állításának költsége pedig tömegükkel arányosan nő, ezek a feltételek ösztönzőleg hatottak az eszközök miniaturizálására. Különleges kihívást jelent a mérnökök számára az űrhajók, űrállomások fedélzetén a megfelelő életfeltételek folyamatos biztosítása az űrhajósok számára.

Tudományos kutatás

Sokan úgy hiszik, hogy az űrtevékenység fő hasznélvezője a tudományos kutatás, innen is ered sok nyelvben a kissé félrevezető *űrkutatás* kifejezés. A valóság az, hogy a meghatározó űrhatalmak csak költségvetésük kisebb hányadát fordítják tudományos kutatásra. Az Európai Űrügynökség esetében például ez az arány 11,6% (2006-os adat). Ha tárgyilagosak akarunk lenni, akkor ehhez hozzá kell számolni egyéb költségeket is, például a rakétafejlesztésekből a tudományos űrszondák feljutatására eső hányadot, a költség aránya azonban így sem válik meghatározóvá. Tény viszont, hogy az Európai Űrügynökségen belül a tudományos programok bizonyos mértékig privilegizáltak, ugyanis az ún. kötelező programok közé tartoznak, amelyek végrehajtásából egyetlen tagállam sem vonhatja ki magát (ellentétben az ún. önkéntes programokkal, például a hordozórakéták fejlesztésével). Mindamelllett a tudományos kutatás rengeteget

profitált az űrtevékenységből. Egyrészt a világűrbeli fizikai környezet sajátosságai miatt a Földön nem elérhető kutatási feltételeket teremt, az alap- és alkalmazott kutatások egy része tehát magát a világűrt használja laboratóriumként. Ritkán a világűrt mint vákuumot, gyakrabban magát az űreszköz fedélzetén uralkodó súlytalanságot, vagy néha a világűr sajátos sugárzási viszonyait. Az ilyen jellegű kutatások rendkívül szerteágazóak, ezért meg sem kísérelünk áttekintést adni róluk. Csúpan két fő területüket említjük meg, a fizikai és a humán mikrogravitációs kutatásokat (ahol a mikrogravitáció a tehetetlenségi pályán mozgó űreszközben uralkodó *súlytalanság* fontoskodva félrevezető, ám megváltoztathatatlanul elterjedt megnevezése). A fizikai kutatások az égés vizsgálatától az anyagtudományokig sokfélék, míg legalább ennyi alterületre oszlik a súlytalanság és a sugárzási környezet emberre, állatokra, növényekre, mikrobákra gyakorolt hatásának a vizsgálata.

A másik nagy terület magának a világűrnek, pontosabban az ott található objektumoknak a kutatása. Legkézenfekvőbb magának a Földnek, illetve bolygónk kozmikus környezetének tanulmányozása. Talán nem meglepő, hogy az űrkutatás első jelentős tudományos eredményeinek egyike éppen a Földet körülvevő sugárzási övek, az úgynevezett van Allen-övek felfedezése volt. A kutatási eredmények a semleges felsőlégkörtől az ionoszféráig és a magnetoszféráig ugyancsak sokfélék.

Még fontosabb eredmények születtek a Naprendszer többi bolygójának vizsgálatában. Az űrtevékenység kezdetén ezek az égitestek jószerevel apró fénypontok voltak az égen, amelyekről mozgásuk mechanikai jellemzőinél aligha lehetett sokkal többet tudni. Már a 60-as években elindultak az első űrszondák a bolygók felé. Munkájuknak köszönhetően

új világok tárultak fel a maguk fizikai valóságában, olyannyira, hogy megszületett egy új tudományág, a geológia kozmikus léptékű kiterjesztésének tekinthető *planetológia*.

Több tucat űrszonda teljesített számtalan sikeres küldetést a Naprendszerben. A legtöbb szonda a Vénuszt és a Marsot kereste fel, ezután viszont meglepő módon a Naprendszer apró égitestei, a különböző kisbolygók és üstökösök következnek. Mindamellet elmondható, hogy ma már nincs a Naprendszernek olyan bolygója, amely felé ne indult volna űrszonda (mindez akkor is igaz, ha egy szerencsétlen döntés folytán a bolygók száma időközben nyolcra csökkent). Űrszondáink leszálltak a Holdon kívül két bolygóra (a Vénuszra és a Marsra), sőt, a Szaturnusz egyik holdjára és egy kisbolygóra is. Több égitest körül keringenek már űrszondáink, a Mars felszínén pedig kerekeken gördülő robotlaboratóriumok végeznek évek óta méréseket.

Mindaz, amit ma a Naprendszer égitestjeinek fizikai viszonyairól tudunk, az űreszközöknek köszönhető. A szilárd felszínű bolygókról és néhány holdról részletes térképeink vannak. A Mars egész felszínén néhány méteres részleteket tudunk megkülönböztetni, a leszállóhelyek környékén viszont milliméteres alakzatokat is megörökítettek a kamerák. A bolygón becsapódásos krátereket, ősi vízfolysók nyomait és óriási, kihunyt vulkánokat találtunk. A Jupiter egyik holdján viszont ma is működnek a tűzhányók. Teljes részletességében tárult fel a Szaturnusz gyűrűrendszere, és az ismert holdak számának csak az szab határt, hogy milyen méret fölött tekintünk egy bolygó körül keringő kódarabot holdnak. A legemlékezetesebb küldetések közé tartozik a Marsra leszállt két Viking szonda a 70-es években, az azt követő évtizedben a Halley-üstököst megközelítő űrszondák, a 90-es

években a Jupiter körül keringő Galileo szonda, végül évtizedünkben a Szaturnusz körül keringő Cassini űrszonda és a Marsot vizsgáló több keringő és leszálló egység.

Fontos eredmények születtek a klasszikus értelemben vett csillagászatban is, elsősorban annak köszönhetően, hogy a csillagokat az űreszközök segítségével a teljes elektromágneses színképben lehet tanulmányozni. A röntgenégbolt a nagyenergiájú jelenségek világát tárta fel; fontosak a fekete lyukakkal kapcsolatos eredmények. Az infravörös tartományban a csillagok keletkezésére vonatkozóan születtek jelentős eredmények. A rejtélyes gammavillanásokat még a 60-as években katonai műholdak fedezték fel, magyarázatukra évtizedeket kellett várni. Fontos új eredmények születtek az optikai csillagászatban is.

Az űreszközöknek köszönhetően megújult és a közeljövőben tovább fejlődik a csillagászat talán legklasszikusabb ága, az ókor óta művelt asztrometria, vagyis pozíciós csillagászat. Hipparkhosz csillagkatalógusa mintegy ezer csillagot tartalmazott. Az Európai Űrügynökség (ESA) 2011-re tervezett, öt évig tartó Gaia-programja keretében a Tejútrendszer egymilliárdnál több csillagát tartalmazó katalógus fog készülni, amely természetesen nemcsak a csillagok pozícióját, hanem a hőmérsékletükre, korukra és kémiai összetételükre vonatkozó adatokat is tartalmaz majd. Az égi pozíciókat 7 és 300 milliomed ívmásodperc közötti pontossággal mérik. A csillagok katalógizálásának melléktermékeként várhatóan 10 millió galaxis, 500 ezer kvazár, 50 ezer barna törpe, 1 millió kisbolygó és üstökös, valamint 30 000 Naprendszeren kívüli bolygó (ún. exobolygó, ilyenekből ma mintegy kétszázat ismerünk!) adatait is rögzítik.

Ugyancsak az optikai tartományban dolgozik a csillagászati kutatásokat forradalma-

sító Hubble-űrtávcső (HST). Ehelyütt csupán példaként megpróbálok ízelítőt adni a HST legfontosabb tudományos eredményeiből. A HST minden korábbinál jóval meszebbre lát a Világegyetemben. Sikerült 12 milliárd fényévnél távolabbra nézni, vagyis a galaxisok kialakulásának nagyon korai szakasza vált láthatóvá. Így nem egészen egymilliárd évvel az Ősrobbanás utáni állapotba tudtunk bepillantani. Sikerült a korábbi messze felülmúló pontossággal megmérni a Világegyetem tágulását jellemző paramétert, a Hubble-állandót, és ezen keresztül kiszámítani a Világegyetem korát, amely mai ismereteink szerint 13,6 milliárd év. Ezt a mérést az tette lehetővé, hogy a HST-vel távolabbi galaxisokban lehetett a pontos extragalaktikus távolságmérésben nélkülözhetetlen cefeida változócsillagokat felfedezni. Minden kétséget kizáróan bebizonyosodott a csillagászok korábbi gyanúja, mely szerint a galaxisok középpontjában óriási fekete lyukak rejtőznek. A HST adatai alapján összefüggés látszik kifarjulni a fekete lyukak tömege és az őket körülvevő galaxisok tulajdonságai között, ami támpontot adhat ezen fekete lyukak kialakulásának felderítéséhez. Legújabban a Hubble-űrtávcső mérései alapján meghökkenítő felfedezés születtek. Kiderült, hogy a várakozásokkal ellentétben a Világegyetem tágulása nem lassul – holott a gravitáció hatására ez látszana logikusnak, ezért eddig a csillagászok mindig csak arra voltak kíváncsiak, milyen ütemű a tágulás lassulása –, hanem gyorsul. Ehhez viszont valamilyen taszító hatás működésére van szükség. Ezt a közönséges anyagtól és energiától minőségileg különböző, úgynevezett sötét energiának tulajdonítják. Az úgynevezett protoplanetáris korongok formájában sikerült születőfélben lévő bolygórendszereket megfigyelni. Látványos felvételek

készültek csillagközi gázködökről, amelyekben ma is intenzíven folyik a csillagok és egyesek körül bolygók kialakulása. Sikerült továbbá a galaxisok közötti térben hosszú, egymástól távoli galaxisokat összekötő anyaghidakat megfigyelni. Ezek létezése jelentősen hozzájárul a Világegyetem eddig ismeretlen anyagához. További fontos felfedezés volt, amikor sikerült egyes gamma-kitöréseket optikai forrásokkal azonosítani. Ezzel bizonyították, hogy a régóta a legrejtélyesebbek közé sorolt csillagászati jelenségek valóban kozmológiai távolságban játszódnak le, tehát valóban a Világegyetem legfényesebb felvillanásainak lehetünk szemtanúi. Számos látványos felvétel került át a köztudatba, amelyek hatással voltak a világról alkotott felfogásunkra. A Shoemaker–Levy–9 üstökös Jupiterbe csapódásáról készült részletes képek szemléletesen érzékeltették, hogy a hasonló kozmikus katasztrófák bennünket is utolérhetnek. A haldokló csillagok körül kialakult, szebbnél szebb planetáris ködöket ábrázoló, lenyűgöző képek a Nap majdani sorsát vetítik elénk. Rendszeresen készültek a helyszínre küldött űrszondákét megközelítő minőségű képek a Naprendszer különböző bolygóiról. Végül, de nem utolsósorban szinte a HST jelképévé vált az egyik csillagközi gázködben található, a *Téremtés oszlopainak* nevezett csillagkeletkezési helyről készült felvételek.

Ember a világűrben

Az űrtevékenység másik látványos területe az emberes űrrepülés. Jelentőségéről, tudományos eredményeiről és azok elérésének hatékonyságáról, valamint a más területekhez képest aránytalanul nagy ráfordításokról és azok lehetséges megtérüléséről hosszan lehet vitázni. Ehelyütt azonban nem tesszük, inkább megállapítjuk, hogy az emberes űrrepü-

lés eseményei azok, amelyek még ma is a sajtóban és a közvélemény figyelmében a legnagyobb teret kapják, aminek következtében sokan – tévesen – az űrtevékenységet az űrrepüléssel, űrhajózással azonosítják.

Az emberes űrrepülések története csaknem egyidős az űrtevékenységével, hiszen három és fél évvel az első műhold indítása után már az első ember is feljutott a világűrbe. Azóta is Jurij Gagarin mondhatja magáénak minden idők legrövidebb űrrepülését, hiszen történelmi jelentőségű útja során mindössze egyszer kerülte meg a Földet. Azóta mintegy harminc nemzet (ország) több mint négyszázötven űrhajója járt hosszabb-rövidebb ideig a világűrben (furcsa, hogy még az államok számát is nehéz pontosan megadni, de gondoljunk csak az államok utóbbi fél évszázad alatt bekövetkezett jelentős átrendeződésére, nem is beszélve a születési hely, állampolgárság, felbocsátó állam és haza fogalmainak bonyolult útvesztőjére). Kétharmaduk amerikai, negyedük szovjet/orosz, és csak a megmaradó kis részen osztozik az összes többi ország. Tény továbbá, hogy az űrhajósok sorában két hazánkfia is szerepel, bár a történelem és a technikai lehetőségek változásának következtében alapvetően eltérő konstrukcióban jutottak fel a világűrbe.

Az űrhajósok jó része többször is járt a világűrben, ami ésszerű lépés, hiszen így optimalizálható az űrhajósok kiképzésére fordított nem csekély összeg. Ketten hétszer, hatan pedig hatszor repültek, utóbbiak egyike az abszolút időtartamrekorder, aki hat repülése során több mint nyolcszáz napot, azaz bő két évet töltött súlytalanságban. Fontos megemlíteni, hogy mindeddig csak három államnak sikerült „önerőből” saját űrhajóst a világűrbe juttatnia, a Szovjetuniónak/Oroszországnak, az Egyesült Államoknak és Kínának. Az ös-

szes többi nemzet űrhajósa valamilyen nemzetközi program keretében hajtotta végre űrrepülését.

Az emberes űrrepülés csúcspontját vitathatatlanul a Hold meghódítása jelentette. Az Apollo-programban részt vevő űrhajósok ezerszer messzebbre távolodtak el a Földtől, mint a bolygónk körül, néhány száz kilométer magasban keringő űreszközök fedélzetén dolgozó társaik. Hat repülés során tizenketten a Holdra léphettek, a küldetések résztvevői csaknem 400 kg közetmintát hoztak a Földre, amelynek tudományos feldolgozása azóta is folyik. Bár az Apollo-program nem mondható tudományos indítatásának, sokkal inkább a hidegháború és az akkori nagyhatalmak közötti kíméletlen verseny motiválta, tudományos eredményei hozzájárultak a Hold belső szerkezetének és múltjának, ezen keresztül pedig az egész Naprendszer történetének alaposabb megismeréséhez. Mindez az emberes űrrepülések első évtizedében történt, azóta az emberekkel végrehajtott űrprogramok ismét a Föld körüli pályára szorítkoztak.

Itt a programok legjelentősebb vonása az űrállomások megjelenése. Évtizedünk meghatározó programja a Nemzetközi Űrállomás (ISS) építése. Bár a program a tervezetthez képest jelentős késésben van, érdemes hangsúlyozni valóban nemzetközi jellegét. Ez egyúttal napjaink űrkutatásának fő jellemzője is, a korábbi verseny helyére a rivalizálástól természetesen nem mentes együttműködés lépett, ami az ISS-programot jelképes értékűvé teszi.

Barátaink, a műholdak

Mint korábban említettük, a világ űrtevékenységében – cikkünkkel ellentétben – csak kisebb súllyal szerepel a tudományos kutatás. Melyek hát azok a területek, amelyek a mindennapi életben a legtöbbet adták és adják

az emberiségnek? Nos, kétségtelenül az űrtevékenység roppant szerteágazó gyakorlati alkalmazásai. Cikkünk terjedelme nem teszi lehetővé még a legfontosabb területek bemutatását sem, így csak néhány példát említünk.

Messze a legerterjedtebbek a *távközlési műholdak*. Ma már több száz dolgozik folyamatosan a Föld körül, praktikus okokból szinte kivétel nélkül a geoszinkron pályán (a 36 ezer km magasan az Egyenlítő fölött keringő műhold éppen együtt mozog a Földdel, így adásuk fix helyzetű antennával vehető). Egy részük az interkontinentális távközlési forgalmat bonyolítja le, de külön műholdcsalád gondoskodik a tengerhajózás távközlési igényeinek kielégítéséről. Mindamellett, az átlagember azonban inkább a közvetlen műsor-szóró műholdak adásával találkozik. Ha működnek, tudomást sem veszünk róluk, ám valamelyik kiesése azonnal tévénézők millióinak tűnne fel.

A távközléssel némileg rokon terület a *műholdas navigáció*. A rendszer néhány tucat műholdból áll, hogy a Föld bármely pontjáról nézve bármely pillanatban legalább három a látóhatár fölött tartózkodjék (az amerikai GPS már csaknem három évtizede működik, az Európai Unió most dolgozik saját műholdas navigációs rendszerének kiépítésén). A megfelelő vevőberendezés a műholdak adatait fogja, s azokból azonnal kiszámítja a vevő pontos földrajzi helyét. Teszi ezt néhányszor tíz méteres pontossággal, de (műholdas vagy földi) kiegészítő rendszerek alkalmazásával a pontosság néhány centiméterre növelhető. Ma már egyre több személyautónak is tartozéka az úticél elérését nagyban megkönnyítő GPS-vevő. Az Európai Unió derűlátó becslése szerint 2020-ra a műholdas navigációs rendszereknek nem kevesebb, mint hárommilliárd felhasználója lesz elsősorban annak kö-

szönhetően, hogy addigra várhatóan a mobiltelefonokba beépül a navigációs vevő, aminek például a segélyhívások esetén óriási a jelentősége.

A műholdas navigáció évtizedek óta működő alkalmazása a Koszpasz–Sarsat rendszer. Jeladója nemcsak hajókra, repülőgépekre szerelhető fel, hanem túrázók is magukkal vihetik. Szerencsétlenség esetén elég bekapcsolni a jeladót, és a fölötté elrepülő, a rendszerhez tartozó műholdak azonosítják a segélykérő helyét, és riasztják a mentőegységeket. A rendszer működésének kezdete – 1982 – óta több mint ötezer riasztás történt, amelynek során a műholdas mentőrendszer mintegy húsz ezer ember életének a megmentéséhez nyújtott hatékony segítséget.

A mindennapjainkhoz legközelebb álló másik terület a meteorológia. Az *időjárás műholdak* felvételei jelentős mértékben hozzájárulnak az előrejelzések pontosabbá tételéhez. Az Európai Űrügynökség 1978 óta kilenc Meteosat műholdat fejlesztett ki, melyek geoszinkron pályáról félóránként készítenek felvételeket a Föld feljükk forduló féltékéjéről. Nemcsak a látható fény tartományában, hanem az infravörösben és a vízgőz hullámhosszain is. Emellett a közelmúltban állt pályára az első európai, alacsony pályán keringő időjárás műhold is, a MetOp-A.

Nemcsak meteorológiai céllal fényképezik azonban a műholdak a Földet. A részletesebb felvételek a térképészettől a mezőgazdaságon át a várostervezésig számtalan területen hasznosíthatóak. A klasszikus *távérzékelő műholdak* képein a 70-es években 70, illetve 30 méteres részletek voltak megkülönböztethetőek. Akkoriban az ennél részletgazdagabb képek szigorú katonai titoknak számítottak. Ma már kereskedelmi forgalomban kaphatóak az egy méternél kisebb felbontású képek,

sőt, ezek egy része az interneten bárki számára hozzáférhető. Olyannyira, hogy egyes országok már kifejezetten aggályosnak találják, hogy számukra stratégiai fontosságú területeik részletes képét bárki megnézheti a világhálón. A felbontás növekedésének azonban a légkör zavaró hatása gátat szab.

Nagy segítséget jelentenek az űrfelvételek természeti katasztrófák esetén. Bizonyos típusú katasztrófák (például hurrikánok) esetén megkönnyítik az előrejelzést és a mentést, míg más típusú katasztrófnál a kárfelmérést segítik elő. Ennek tudható be, hogy az ENSZ III. Világűrkonferenciája (1999, Bécs) ajánlására létrejött egy nemzetközi egyezmény (az ún. *Disasters Charter*), amelyhez a távérzékelő műholdakkal rendelkező országok, szervezetek csatlakoztak. Vállalták, hogy természeti katasztrófák esetén térítésmentesen előfeldolgozott űrfelvételeket juttatnak a bajba jutott ország hatóságai részére.

Minden idők legkomplexebb környezetvédelmi műholdja, az ESA *Envisat*-ja immár öt éve működik. Naponta 280 GB adatot továbbít a Földre, amelyek jelenleg 1200 projekthez szolgálnak nyersanyagot. Az Envisatnak és az ESA radarműholdjainak köszönhetően megállapították, hogy a globális felmelegedés következtében 1992 óta évente 3 mm-rel emelkedik a tengerek vízszintje, és 0,1 fokkal a felszíni hőmérsékletük. Folyamatosan, s az egész bolygóra kiterjedően nyomon követik a légszennyezettség alakulását, azonosítják a legsúlyosabban szennyező gócokat. Naponta követik a sarkvidéki jégtáblák és jéghegyek mozgását és az Antarktisz borító jég fogyását. Megfigyelik a sarkvidékek fölötti ózonlyuk kiterjedését és rendszeresen megállapítják az óceánokban a klorofill mennyiségét.

Az Európai Űrügynökség programjai között is jelentős szerepet kapnak az alkalmazá-

sok. Az ESA költségvetésének 14,3 %-át fordítja a Föld megfigyelésre, 19,0 %-át pedig távközlési és navigációs programokra. Az Európai Unió űrprogramjának két fő pillére az önálló műholdas navigációs rendszer kifejlesztése (Galileo), illetve a műholdas távérzékelés környezeti és biztonsági alkalmazása (GMES).

Ugyanakkor az alkalmazások rendkívül fontosak a fejlődő országok számára. Közülük a legjelentősebb, világviszonylatban is tekintélyes űrprogramot India mondhatja magáénak, saját hordozórakétáikkal csaknem évente állítanak újabb műholdakat Föld körüli pályára. Ezek szinte kivétel nélkül az alkalmazásokat szolgálják, főként távérzékelő és távközlési műholdakról van szó. A kisebb fejlődő országok közül több bocsátott már fel saját műholdat, vagy tervez ilyent. Jó néhány fejlődő ország vezetői ismerték már fel, hogy az űrtevékenység nem a kutatók öncélú kedvtelése, hanem az ország felzárkózását lehetővé tevő fontos ágazat. Nem véletlen, hogy az ENSZ Világűrbizottságának munkájában hatvanhét ország vesz részt, közöttük sok fejlődő ország is.

Magyar eredmények

A világ űrköltségvetése évi 50–60 milliárd dollárra becsülhető. Ennek harmadát az USA civil űrköltségvetése (lényegében a NASA tevékenysége) teszi ki, másik harmada az amerikai katonai űrköltségvetés, miközben a harmadik harmadot a világ összes többi országa együttvéve adja. Az Európai Űrügynökség évente közel hárommilliárd eurót fordít űrtevékenységre. Emellett az ESA tagországai jelentős összeget fordítanak nemzeti – az ESA-tól független – űrprogramjaikra. De valóban jelentősek ezek az összegek? Mennyire megterhelő az európai adófizetők pénztárcájára az

Ariane rakéták kifejlesztésétől az Envisat űzemeltetésén át a *Mars Expressig* vagy a Titánra leszálló *Huygens* szondáig ívelő, nagyszabású űrprogram? Az európai viszonylatban űrnagyhatalomnak számító Franciaország nemzeti jövedelmének alig több mint egy ezrelékét fordítja űrkutatásra, ami a francia polgárnak évente kb. 40–50 euró kiadást jelent. Egy közepes színházjegy vagy egy szebb könyv ára. A németeknél ez a szám 10 euró alatt marad, Ausztriában pedig 5 euró körül lehet. Három villamosjegy vagy három gombóc fagyfalt ára Bécsben. És nálunk? A magyar űrköltségvetés mintegy 2 millió eurónak felel meg, ami fejenként és évente 20 centet jelent. Azaz talán 50 forintot. Ezért bizony sem villamosjegyet, sem fagyit nem vehetünk, még idehaza sem. Erőnket megfontoltan koncentrálni azonban mégis sikerül néhány területen ott lennünk a világ élvonalában.

Több mint két tucat kutatóhelyen (akadémiai intézeti részlegben, egyetemi tanszéken és más intézményben) és néhány magáncég-nél folyik a magyar űrtevékenység. Kutatóink és mérnökeink – mintegy háromezren – sikerrel kapcsolódnak be az ESA programjaiba, noha még nem vagyunk az Európai Űrügynökség tagja, csak ún. európai együttműködő állama – Csehország, Románia és Lengyelország társaságában. A teljes jogú tagság eléréséhez űrköltségvetésünk megtízszerezésére lenne szükség, vagyis legalább meg kellene közelítenünk a legkisebb nyugat-európai országok szintjét.

A sértődések elkerülése érdekében helyi szinten egyetlen közreműködő személy vagy intézmény és egyetlen program nevét sem említjük. Erre vonatkozóan azonban jó szívvel ajánljuk az olvasó figyelmébe a Magyar Űrkutatási Iroda honlapját (www.hso.hu), illetve *Űrtevékenység Magyarországon* című évkönyvét.

Mit hoz a jövő?

Egy ilyen kerek évfordulón illene előretekinteni a jövőbe is, legalább a következő fél évszázadra. Nehéz azonban jóslásokba bocsátkozni. Az első negyedszázad alapján a második negyedszázadra kivetített optimista várakozások aligha teljesültek, a fejlődés üteme vitathatatlanul lelassult. A hordozórakéták tekintetében nem remélhető a minőségi fejlődés, pedig erre nagy szükség lenne. Az űrrepülőgéphez fűzött nagy remények nem váltak be, a program hozott sikereket, ám most az amerikaiak mégis visszatérnek a hagyományos űrhajókhoz. Ugyancsak zásutacának tekinthető a Nemzetközi Űrállomás program, hiszen az amerikaiak legalábbis deklaráltan nem ebben az irányban látják a továbbfejlődés lehetőségét. Most a nagy ábránd egy kockázatos és drága, tudományosan nehezen indokolható marsutazás. Kifejlődőben van viszont az űrturizmus, amely merőben új szint hozhat az űrtevékenységbe. Tömegessé válásának esetleg csak a környezeti terhelés szabhat határt.

A tudományos programokban határozottan jobbak a kilátások. Készül a HST utóda, a James Webb-űrtávcső, és több más csillagá-

szati műholdat is terveznek. Töretlen lendülettel folyik a Naprendszer kutatása, a Mars folyamatos vizsgálata mellett a Merkúr, a Plútó és egy üstökös vizsgálata szerepel a már úton lévő szondák kutatási programjában, de a tervezőasztalokon újabb küldetések is formálódhatnak. Ezen a területen a fő akadály, hogy a döntéshozók mindig vonakodnak az alapkutatást szolgáló programok finanszírozásától. Kétségtelenül figyelembe kell venni, hogy milyen információk mekkora áron szerezhetőek be.

Ugyanakkor az alkalmazások területén lassú, de töretlen a fejlődés. A jól működő területeken (távérzékelés, távközlés, navigáció, meteorológia stb.) a műholdakat folyamatosan korszerűbbekre cserélik, újabb szolgáltatásokat vezetnek be, ám ezek nyilván kevésbé látványos előrelépések, mint mondjuk űrhajósok leszállása a Holdra vagy a Marsra. Egy nagyon optimista forgatókönyv szerint azonban még az utóbbira is sor kerülhet a következő fél évszázadban.

Kulcsszavak: *űreszköz, űrkorszak, űrkutatás, űrtevékenység, műholdas távközlés, távérzékelés, navigáció*



1956 A KÖZPONTI FIZIKAI KUTATÓ INTÉZETBEN*

Keszthelyi Lajos

az MTA rendes tagja, kutatóprofesszor
SZBK Biofizikai Intézet (1956-ban KFKI Atomfizikai Osztály)
kl@brc.hu

1956 nyarán változás következett be a KFKI irányításában. Az első igazgatót, Kovács Istvánt, az MTA vezetése leváltotta, és a két igazgatóhelyettes közül Simonyi Károlyt bízta meg az intézet vezetésével (a másik helyettes Jánossy Lajos volt). Simonyi Károly egyúttal az Atomfizikai Osztályt is vezette. Akkor én is ott dolgoztam. Simonyi Károly mellett az osztály fontos személyiségei Erő János és Mérey Imre voltak. Erő János már Sopronban is együtt dolgozott az első magyarországi magfizikai gyorsító építésében Simonyi professzorral, Mérey Imre pedig gépészmérnökként vezette az osztályon folyó további gyorsítók építését és üzemeltetését. A KFKI-ban és főként az Atomfizikai Osztályon az ez időben folyó kísérleti munkák alapozták meg a hazai magfizikai kutatásokat, következésképpen a nukleáris technikai kultúrát nemcsak a KFKI-ban, hanem döntő módon Magyarországon egészében is.

Folyamatosan vezetett munkafüzetemben az utolsó bejegyzést 1956. október 23-a előtt 19-én, pénteken tettem. Október 23-án, amely keddi napra esett, az Eötvös Loránd Tudo-

mányegyetemen dolgoztam, éppen laboratóriumi gyakorlatot vezettem. A KFKI-ban történekről Zimányi Józseftől – Jozsótól – értesültem. A visszaemlékezés kapcsán sok mozzanatról a vele folytatott utolsó (Jozsó a közelmúltban, telve tervekkel, sajnos váratlanul elhunyt) beszélgetésünk alkalmából kaptam megerősítést.

A KFKI személyzeti osztályának vezetője autóbust rendelt, hogy a fiatal kutatók lemelessenek az ELTE-re azzal a megbízással, hogy lebeszéljék a diákságot, tanárokat a meghirdetett délutáni tüntetésről. Az elrendelt feladatot persze nem hajtották végre, inkább ők is csatlakoztak az egyetemi felvonulókhoz, akikhez én is csatlakoztam. Sokszor megjelenik a tévé archív felvételein az Eötvös Loránd Tudományegyetem nagy transzparensze, mögötte a sok fiatal. Ilyenkor büszkeség tölt el, mert én is a tüntetők között meneteltem.

A felvonulók nagy tömege végül a Parlament előtt kötött ki. Az ottani események részleteiről rengeteg visszaemlékezés született, és ma már a történelem részei. Röviden szólva, nagyon sok követelést skandáltunk. Ezek közül egyet emelek ki, mert annak köze van az atomtudományhoz. Hangosan követeltük, hogy a magyar urán magyar kézben maradjon.

* Az MTA Fizikai Tudományok Osztálya 2006. október 25-én tartott ünnepi osztályülésén elhangzott előadás rövidített, szerkesztett változata.

A sajtóból származó információk szerint az első említés a *Pécsi Egyetem* című újságból

ered, amelynek rendkívüli kiadásában szerepelnek a következők: (1. kép)

RENDKÍVÜLI KIADÁS!

Pécsi Egyetem

AZ MDP EGYETEMI ÉS FŐISKOLAI BIZOTTSÁGA ÉS A MEFESZ LAPJA

Baranya megye dolgozói és ifjúsága!

Súlyos, megoldandó problémáktól terhes napokat élünk. Budapesten, az ország szívében fegyveres összeütközésre került sor az éjszaka folyamán annak következtében, hogy rendbontó és fasiszta elemek kihasználták az ifjúság fegyelmzett felvonulását.

Ezelőben a nehéz napokban szükségesnek tartja, a megyei pártbizottság, hogy

felhívja Baranya dolgozóinak és fiataljainak figyelmét: őrizték meg nyugalmukat.

Jogos kívánságokat, követeléseket a megyei pártbizottság magáévá teszi és harcol azok megvalósításáért.

Eppen ezért a megyei pártbizottság nyitvatartja kapuit mindazok előtt, akik problémáikkal az ország színe elé kívánnak lépni. Bizonyosak vagyunk benne, hogy ez az út célravezetőbb bármely más útnál.

„A MEFESZ-el előre a teljes demokráciáért, a szocialista, független Magyarországiért!”

Határozat

„Mi, a Pécsi Egyetem hallgatói, Pedagógiai Főiskolások, orvosnagyhallgatók és jogászok, egy emberként csatlakozunk az alábbi határozatokhoz: Csatlakozunk a MEFESZ-hez, a DISZ-től független egyetemista szervezetéhez:

1. Követeljük, hogy az alábbi pontokat, változtatás nélkül hozzák nyilvánosságra.
2. Réális tájékoztatást követe- lünk az országos gazdasági és politikai kérdésekben.
3. Követeljük a szocialista úrvénység megtartását és a halálbüntetés eltörlését — poli- tikai bűncselekmények este- len.
4. Követeljük Rákosinak, Farkasnak és társainak, mint a törvényesség megsértőinek az ország vezetésében történt hibák elkövetőinek, bíróság elé állítását, — nyílt tárgya- lást.
5. Követeljük a párt és az állami szervek vezetőinek át- vizsgálását abból a szempont- ból, hogy a múltban elkövetett hibák és törvénytörések okai, akik nem tudják leküzde- ni a múlt hibáit, azonnal ke- rüljenek ki a vezetésből. A pécsi egyetem vezetőinek kö- réből Szentisványi Gyuláné, Tényi Jenő, László Miklós, Kovács Sándor, Kovács Ferenc, Gerecsér József, Kocsis Mi- hály és Ernst Jenő azonnali távollétét.
6. Követeljük Nagy Imrét a Párt Központi Vezetőségébe és a kormányba.
7. Szabad és demokratikus választásokat követelünk.
8. Tavolítsák el a személyi kultusz maradványait, a meg- lévő Szilárd-szobrokat és vál- toztassák meg az élő embe- rekről elnevezett utcák, váro- sok nevét.
9. Követeljük az idegen csa- patok kivonását, társadalmi el- lenőrzés mellett.
10. Követeljük hadifoglyaink azonnali hazabocsátását, gon-

doskodást a hadiövezeyekről és hadiárvákrol.

11. Szakembereket követe- lünk a megfelelő helyekre.

12. Vizsgálják felül az ösz- sze kereskedelmi és egyéb szerződéseket, hogy azok nem- zeti érdekeinknek megfelelje- nek.

13. Hozzák nyilvánosságra a magyar uránra vonatkozó szer- ződéseket és adatokat, adják az urán-telepeket magyar ke- zre.

14. Követeljük a magyar munkásság számára kétoldalú kollektív szerződést.

15. Vizsgálják felül a begyűj- tési és adózási rendszert, csök- kentsek a begyűjtési és adó- terveket. Adják a Gépműmá- sok gépeit a termelőszövetke- zeteknek, amelyek ellátják az egyéni gazdaságok szükségle- leit is.

16. Követeljük a káder-ap- parátus és titkos feljegyzések vezetésének megszüntetését, személyekkel kapcsolatban.

17. Március 15-e és október 6-a legyen legnagyobb nemzeti ünnepünk.

18. Követeljük címerünk megváltoztatását oly módon, hogy kifejeze népünk haladó hagyományait és a szocializ- mus építését.

19. Követeljük, hogy vizs- gálják felül az összes politikai pereket.

20. Követeljük, hogy az itt elmondottakért felelős felelős- ségre ne vonhassanak, semmi- lyen módon.

21. Szoros szövetséget a munkás és paraszt ifjúsággal. Teljes szolidaritást vállalunk a munkás és paraszt ifjúság követeléseivel.

Kiss Dénes:

Velünk, vagy ellenünk

Döntsd el magyar, mondd ki a szót!

Itt visszalépni nem lehet!

Az Ifjúság acél-szíve

a forrasztól megreped! —

Döntsd el magyar, döntsd el diák,

és fonjuk láncá a kezünk!

Döntsd el, ki élsz itt e hónap

velünk jössz-e? Vagy ellenünk?!

Ebredj magyar! Ma aludni

gyalázat! Vakondok-szerepi!

Jöjj el közbén égő szívvel

s emeld fel büszkén a fejed!

Birka-fejvel gyávák járnak!

Nappa-nézó a mi szemünk!

Ne várj tovább! Mára határozott!

Velünk jössz-e? Vagy ellenünk?!

Felgyújtottuk a szíveinket,

szemünkben villámfény lobog,

hozzátok szólnak fásult falvak,

ébredő magyar városok!

Mi letünk ma a vérkeringés,

új indulókat ver szívünk.

Tudni akarjuk, még ma! Tudni!

Ki van velünk és ellenünk?!

Utódat a mártíroknak —

mi döntünk el a holnapunk!

Bütfák nőnek virágok közt,

ha nem merünk, ha hallgatunk! —

Kérgetik a lelkeinket,

férgek marják az életünk!

Holnap késő már! Ma kiáltsón:

Ki van velünk és ellenünk?!

Oktatási és tanulmányi kérdések

1. Követeljük az egyetemi autonómia visszaállítását, az állami vezetés terén. Ezenkén- ti dekanválasztás rendszerét bevezetni, a jogkörök is. Az egyetemi felvételi vizsgákat tö- röljék el.
2. Követeljük az egyetemi vizsgarendszer megváltoztatá- sát, a professorok által meg- jelölt hosszabb időbeosztáson belül, minden hallgató, a neki megfelelő napon vizsgázha- ssek.
3. Követeljük a tényleges katonai idő 1 évre való csök- kentését. Az egyetemi honvé- delmi oktatás módszerének megváltoztatását: a 3 hónapos

(Folytatás a 2. oldalon).

„A MEFESZ-szel előre a teljes demokráciáért, a szocialista független Magyarorszáért!”

Határozat

Mi, a Pécsi Egyetem hallgatói, pedagógiai főiskolások, orvostanhallgatók és jogászok, egy emberként csatlakozunk az alábbi határozatokhoz: Csatlakozunk a MEFESZ-hez, a DISZ-től független egyetemista szervezethez

1. Követeljük, hogy az alábbi pontokat változtatás nélkül hozzák teljes nyilvánosságra ...

12. Vizsgálják felül az összes kereskedelmi és egyéb szerződéseket, hogy azok nemzeti érdekeinknek megfeleljenek

13. Hozzák nyilvánosságra a magyar uránra vonatkozó szerződéseket és adatokat, adják az urántelepeket magyar kézre ...

A Népszava megírta, hogy már 15 mázsa uránércet kivittek a Szovjetunióba. Jánossy Lajos november 2-án nyilatkozott a Magyar Nemzetben. Ennek fő mondanivalója az volt, hogy a kormány alakítson sürgősen új atomenergia-bizottságot, amely foglalkozzék a magyar uránkincs kérdésével.

Simonyi professzor elmondása szerint ezt a bizottságot november 3-án délutánra össze is hívták. Ő elment, bolyongott a Parlament folyosóin, egy nyitott szobába benézve még Nagy Imrét is látta egyedül, ráhajolva íróasztalára. Bizottsági ülés persze nem volt.

E rövid időbeli előregrás után térjünk most vissza az októberi napokhoz. Október 23-a után sorra kibontakoztak a forradalom eseményei. A közlekedés megszűnt, nem mehettünk fel Csillebércre, a KFKI-ba. Elterjedt a hír, már nem tudom hogyan, hogy a

„Jánossy Lajos nyilatkozata a magyar urániumról – A Szabad Kossuth rádió csütörtökön a magyar urániummal kapcsolatban megszólaltatta Jánossy Lajos professzort. Kérdésre válaszolva Jánossy kijelentette, hogy a szovjet hatóságok mindent szigorúan őriztek, ami az uránnal összefüggött. Nemcsak a kutatókat nem akarták bevenni, hanem szakembereket sem vontak be és még gazdasági feltárásokat sem volt lehetőségük végezni, úgyhogy a magyar szakemberek tökéletesen a sötétben voltak. Mint a volt Atomenergia Bizottság alelnöke, semmiféle információt nem kapott az urán létéről és csak az újságokból értesült az uránleletekről. Nem tudja, milyen szerződés van a Szovjetunióval, azonban az egész bányászat kezdeten van, ezért nagy mennyiséget biztosan nem vittek ki az országból. Az a hír, hogy 16 mázsa ment ki az országból, úgy látszik, igaz, de ez úgy értendő, hogy 16 mázsa uránérc. Ebből nagyon kevés tiszta urániumot lehet nyerni, ennek értéke nem valami nagy. Itt inkább kísérleti mennyiségről van szó. Azt lehet mondani, hogy az egész urán kutatás feltárási stádiumban van, úgyhogy egyelőre senki sem tudja megmondani biztonsággal, hogy mennyi uránium van az országban. Valószínű, hogy azért jelentős leletekről van szó. Véleménye szerint a legelső teendő az lenne, hogy a kormány alakítson nagyon gyorsan nemzeti atomenergia-bizottságot, ez ne úgy működjék mint a régi, hanem vonja be a szakembereket, tárja fel az egész helyzetet, nézze meg mennyi urán van, milyen feltárási lehetőségek vannak és ezenkívül vizsgálja meg az ezzel kapcsolatos problémákat.”

Műszaki Egyetem Fizikai Intézetének egy tantermében fogunk összejönni, hogy meg tárgyaljuk a teendőket. Úgy emlékezem, hogy az összejövetel még a forradalom első hetében történt. Sokan voltunk, és sokan fel is szóltak. Két felszólalás mélyen megmaradt az emlékezetemben. A szívbeteg, törekeny Gráf Gyuri elmondta, hogy ő kommunista volt, és az is marad. A bátorságát, őszinteségét megtapsoltuk. Egy nagyon szélsőséges felszólalót aztán lehurrogunk. Az utóbbi személy elhagyta az országot, Gráf Gyuri pedig néhány év múlva, mindannyiunk bánatára, az életet.

Miután Simonyi professzort a Forradalmi Bizottság elnökévé, Erő Jánost titkárává megválasztottuk, békésen hazamentünk, és reméltük, hogy hamarosan visszaáll a szokott rend, és nyugodtan folytathatjuk munkánkat. Hogy ez így legyen, és a KFKI-t, valamint egyes felelős beosztású munkatársait se érhesék esetleg atrocitások, Simonyi professzor Mérey Imrével többször felgyalogolt, vagy motorbiciklivel felment Csillebércre. Megszervezték az Intézet őrzését. Háromszor nyolcórás váltásban őrizte a kaput Hadobás Béla és Stocker Lajos egy harmadik személlyel, akinek ma már nem tudjuk a nevét. Nekik is köszönhető, hogy a KFKI minden vagyona sértetlen maradt, minden exponált személy védelemben részesült. A Budafoki út 10-ben, egy pinchehelyiségben gyakran összegyűltek a KFKI-sok, de munka nem folyt. Simonyi professzor és Mérey Imre a Széna téren is megjelentek, de nem harcolóként, hanem a környéken kitört ablakok újraüvegezőjeként.

November 3-án mindannyian arra gondoltunk, hogy két nap múlva, hétfőn már járnak majd a villamosok, buszok, és felmegyünk a hegyre dolgozni. Nem így történt. November 4-én megszólaltak az ágyúk, megkezdődött a szovjet invázió és a „régí rend”

visszaállítása. Pontosan nem emlékezem, mikor, de lassan elkezdtünk feljárni Csillebércre, ki hogyan tudott. Az eleinte kietlen, üres épületek megteltek emberekkel, megkezdtük újra a munkát. Sok kedves kollégánk addigra már elhagyta az országot. Decemberben – januárban azonban már minden működött, hála Simonyi professzor gondos és hatékony szervezésének.

Érdeemes felidézni egy, a KFKI-hoz kapcsolódó történetet. Király Béla tábornok, az 56-os Nemzeti Hadsereg parancsnoka a Nagyszénáson táborozott egy menekülő csapattal. A szovjet hadsereg teljesen bekerítette őket. Minden pillanatban várták a támadást és a megsemmisülést. A KFKI irányából azonban egy füstfelhő emelkedett a magasba. Ezután röviddel a szovjet haderő hirtelen elvonult. Király Béla azt tétélezte fel, hogy az ellenség tudott a KFKI-ról, és az atomreaktor robbanásának hatásától tartva vonult el csapataival. Akkor ugyan még nem volt reaktor a KFKI-ban, de az ellenség elvonult. Király Béla csapata viszont a hadszíntéren maradt, így a hadviselés klasszikus szabályai szerint ők lettek a győztesek. Ha úgy tetszik, ezt az eseményt tekinthetjük a Szovjetunió elleni első győztes csatának, állítja Király Béla.

Munkafüzetemben 1956 októbere után az első bejegyzés dátuma 1957. január 14., vagyis az érdemi munkát csak akkor tudtuk elkezdeni: „1957. I. 14. (okt. 23-án forradalom). *Stabilitás ellenőrzése α – spektrum*”

Arra emlékezem, hogy 56 végén többször mentem a hármás épületben lévő Atomfizikai Osztályról a négyes épületbe Jánossy professzor feleségéhez, aki segített nekünk dolgozataink angol nyelvű megfogalmazásában. Jánossy professzor pedig magára vállalta a dolgozatok elküldését a *Nuclear Physics* című folyóiratba.

A KFKI-ban és környékén alig volt valami mozgás. A nagy nyugalom kedvezett a 14 méter hosszú karokkal tervezett Michelson interferometria-kísérletek végrehajtásának. Náray Zsolt és munkatársai ekkor végezték az ún. „csöpögő fotonok” interferenciájával foglalkozó híres vizsgálataikat.

Akkor még nem gondoltuk, hogy a sok munkáért, törődésért, mások segítségéért nem köszönet, hanem üldözés vár Simonyi professzorra. Májg fájó sebet ütöttek rajtunk a KFKI pártszervei. 1957 végén „Simonyi-ügyet” kreáltak, és Simonyi professzort elmarasztaló határozatot hoztak: igazgatóhelyettesből osztályvezetővé minősítették vissza. Ő a minden alapot nélkülöző megaláztatást nem tudta és nem is akarta elviselni, lemondott állásáról, névtábláját összetörte. Mi egy hideg, sötét decemberi délutánon szomorúan néztük, amint egy autóban elhagyta kedves munkahelyét és szeretett munkatársait. A KFKI-ba soha nem tért vissza. Fizikailag nem bántalmazták, *csak* a lelkét törték össze. Mennyi emberrel történt hasonló szörnyűség! Ő lassan regenerálódott, óriási elszántsággal dolgozott, s végül hatalmas életművet hagyott hátra.

Ma már emléktábla hirdeti Simonyi professzor érdemeit a KFKI hármasképző épületének



bejártánál. A becses emléket őrizzük. Az 1956-os forradalom ötvenedik, Simonyi professzor születésének kilencvenedik évfordulóján Hadobás Béla, a KFKI egyik önkéntes őrzője koszorúzta meg az emléktáblát. (2. kép)

Kulcsszavak: *tüntetés a Kossuth téren, Forradalmi Bizottság, uránbányák, Atomenergia Bizottság, 1956 után*



GAZDASÁGI HASZON VAGY TÁRSADALMI ÉRTÉK? A VÁLLALATI SZEREPVÁLLALÁS LEHETŐSÉGEI

(tudományos ismeretterjesztés
egy gazdasági szereplő szemszögéből)

Pásztory Tamás

gazdasági szakértő

Modern világunkban az egyre növekvő társadalmi integráció, az egyes tudományterületek összefonódása és multidiszciplináris jellege kihatással van a privát szféra szereplőire is: a különböző vállalatok és intézmények, valamint más társadalmi szereplők közötti összefonódás jelentőségére. A feltételek megteremtéséhez szükséges technológiai eszközök és az azokat alkalmazó elképzelések is adottak, körünk kihívását leginkább az jelentheti, hogy ezeket megfelelően felhasználva megújuló és fenntartható lendületet lehet-e biztosítani, mely hosszabb távon egyben az ország fejlődését is jelentheti.

A vállalatok szerepvállalását boncolgató úgynevezett „megvalósítható” üzleti etika a nyugati társadalmak globalizálódó világában leginkább az utóbbi húsz-harminc évben kezdett teret hódítani. Ennek lényege a felismerés, miszerint az önérdek mellett fontos a közjóért való tevékenység is. Ennek mentén juthatunk el a CSR-hez (Corporate Social Responsibility – CSR), azaz a társadalmi fe-

lelősségvállaláshoz, mely Nyugat-Európában, főként Nagy-Britanniában már jó pár éve bejáratott szempontként jelent meg. A fejlettebb vállalati kultúrákban a gazdaságfilozófia része, vagyis a cégek azon kívül, hogy elsődleges szempontjuk a profit megtermelése maradt, szociálisan is érzékenyek, környezettudatos magatartást folytatnak, és nem hagyja őket hidegen a társadalmi szolidaritás sem.

De miről is van szó a gyakorlatban ha a CSR-ről beszélünk? Magába foglalhatja a környezettudatos viselkedésmódot, hátrányos helyzetű munkavállalók alkalmazását, vagy éppen a társadalmi munkát mint csapatépítő tevékenységet a vállalati dolgozók számára, és nem utolsósorban a kultúra, tudományok mecenatúráját is.

Szerencsére hazánkban is egyre több vállalat ismeri fel a CSR jelentőségét. Fontos cél, hogy a vállaltvezetők ne csak egy jó reklámlehetőséget lássanak a CSR-ben, hanem tegyék magukévá a CSR mondanivalóját, érezzék magukénak is a felelősséget a társadalom iránt.

Mindenkinek, aki kicsit is érzékeny ezekre a kérdésekre, tudnia kell, hogy felelősséggel tartozik az itt élőkért, a környezetünkért. Éppen ezért mindent el kell követni annak érdekében, hogy szolgáltatásukkal, támogatásukkal, valamint működésük felelős irányításával segítsék és óvják a körülöttünk lévő világot, a kulturális területek is beleértve. Ha ez már kialakult, innen csak egy lépés a munkatársak szemléletformálása, és egy új, társadalomtudatos generáció kinevelése.

A Magyar Telekom immár több mint tíz éve kiemelt küldetésének tekinti a civil társadalmi és kulturális szerepvállalást, különösen a magyar tudományos élet terén a tudományos ismeretterjesztésben való részvételt. 1995-ben, az akkor még Matáv néven működő vállalat vezetése, kapcsolódva ahhoz a nagyszabású munkához, amit a hazai távközlés fejlesztése terén folytat, kialakított egy jobban és szebben élő társadalmi képet megjelenítő támogatási stratégiát. Ez az elképzelés azóta is alapját képezi a cég szerepvállalásának, melynek következetes végrehajtása, külső nézőpontból pedig társadalmi jelentősége még inkább felerősödött az azóta történt szervezeti átalakulások miatt.

A média világának évek alatt végbemenő átalakulása nyomán szinte kivészték a képernyőről azok a műsorok, amelyek a tudománnyal, tudományos eredmények és kutatási irányok bemutatásával foglalkoztak. Ezt felismerve a két alapító, a Magyar Tudományos Akadémia és a Magyar Telekom közös vállalkozásként hívta életre a *Mindentudás Egyetemét* (ME). A 2002. szeptember 16-a óta működő *Mindentudás Egyeteme* széleskörű nézettségével igazolta, hogy hazánkban az egyetemi és akadémiai körön kívül is óriási igény van a tudomány világának népszerűsítésére, annak alaposabb és több irányba ki-

terjedő megismerésére. A produkcióval egyben egy olyan platformot is sikerült teremtenünk, ahol a magyar akadémikusok, professorok és kutatók szélesebb körben is megismertethették a laikusok által elsőre elvontnak gondolt szakterületüket. Ezzel hozzásegítette a közönséget és az érdeklődőket, hogy kézzelfogható magyarázatot és ismeretet kapjanak a tudományos kutatások mindennapi életünket is meghatározó és nemegyszer azt sok szempontból átformáló eredményeiről. A két alapító részéről ez egy olyan eredeti kísérletnek tekinthető, amelyre Magyarországon nemigen akadt korábban példa. Az eredetileg három szemeszterre tervezett program átütő közönségikere egyértelművé tette a folytatás szükségességét.

A megnövekedett feladatok és a hatékonyabb működtetés érdekében 2004-ben már gazdasági társaságként folytatta működését a tudománynépszerűsítő sorozat: *Mindentudás Egyeteme Tudományos Kht.* néven. Ennek is köszönhető, hogy 2007 júniusára, már a tizedik félévet is lezárva, az ME a hazai tudományos élet legkiválóbb reprezentánsainak a részvételével a 164. sikeres előadáson és több mint húsz klubrendezvényen volt túl. Sokkal fontosabb azonban az a tény, ami e számok mögött meghúzódik: a *Mindentudás Egyeteme* a társadalom számára egy olyan hozzáadott értéket állíthatott, mely az általános műveltség szintjének emelésével segíthette a civilizált társadalmakban fontos egyetemes normák elfogadását és követését. Hiszen a tudás amolyan *mentálitást módosító modulként működik*, és az ötletgazdák eredeti elképzelései beigazolódni látszanak: a *Mindentudás Egyeteme* egyre több ember mindennapi életére volt jótékony hatással. Ezt igazolja mindazoknak a kiadványoknak és kapcsolódó programoknak a sikere is, amelyek az elmúlt

esztendőik alatt indultak. Így a *Mindentudás Egyeteme* ma már nemcsak egy sikeres tudományos ismeretterjesztő műsor címévé vált, hanem jól csengő márkanév, ma divatos kifejezéssel élve *brand* lett, amelyet országszerte, sőt még a határainkon túl is jegyeznek.

Az ingyenesen látogatható előadásoknak hét feléven keresztül a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem adott otthont. Az egyre növekvő televíziós nézőszám azonban megkövetelte, hogy az előadások felvétele a megkívánt technikai eszközökkel készüljön. Így, kihasználva a televíziózás kínálta lehetőségeket, 2006 tavaszától 2007 őszéig a Jövő Háza Teátrum adott otthont a felvételeknek, az elmúlt négy évben pedig vidéki nagyvárosokban (Veszprém, Miskolc, Pécs, Szeged, Debrecen), illetve Kolozsváron egy-egy előadás erejéig „kihelyezett tagozatok” is csatlakoztak a működéshez.

Az aktuális témákhoz kapcsolódóan az előadások kezdete előtt, az érdeklődést és a tudásélményt egyaránt megalapozó és fokozó helyszíni rendezvényekre került sor. Példaként említhetjük a nagy sikerrel megtartott, helyszínen végzett vércukorszintmérést, ami a cukorbetegségről szóló előadást kísérte. Az előadásoként átlagosan négyszáz érdeklődő befogadására képes előadóterem legtöbbször teltház volt, a nézők egy része állandó törzsközönségként látogatott újra vissza. A több mint 200–250 ezer fős heti nézettség igazolta, hogy médiatámogatónk révén (a Duna Televízióban, az MTV-ben, a Petőfi rádióban és országos napilapokban) hétről hétre sok százezren válhattak „egyetemi hallgatóvá”.

A *Mindentudás Egyeteme* életében fontos kommunikációs médiumként jelent meg az internetes honlap (www.mindentudas.hu), mely az előadás előzetes regisztrációján kívül sok egyéb funkciót is megvalósít. Az interak-

tív felület lehetővé teszi, hogy minden előadást élő, online adásban követhessünk. Különösen fontos követelményként jelent meg a kétirányú tudáscsere: a *site*-on lehetőség nyílt arra, hogy az elhangzott előadásokkal, illetve a képernyőn látottakkal kapcsolatban felmerülő kérdéseket eljussanak az előadóhoz. A megvalósult programok archívumában pedig a látogatók évek múlva is megnézhetik, meghallgathatják a korábbi előadások anyagait, vagy elolvashatnak egy-egy témát és megoldhatják az ahhoz kapcsolódó tesztfeladatokat. A regisztráció révén elérhető tesztek letöltési aránya és további statisztikák tükrében elmondható, hogy egyáltalán nem mentek feledésbe a korábbi szemeszterek előadásai és feladatsorai sem. Sőt. A honlapra érkező új látogatók „mindenevőnek” bizonyultak, a hozzáférhető ismeretterjesztő anyagok teljes spektrumát szinte azonos mértékben és folyamatosan vették igénybe. Az interneten hozzáférhető archívum túl azon, hogy nem hagyja a feledés homályába veszni az elhangzott előadásokat, komoly szerepet tölt be a magyar nyelvű digitális kultúra palettájának tartalmi színesítésében. A honlap segítségével nyomon követhető előadások vagy azok egy-egy részlete komoly segítséget jelenthetnek az oktatói munkában is. A világháló mára tulajdonképpen a közoktatás minden intézetének széles körben használt szerves eszközévé vált, és számos visszajelzés érkezett arról, hogy sikerrel alkalmazzák is azokat az anyagokat az oktatási folyamatban, amelyek a *Mindentudás* honlapján keresztül érhetőek el. Így a modern technológia kínálta lehetőségeket kihasználva újabb esélyeket sikerül nyújtani a társadalom legkülönfélébb rétegei számára, mely hatékony közreműködést jelent a ma még sajnos meglévő és viszonylag jelentős digitális szakadék áthidalásában.

A tudományos ismeretterjesztés határait túllépve, a honlap sokszínűségét jellemzi, hogy tartalmaznak *e-learning* tananyagokat is. Az ide felkerülő anyagok fő célja, hogy segítségével mind szélesebb körben sikerüljön elérni a tizennégy-tizennyolc éves korosztályt, és sikerüljön megkönnyíteni a felkészülést az érettségire, az egyetemi vagy főiskolai felvételire.

Már ezek az irányok is jól mutatják azt a szerepet, amelyet a honlap az értékmegőrzésen túl felvállalhat. A jövőben ennek érdekében tervezzük internetes arculatunk megújítását is. Ezen túlmenően pedig, a meglévő tudásbázist felhasználva további kitérés pontot jelent a más jellegű digitális tartalmak előállítására. A termékfejlesztés lehetséges és hasznos iránya, a közoktatás számára fontos, a tanulási folyamatot élménnyé varázsoló interaktív DVD-csomagok kiadása. Egy DVD-csomag több (három–hét) azonos témakörbe tartozó, multimédiás formában feldolgozott előadást tartalmaz. Ezenkívül a csomag teljes tartalmi integrációját, a különböző szempontok szerinti felhasználását és a kereshetőséget egy kiegészítő interaktív DVD segíti majd. Ennek a munkának az első lépései már megtörténtek. A genetika témakörében elkészült első tematikus kiadvány jól példázza azt a mozgásteret, amit egy tanóra menetének összeállításában egy középiskolai pedagógus számára az interaktív DVD biztosíthat.

A *Mindentudás Egyeteme* mindezzel együtt nem mondhat le azokról a hagyományos szerepeiről, amelyekkel kivívta mai elismertségét. A fejlesztés érdekében újradefiniáltuk

a tevékenységünket, aminek eredménye, hogy a feladatainkat három fő folyamat köré szerveztük. Külön fejezetet szenteltünk a szemeszterek programjának és az ezekre épülő televíziós műsorok a létrehozására. Kiemelt hangsúlyt kapott a közönségszervezés folyamata, az érdeklődők még szélesebb rétegeinek bekapcsolása az előadások helyszínre és a médián keresztül történő követésébe. A harmadik nagy feladatcsoportba a marketing-tevékenység tartozik. Ezen belül kitérített szerep jutott a termék- és szolgáltatásmenedzselésnek. Az első látszatra piacorientáltak tűnő elképzelés azonban szintén rejt értékmegőrzési és folyamatfejlesztési szempontokat. A korábban is nagy sikerű *Mindentudás Egyeteme* könyvsorozat újabb és újabb darabjai jelennek meg a Kossuth Könyvkiadó gondozásában, az eddigi négy kötetet hamarosan követi az ötödik és a hatodik is.

A vállalati példa segítségével sikerült talán egyfajta átfogó képet felvázolni, mely megfelelően illusztrálja, hogy a kulturális élet és az annak szerves részét képező tudományos szakterületek milyen gyümölcsöző lehetőségekkel bírnak, ha a megfelelő szintű együttműködésük megvalósulhat. Legfontosabb szempont lehet a piaci szereplők oldaláról, hogy a saját tevékenységi körük szűkebb körlátain túllépve felismerjék a nem profitorientált tevékenységekben rejlő adottságokat és a hosszabb távú, társadalmi szempontokból megterülő értékeket.

Kulcsszavak: *társadalmi felelősségvállalás, szponzoráció, tudománytámogatás, menedzsment*

Vélemény, vita

HOZZÁSZÓLÁS

a *Quo vadis, intézethálózat?*
Hol a helye a PhD-képzésnek c. cikkhez

Hargittai István

az MTA rendes tagja, egyetemi tanár,
a BME Oláh György Doktori Iskolájának elnöke
BME Szervetlen és analitikai kémiai tanszék
és BME–MTA Anyagszerkezeti és modellezési kutatócsoport
istvan.hargittai@gmail.com

Venetianer Pál gyönyörű Széchenyi-idézzel indítja eszmefuttatását. Az idézet arra vonatkozik, hogy milyen kára, némely esetekben átka lehet a szerepek összekeveredésének. Az akadémiai vitákkal kapcsolatban magam is felhívtam erre a figyelmet *Szerepzavarban* című, az *Élet és Irodalomban* megjelent cikkemben. (Hargittai, 2006, 4–5.) Venetianer cikkének általános kérdéséhez hozzászólva azt emelem ki, hogy a különböző helyzetekre – intézetekre, osztályokra, kutatócsoportokra – szerintem is különböző megoldások létezhetnek.

Ennek szellemében írtam 2006 nyarán az akadémiai kutatóintézetekre utalva többek között, hogy „...a jelenlegi felállásnál szerencsésebb lenne a valóban alapkutatásra fordított erőket az egyetemekhez közelíteni, és végső soron ott működtetni, az elsősorban gazdasági hasznosságot megcélzó kutatói kapacitást pedig leválasztani a Tudományos

Akadémiáról. A Magyar Tudományos Akadémiának ma is van egy hatékonyan működő programja, amelynek keretében az MTA vezető oktatókat támogat elsősorban fiatalok alkalmazásának lehetőségével.”

Ebben a hozzászólásban Venetianer egyik javaslatára szeretnék reagálni, amely szerint „a New York-i Rockefeller Egyetemhez hasonló *graduate school*-lá alakulhatna a hálózat (vagy annak egy része)...”, de attól tart, hogy, többek között, „egy ilyen terv megvalósulását minden rendelkezésre álló eszközzel akadályoznák az egyetemek...” Úgy gondolom, hogy nemcsak az egyetemek, hanem sokkal szélesebb kör is meg kellene hogy tegyen mindent egy ilyen terv megakadályozásáért.

A Rockefeller Egyetem valóban elitintézmény, de csak egy a sok PhD-képzésben részt vevő, nagyon színvonalas intézmény között az Egyesült Államokban. A többiek szinte

kivétel nélkül olyan intézmények, amelyekben alacsonyabb fokozatú képzés is folyik. A Rockefeller Egyetem magánegyetem, és ha valaki létre tudna hozni egy színvonalas PhD-képzést megvalósító *magánegyetemet* Magyarországon, azt csak üdvözölni lehetne. Ha viszont a költségvetési gazdálkodású akadémiai kutatóintézetekben hoznánk létre PhD-képzést, az csak az egyébként szűkös állami források további megosztását jelentené. Az elmúlt években megindult egyetemi PhD-képzés szerény, szinte csak szimbolikus állami támogatással működik. Ezt kellene a jövőben továbbfejleszteni. Az erők további megosztása színvonalcsökkenést eredményezne és nem pedig a kívánatos színvonalemelkedést. Ma is fennáll az a veszély, hogy az európai versenyben még a legjobb hazai egyetemek is csak az első vagy esetleg az első két fokozat képzésében tudnak majd lépést tartani a versenytársakkal, de nem a PhD-képzésben. Ennek a problémának a felismerését és kezelését legalább olyan fontosnak tartanám, mint például a mezőgazdasági versenyhelyzet kezelését, amire a politika sokkal nagyobb gondot fordít.

Az egyetemi első és második fokozatú képzésnek óriási szüksége van a PhD-képzés jelenlétére, mert a doktoránsok segítséget adnak az oktatásban, és a legfontosabb szegmensét adják a kutatási kapacitásnak. Tudományos kutatások nélkül pedig nem létezik színvonalas egyetemi oktatás, bármelyik fokozat szintjét is tekintjük. A Rockefeller Egyetem volumene amerikai viszonylatban a PhD-képzés elhanyagolható része. Magyarországon egy PhD-képzésre szakosodó intézmény viszont ellehetetlenítené az egyetemi PhD-képzést anélkül, hogy garantálná a magasabb színvonalat. Ez a megjegyzés nem arra vonatkozik, hogy kerüljük el a versenyhelyzetet. Már ma

is egyre kiélezettebb versenyhelyzetben vagyunk, ahogy a fentiekben erre már utaltam.

Egyébként utalva arra, hogy az eredeti Szelényi-javaslat fizetős elitegyetemre vonatkozott, megjegyzem, hogy a Rockefelleren tanuló-kutató PhD-hallgatók nem elsősorban azért kerülnek oda, mert meg tudják fizetni. Saját ismerőseim között, akik ott kaptak PhD-t, egyik sem volt fizetős.

Aki a Rockefeller Egyetemet akarja modellezni, az nyilván abból indul ki, hogy az a Rockefeller Intézetből fejlődött ki. Mire ezt a lépést megtették, már világraszóló eredmények, Nobel-díjak egész sora fémjelezte a Rockefeller Intézet működését. A Rockefeller Nobel-díjasainak számát megirigyelhetné az Egyesült Államokon, Nagy-Britannián és Németországon kívül a világ bármelyik országa. Egyetlen eredményt említek csak, ami nem is kapott Nobel-díjat: Oswald Avery és munkatársai ezen a kutatóhelyen végzett sokéves és aprólékos kísérletekkel bizonyították azt az akkor meglepőnek tekintett és még évekig nehezen elfogadott felismerést, hogy a DNS az öröklődés anyaga. (Avery et al., 1944, 137–158.) Mielőtt intézeteinkből a Rockefeller Egyetemet modellező PhD-képző intézményeket alakítanánk ki, intézeteink talán egyéb vonatkozásokban is modellezhetnék a Rockefellert.

Szeretném azonban a kérdést visszafelé, a PhD-képzés szempontjából is felvetni. Vajon hasznos-e a PhD-képzés számára a többi fokozatú képzéstől való elszigeteltség? A Rockefeller Egyetem példája egyedi és különleges. Valódi, igazán elit intézményről van szó, amelynek példáját ebben a vonatkozásban sohasem követte a többi, szintén nem elhanyagolható elitintézmény, Amerikában sem. A PhD-hallgatók számára ugyanis hasznos, ha ki vannak téve gyakorlatvezetőként vagy se-

gédtanárként az egyetemi hallgatókkal való foglalkozásnak, a hallgatók kérdéseinek. Sokszor az egyszerű kérdések világítják meg saját tudásuk hiányosságait. A hallgatóknak adandó magyarázatok segítenek a bonyolult fogalmak tisztázásához. De még ennél is jóval többről van szó. A PhD-hallgatók jó része alkalmas arra, hogy egyetemi hallgatókat bevonjon a kutatásokba, szinte már elsőéves korától. Jómagam először olyan ötödéves hallgatótól kaptam kutatási feladatot elsőéves koromban az ELTE Általános Kémiai Tanszékén, aki akkor már egyetemi doktorátusán dolgozott. A PhD-hallgatók működése az egyetemi hallgatói közegekben is – ez adja meg

az átmenetet a hallgatói és a kutatói létezés között. Lehetnek egyesek, akiknek erre nincs szükségük, de a tapasztalat azt mutatja, hogy ez a megoldás általában hasznos és bevált.

Venetianer Pál valós problémákra keres megoldásokat, és a problémák együttes gondolkozást és megoldáskeresést igényelnek. Ebben a hozzászólásomban csupán azt szeretném ajánlani, hogy megoldás gyanánt ne alakítsuk át a kutatóintézeteket PhD-képzéssel foglalkozó elitintézményekké.

Kulcsszavak: *akadémiai kutatóintézetek, többfokozatú képzés, elitképzés, PhD-képzés, egyetemi oktatás, Rockefeller Egyetem*

IRODALOM

Avery, Oswald T. – MacLeod, Colin – McCarty, Maelyn (1944): *Journal of Experimental Medicine*, 79, 137–158.

Hargittai István (2006): Szerepvárbán. *Élet és Irodalom*. L, 29. 2006. július 21., 4–5.



Kitekintés

ÚJ BRIT MINISZTERIUM

Gordon Brown brit miniszterelnök hivatalba lépése után új, a kutatásért és a felsőoktatásért felelős minisztériumot hozott létre. A tudomány költségvetését eddig a kereskedelmi és ipari minisztérium kezelte, a felsőoktatás pedig az oktatási és szakképzési minisztériumhoz (Department for Education and Skills) tartozott. Az új minisztérium neve Department for Innovation, Universities, and Skills (DIUS), vezetője John Denham. Martin Rees, a Royal Society elnöke, szívesebben látta volna a minisztérium nevében a tudomány (science) szót. A miniszterelnök nyilatkozata szerint az a kormány hosszú távú célja, hogy Britannia a világon az egyik legjobb hely legyen a tudomány, a kutatás és az innováció számára.

A támogatási rendszer eddig kettős volt, a kutatási tanácsoknál versenyezni kellett a támogatásért, az egyetemi tanszékeket pedig közvetlenül finanszírozták. A miniszternek biztosítania kell a két fél elkülönültségét, és minkét területen fenn kell tartania a támogatások magas szintjét, fogalmazták meg igényüket az új minisztérium létrehozása miatt aggodók. A minisztériumnak el kell érnie, hogy több fiatal válassza a természettudományi és műszaki képzéseket, ugyanis számuk az utóbbi években egyre csökkent.

Clery, Daniel: Science Gets New Home in U.K. Government. *Science*. 6 July 2007. 28.

J. L.

NŐ AZ ATOMERŐMŰVEK SZEREPE

Az OECD-tagországokban a 2005. évi 22,8 %-ról 2006-ra 23,1 %-ra nőtt a nukleáris energia aránya a villamosenergia-termelésben. A huszonnyolc tagú szervezet tizenhét tagországában 346 atomreaktor működik. Tíz új reaktor épül, elektromos összteljesítményük 8,5 gigawatt, az új reaktorok a Koreai Köztársaságban (négy reaktor), Japánban (három), Szlovákiában (kettő) és Finnországban (egy) épülnek. További tizenöt reaktor építéséről született döntés, elektromos összteljesítményük 18,9 gigawatt lesz, tizennégy reaktor a csendes-óceáni régióban épül.

Kínában új stratégiai dokumentumot dolgozott ki a klímaváltozással kapcsolatban a nemzeti fejlesztési és reformbizottság. 2010-re 50 millió tonnával csökkentik a szén-dioxid-kibocsátást. Az elsődleges energiatermelésben növelik a nukleáris energia részarányát, elsősorban a gyorsan fejlődő tengerparti területek ellátására építenek atomerőműveket. 2006-ban a kilenc üzemelő reaktor 55 terawattóra energiát termelt, 3 %-kal többet az előző évinél. (Az OECD-országok nukleáris energiatermelése 2006-ban 2278 terawattóra volt.) Idén két újabb reaktort helyeznek üzembe. A következő tizenöt évben harminc, egyenként 1000 megawatt teljesítményű reaktor építését tervezik, ezekkel 4 %-ra nő a nukleáris energia részaránya 2020-ra.

Az Egyesült Államok klímaváltozás tudományos programja közzétette második jelentését. 2000 és 2100 között a globális szén-dioxid-kibocsátás megháromszorozódik. A nem fosszilis energiatermelés 4–9-szeresére nő száz év alatt, de továbbra is a fosszilis üzemanyagok lesznek a fő energiaforrások. Az üvegházhatású gázok kibocsátásának stabilizálásához széleskörűen növelni kell az alternatív forrásokat, beleértve a nukleáris energiatermelést. (A jelentés nem előrejelzés, különböző szcenáriókat elemeztek végig.)

NucNet Newsletter. 137, 2007. június 4.

Nucnet Newsletter. 148, 2007. június 14.

Nucnet Newsletter. 166, 2007. július 11.

J. L.

A FÖLDKÖZELI ÓZON ÁRT A NÖVÉNYEKNEK

Modellszámítások szerint a következő száz évben növekedni fog a földközeli ózonszennyeződés, ezért a növények kevesebb szén-dioxidot tudnak csak megkötni az atmoszférából. A magas ózonszint mérgezően hat a növényekre, csökkenti fotoszintetizáló képességüket, állítja Stephen Sitch, a brit meteorológiai hivatal klímaelőrejelző és -kutató központjának munkatársa. Az ózon a gépjárművek kipufogógázaiban és a fosszilis tüzelőanyagot égető erőművek kibocsátásában megjelenő nitrogén-oxidok és az atmoszféra más vegyületeinek kölcsönhatásából keletkezik. Ma a világ legszennyezettebb területein az ózonkoncentráció meghaladja a negyven részt a milliárdból, ez már károsítja a növényi életet. A század végére a világ lakott részein szinte mindenütt túllépi ezt a határt a modellszámítások szerint. A légkörbe kerülő szén-dioxid kb. egyegyedét kötik meg a növények. Korábbi szá-

mítások szerint a növekvő szén-dioxid-kibocsátást ellensúlyozhatja majd az erdő- és mocsárterületek növekedése. 1901-ben a növények 113 milliárd tonna szenet tartottak lekötvén, 2100-ra 171 milliárd tonnát becsülnek. Ez az érték 200 milliárd tonna lehetne, ha a növekvő mennyiségű ózon nem mérgezné a növényeket.

Hopkin, Michael: Carbon Sinks Threatened by Increasing Ozone. *Nature*. 26 July 2007. 396–397.

Sitch, Stephen et al.: *Nature*. doi:10.1038/nature06059, 2007

J. L.

SUGÁRZÁSKEDVELŐ GOMBÁK

A sérült csernobili nukleáris atomreaktoron és környékén fekete, nagy melanintartalmú gombák elszaporodására figyeltek fel. A New York-i Albert Einstein Orvosegyetem kutatói három gombafajt tettek ki intenzív ionizáló sugárzásnak. A besugárzott gombák anyagcseréje felgyorsult, háromszor gyorsabban növekedtek társaiknál. A változás valószínűleg annak köszönhető, hogy a sugárzás módosítja a melaninmolekula elektronszerkezetét. Fantáziadús emberek már a hosszú idejű űrrepülésre vállalkozó asztronauták tányérján látják a sugárzással táplált gombákat.

Az 1990-es évek elején Nelli Zhdanova kijevi mikrobiológus figyelt fel az 1986-ban balesetet szenvedett csernobili atomreaktor falán és a környékén a talajban elszaporodott gombákra. Feltérképezték a fajokat, meglepően sok, mintegy kétszáz gombafajt azonosítottak, többségük melanint tartalmazott.

A melanin nagy molekulásúlyú pigment, mindenütt megtalálható a természetben, mik-

roorganizmusoktól a gerincesekig, sokféle biológiai funkciót lát el. Kémiaiilag nem pontosan definiált vegyületek polimerjei. Az élőlények sokféle elővegyületből tudnak viszonylag könnyen melanint szintetizálni. Sok gomba szintetizál melanint, ez túlélési előnyt jelent számukra az ultraibolya sugárzás és a Nap sugárzásai ellen. Melaninban gazdag élőlények rendkívüli körülmények között is megélnek, mindkét sarkvidéken, magas hegyeken és Csernobilban. Napsugárzás hatására megnő bőrünk melanintartalma, és védelmet nyújt az ibolyántúli sugárzással szemben.

Az Ekaterina Dadachova és Arturo Casadevall vezette kutatócsoport a csernobili felismerések nyomán kezdte a gombák sugártűrőségét vizsgálni az Albert Einstein Orvosegyetemen, New Yorkban. Cézium-137 izotóp béta-sugárzásának tették ki a gombákat, ez az izotóp atomreaktorokban is keletkezik a maghasadás során. Három gombafajt vizsgáltak: *Cladosporium sphaerospermum*, *Cryptococcus neoformans* és *Wangiella dermatitidis*. A besugárzás megváltoztatta a melanin elektromos szerkezetét, ezért intenzívebbé vált az anyagcsere, például egy fontos oxidációs anyagcsere-reakció a négyszeresére erősödött. A gombatelepeket a normális háttérsugárzás ötszázszorosának tették ki, ennek hatására háromszor gyorsabb lett a gomba növekedése. A kutatók valószínűsítik, hogy a melanin energiaforrásként hasznosítja a sugárzást. Ez a képesség különösen fontos lehet ott, ahol kevés a tápanyag, viszont erős a sugárzás.

Az eredményekből levonható következtetések megosztják a hozzáértőket. A *Science* hírösszefoglalójában idézett egyik szakértő szerint a vizsgálatok magyarázatot adnak a gombák csernobili elterjedésére. A felismerések megváltoztatják a földi bioszféra energiamérlegéről kialakult képünket, a gombák az eddigieket

kiegészítő, új energiaforrást vonnak be az energiamérlegbe. A másik szakértő szerint nem egyértelmű, hogy a sugárzás a gombák anyagcseréjére van hatással, lehet, hogy valamilyen más biológiai funkciót lát el, például a sejtek közti kommunikációt javítja.

Balter, Michael: Zapped by Radiationm Fungi Flourish. ScienceNOW Daily News. 23 May 2007

Dadachova, Ekaterina et al.: Ionizing Radiation Changes the Electornic Properties of Melanin and Enhanced the Growth of Melanized Fungi. Public Library of Science ONE (PLoS ONE). 23 May 2007 (www.plosone.org/article)

J. L.

MEMÓRIAGÉP

Vajon mi történik az agyban, amikor tanulunk vagy emlékezünk? Vajon az emlékek stabil fizikai változásként, „feliratként” beíródnak, bevésoednek az agyba? Yadin Dudai, az izraeli Weizmann Intézet Neurobiológiai Osztályának vezetője és kollégái szerint erre a kérdésre valószínűleg „nem” a válasz. Felfedezésük szerint a hosszú távú memória dinamikus folyamatokon keresztül raktározódik, méghozzá egy parányi „memóriagép” segítségével, amelynek állandó működése tartja mozgásban a memóriát. A kutatók arra tanítottak meg patkányokat, hogy bizonyos szagokat kerüljenek el. Ezt követően olyan anyagot adtak be az állatoknak, amely az ízeket érzékelő agykérgi területen gátolta egy bizonyos fehérje működését. Az illető fehérje – neve PKMzeta – az idegrostok közötti ún. szinapszisokban foglal helyet, azok felszínét képes befolyásolni. Dudaiék korábbi eredményeik alapján feltételezték, hogy ez az

anyag szerepet játszik a memória-kialakulásban, és ezért próbálták ki, hogy mi történik, ha gátolják működését. Feltételezték, hogy az enzim elhallgattatása visszafordítja a szinapszisok szerkezetében korábban bekövetkezett változásokat. Kísérleteik igazolták feltevésüket: az anyag egyszeri beadásának hatására a patkányok elfelejtették, hogy elkerüljék a szagot. A módszer akkor is sikeresen működött, amikor már egy hónap telt el a tanulás óta. Az állatok élettartamát figyelembe véve, ez a kutatók szerint olyan, mintha egy emberrel több éve tanult dolgot felejtettek volna el.

A szerrel megzavarták a miniatűr memóriagép működését – mondja Dudai. Ha a gép leáll, a memória is ezt teszi. A hosszú távú memória tehát nem az ideghálózatba való egy egyszeri bevésődés, hanem egy állandó folyamat eredménye, amelyet az agynak állandóan táplálnia és fenntartania kell. A kutatók szerint a felfedezés lehetőséget teremt arra, hogy a jövőben ilyen elven működő szereket fejlesszenek a memória erősítésére és stabilizálására.

Science. 17. 08. 2007. 317, 951–953.

G. J.

PRIONOK AZ ALZHEIMER-KÓR ELLENI KÜZDELEMBEN?

A Leedsi Egyetem kutatói szerint az egészséges prionfehérjék képesek megakadályozni az Alzheimer-kórt okozó lerakódások, az ún. amiloid plakkok kialakulását az agyban. Dr. Nigel Hooper és kollégái azt vizsgálták, vajon a normál prionfehérjék befolyásolják-e annak a fehérjének a sorsát, amelynek lebomlása során keletkeznek a káros lerakódások. Kide-

rült, hogy a prionfehérje sejt-kultúrában és egerekben egyaránt gátolja az illető fehérje (amiloid prekursor protein – APP) lebomlását, és ezzel a plakkok képződését. A hatást úgy éri el, hogy megakadályozza az APP-t lebontó emzim működését. A szivacsos agyvelősorvadást előidéző rossz prionfehérjéknek –, amelyet kergemarhakórként, illetve embernél Creutzfeldt–Jacob-betegségként ismerünk – azonban nincs ilyen hatásuk. Hooper szerint érdemes lenne olyan gyógyszereket fejleszteni, amelyek utánozzák az egészséges prionfehérjék működését, azaz amelyek gátolnák az APP-t lebontó enzim működését. Ezekkel szerinte hatékonyan lehetne kezelni a ma még gyógyíthatatlan Alzheimer-kórt.

Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. 2007. 104,11062.

G. J.

GÉNKIÜTÉSSEL AZ ALS ELLEN

Egyetlen gén „eltüntetésével”, kiütésével amerikai kutatók (University of Iowa) csaknem megduplázták a Lou Gehring-betegségben – pontosabban ennek állatmodelljében – szenvedő egerek életét. A világhírű kozmológus-filozófust, Stephen Hawkingot is teljesen mozgásképtelenné kényszerítő neurogeneratív betegség (ALS) ellen ma még csupán egyetlen olyan szer létezik, ami némiképpen lassítja a betegség előrehaladását. A betegek többsége a diagnózist követő két-három éven belül meghal.

A kutatók magát a betegséget egy mutációval idézték elő az egereken, és a feltételezés az volt, hogy a mutáció következtében termelődő agresszív oxigén szabad gyökök felelősek

a betegség kialakulásáért. Ezért John Engelhardt kollégáival olyan fehérjék termelődését szabályozó géneket kezdett vizsgálni, amelyek a sejtek jelátviteli mechanizmusaiban, illetve gyulladáshoz vezető folyamatokban vesznek részt, és normál működésük eredményeként reaktív oxigént termelnek a szervezetben. Azt vizsgálták, hogy ha leállítják ezen gének működését, lassul-e a Lou Gehrig-betegség előrehaladása. Azt tapasztalták, hogy az egyik gén gátlásának eredményeként az egerek több mint három hónappal tovább éltek.

Jeffrey Rothstein, a Johns Hopkins Egyetem ideggyógyásza szerint az eredmények

biztatóak, talán új gyógyszerek kifejlesztésére is lehetőséget adnak, azonban a *Nature* honlapjának adott nyilatkozatához hozzátesszi: eddig több mint száz olyan szerrel kísérleteztek, amely ALS-ben szenvedő egerek élettartamát növelte, ezek közül mindössze egy tucat jutott el az emberi klinikai vizsgálatokig, és mindössze egyből lett gyógyszer.

Clinical Invest. doi:10.1172/JCI31265 (2007)
nature.com, 13. 09. 2007.

G. J.

Jéki László – Gimes Júlia



Bemutakozás

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 néhányra válaszoljanak:

1. Mi volt az a döntő mozzanat, 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 épp mit tartottak fontosnak elmondani magukról. Ebben a hónapban É. Kiss Katalin, Juhász István, Ligeti Erzsébet, Mesterházy Ákos és Oláh Edit válaszait olvashatják.



É. KISS KATALIN

1949-ben, Debrecenben született. Az MTA Nyelvtudományi Intézetének tudományos tanácsadója. Nyelvész, magyar és általános mondattannal foglalkozik. Az Academia Europaea tagja. Társzerkesztője a Theoretical Linguisticsnek, tagja a Nyelvtudományi Bizottságnak, a Magyar Nyelvtudományi Társaságnak és a GLOW-nak (Generative Linguists of the Old World).

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

Édesapám nyelvészkedett. A vele való gyermekkori beszélgetések és nyelvészeti könyvtárának ismeretterjesztő kötetei ébresztettek rá, hogy mennyi érdekesség rejlik a nyelvben. A tudományos kutatói pályán Egri Péter, a KLTE Angol Tanszékének irodalomprofesszora indított el. Igaz, ő irodalmárnak szánt, Shakespeare szonettjeinek magyar fordításait adta témaként bölcsészdoktori disszertációmhoz.

Volt-e mestere?

Sokaktól tanultam, de első helyen Papp Ferencet kell említenem. A hatvanas–hetvenes években ő volt a formális nyelvészeti gondolkodás, a strukturális nyelvészeti irányzat egyik

meghonosítója Magyarországon. Úttörő, nemzetközileg is jelentős kutatásokat végzett, például néhány műveletből álló egyszerű algoritmust alkotott a magyar főnév 714 lehetséges ragos alakjának (ház, házaimból, házatokat) automatikus előállítására. Már a hatvanas években számítógéppel készített szótárakat. A KLTE Orosz Nyelvészeti Tanszékének volt a vezetője, de a debreceni bölcsészkar valamennyi érdeklődő fiatal nyelvésze a hatása alá került. Informális nyelvész kör alakult ki körülötte, és ő mind a modern nyelvészeti irányzatokba, mind a tudomány szociológiájába igyekezett bevezetni bennünket. Az ő révén kerültem ki egy tanévre Montrealba. Ott, a McGill Egyetemen, David Lightfoot szemináriumán sikerült a generatív nyelvészeti módszertanát úgy megértenem, hogy önálló kutatómunkára is képessé váltam. Budapestre kerülvén elsősorban a Nyelvtudományi Intézet Strukturális magyar mondattan projektumának munkatársaitól tanultam. Sokat köszönhetek az MIT-n, Noam Chomsky tanszékén eltöltött hét hónapnak is.

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

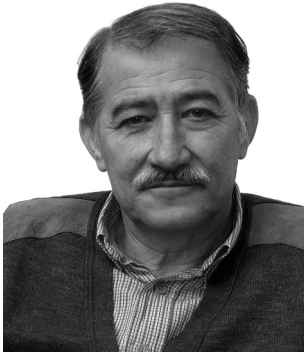
Nagy öröm volt felfedezni, hogy milyen szabályokkal lehet létrehozni a – szabad szórendűnek vélt – magyar mondat lehetséges szórendi permutációit, azt is megjósolva, hogy a szórendi változatok hogyan különböznek jelentésükben és hangsúlyozásukban. Csak kicsit csökkentette örömemet, hogy azt is felfedeztem: teóriám alapgondolatát Brassai Sámuel már a XIX. század közepén publikálta feledésbe merült munkáiban. Ma is e mondatmodell hézagainak a kitöltése, nem jól működő elemeinek a kicserélése foglalkoztat, és ma is örülök, ha sikerül felismernem, hogy milyen feltételek korlátoznak egy-egy magyar mon-

dattani jelenséget, például mi szabályozza az igekötő mondatbeli megjelenését vagy a senki, semmi típusú névmások használatát.

Részt vesz-e nemzetközi kutatásokban?

Az általam művelt generatív nyelvészet természeténél fogva nemzetközi jellegű. Arra a feltevézésre épül, hogy a különféle emberi nyelvek ugyanannak a mentális struktúrának – meghatározott paraméterek mentén eltérő – megnyilvánulásai. Így egy adott nyelv adott jelenségéről mindig olyan elemzést kell adni, mely más nyelvek hasonló jelenségeit is magyarázza, az eltéréseket is indokolja. Következésképp a világ generatív nyelvészei között folyamatos az együttműködés. Ez gyakran formális kereteket is ölt. Én utoljára 2003–2005 között vettem részt egy „hivatalos” magyar–német–holland projektumban.

Van-e, és ha igen, milyen a legkedvesebb tanítványa?



JUHÁSZ ISTVÁN

1943-ban, Budapesten született. Szakterülete az általános topológia és a halmazelmélet. A MTA Rényi Alfréd Matematikai Kutatóintézetének osztályvezetője, tudományos tanácsadója. A Bolyai János Matematikai Társulat

Sok kedves tanítványom volt. Büszke vagyok rá, hogy akiktől tudok, azok jól megállják a helyüket – ki középiskolai tanárként, ki egyetemi oktatóként, ki kutatóként. Jelenleg azok a tanítványaim állnak hozzám a legközelebb, akikkel együtt dolgozom a kutatócsoportomban.

Magányos kutató vagy inkább csapatjátékos?

Deduktív nyelvészeti kutatásokat nem lehet magányosan végezni. A módszer lényege, hogy modellt, algoritmust alkotunk egy-egy nyelvi jelenség automatikus előállítására. Hipotézisünk próbája, hogy a nyelv valós tényei megfelelnek-e a hipotézisből adódó predikcióknak. Idegen szem kell hozzá, hogy a predikciók és a nyelvi tények közötti eltéréseket észrevegye. A generatív nyelvészet művelői a hetvenes évek vége óta közösséget alkotnak. Bár ez a közösség ma már országhatárokon és óceánokon is átnyúlik, az internet segít legyőzni a távolságokat.

főtitkára, a *Studia Scientiarum Mathematicarum Hungarica* főszerkesztő-helyettese.

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

A matematikai problémákon való gondolkodás – és sikeres megoldásuk – okozta örömet elég korán, már általános iskolás koromban megismertem. Az első igazán fontos ilyen élményem azonban a Madách Gimnáziumban ért, ahol tanárom, Dancs István, megismertetett a *Középiskolai Matematikai Lapokban* folyó pontversennyel, amelybe nagy lelkesedéssel és elég jó eredménnyel vettem azután részt. (Megjegyzem, hogy a *KÖMAL* sok más, matematikával és egyéb tudományokkal sikeresen foglalkozó ember pályájának elindításában is döntő szerepet játszott.) Talán érdekes

lehet, hogy a matematikán belüli fő érdeklődési területem, a halmazelmélet kiválasztásában is volt egy olyan esemény, amelyre mindmáig jól emlékszem. Ekkor már negyedik gimnazista voltam, s teljesen világos volt számomra, hogy pályaválasztásomban a matematika lesz a főszereplő. Részt vettem egy, a TIT által rendezett matematikai előadássorozaton, s a sorozat egyik előadása – Králik Dezső tartotta – a halmazelmétről szólt. Az itt hallottak, különösen a végtelen halmazok „mérésének” itt felvillantott módja, teljesen lenyűgöztek. Keresni kezdtem halmazelméleti témájú könyveket (egyébként is szokásom volt mindenféle matematikai témájú könyveket bogarászni könyvtárakban és antikváriumokban), s a kőbányai – akkor ott laktam – közkönyvtárban óriási szerencsémre kezembe akadt Pavel Szergejevics Alekszandrov *Bevezetés a halmazok és függvények általános elméletébe* című munkája. (Hogy egy ilyen szakkönyv miképpen kerülhetett egy közkönyvtárba, máig rejtély számomra.) Alexandrov elsősorban topológus volt, s könyvében a halmazelmélet felépítése mellett annak topológiai alkalmazásait is bőségesen tárgyalta. Így fordult az érdeklődésem már az egyetemre való bekerülésem előtt a halmazelméleti topológia felé, s ez mindmáig így is maradt.

Volt-e mestere?

E téren igen szerencsésnek mondhatom magam. Dancs Istvánt, aki a gimnázium első két évében tanított matematikára, fent már említettem, mint akitől pályám irányába az első lökést kaptam. Az egyetemen az első mesterem Császár Ákos volt. Nemcsak nagyszerű analízis- és valós függvénytani előadásaiából tanultam rengeteget, de a Tudományos Diákkörben végzett kezdeti munkámat is irányí-

totta. Legigazibb mesterem azonban Hajnal András lett. Ő *igazi* halmazelméletész volt, így speciális előadásait már elsőéves koromtól kezdve hallgattam – bár őszintén szólva eleinte nem nagyon értettem. Közelebbi kapcsolatba csak ötödéves koromban kerültem vele, amikor is felkerestem azzal, nem volna-e kedve az engem akkor is főként izgató – s abban az időben, a 60-as évek közepén „divatba” jött – halmazelméleti topológiai problémákon gondolkodni. Ő, aki akkor már komoly nemzetközi híru tudós volt, cseppet sem tartotta furcsának vagy rangon alulinak, hogy egy diák hoz egy problémát neki. Nagy lelkesedéssel vetette bele magát a közös munkába, melynek során felbecsülhetetlenül sokat tanultam tőle. Végül mindenképpen szeretnék itt említést tenni Erdős Párról, akit – nemcsak magyar – matematikusok számos nemzedéke is mesterének tekint. Mint kicsit is tehetségesnek tekintett kortársaim majd mindegyikét, elsőéves koromban engem is bemutatott nekem, s ő kedvesen kérdezett arról, mi érdekel a matematikában. Valamiért azt mondtam, hogy az algebra érdekel, s ő adott nekem egy algebrai problémát, amivel nem sokat tudtam kezdeni. Egy későbbi beszélgetésen kiderítette, hogy a halmazelmélet érdekel, s azzal kapcsolatban már olyan problémát adott nekem, amellyel sikerrel megbirkóztam. Bár az *Erdős-számom* csak 2, azaz nincs közös cikkünk, nagyon sokszor és sokat volt szerencsém elbeszélgetni vele, s ez mindig nagyon sokat jelentett nekem. Megjegyzem még, hogy Hajnal András egyik legközelebbi munkatársa volt Erdősnek, s így közvetve, rajta keresztül is nyilvánvalóan hatott rám.

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

Legbüszkébb arra a halmazelméleti topoló-

giai iskolára vagyok, amit Hajnal Andrással közösen hoztunk létre Budapesten, s amely komoly nemzetközi elismertséget szerzett. 2003-ban, a hatvanadik születésnapom alkalmából a Bolyai János Matematikai Társulat egy konferenciát rendezett Budapesten, amelyre a témakör valóban legjelesebb képviselői jöttek el, többek között az USA-ból, Oroszországból, Izraelből és Hollandiából. Ennek valóban nagyon örültem.

Részt vesz-e nemzetközi kutatásokban?

Nagyon sok szakmai kapcsolatom van szinte a világ minden részén. Voltam vendégkutató, illetve vendégprofesszor az USA-ban, Kana-

dában, Hollandiában, Izraelben, Brazíliában, Olaszországban. Külföldi társszerzőim száma hús.

Magányos kutató, vagy inkább csapatjátékos?

Egyértelműen az utóbbi, s ez – Erdős Pál hatására – szinte az egész mai magyar matematikára elmondható. Meg is döbbsentem, mikor első hosszabb USA-beli tartózkodásom során azt tapasztaltam, hogy a matematikát egyesek szinte titkolózva, magukban művelik. Csak később értettem meg, hogy ott az egyetemeken ádáz verseny zajlik. Büszke vagyok arra, hogy az osztályomon igazi csapatmunka folyik, a mi szemináriumunk minden részt-



LIGETI ERZSÉBET

1950-ben Budapesten született. Szakterülete a sejtélettan és az immunológia. A Semmelweis Egyetem Élettani Intézetének egyetemi tanára. Tagja az Orvosi Tudományok Osztályának, a Magyar Biokémiai Egyesületnek, a Magyar Élettani Társaságnak, a Magyar Immunológiai Társaságnak, az Academia Europaea-nak és a European Society for Clinical Investigation-nek.

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

Az iskolában a kémia érdekelt legjobban. Minden bizonnyal a szülői ház hatása volt ez, mert felmenőim többsége gyógyszerész, édesanyám később a kémiai tudományok kandidátusa is lett. Nem emlékszem, hogy szüleim sokat beszéltek-e előttem kémiáról, de arra határozottan emlékszem, hogy a konyhában a kétes minőségű élelmiszerek felhasználhatóságát tizedes beosztású pH-papírral történő vizsgálat alapján döntötték el. Első saját kísérletemmel sikerült elég nagy feltűnést keltenem: a pH-indikátorok színváltozásának kimutatását követően a kicsepegett folyadékot zsebkendőmmel töröltem fel, ami azután a teljes nagymosást élenklila színűre festette. Gimnazista koromban télen az üresen álló ötliteres uborkás üvegekben papír kromatogramokat futtattam, és az éléskamrában található összes élelmiszer zsírsavösszetételét megvizsgáltam. Az Országos Középiskolai Tanulmányi Versenyen azonban csak a 11. helyezést értem el, így nem részesültem felvé-

teli-kedvezményben. Megharagudtam ezért a kémiára, és barátnőm rábeszelésére megpróbálkoztam az orvosi karral. Felvettek, én ámulattal hallgattam Szentágothai professzor anatómiaelőadásait, de a szívem mégiscsak a biokémia felé húzott.

Volt-e mestere?

Volt, sőt több is. Negyedéves koromban tudományos diákkörösként kerültem Fonyó Attila mellé, akivel változó formákban azóta is együtt dolgozunk. A „Prof” jelentős kisugárzással rendelkezik, sok diák gondolatait mozgatta meg, mindig sokan jártak az előadásaira. A laborban viszont nem vezetett kézenfogva, inkább a kritikájával nevelt. Nagy szabadságot adott, mind időben, mind a kísérleti munkában. Mai napig emlékszem indító szavaira: *ebben a szakmában beti ötven-hatvan órát kell dolgozni, de hogy ki mikor és hol teszi ezt, az a magánügye – viszont ha nem teszi, azt rövidesen észreveszem.* Dolgoztunk is sokat, és közben megtanultunk tiszta, jól kontrollált kísérleteket csinálni. A Prof nem volt türelmetlen, első közleményem három év munka után született; a számok (IF, citáció) bővületében sem élt, viszonylag keveset publikált, arra viszont odafigyelt az egész szakma.

Franciaországi tanulmányutam során Pierre V. Vignais professzor laboratóriumába kerültem Grenoble-ban. Ez nagyüzem volt igen sok munkatárssal, rengeteg műszerrel – köztük számos egyedi építésű –, szerteágazó kutatási témákkal, ahol évente tíz-tizenöt igényes közlemény és két doktori értekezés készült. Vignais professzor mindezt hihetetlen munkabírással fogta át, szinte mindenki-vel naponta beszélgetett a kísérleteiről. Lenyűgöző volt puritánsága és hihetetlen széles tájékozottsága. Ő keltette fel érdeklődésemet a természetes immunitásban alapvető szerepet

játszó sejtféleség, a neutrofil granulocita működése iránt, és Grenoble-ban készítettem legtöbbet idézett közleményemet. Közel két-éves franciaországi tartózkodásomnak köszönhetem a francia nyelvvél és kultúrával való mélyebb megismerkedést is.

Budapestre visszatérve, a kémia által dominált szemléletem élettanivá alakításában Spät András játszott döntő szerepet. Kísérleti eredményeimről szóló lelkes beszámolóim után számtalanszor kérdezte: *ez nagyon szép, de hogyan működik egy élő sejtben?* András biztos kritikai érzékével és igényességével bármely írott vagy szóbeli prezentációban nemcsak a hibát találta meg, de azt is megmondta, hogy lehetne jobbá, érthetőbbé tenni azt.

Van-e, és ha igen,

milyen a legkedvesebb tanítványa?

Igen szerencsés vagyok, mert sok kiváló diák csatlakozott a laboromhoz. Valamennyi doktori hallgatómból érett kutató lett, és nagy öröm ezt az átalakulási folyamatot ismét és ismét végigélni. Többségük saját érdeklődése alapján teljesen új kutatási irányokat célzott meg, ami jelentős módszertani fejlesztéseket is igényelt. Az öt-hat éves itthoni küzdés meghozta gyümölcsét: posztdoktorként valamenynyien kiemelkedően sikeresek voltak a világ legkülönbözőbb részein. Öt korábbi PhD-hallgatóm már saját laboratóriumot alapított, hárman közülük idehaza. Geiszt Miklós két éve elnyerte a Magyar Tudományos Akadémia Talentum Díját, Mócsai Attila az Európai Molekuláris Biológiai Szervezet Fiala Kutatója, Káldi Krisztina pedig Howard Hughes-támogatással építi laboratóriumát. Szászi Katalin Torontóban, Bánfi Botond az Egyesült Államokban nyert egyetemi oktatói állást, és vezet kutatólaboratóriumot. A többiek jelenleg posztdoktorok, és néhány további

„ékkő” éppen csiszolódik. Ezekkel a tehetséges fiatalokkal folytatott megbeszéléseket végtelesen élvezem, a nyílt szakmai viták, hangos gondolkodások elengedhetetlenek számomra az alkotó munkához. Arthur C. Guyton



MESTERHÁZY ÁKOS

1945-ben született, a mezőgazdasági tudomány doktora. A szegedi Gabonatermesztési Kutató Kht. tudományos igazgatóhelyettese. Szakterülete a növénynevelés, betegség-ellenállóság, élelmiszer-biztonság. Tagja a SZIE doktori iskolájának, ugyanitt habilitált és egyetemi magántanár. Az SZTE címzetes egyetemi tanára. Tagja az Eucarpianak, az American Phytopathological Societynek, valamint a Deutsche Phytomedizinische Gesellschaftnak.

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

A tudomány már középiskolás koromban érdekelt, kutató is akartam lenni, de határozott elképzelések nélkül. Járattam az *Univerzum* című folyóiratot, amely a legújabb tudományos eredményeket hozta. Érdekelt a régészet, a történelem, teológia, a biológia, de a fizika, matematika, mérnöki tudományok már kevésbé. Édesapám evangélikus lelkész

híres élettankönyvének ajánlását juttatják eszembe: *Dedicated to [...] my children for making everything worthwhile.* (A gyermekeimnek ajánlom; nekik köszönhetem, hogy bármit is csinálok, megéri a fáradságot.)

volt, így a tudományegyetemek eleve kiestek a lehetséges célok közül, és még a szomszédban lévő keszthelyi egyetemi rangú Agrártudományi Főiskolára is alig tudtam bejutni a húszpontos maximális pontszám ellenére, amit a több mint négyszáz felvételizőből csak hárman értünk el. Tudományos diákköri munkámat a burgonyavész gumólégzésre gyakorolt hatásából írtam, és megválasztottak KISZ-tagság nélkül a Tudományos Diákkör elnökének. Úgy volt, hogy a Burgonyanemesítő Intézetbe kerülök kórtanosnak, és ezért egy évig az akkori NDK gross-lüsewitzer intézetében dolgozhattam Hans Henniger irányítása mellett. Ezt Láng Géza, az egyetem rektora intézte el, akinek ezért máig hálás vagyok, meggyőzve a pártbizottságot, hogy engedjünk ki, majd utána meglátjuk. Németországból egy disszertáció kész anyagával jöttem vissza, de a pártbizottság a sarkára állt, és egyetemi alkalmazásomat elutasította. Id. Dohy János professzor segítségével sikerült bejutni a Növényvédelmi Kutató Intézetbe, ahol dr. Jermy Tibor igazgató vett fel, innen sikerült egy fél éves amerikai ösztöndíjat kapnom (1972) az 1970-ben kitört kukorica-, akkori nevén *H. maydis*-járványának tanulmányozására Hooker professzor mellett. Őt Kovács István javasolta, és Kovács professzort ismerték annyira Amerikában, hogy Hooker professzor elvállalt ösztöndíjasának. Innen Barabás Zoltán hívott Szegedre az újonnan átalakult Gabonatermesztési Kutató Intézet kórtanosának. A kutatás fő irányát a búza 1970-es kalászfuzárium-járványa döntötte el,

láttam annyira fontosnak, hogy a téma vizsgálatát, kutatását, esetleg megoldását életreszólo értelmes célnak tekintettem. Akkor a téma nemzetközileg érdektelen volt, sem Amerikában, sem Európában komoly kutatás nem folyt, csak a kínaiak és a japánok dolgoztak a témán, főként nemesítési szemszögből. Ezen túl korábbi, időközben megszűnt amerikai programok eredményeire lehetett támaszkodni. Az akkori Növényvédelmi Kutató Intézetből Farkas Gábor, Király Zoltán, Klement Zoltán és Horváth József hatottak rám, és befolyásolták a tudományról, a kutatásról alakuló nézeteimet. Lehet, hogy a beszélgetés csak félórás volt, de máig ható tanulságokkal és szemléletformálással járt. Itt említem Selye János emlékezetes művét, az *Álomtól a felfedezésig* című könyvet, amit minden fiatal kutatópalántának kötelező olvasmányának írnék elő. Jellemző: Klement Zoltánnak megmutattam készülő disszertáció-m kéziratát. Amikor visszakaptam, tele volt pirossal, megjegyzésekkel, kihúzásokkal. Láta rajtam, hogy nem esik jól. Erre előhúzza a fiókjából egy általa írt dolgozat kéziratát, amit Lovrekovich László lektorált, és úgy nézett ki, mint az én kéziratom. Volt benne egy oldal áthúzza és vastagon ráírva, „mi ez a baromság?”. Innentől örültem a bírálatoknak, mert segítették a munkát, és nem támadásnak vagy felesleges köztöködésnek tekintettem. Nemeggy dolgozat volt, amit hatszornolcszor is át kellett írni, amíg megjött a levél az elfogadás hírével. Hasonló volt egy rövid beszélgetés egyetemi hallgató koromban Keszthelyen, amikor a burgonyás kutatókat meglátogató Farkas Gábotól azt kértem, hogy Király Zoltánnal írt dolgozataik magyar eredetijét oda tudná-e adni. Elkerekedett a szeme. A válasz: nincs magyar eredeti, mi angolul írunk. Következtetés: meg kell tanul-

ni angolul, mégpedig azonnal. Az SZBK-ból Dudits Dénest szeretném említeni, aki biotechnológiai-genetikai ismereteimet segítette fejleszteni, de széleskörű szervezőmunkája is példaértékű, s most már a harmadik általa irányított pályázatban dolgozunk együtt.

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

Az egyes eredményeknél fontosabb, hogy létrehoztunk egy kutatási bázist, amely felöleli a fajtaelőállító nemesítést, a rezisztenciamesítést, a rezisztenciakutatást, a QTL-kutatást, a molekuláris genetikát, a toxikológiát, a kórokozók populációgenetikáját és a fungicidkutatást. Mindegyik ágat nemzetközi rangú dolgozatok jelzik. Ez ebben a vonatkozásban egyedüli a világon. Ezt szeretnénk megtartani és átmenteni a jövőnek. Az látszik, hogy nulla állami támogatás mellett ez sem lesz kisebb eredmény, mint amit az elmúlt évtizedek során létrehoztunk. Most a jövő a legfontosabb, a fiatalok kiképzése, kutatóvá nevelése, hogy legyen, aki ezt a munkát folytatni tudja. És persze a megoldandó feladatok. Így a fajtaminősítés problémaköre, hogy érzékeny fajták és hibridek ne kerülhessenek a köztermesztésbe, új fajták, beltenyészett vonalak, hibridek előállítása, az alap- és alapozó kutatások folytatása. Hiszen minden egyes új növényfajtában újra kell alkotni a kívánt tulajdonságok optimálshoz közeli kombinációját, így folyamatos munkát igényel és ad. A fajtákban nincsenek örök megoldások, 5-10 évnél ritkán élnek tovább. És persze a legfontosabb, megfelelő forrásokat biztosítani.

Ami az eredményeket garantálhatja, az egy szelekciós rendszer, amely például a fuzárium-rezisztencián túl az összes további fontos tulajdonság beépítését biztosítja. Ezért vannak olyan területei a munkának, ahol az egyéni

innováció a döntő, más vonatkozásban pedig a csapatjáték dominál. Ezért az ideálom az olyan csapatjátékos, aki egyéni kutatóként is érvényesülni tud, illetve csapatjátékosként is van önálló kutatási programja.

Magányos kutató vagy inkább csapatjátékos?

A mai világ legglobalizáltabb része a tudomány. Ez az, amit, visszautalva Farkas Gábor idézett szavaira, angolul írnak. Ha vannak dolgozatok, eredmények, kongresszusokon elhangzott előadások, akkor a nemzetközi kapcsolatok is önjáróvá válnak. Hol Németországból jön egy felkérés nemzetközi pályázatokban való közreműködésre, vagy az USA-ból vagy Kínából, vagy éppen mi szervezünk hasonló programokat, amire ismert kollégákat kérünk fel. Eddig három sikeres FP-programban vettünk részt, két COST-együtműködésben játszottunk mértékadó szerepet, további öt-hat program van előkészítés alatt. Egy sikeres nemzetközi kongresszust megszerveztünk, 2008-ban jön a következő, a 3. *Nemzetközi Fusarium Symposium*. Ugyanez érvényes a hazai pályázatokra is, számos OTKA-, OMF-, GAK-, GVOP-, NAP-pályázat segítette és segíti a kutatómunkát, egyben a hazai együttműködéseket is lehetővé téve. E globalizáció az oka annak, hogy legjobb tanítványaim ma

osztrák, német, holland, norvég intézetek vezető munkatársai, akik ma az európai kutatás meghatározó alakjai (Ruckenbauer, Lemmens, Buerstmayer, Miedaner, Snijders, Skinnes), de nem egyet tekintek tanítványomnak az USA-ban, Kanadában vagy éppen Kínában. A hazaiak közül Tóth Beátát említem.

A globalizáció másik oldala, hogy a nemzeti nyelveken történő közlés leértékelődött. Ezért az igényes ismeretterjesztő cikkeknek, szakkönyveknek és főleg egyetemi tankönyveknek, jegyzeteknek kell átvenniük a nemzeti tudományos nyelvek, így a magyar nyelv fejlesztésének feladatát. Azt hiszem, ebben kiemelt feladatunk van. Van még valami, ami legalább ennyire fontos. Ez pedig az ismeretek továbbadása annak a közösségnek, amelynek erőfeszítései lehetővé tették ezen kutatási eredmények létrejöttét. Nemcsak az fontos, hogy Amerikában tudjanak rólunk, hanem az is, hogy a szomszéd falu mezőgazdája is alkalmazhassa a legújabb eredményeket.

Szeretném azt hinni, hogy a tudomány művelése nem egyéni hobbi, hanem életfontosságú az ország felzárkózásához, és alapja minden további fejlődésnek. És végül szeretném azt is hinni, hogy ezt a kormányzat még azelőtt fogja felismerni, mielőtt késő lesz.



OLÁH EDIT

1947-ben Káldon született. Szakterülete a molekuláris onkológia, molekuláris onkogenetika. Az Országos Onkológiai Intézet Molekuláris Genetikai Osztályának vezetője. Elnöke a Magyar Onkológusok Társaságának és az Európai Rákkutató Társaságnak, vezetője a European Study Group for Cell Proliferation-nek.

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

Diplomám megszerzése után 1970-ben nem folytathattam az ELTE Genetikai Tanszékén megkezdett genetikai kutatásokat. Helyette az Országos Onkológiai Intézet Onkopatológiai Kutató Intézetében, a Pályi István professzor által vezetett Sejtbiológiai és Szövettenyésztő Osztályon kaptam állást. Itt sajátítottam el a daganatbiológiai alapismerteket, a szövettenyésztést és a sejtbiológiai módszereket.

1977-ben az Országos Onkológiai Intézet akkori főigazgatója, Eckhardt Sándor akadémikus ajánlására egyéves tanulmányúton vettem részt az Indiana University School of Medicine George Weber professzor által vezetett Kísérletes Onkológiai Intézetében. A nagy hírű intézet a daganatsejtek kóros anyagcsere-folyamatait tanulmányozta. A tanulmányút pályámat jelentősen befolyásoló for-

dulatnak bizonyult. Bár nem lettem enzimológus, de itt váltam önálló kutatóvá.

A legfontosabb tényező pályám alakulásában mégis az volt, hogy 1986-ban Eckhardt Sándor professzor megbízott a Molekuláris Genetikai Osztály megszervezésével. Akkor alig hittem, hogy sikerül megbirkózni a feladattal, mert a molekuláris onkogenetika nemzetközi szinten is csak kialakulóban levő új tudományterület volt. Ma is hálás vagyok Eckhardt professzor bizalmáért, amelynek révén csatlakozhattam a rákkutatás nemzetközi élvonalát jelentő molekuláris onkogenetikai kutatásokhoz.

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

A '90-es évek első fele a Humán Genom programhoz kapcsolódó „génvadászati időszak”. 1992-ben – pályakezdő fiatal munkatársaimmal – sikeres pályázatunknak köszönhetően a régióból elsőként csatlakozhattunk az EU-támogatással megindított molekuláris genetikai kutatásokhoz, amelyek fő célkitűzése az örökletes és szerzett emlőrák molekuláris kóreredetének feltárása volt. A BRCA-gének klónozása után néhány hónappal a világ vezető genetikai laboratóriumaival egy időben (a *The American Journal of Human Genetics* különszámában és a *Nature Genetics* folyóiratban) közzöltük a hazai emlő-, és petefészekrákos családokban a megbetegedésekért felelős kóros BRCA1- és BRCA2-mutációkat. Két évvel később igazoltuk, hogy az európai férfi emlőrák-halálozási listát vezető magyarországi megbetegedések egyharmada a BRCA2-gén öröklött mutációinak következménye.

Különleges örömet jelent számomra, hogy kutatási eredményeink ma már a klinikai gyakorlatban hasznosulnak. Az 1997-től be-

vezetett molekuláris genetikai szűrővizsgálatokat (genetikai tesztek) a klinikus kollégákkal együtt egyre szélesebb körben végezzük familiáris daganatos megbetegedésekben, így segítve elő a fokozott rákkockázatban élők azonosítását, a betegség korai és pontos diagnózisát, megelőzését, illetve késleltetését. Egy rákkutató számára ez tekinthető az életpálya legnagyobb eredményének.

Részt vesz-e nemzetközi kutatásokban?

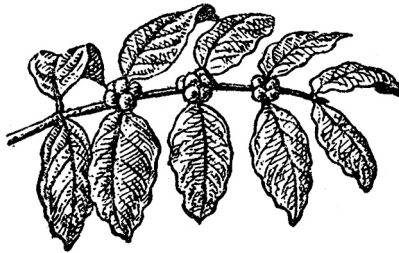
Kutatómunkámban mindig kiemelkedő szerepük volt a nemzetközi együttműködéseknek. Vezető európai és észak-amerikai genetikai centrumokkal, a molekuláris rákgenetika nemzetközi szaktekintélyeivel folytattunk eredményes kutatásokat. Ezek révén munkacsoportunk több kiemelkedően sikeres nemzetközi kutatási konzorciumhoz csatlakozhatott. Ez nemcsak aktív részvételünket biztosította, hanem számos nemzetközi szervezet

(EU, NIH, WHO, IARC) támogatását is elnyertük (például a BRCA1-gén felfedezőjével, Mary-Claire King professzorral).

Külön öröm, hogy több pályakezdő fiatal tudtam bevonni ezekbe a munkákba, akik közül ezidáig kilencen szereztek PhD-fokozatot témavezetéssel. Osztályunk 1997 óta a Közép- és Kelet-európai Rákgenetikai Hálózat szervezési és képzési központja.

A nemzetközi együttműködéseinknek nagy szerepe volt abban is, hogy több nemzetközi szakmai társaságban vezető tisztséget tölthettem/tölthetek be (az Európai Rákkutató Társaság elnöke a 2000–2002 időszakban, jelenlegi elnökségi tagja, és az European Coalition for Biomedical Research mostani elnöke lehetek).

A megtisztelő nemzetközi tisztségek lehetőségét adnak arra, hogy tovább segítsem a hazai és nemzetközi rákkutatást és az eredmények hasznosítását a klinikai gyakorlatban.



A lapunk előző havi számába becsúszott elírást helyesbítve közöljük, hogy a vendégszerkesztő Nováky Erzsébet a közgazdaságtudomány doktora, tanszékvezető egyetemi tanár. Nováky Erzsébet és az Olvasók elnézését kéri

a Szerkesztőség

Könyvszemle

Ötven év múlva

2006 ősze az 1956-os forradalom ötvenedik évfordulójának jegyében telt; ünnepségek, avatások, kiállítások, konferenciák és kiadványok érték egymást, a figyelem néhány hónapig az ötvenes évek felé fordult. A Magyar Építészeti Múzeum is megrendezte a maga kiállítását *A fél(t) múlt – építészet és tervezés Magyarországon 1945–1959* címmel. A kiállítást könyv kísérte, kicsit módosított címmel – *Modern és szocreál. Építészet és tervezés Magyarországon 1945–1959* –, de a bemutatott anyagtól eltérő tartalommal. A kiállítás inkább apropója, semmint alapanyaga lett a kiadványnak. Ez a kiadvány már a harmadik, amelyet az ötvenes évek építészetének szentelt az Építészeti Múzeum. Az első, egy 1992-es kiállítás katalógusa az 1945–1956 közötti időszakkal foglalkozott, a második pedig, amelyet 1996-ban adtak ki, az 1945–1959 közötti éveket tekintette át. Ahogyan a korábbiak, a harmadik kötet is az Építészeti Múzeum gyűjteményére támaszkodik, és mivel az anyag évről évre gyarapodik, az időszak építészetéről pedig egyre többet tudunk, indokolt a visszatérés a témára.

A könyv igazi újdonsága az öt épületről készült tudományos dokumentáció. A tanulmányokat mintegy keretbe foglalja a korszak áttekintését és azon belül a bemutatott épületek elhelyezését segítő két fejezet. Praktfalvi Endre periodizációs vázlata a vizsgált másfél évtized politikai és stílári fordulatokban gaz-

dag építészetét mutatja be, az egyes szakaszokat külön alcímek szerint tárgyalva. Az újjáépítés modernizmusa, a fordulat évei, a szocreál, majd a modern ismételt térnyerése szerinti négy szakasz kiemelése azért is fontos, mert ha a szakmának talán már igen, de a szélesebb közönségnek még mindig nem egyértelmű, hogy az ötvenes évek építésze nem egyenlő az úgynevezett szocreállal, és ami talán még mélyebben beleivódott a köztudatba, hogy a szocialista-realista építészet szókapcsolat nem a Kádár-kor építészetét jelenti. A valóban csak vázlatos – képekkel együtt tízoldalas – periodizációs történet háttérét szolgáltató komoly kutatómunkára a gazdag jegyzetapparátus utal. A bevezető tanulmány összegző megközelítésével szemben a könyv zárófejezete arra épít, hogy az olvasó maga vonja le a tanulságokat a közölt dokumentumokból. Az *Archív képek és kortárs kommentárok* című, mintegy hetvenoldalas gyűjtemény az Építészeti Múzeum anyagából válogatott képekhez korabeli szövegeket rendel. A többnyire folyóiratokból, kiadványokból vett idézetek jól tükrözik a gyors szemléletváltásokat, ugyanannak az épületnek a változó megítélését, a szakmai diskurzus kívülről irányítottágát és bizonytalanságait, és mivel az épületeket is láthatjuk, mindjárt ki-ki eldöntheti, hogy hitelt ad-e vagy sem az érveléseknek.

Az öt, részletesen bemutatott épület nem a korszak öt legfontosabb épülete, kiválasztásuk részben a véletlennek köszönhető: ezek

azok, amelyekről műemléki dokumentáció készült az elmúlt néhány évben. Műemlékké nyilvánításuk után funkcióváltás vagy tulajdonosváltás történt, ami kötelezővé tette a tudományos vizsgálatot, az építéstörténet és az építészeti értékek feltárását. A Ferihegyi repülőtér 1. termináljának a Ferihegy 2. megépítése után módosult a szerepe a légiközlekedésben; az Erzsébet téri buszpályaudvarról kiköltöztették a buszokat és az épületnek új funkciót kellett keresni; a Dózsa György úti volt MÉMOSZ-székház és a budai Szinkronműterem épületét pedig eladták. Ma egyedül a siófoki meteorológiai állomás épülete nem műemlék, így annak történeti feldolgozása a szerző saját kezdeményezése. Az öt példát így öt esettanulmánynak tekinthetjük a vizsgált tizenöt év különböző periódusaiból.

A siófoki meteorológiai állomás kivételével valamennyi épület sorsa hányatott, egyiknél közbejött a háború, másikonál változott a helyszín és a tervező, harmadiknál közbeszólt a politika és így tovább. Az épületek története persze többnyire viszontagságos, a legszebb békeidőben is órákat tudnának mesélni a tervező építészek arról, hogy mi mindennel kellett megküzdeniük, mire az első gondolatától a kész épületig eljutottak. A kötetben bemutatott épületek azonban 1945 és 1959 között születtek, amikor a gazdaságnak előbb a háború után kellett talpra állnia, majd radikális fordulattal átszerveződni szovjet mintára, miközben a politika nemcsak az ideológiát, de rövid ideig a stílust is meghatározta az építészek számára. A tanulmányok legizgalmasabb része az építéstörténet, benne a pályázatok, helykijelölések, tervező- és szerkezetváltások gazdag cselekményével, a véletlenek és a kényszerek determinálta fordulatokkal, majd a már kész házak kortárs recepció-

jával. A történetek számtalan apróbb és nagyobb eseményére az alapos levéltári kutatás derített fényt, új elemek, részletek váltak ismertté, miközben minden tény visszakereshető, ellenőrizhető a bőséges jegyzetnek köszönhetően.

Az épületekről közölt írások – a szerkesztői előszó szerint – az eredeti műemléki tudományos dokumentációk rövidített és közérthetővé tett változatai. Az olvashatósság követelménye az építés- és recepciótörténeti részekenél teljesül is, de mintha a szerkesztők nem mindenütt tudtak volna kellő határozottsággal fellépni a szerzőkkel szemben. (Ami azért különös, mert a könyv négy szerzőjéből hárman egyúttal szerkesztők is.) A műemléki tudományos dokumentációnak része az épület pontos leírása, az állapot rögzítése, de aligha van olyan érdeklődő laikus, aki például a MÉMOSZ-székház ötemeletes épületének helyiségről helyiségre haladó, mindenre kiterjedő leírásának hatoldalal leírását végig bírja olvasni. A tanulmányok másik visszatérő eleme a telektörténet. Bár a telekadottságok – amelyek sokszor épp a telekviszonyokból következnek – döntőek lehetnek egy épület formálása esetében, ha erről nincs szó, nem befolyásolja az épület értékelését, ha az olvasó kétszáz évre visszamenőleg megtudja, mi (nem) állt a vizsgált épület helyén. Mind-egyik írást számos, jó minőségű kép és illusztráció kíséri, amelyek a szükséges szinten sokkal informatívabbak, mint bármilyen aprólékos leírás.

Az öt épületbemutató a művek értékelésével zárul. A néhány mondatos összefoglalóknak az egyes épületeken túlmutató jelentősége van. Nemcsak az kellene, hogy kiderüljön belőlük, hogy miért fontosak az adott épületek, de az is, hogy általában mit és miért tartunk értékesnek a második világháború

utáni tizenöt év építészetéből. Az indokolások szinte mindegyikében megtalálható valamely általános építészeti érték: „a forma eredeti invenció eredménye” (Ferihegyi repülőtér), „elegáns arányú térformákban megvalósított esztétikai minőség” (Erzsébet téri buszpályaudvar), „jó arányú tömegformálás” (Szinkronműterem), „elegáns, bravúrosan proporcionált épület” (siófoki meteorológiai állomás). Mégis a Ferihegyi repülőtér az egyetlen, amelynek az értékeléséhez nem kapcsolódik valamilyen egyéb indok. A MÉMOSZ-székház a „magyarországi építészeti modernitás emblematikus darabja”, a Szinkronműterem a „magyarországi szocreál építészet emblematikus fontosságú épülete”, a siófoki meteorológiai állomás „indító darabja” a hatvanas évek építészetének. A bemutatott épületek a maguk módján típusokká váltak, egy olyan

időszak rövid periódusainak típusaivá, ahol a kevés létező példából következően viszonylag könnyű volt az „utolsó modern a szocreál előtt”, a „minden ízében szocreál” vagy épp az „első modern a szocreál után” címkét megszerezni. Az öt épületből három (az Erzsébet téri buszpályaudvar, a MÉMOSZ-székház és a Szinkronműterem) ráadásul évekig a szakmai-politikai viták témája volt, recepciótörténetük eleve reflektorfénybe helyezi őket. Ötven év múltán építészeti értékelésükben még döntő szerepet kap a politika és a történelem, újabb ötven év múlva ez már aligha lesz így. (*Modern és szocreál. Építészet és tervezés Magyarországon 1945–1959. Szerk.: Fehérvári Zoltán, Hajdú Virág, Práknálvi Endre. Budapest: Magyar Építészeti Múzeum, 2006*)

Simon Mariann
építészettörténész, BMGE

Láng Benedek:

Mágia a középkorban

A humaniorák egyes területei hazánkban még mindig generációs módszertani lemaradásban vannak. Többek között igaz ez a tudománytörténet-írásra, már ha beszélhetünk erről a szakmáról Magyarországon, ahol a terület csak részben intézményesült és professzionizálódott. Külön örövendetes tehát, ha megjelenik egy modern szemléletű munka ilyen területen, hát még ha izgalmas, a nagyobb nyilvánosság számára is közérthető formában.

Némileg furcsának tűnhet, ha egy ilyen laudáció nem a 19–20. század, de még csak nem is a tudományos forradalom időszakának tudományát, hanem a középkort vizsgáló kötetet illet, amely nem az asztronómia vagy optika területét (hiszen mai értelemben

vett fizika ekkor még nem is volt), hanem a mágikus tudományokat mutatja be.

Rögtön felmerül a kérdés, hogy hogyan lehet tudománynak tartani az olyan, ma tipikusan áltudományosnak tartott területeket, mint a jövőmondás (divináció, egyes szövegekben nekromancia), a talizmánmágia vagy a démonok idézése. A válasz igen egyszerű: a középkor tudósai, már amennyiben van értelme ennek a kategóriának, vagyis azok az írástudók, akik a bolygók mozgását, a fény természetét, a zenei harmóniák matematikai szabályszerűségét próbálták megérteni, ugyanolyan lelkesen és komolyan másolták az ilyen témájú kéziratokat, mint a mágikus tudományok szövegeit, gyakran ugyanazokba a könyvekbe.

Ráadásul, ahogy a kötet első fejezete is tárgyalja, egyes szerzők bizonyos mágikus tudományokat (elsősorban a nekromanciát) a későbbi egyetemi tananyagot adó szabad

művészetek közé is felvették volna. Így hát nemcsak ugyanaz a réteg foglalkozott a mágiával és az ókorból áthagyományozódott tudományokkal, hanem a világ rendszerezett megismerésének ugyanúgy részét képezték a korban a (tanult) mágia különböző területei, mint a gyógynövények és mechanikus szerkezetek tanulmányozása vagy a matematizált természettudomány.

A kötet jelentős részét a mágia különböző területeinek bemutatása teszi ki. Láng Benedek az általa ismertetett és megindokolt négyes felosztást a természetes mágiával kezdi, amely kategóriában ugyan találunk különböző, az orvostudományhoz, asztrológiához vagy alkímiához sorolható elemeket, azonban közös bennük, hogy *természetes* kapcsolatokat próbálnak feltárni. Vagyis a mágikus célok eléréséhez a mágus nem próbál kapcsolatba lépni a démonokkal, hanem a természetben megtalálható (mai szemmel nézve legtöbbször feltételezett) kapcsolatokra épít. Ugyan könnyű több száz év tudományos kutatása után megmosolyogni a korabeli természetképet – mely szerint lehetséges tehenekből méheket csinálni és fordítva, a kétélűek és hüllők fogyasztása pedig majd minden betegséget meggyógyít –, a mai tudományos világképünk is terhelt a faktoidoktól, és az empirikus kutatásokat végzők tudják, milyen nehéz a mindenkori elfogadott természetképből kilépni. Ha azonban az első megütközésünket leküzdjük, belátható, hogy a haditechnikai, orvostudományi fejlődéshez jól köthető a természetes mágia egy-egy része, sőt, a 16–17. században egyre több olyan elemet is tartalmaznak ezek a könyvek, amelyeket igen könnyű a modern tudomány előtörténetéhez sorolni.

A következő fejezetben Láng a talán leginkább szakterületének számító talizmánmági-

át vizsgálja, amely valahol félúton található a természetes mágia általában elfogadott és a démonokkal kokettáló rituális mágia gyakran üldözött és titkolt területei között. A talizmánokkal, az ezekben vésett mágikus négyszögekkel, a megidézett bolygószellemekkel és ritualizáltan kimondandó szellemnevekkel a természet és a természetfeletti erők aktualizálása a cél, amellyel a mágus városokat vehet be, kiűzhet onnan személyeket vagy skorpiókat, esetleg védekezhet a tolvajok ellen.

Ezt a divinációval foglalkozó fejezet követi, amely a tenyérjövészléstől, a geomancián és névmágián keresztül a kristály- és tükörmágiáig vizsgálja a jövendőmondási technikákat. Erre a fejezetre is jellemző az az elegáns feldolgozási mód, ahogy Láng az elméleti fejtegetéseket, a korszakot és területet bemutató ismertetéseit izgalmas és részletes esettanulmányok köré szervezi. Ráadásul ezen esettanulmányok főként saját kutatásainak eredményeit mutatják (amelyekkel nemso-kára egy amerikai kiadó jóvoltából részlete-sebben is megismerkedhetnek a terület iránt komolyabban érdeklődők), és nagy részük a „helyi”, vagyis közép-kelet-európai régióhoz kapcsolódik.

A negyedik terület a rituális mágia. Az ennek bemutatása során vizsgált *experimentumok* közösek abban, hogy a mágus démonok segítségével – akik lehetnek bukott és gonosz keresztény angyalok, vagy akár jóindulatú görög-római „daimonok” – kívánja elérni gyakran nagyon is evilági céljait. A tiltott és üldözött terület, ahol sokszor magukat a kéziratokat is mágikusnak tartották (és nemritkán emiatt meg is semmisítették), zárja a tematikus ismertetést.

A kötet zárófejezetei a tanult mágiával foglalkozó értelmiségiek kapcsán a terület társadalmi beágyazottságát vizsgálja, és azt a

tényt, hogy ezek a területek hogyan kapcsolódhattak meglepően szorosan a keresztény középkor egyéb intellektuális hagyományaihoz. (És amely közegeből a reneszánsz főállású mágusfigurája alakult ki, aminek nem kis szerepe volt a 17. század során a mágia és születő modern tudomány szétválásában.) Ezek a fejezetek módszertani adalékot szolgáltatnak a főszöveghez, vizsgálják a szinte kizárólag férfiak által művelt terület kapcsolatait a női nemhez, és olyan kérdésekre próbálnak választ adni, mint hogy hittek-e a mágikus szövegek másolói, gyűjtői, olvasói a szövegekben – és ha igen, miért. Az epilógus már a középkortól eltávolodva a mágia történetének reneszánsz fejleményeit tekinti át röviden, és az ezt követő utószó a tanult

mágia kutatásának mai helyzetét mutatja be. Örvendetes ez a módszertani tudatosság, amely nélkül könnyen válik a mágia vizsgálata legalábbis gyanús, ha nem vészesen dilettáns tevékenységgé. A szépen gondozott kötetben kevés a hiba – de például a 84. oldalon a helyes lapockacsonton kívül a skapulancia – hibásan – kulcsfontosságúként is szerepel –, és néhány apró redundanciától eltekintve nagyon élvezetesen, olvasmányosan, de szakmai kompromisszumok nélkül vezeti be az olvasót a középkori mágia izgalmas világába. (*Láng Benedek. Mágia a középkorban. Budapest, Typotex, 2007, 164. p.*)

Zemplén Gábor

tudományfilozófus,

BME Filozófia és Tudománytörténet Tanszék

Hargittai István:

Az öt világhódoló marslakó

Lendületesen halad a marslakókkal foglalkozó iparág. Marx György átütő sikert aratott könyve után nálunk marslakókon csaknem természetes módon a világhírű magyar tudósokat szokták érteni. Hargittai István magyarul is megjelent munkáját előbb angolul közzölte, a magasan jegyzett Oxford University Press elegáns, keménykötésű kiadásában, érdekes képekkel. Lehet még egyáltalán újat írni a témáról? Nem merítettük ki már réges-régen az összes lehetőségeket? Marx György természettudományos kontextusba, közelebből a nukleáris energia és az információs technika összefüggéseibe ágyazta csaknem hús főszereplőjének szakmai, politikai hányattatásait, és egyértelmű sikersztoriként adta elő sorsukat. Magam tudásszociológiai tanulmányt készítettem, Frank Tibor művelődéstörténeti, mentalitástörténeti megközelítést

alkalmazott, Czeizel Endre a családtörténeti kapcsolatokra összpontosított, míg Kati Marton mostanában megjelent könyve (*Great Escape: Nine Jews Who Fled Hitler and Changed the World. New York, London, Toronto: Simon and Schuster, 2006*) az üldözöttes zsidósors izgalmas, kulturálisan és földrajzilag valószínűtlenül változatos fordulatait mutatja meg nagy hepienddel, a fékezhetetlen tehetség átütő, de keserű világsikerével.

Hargittai István öt tudós főhőst helyez könyve középpontjába, őket tekinti szorosabb értelemben véve marslakóknak: Kármán Tódort, Szilárd Leót, Wigner Jenőt, Neumann Jánost és Teller Edét, akik a második világháború idején nagyon fontos szerepet játszottak az amerikai katonai fejlesztések terén. Valójában párhuzamos életrajzokat ír, de nem Plutarkhosz módjára, azaz nem úgy, hogy egyik marslakó életrajza után következik a másik szép sorjában, hanem szakaszokra, korszakokra bontva, azaz két dimenzió mentén elrendezve. Az egyik dimen-

zió földrajzi és egyszersmind történelmi, a másik személyek szerinti. A fejezetcímek változnak, az alcímek a fejezeteken belül végig ugyanazok: a felsorolt tudósok, mindig a fenti sorrendben, pedánsan születési sorrendjüket követve. A szerkezet alaposan eltér Marx György és Czeizel Endre könyvétől, a plutarkhoszi műfajnak megfelelő portrészoroktól: egyik tudós a másik után, születéstől halálig.

Hargittai Istvánnál sem ér bennünket meglepetés, a magyarországi periódus után következik a németországi, majd az amerikai. Ezután azonban egyértelműen politikatörténeti szempontok tagolnak, a második világháború és a szovjetrendszerrel szemben viselt hidegháború. A magyarországi fejezet foglalkozik a családi háttérrel, az ismert iskolák szerepének leírásával, valamelyest a tágabb környezettel is, általában dicsőően, de nem a szokásos ájult nagyrebecsülés hangján. A németországi korszak fordulatot hozott a marslakók életében. Ifjú tudósokká váltak, beléptek a világ vezető tudósközösségébe, Einstein, Plack, Heisenberg, Nernst, Haber, Hilbert, Born, Prandtl és mások társaságába, és föltűntek köztük sorstársak is, Polányi Mihály, Gábor Dénes, Koestler Arthur és mások. A náciizmus azonban nem tűrte őket Németországban. Ilyen vagy amolyan úton mindannyian eljutottak az Egyesült Államokba, ahol pályájuk elérte legmagasabb pontját, számos tudományos eredményük mellett azzal, hogy részt vettek a modern amerikai fegyverek létrehozásában, és ezzel híresekké váltak a hírességeket imádó országban. Középkorú, jó állással, biztos társadalmi státussal rendelkező tudósokként nem volt okuk továbbvándorolni. Politikai tevékenységüket azonban nem hagyták abba. Hargittai István három önálló fejezetre osztotta amerikai korszakukat, a bevándorlásra, a forróháború és

a hidegháború korában kifejtett tevékenységükre. Kármán kivételével ők maguk nem szolgáltak a hadseregben, csak tudásuk. Kármán a repüléstechnika, Wigner a nukleáris technika, majd a polgári védelem fejlesztésével foglalkozott, Teller főszerepet játszott a hidrogénbomba kifejlesztésében, majd a csillagháborús munkálatokban, Szilárd összes figyelemreméltó erejét és ravaszágát bevetette előbb a fegyverkészítési projekt beindításáért, majd az atombomba bevetése ellen, a két szuperhatalom közeledése és a nukleáris fegyverek korlátozása érdekében.

Hargittai István nem éri be a tudományos sztároknak kijáró szokásos ovációval. Külön fejezetben töpreng hőseinek pszichológiai alkatán, sikereik és küzdelmeik, vitáik, harcuk hátterén. Így tesz egész könyvében: mérlegel. Talál úgynevezett negatívumot és pozitívumot szinte mindenben, nem kerülve ki a kínos Oppenheimer-ügyet vagy Teller politikai nézeteit, szerepét sem, melyeket széles értelmiségi körökben súlyosan elítéltek. Értékel (nem kifejtve, milyen értékek alapján), megítéli, kinek van igaza (persze szerinte), kinek nincs, miben és mennyire. Mi több: elgondolkodik azon is, egyáltalán nagy tudós-nak tekinthetők-e főhősei.

Történetén keresztül húzódik a zsidók 20. századi sorsa, a mindenfelé meg-megújuló antiszemitizmus, mely a marslakókat elűzte Magyarországról, majd a náci korszak idején Németországból, és Amerikában sem hagyta el őket véglegesen. Ez a kontextus vált az 1956 óta Amerikában élő, kitűnő újságíró Kati Marton könyvének vezérfonalává. Szemben Hargittai István töprengésével, Marton Kati sodró lendületű anekdotasorozatot írt. Alaposan kitérte az összefüggésrendszert még Marx Györgyhez képest is. Kilenc főszereplője nem mind a tudományból verbuválódott:

négyen tudósok (Neumann, Szilárd, Teller és Wigner), ketten filmesek (Michael Curtiz, korábban Kaminer Mihály, a *Casablanca* és Alexander Korda, korábban Kellner Sándor, a *Third Man* és számos más film rendezője), ketten fotóművészek (Robert Capa, korábban Friedman Endre és André Kertész), végül Arthur Koestler, aki minden szerzőnél megjelenik a színen, még ha többnyire csak epizód szerepben is.

A nehezen érthető tudomány és a könnyen érthető képek, vagy a mozi, a fényképezés népszerűsége és a tudomány arisztokratizmus a tág horizont felfestését teszi lehetővé, miközben a helyszínek és a történelmi események ugyanazok, mint másoknál, hogyan is lehetnének mások. Mégis elevenebbek, tarkábbak.

A magyar falu elmúlt negyed évszázada

Roppant értékes tanulmányt publikált a Glatz Ferenc által szerkesztett *Stratégiai Tanulmányok* monográfiásorozatban Beluszky Pál és Sikos T. Tamás. A szerzőpárosnak 1982-ben jelent meg egy kötete *Magyarország falutípusai* címmel (Budapest: MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, 1982). E műben a kor jellemző faluformáló társadalom-földrajzi folyamatait tárták fel, s sorolták típusokba e jellemzők alapján az ország valamennyi közösségét. A vizsgálatot huszonöt év múltán, alapvetően eltérő társadalmi viszonyok között megismételték, lényegében hasonló koncepció, adatbázis és elemző módszer alapján.

A sokszínű magyar falu különböző – főleg földrajzi, szociológiai, antropológiai, gazdasági szempontú – tipológiája nagy hagyományú, a múlt század elejére nyúlik vissza. A geográfusok a falvakat elébb alaprajzuk, később lakos-

A magyarországi és térségbeli zsidóüldözések, a náciizmus, az örökké felfordult állapotban leledző világhoz való tevékeny és morális viszony, közben kétségbeesés, harc a túlélésért, a megkapaszkodásért, melynek legfőbb biztosítója a világsiker. Bizony a marslakók nem álltak egyedül. Sorsukban többen osztoztak, főleg olyanok, akik elsősorban nem a szavakkal dolgoztak (néhányan, köztük Koestler és talán Molnár Ferenc kivételek), hanem például képekkel vagy éppen zenével. A marslakókkal foglalkozó iparágak tehát van még fejlődési tartaléka, kérdés, értékesítési piaca is lesz-e. (*Hargittai István: Az öt világformáló marslakó, Bp., Vince Kiadó, 2006. 398 p.*)

Palló Gábor
tudománytörténész

ságszámuk, foglalkozási szerkezetük, funkcióik szerint csoportosították. A szociológusok szempontja az agrártársadalom szerkezete, majd a falusi társadalom általános átalakulása volt; az építészek természetesen az épített környezetet, az etnográfusok a népi hagyományok eredetét s továbbélési formáit vizsgálták stb. E vizsgálatok közös jellemzője volt, hogy esettanulmányokon, interjúkon, személyes megfigyeléseken alapultak, nem terjedtek ki a teljes faluállományra, s a falvak sokféle jellegzetességét csak egy-egy diszciplína szempontjából elemezték.

Az 1970-es évek második felétől soktényezős, nagy adatbázisú korszerű matematikai-statisztikai módszerekkel értékelő falutípológiák készültek. Ezekhez sorolhatók e recenzió szerzőjének 1977-ben megjelent tanulmánya (A falusi életkörülmények területi típusai Magyarországon. Földrajzi Értesítő. 1977),¹ mely

¹ Beluszky már 1965-ben publikált átfogó falutípológiát, hagyományos, nem kellően kvantifikált módszert alkalmazva.

csak a falusi életkörülményeket vette számba, vagy Vágvölgyi András 1982. évi komplex falutípusai, melyhez csak kilencvennyolc község vizsgálata szolgált alapul. Beluszky–Sikos 1982. évi vizsgálata volt az első, mely a teljes faluállományra, a települési élet valamennyi aspektusára kiterjedt, hatalmas adatbázisát korszerű módszerekkel elemezve alkotott falutípusokat. Jelen munkájuk pedig lehetővé teszi, hogy a magyar falvakban végbemenő változásokat tartós folyamatokba ágyazva ítélhessék meg. Ehhez az 1990 előtti faluformáló folyamatok összefoglaló történelmi jellemzését is megadják.

Ezek a változások nagyon lényegesek, s a szűk szakmai körön kívül alig ismertek: az elavult sztereotípiák hosszú életűek. Csak néhány példát: *falú és város között alig tehető különbség a foglalkozási szerkezet alapján*. A 2001. évi népszámlálás adatai szerint a falusi népességnek mindössze 11 %-a mezőgazdasági foglalkozású (más foglalkozása mellett per sze elterjedt a kiegészítő élelmiszer-termelés, és élnek az „utóparaszti” magatartások). A falu-város különbségek inkább a társadalom finomszerkezetében mérhetőek: az iskolázottsági, foglalkoztatottsági, jövedelmi viszonyokban. *A falvakból más településekre való munkába járás, kiingázás aránya megnőtt*. A mezőgazdasági foglalkoztatás csökkenésével, a korábbi termelőszövetkezeti melléküzemágak felszámolásával a falusi munkaalkalmak lényegesen csökkentek, ezért a falusi foglalkoztatottak csaknem kétharmada más települések munkahelyein dolgozik. *A falu-város vándorlások és a népességnövekedésfogyás korábbi iránya megfordult*. Az ország teljes népességének fogyása mellett, népességnövekedés csak községekben – mégpedig a községek bő két-ötödében! – volt feljegyezhető 1990 után. A városok mind népességvesztők, Budapest

népessége bő évtized alatt negyedmillióval fogyott. A modern urbanizáció hazai történetében először a városokból a falvakba vándorlás vált jellemzővé, területileg is, okait tekintve is igen differenciáltan. Első renden a szuburbanizáció (városkörnyéki községek növekedése) a magyarázat, mely a fejlett világ minden pontján megjelent a modern urbanizáció dekoncentrációs szakaszában, ám van sajátos hazai jelenség is: a városi szegények távoli falvakba költözése olcsóbb, könnyebben fenntartható lakásokat keresve.

A községek tipizálásához a szerzők faktor-elemzést használtak. Az elemzés hét témacsoportba sorolható, 27 változó felhasználásával készült. A szerzők részletes elemzést adnak mind az egyes faktorok tartalmáról, mind a falvak közötti különbségeket magyarázó eréről – egyúttal egybevetve a jelenlegi és az 1982. évi vizsgálat eredményeit. A falvakat leginkább differenciáló tényezőket megjelenítő legfontosabb faktor tartalma alaposan megváltozott: 1982-ben a földrajzi fekvés (azaz a fejlett városi régiók közelsége) és az életkörülményeket jelentősen megszabó közszolgáltatások színvonala volt a legerősebb hatású, 2006-ban a gazdasági fejlettség s a munkaerőpiaci helyzet. A többi, 2006. évi faktor megnevezése – a faktor-pontértékek sorrendjében – a következő: településszerkezet – alapellátás; demográfiai helyzet; népességváltozás dinamikája; foglalkozási szerkezet–ingázás; idegenforgalmi adottságok; a külterületi (tanyai) népesség aránya, végül jelentéktelenné zsugorodva, az agráradottságok. Az elemzéseket élvezetessé teszi a szerzők kiváló terepismerete (a geográfusok, regionális kutatók az elektronika korában is terepi emberek), mellyel pontosan

² A falutípológiához a községek adatait használták a szerzők, bár ők is megjegyzik, hogy nem mindegyik község falu funkcionális szempontból.

jellemezni tudják egy-egy község néha váratlan adatait, gyanút keltő besorolását, a statisztikai adatok mögött húzódó falusorsokat.

Egy-egy falutípus természetesen az ország több régiójában is előfordulhat, például üdülőfalvak a Balaton mentén, a Mátrában vagy a Tisza-tó mentén is. A szerzők az egyes falutípusok előfordulási gyakorisága, kombinációja alapján kilenc nagy, összefüggő falutáját különböztettek meg. Nézetem szerint e falutájak nem sok új, hasznos információt nyújtanak, hiszen óhatatlanul erősen heterogének. Olyan megállapítás, hogy például a Nógrád és Borsod-Abaúj-Zemplén megye északi részén húzódó falusi tájat apró- és szegény falvak jellemzik, nem hat a reveláció erejével.

A térkép- és képmellékletek kitűnőek; jótett, hogy a fényképeket geográfusok készítették, mindenütt a jellemzőt (s nem elsősorban a szépet) keresték. Dicséretet érdemel a gondos szerkesztői munka is. Jó könyv: erősen ajánlom mindazoknak – s ilyenek sokan vagyunk –, akiket érdekelnek falvaink tudományos felmért, okadatolt s kiértékelt változásai. (*Beluszky Pál – Sikos T. Tamás: Változó falvaink – Magyarország falvai az ezredfordulón. Stratégiai tanulmányok a Magyar Tudományos Akadémián. Sorozatszerkesztő: Glatz Ferenc. Budapest: MTA Társadalomkutató Központ, 459 p.*)

Enyedi György
az MTA rendes tagja

Peregrinatio Hungarica. Studenten aus Ungarn an deutschen und österreichischen Hochschulen vom 16. bis zum 20. Jahrhundert

Ez a kötet egy tudományos szakszimpózium terméke a magyar honos diákokról – a főcím-ben megjelenő hagyományos szakkifejezéssel a magyar 'peregrinációról' – a tág értelemben vett német nyelvű egyetemi piacon (melybe a 19. században még az Oroszországhoz tartozó dorpat/tartui és a Habsburg birodalmi černovici egyetemek is beletartoztak). Ennek az igen régi historiográfiai szakiránynak helyi újjáélesztésén Magyarországon immár másfél évtizede munkálkodik nagy erővel és szakértelemmel a Szögi László által szervezett s főképp (legtöbbször nemrég alakult) egyetemi levéltárak munkatársaiból összeálló kutatógárda. A kötet tanulsága szerint elsősorban prozopográfiai beállítottságú kutatásaiknak széleskörű németországi megfelelői is vannak, különösen Tübingenben, Stuttgartban és Jénában,

hiszen németországi szerzők adták a kötet tanulmányainak kétharmadát.

A kötet kronológiai beosztása igen kiegyensúlyozott. A 16–17. századtól kezdve (legalább hat tanulmány tárgyi fókusza) a felvilágosodás korán át (négy tanulmány) a hosszú 19. századig, s ezen átnyúlva egészen a nemzetiszocialista hatalomátvételig (összesen 6 tanulmány), s emellett néhány időben több korszakot átfogó összefoglalás, majd befejezésképp két jelenkor-történelmi beszámoló (a Mainz-i Európa-történelmi Intézet magyar kapcsolatairól 1968 után és a 2000-ben alapított német nyelvű budapesti Andrassy Egyetemről) a lehetséges időbeli spektrum majdnem egészét érinti a könyv. Az egyetlen jelentős kivételt a náci kor képviseli, de ez alatt köztudottan igen gyér volt a magyar hallgatók száma Németországban, ha nem is Ausztriában az Anschluss-ig), hiszen 1933-ban kivált közülük a korábban a *numerus clausus* elől menekülő túlnyomóan zsidó-magyar diákság.

Témavilágát illetőleg a kötet érdemlegesen háromféle dolgozatra épül, ha a bevezető

(Fata Márta és Anton Schindling tollából) és a kissé témán kívüli fent említett záró tanulmányoktól eltekintünk. Legelőször kell említeni a hosszú távú helyzetjelentéseket a magyar diákság számáraól és összetételéről (különösen a német és a magyar viszonyok között oly fontos vallási háttér szempontjából) német egyetemi hálózatokban, így az egész újkori Német-római Birodalomban (Anton Schindling), a 17. századi (Bitskey István) és a 18. századi (Matthias Asche) katolikus egyetemeken, vagy az egész német birodalomban a hosszú 19. században (Szögi László). Az utóbbi tanulmány ugyan már olvasható volt nagyrészt magyarul is, de fontossága – amennyiben a honi értelmiség külföldi képzésének Bécs mellett legnagyobb központjairól ad számot a feudalizmus utolsó és az ipari társadalom kialakulásának első fázisában – mindenképp igazolja a németül való elérhetőségét. Másodsorban, a könyv egy sor monografikus beszámolót tartalmaz a magyarhoni diákságról egyes főiskolákon és egyetemeken, így Wittenbergben (Szabó András), Heidelbergben (Heltai János), a 16–18. században, Nürnbergben (Altdorfban – Wolfgang Mahrle), Lipcsében (Detlef Döring), Göttingában (Gönczi Katalin) vagy Jénában (Ulrich Rasche) a felvilágosodás korában, majd Berlinben a zsidó diákság szempontjából (Brigitta Eszter Gantner) és Heidelbergben (Daniela Siebe) a hosszú 19. században, vagy a bécsi Pázmáneumról 1918 előtt (Fazekas István). Végül egy sor nem szigorúan monografikus indítatású tanulmányt is olvashatunk itt egyes német nyelvterületi (bár a 18. század előtt persze még jórészt latinul oktató) intézmények magyarországi kapcsolatairól. Közéjük tartozik egy áttekintés a németországi szerepvállalásról 1850 előtt az erdélyi orvosok képzésében (Robert Offner), az ösztöndíjrendszer

funkcióiról a peregrinációs hálózatokban (Dirk Alverman), a kolozsvári egyetem első germanisztikai tanárának heidelbergi és lipcsei kapcsolatairól (Horst Fassel) és a németországi magyar diákság dualista kori önszerveződési mozgalmairól (Matias Stickler).

A tanulmányokat igen gazdag bibliográfiai utalások kísérik, melyek segítségével a kötet az idevágó legújabb s kevésbé új szakirodalomnak valóságos enciklopédiáját nyújtja. Ugyancsak értékesek a gondosan szerkesztett hely- és személynévmutatók, mely utóbbiban a magyarországi diákságban szerepet játszó fontosabb nemzetiségi csoportok is helyközzel helyet kaptak (például: a zsidók és az erdélyi szászok, de még a románok, a ruténok, a szerbek és a szlovákok is, bár paradox módon sem az egyéb honi németek – *Ungarndeutsch*-ok –, sem pedig a kötetben sokszor felidézett vallásfelekezetek!). A társadalomtörténész csak azt sajnálhatja e végig ritka magas színvonalú kötet értékmérlegében, hogy a komparatista szempont nem (például a német orientáció oly nagy súlyára nézve a honi értelmiség kialakulásában), s a történelmi-szociológiai megközelítés is (melyre a felhasznált propozográfiai adatbankok bő teret nyitottak) csak alig érvényesült a tanulmányokban, mint ahogy erre *a contrario* Szögi László úttörő összegezése példát mutatott. (*Peregrinatio Hungarica. Studenten aus Ungarn an deutschen und österreichischen Hochschulen vom 16. bis zum 20. Jahrhundert. Herausgegeben von Márta Fata, Gyula Kurucz und Anton Schindling, unter Mitarbeit von Alfred Lutz und Ingomar Senz, Stuttgart: Franz Steiner Verlag, 2006. [Contubernium. Tübinger Beiträge zur Universitäts- und Wirtschaftsgeschichte, Band 64.]*)

Karáczy Viktor
Közép-európai Egyetem

FELHÍVÁS

Simonyi Károly, Kossuth- és Állami díjas akadémikus 2001. október 9-én, 85 éves korában hunyt el. Részt vett az első hazai Föld-Hold radarkísérlésben, irányításával épült meg Sopronban hazánk első részecskegyorsítója, amellyel létrehozta az első hazai mesterséges magreakciót. Megalapította és vezette a Budapesti Műszaki Egyetem Elméleti Villamosság-tanszékét, részt vett az MTA Központi Fizikai Kutató Intézet megalapításában és vezetésében; létrehozta és vezette az intézet Atomfizikai Osztályát. Humanista, hatalmas műveltségű tudós és rendkívüli ember, kiváló tanár, mérnök, fizikus, tudományszervező és vezető volt. Egyike volt az utolsó magyar polihistoroknak, aki maradandót alkotott mind a természettudomány, mind a humán

kultúra területén; életével és munkájával bizonyította, hogy az emberiség kultúrája egy és oszthatatlan. A *Villamosságtan*, az *Elméleti villamosságtan* és az *Elektronfizika* című műszaki könyvtrilógiájával, és *A fizika kultúrtörténete* című, nagy formátumú munkájával nagyszerű szellemi örökséget hagyott maga után. Sok nyelvre lefordított, számos kiadást megélt könyveiből nemzedékek tanultak és tanulnak itthon és külföldön egyaránt.

A professzor halála után a Gábor Dénes Főiskola vállalta, hogy évente tudományos előadás-sorozattal adózik a nagyszerű tudós emlékének. Idén ötödik alkalommal kerül sor a Simonyi Károly Tudományos Emlékkülés – alábbi program szerinti – megrendezésére.

Klopfer Ervin

Simonyi Károly Tudományos Emlékkülés 2007

2007. október 19., 9:30–15:00 óra

Magyar Tudomány Akadémia, Felolvasóterem

Megnyitó: **Kroó Norbert**, az MTA alelnöke; levezető elnök

Csurgay Árpádné Ildikó villamosmérnök, c. egyetemi docens: *Megtartani vagy továbbadni – és hogyan? Az emberiség tudáskincséről A fizika kultúrtörténete alapján*

Vámos Tibor gépészmérnök, akadémikus, kutatóprofesszor: *Simonyi, az episztemológus*
Farkas Győző fizikus, tudományos tanácsadó, Simonyi-díjas: *Attoszekundumos fényimpulzusok*

Lovas István fizikus, akadémikus, professor emeritus: *Milyen lenne a világ, ha a fénysebesség végtelen, a Planck-állandó zérus volna?*

Levezető elnök: **Keszthelyi Lajos** akadémikus
Stépán Gábor gépészmérnök, akadémikus, egyetemi tanár, Simonyi-díjas: *Kerekek rezgései: stabilitás és időkézés*

Almár Iván csillagász-úrkutató: *Az űrkorszak 50 éve - tanulságok*

Rónagy József fizikus, OAH elnök: *Nemzetközi együttműködés az atomenergetikában*

Szentpétery Imre fizikus, ny. tudományos munkatárs: *Miért és hogyan vizsgáljuk a nagyenergiájú nehéz magok reakcióit?*

Felvilágosítás: Klopfer Ervin szervező

1/424-7459 vagy (06-30) 443-7739

klopfer.ervin@t-online.hu

KITÜNTETÉSEK AUGUSZTUS 20-ÁN

A Magyar Köztársaság elnöke – a miniszterelnök előterjesztésére – nemzeti ünnepünk, augusztus 20-a, államalapító Szent István király ünnepe alkalmából a következő kitüntetéseket adta át:

A MAGYAR KÖZTÁRSASÁGI ÉRDEMREND KÖZÉPKERESZTJE

A CSILLAGGAL (polgári tagozat)

Harmathy Attila, volt alkotmánybíró, az MTA rendes tagja

Kornai János Széchenyi-díjas közgazdász, az MTA rendes tagja

A MAGYAR KÖZTÁRSASÁGI ÉRDEMREND KÖZÉPKERESZTJE

(polgári tagozat)

Losonczy Ágnes, a szociológiai tudomány doktora, az MTA Szociológiai Kutatóintézet alapító tagja, professor emeritus

Szabó Miklós, az MTA rendes tagja, az Eötvös Loránd Tudományegyetem Bölcsészettudományi Kar Régészettudományi Intézet egyetemi tanára

Varga János, a történelemtudomány doktora, az MTA rendes tagja, a Magyar Országos Levéltár nyugalmazott főigazgatója

MAGYAR KÖZTÁRSASÁGI ÉRDEMREND TISZTIKERESZTJE

Tamás Pál, az MTA Szociológiai Kutatóintézet igazgatója, a szociológiai tudomány kandidátusa

A Magyar Tudományos Akadémia előterjesztésére a Magyar Köztársaság elnöke a következő kitüntetéseket adományozta:

MAGYAR KÖZTÁRSASÁGI ÉRDEMREND, TISZTIKERESZT

Bartha László, professor emeritus, a kémiai tudomány doktora, nyugdíjas; Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet

Simonovits András, kutatási igazgató; Közgazdaságtudományi Intézet

MAGYAR KÖZTÁRSASÁGI ÉRDEMREND, LOVAGKERESZT

Felföldi László, tudományos igazgatóhelyettes; Zenetudományi Intézet

Keresztesi Zoltán, kartográfus; Földrajztudományi Kutatóintézet

Óvádi Judit Magdolna, tudományos tanácsadó, habilitált egyetemi magántanár;

Szegedi Biológiai Központ Enzimonológiai Intézet

Strausz Tamás, volt telephelyigazgató; KFKI Tolnai Márton, igazgató; Kutatásszervezési Intézet

Udvardy Andor, tudományos tanácsadó; Szegedi Biológiai Központ Biokémiai Intézet

MAGYAR KÖZTÁRSASÁGI ARANY ÉRDEMKERESZT

Timár Árpád, tudományos főmunkatárs; Művészettörténeti Kutatóintézet

A kitüntetéseket Vizi E. Szilveszter, az MTA elnöke augusztus 24-én adta át az MTA Székházában.

CONTENTS

Plant ecophysiology: from autecophysiology to synphysiology

Guest Editor: Zoltán Tuba

- Zoltán Tuba: Plant Ecophysiology: From Autecophysiology to Synphysiology 1242
- Zoltán Tuba – Zsolt Csintalan – Tamás Pócs: The Homoiochlorophyll and Poikilochlorophyll Desiccation-Tolerance Strategies of Plants and the Tropical Inselberg Ecophysiology 1250
- Zoltán Nagy – Kálmán Szente – Zoltán Tuba: Long Term Acclimation of Grassland Vegetation to Elevated Air CO₂ Concentration 1258
- Szilvia Fóti – János Balogh – Zoltán Nagy – Szilárd Czóbel – Sándor Bartha – Zoltán Tuba: Small Scale Spatial Variability and Pattern of CO₂ Gas-Exchange of Various Temperate Grasslands 1266
- Szilárd Czóbel – Orsolya Szirmai – Tibor Szerdahelyi – János Nagy – János Balogh – Szilvia Fóti – Evelin Péli – Krisztina Pintér – László Horváth – Zoltán Nagy – Zoltán Tuba: Functional Ecological Responses of Hungarian Grassland Communities in Changing Land Use Management 1273
- Krisztina Pintér – Zoltán Nagy – Zoltán Barcza – János Balogh – Szilárd Czóbel – Szilvia Fóti – Tamás Weidinger – Zoltán Tuba: Nature of Ecosystem Scale CO₂ Assimilation and Respiration of Temperate Grasslands 1280
- Zsolt Csintalan – Zoltán Tuba – Edit Ötvös – Gyula Rabnecz: Moss Bioindication Methods and Their Applications in Region- and Country-Scale Investigations 1288

Study

- Márton Kaposi: The Unity of Machiavelli's Ouvre and the Diversity of Machiavellism ... 1296
- Mrs Pál, Ilona Kovács: The Hungarian Territorial Reform and the Development Policy of the European Union 1306
- Rudolf Czelnai: Climate affairs – 2007 1316
- Előd Both: Half Century in Space 1327
- Lajos Keszthelyi: 1956 in the Central Research Institute of Physics 1336
- Tamás Páztory: Economical Profit or Social Values? – Opportunities of the Corporate Social Responsibility in the Field of Science 1341

Discussion

- István Hargittai: To *Quo vadis, The Network of Research Institutes?*”
Where Should Be the PhD Schools? 1345

Outlook (László Jéki – Júlia Gimes) 1348

The New Corresponding Members of the Hungarian Academy of Science – IV.

- Katalin É. Kiss, István Juhász, Erzsébet Ligeti, Ákos Mesterházy, Edit Oláh 1353

Book Review 1364

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 új eredményeit bemutató tanulmányokat; a társadalmi élet tudományokkal kapcsolatos eseményeiről szóló beszámolókat, tudománypolitikai elemzéseket, szakmai szempontú könyvismertetőket.

2. A kézirat terjedelme szöveges tanulmányok esetében általában nem haladhatja meg a 30 000 leütést (a szóközzökkel együtt, ez kb. 8 oldalnak felel meg a MT füzeteiben), ha a tanulmány ábrákat, táblázatokat, képeket is tartalmaz, a terjedelem 20–30 %-kal nagyobb lehet. Beszámoló, recenziók 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* – semibold) 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 legyenek, 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 tüntessék 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) tartalmazták.

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 végzett, apró változtatásokat a szerző egy adott napon a szerkesztőségben ellenőrizheti.



A lap ára 672 Forint