

Természet Világa

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY

155. évf. 3. sz.

2024. MÁRCIUS

ÁRA: 1450 Ft

Előfizetőknek: 1350 Ft

AMERIKA ÁTSZELÉSE
CSILLAGÁSZAT RENESZÁNSZA
AGGREGÁCIÓS KIMÉRÁK
HOLOGRAFIKUS AVATÁR
PORHOLDVADÁSZAT







A TUDOMÁNYOS ISMERETTERJESZTŐ
TÁRSULAT FOLYÓIRATA

Megindította 1869-ben

SZILY KÁLMÁN

KIRÁLYI MAGYAR

TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY
155. ÉVFOLYAMA

2024. 3. Március

Magyar Örökség-díjas és
Millenniumi Díjas folyóirat



Megjelenik a Nemzeti Kulturális Alap,
a Kulturális és Innovációs Minisztérium,
a Magyar Kultúra Alapítvány,
és a Nemzeti Kulturális Támogatáskezelő
támogatásával.

Főszerkesztő: GÓZON ÁKOS

Szerkesztőség:
1088 Budapest, Bródy Sándor u. 16.
Telefon: 06-30-755-5691
E-mail-cím: info@termvil.hu
Internet: termvil.hu

Felelős kiadó:
PIRÓTH ESZTER
a TIT Szövetségi Iroda igazgatója

Kiadja a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat
1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.
Telefon: 06-30-755-5702

Nyomás:
PAUKER Nyomda

Felelős vezető:
Vértes Dániel

INDEX25 807
HU ISSN 0040-3717

Hirdetésfelvétel a szerkesztőségben

Korábbi számok megrendelhetők:
Tudományos Ismeretterjesztő Társulat
1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.
Telefon: 06-30-755-5691
e-mail: info@termvil.hu

Előfizetés, reklamáció:
Magyar Posta Zrt.
Telefon: 06-1-767-8262
E-mail: hirlapelofizetes@posta.hu
Internet: eshop.posta.hu
Postacím: MP Zrt., Budapest 1900.

Előfizetésben terjeszti: Magyar Posta Zrt.
Árusításban megvásárolható a Lapker Zrt.
árusítóhelyein.

Előfizetési díj:
fél évre 8160 Ft, egy évre 16 200 Ft

HORVÁTH GÁBOR – SLÍZ-BALOGH JUDIT – MÁDAI ATTILA –

SÁRI PÁL – MITRÓ ILONA: Polarizációs porholdvadászat –

Csillagászati mérőkampány Namíbiában (1. rész)..... 98

SZABAD JÁNOS: Aggregációs kimérák – mesterséges egyesítés (3. rész)...104

MACZÁK MÁRTON: Az amerikai kontinens átszelése – 220 éve történt.....112

TÓSZEGI ZSUZSANNA: A madaraktól tanulhatnánk gondviselést,
odaadást, kitartást– Interjú Moldován Zsolttal..... 120

FARKAS CSABA: A Csaj-tó madárvilágáért –
Természetvédelem és halgazdálkodás..... 124

TRUPKA ZOLTÁN: A csillagászat reneszánsza –
Beszélgetés Kiss L. Lászlóval..... 128

VERMES NIKOLETT: Mesterséges intelligencia és emberi tanulás –
Képes átvenni az uralmat az oktatás felett? 133

SZILÁGYI ZSUZSA: Holografikus avatar pótolja a hiányzó tanárokat? –
Bett Show 2024136

FÖLDTUDOMÁNYI FIGYELŐ (Szoucsék Ádám)140

DIÁKMELLÉKLET (Péter Márk Dániel: A miRNS kétélű karddal játszott harca
az mRNS terápiás alkalmazásban)143

PÁLYÁZATI FELHÍVÁS148

SZEGŐ MIKLÓS: A multivitamin segíti a memóriát? –
Harcban az Alzheimer-kórral.....151

PÁLYÁZATI FELHÍVÁS..... 152

Címlapképünk: Szemtől szemben (Moldován Zsolt felvétele)

Borítólapunk második oldalán: Namíbiai tájképek a Polarizációs porholdvadá-
szat című cikkünk szerzőitől

Borítólapunk harmadik oldalán: (Moldován Zsolt felvételei a A madaraktól
tanulhatnánk gondviselést, odaadást, kitartást című cikkünkhöz)

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Elnök: VIZI E. SZILVESZTER

Tagok: ABONYI IVÁN, BACSÁRDI LÁSZLÓ, BOTH ELŐD, HORVÁTH GÁBOR,
KECSKEMÉTI TIBOR, KORDOS LÁSZLÓ, LOVÁSZ LÁSZLÓ, NYIKOS LAJOS,
PAP LÁSZLÓ, PATKÓS ANDRÁS, RESZLER ÁKOS, SCHILLER RÓBERT, CHARLES SIMONYI,
SÓTONYI PÉTER, SZATHMÁRY EÖRS, SZERÉNYI GÁBOR, VIDA GÁBOR

Főszerkesztő-helyettes:

PÁSZTOR BALÁZS (pasztor.balazs@eletestudomany.hu)

Szerkesztők:

TEGZES MÁRIA (tegzes.maria@termvil.hu)

LÓRINCZ HENRIK (lorincz.henrik@termvil.hu)

SZOUCEK ÁDÁM (szoucsék.adam@termvil.hu)

Tervezőszerkesztő: LÉVÁRT TAMÁS

Gazdasági ügyintéző: FARKAS VIKTÓRIA

Partnerkapcsolati ügyintéző: SZALAI ZSUZSANNA (info@termvil.hu; 06-30-755-5691)

Polarizációs porholdvadászat

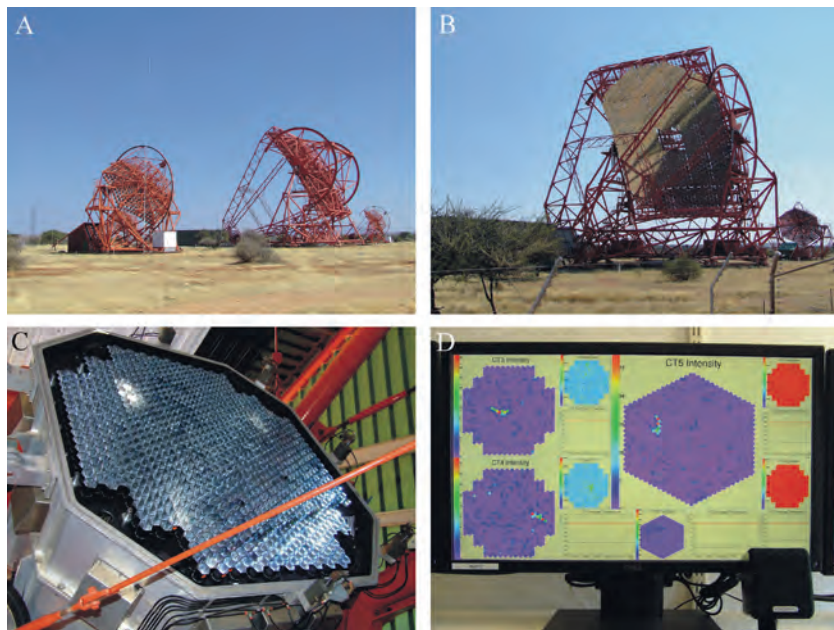
1. RÉSZ

Kétrészes cikkünkben beszámolunk a 2023 nyarán végzett első namíbiai asztropolarimetriai mérőkampányunk tapasztalatairól. Az 1. részből kiderül, hogy miért Namíbiában folytatjuk a Kordylewski-porholdak polarizációs jeleire való, hazánkban elkezdett vadászatunkat. Szólunk a namib Khomas-fennsíkon telepített német Cserenkov-fényfigyelő távcsövekről, a magyar exobolygókutató teleszkópokról, egy orosz űrszemétfigyelő távcsőről és a hordozható képalkotó polariméteres távcsövünk használatáról az Isabis Asztrofarmon.

A Föld-Hold rendszer keringési síkjában 5 olyan pont van, ahova a Hold keringési szögsebességével egy tömegpontot helyezve, az a Holddal szinkronban kering a Föld körül, mert a rá ható két gravitációs erő eredője pont az ilyen keringéshez szükséges centripetális erőt biztosítja. E pontok az L1, L2, ..., L5 Euler-Lagrange-pontok. A Föld-Hold egyenesében vannak az L1, L2 és L3 pontok, míg a Föld-Hold közti szakasz két oldalán nyugvó két egyenlő oldalú háromszög külső csúcsában az L4 és L5 pontok. Az előbbi három pontbeli tömegpont instabil, vagyis azt onnan kissé kimozdítva fokozatosan eltávolodik és soha sem tér vissza. A Föld és Hold tömegaránya olyan, hogy az L4 és L5 pontokbeli tömegek stabilak, azaz kimozdításuk után állandóan a közelben maradnak, miközben billegő (librációs) mozgást végeznek e pontok körül. Így a Holddal együtt forgó koordináta-rendszerben mindkét pont egyfajta égi mechanikai vonzást fejt ki a tömegekre, hosszú időre csapdába ejtve azokat. Az idők során e vonzás folyamatosan csapdázza az L4 és L5 pontokat megfelelő sebességgel megközelítő bolygóközi porrészecskéket, sziklákat és bármilyen eredetű törmelékeket. Az így felgyülemelő törmelékhalmazt a fölfedezőjükről, Kazimierz Kordylewski (1903-1981) lengyel csillagászról Kordylewski-porholdaknak hívják.

Az 1960-as évekbeli fölfedezésük után többen szabad szemmel és fotometriával figyelték meg az L4 és L5 pontokbeli porholdakat, sokaknak azonban ez nem sikerült, miáltal a csillagászok között eluralkodott az a nézet, hogy talán mégsem léteznek e porholdak. E szkepticizmust fokozta, hogy a Nap gravitációs zavaró hatása megbontja az L4 és L5 pontokbeli tömegek stabilitását, ami ellehetetlenítheti a porholdak hosszú távú fennmaradását. Képalkotó polarimetriás távcsővel 2017 és 2022 között elsőként észleltük az L4 és L5 Kordylewski-porholdak polarizációs mintázatait, igazolva ezzel a létüket. Minderről részletesen írtunk magyar [1,2,3] és angol [4,5,6] nyelven.

Slíz-Balogh Judit badacsonytördemici csillagászati magánobszervatóriumának polarizációs teleszkópjával évekbe telt, míg mérni tudtuk az L4 és L5 Lagrange-pontok közelében lévő Kordylewski-porholdak polarizációs jeleit. Ennek oka, hogy a Badacsony környékének kedvezőtlen az asztroklímája, vagyis viszonylag nagy a fényszennyezése és Magyarországon ritkák a felhőtlen, kis aeroszolkoncentrációjú éjszakák. Ezért hazánk gyakorlatilag lehetetlenné teszi a Kordylewski-porholdak dinamikájának, szerkezetük



1. ábra: A namíbiai német HESS csillagászati állomás. (A) A HESS-teleszkópok nyugalmi állapotban, mikor a tükrörcsuk fókuszíkjabeli detektorrendszer a földön pihen. (B) Jól látszanak a HESS-távcsövek körtükrei. (C) A sokszáz Cserenkov-detektor előtti fényterelő reflektorocskák hálózata. (D) Egy távoli galaxisból nagy sebességgel érkező töltött részecskék által a földi légkörben keltett Cserenkov-sugárzásnak egy HESS-távcső detektorrácsa által érzékelt, számítógép képernyőjén megjelenített kétdimenziós eloszlása. (A szerzők fényképei)

időbeli változásának asztropolarimetriai vizsgálatát, ami csak sokkal kedvezőbb asztróklímájú helyeken végezhető el.

Miért Namíbia?

Polarimetriás porholdvadászatunk színhelyéül olyan régiót kerestünk, aminek asztróklímája a magyarországiénál sokkal jobb: egy hónapon belül minél több éjszakán minimális a fényszennyezés és az aeroszol-koncentráció meg a felhők valószínűsége. Számos lehetőség közül végül az ~1800 m magasban elterülő namíbiai Khomas-fennsík, Joachim Cranz közel 100 km × 100 km-es magánbirtokán 2020-ban kiépült Isabis Asztrófarmját (16° 28' 55" Kelet, 23° 26' 19" Dél) választottuk, amit kutatócsoportunk egyik tagja, Sári Pál igen kedvező tapasztalatokkal egyszer már kipróbált. Habár e helyszín hazánktól meglehetősen messze, 7800 km-re van, ideális asztróklímája és kedvező árfekvése pont megfelel a céljainknak. Továbbá, nem elhanyagolható

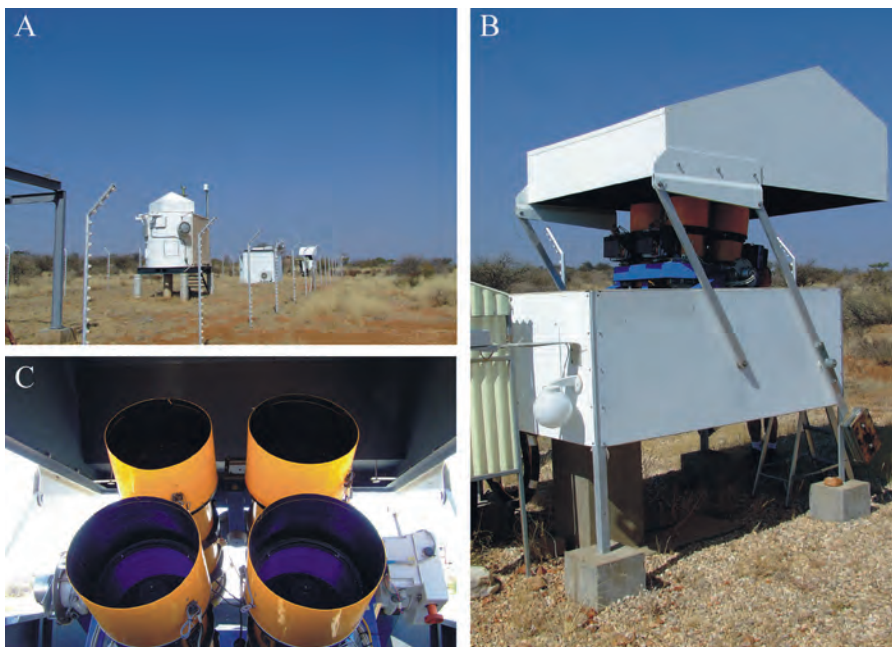
szempont az sem, hogy Namíbia egy békés ország, ahol viszonylag jó a közbiztonság. Mivel gazdag ásványkincsein túl jórészt a turistákból él, ezért Namíbiának érdekében áll a külföldiek megbecsülése, tiszteletben tartása, ellentétben több afrikai országgal.

Cikkünk egyik szerzője (H. G.) 1996 és 1999 nyarán égboltpolarizációs méréseket végzett Tunéziában a svájci Rüdiger Wehner biológia professzor szervezte expedíciókon. Akkor Wehner professzor már több évtizede a tunéziai sivatagi hangyák polarizációérzékelését és térbeli tájékozódását kutatta évente többhetes-hónapos nyári expedíciókon. Akkoriban Tunézia is olyan békés volt, mint Namíbia manapság. De ma már a külföldiek messze elkerülik Tunéziát a leromlott közbiztonsága miatt. Wehner professzor ezért tette át sivatagi hangyás terepkísérleteit Namíbiába. Több csillagászati mérőprogramnak is a namib Khomas-fennsík ad helyet. Itt négyről adunk hírt.

Cserenkov-fényfigyelő távcsövek

A német Max Planck Magfizikai Intézet HESS (*High Energy Stereoscopic System*: nagyenergiájú sztereorendszer) távcsövei (**1. ábra**) 2002 óta a Khomas-fennsík Cranz-birtokán működnek. E tükrös teleszkópok éjjelente azt az elektromágneses (látható és ultraibolya) Cserenkov-sugárzást észlelik, amit a kozmikus sugárzás levegőbeli fénysebességnél gyorsabb elektromosan töltött részecskéi keltenek a légkör atomjaival

2. ábra: A namíbiai magyar HATNet távcsőnégyes a német HESS állomás közelében. (A) A villanypásztoros kerítéssel védett HATNet állomás. (B) A távcsövek automatikusan nyitható-csukható védőteteteje kinyílás közben. (C) A távvezérelhetően irányítható távcsőnégyes. (A szerzők fényképei)



és molekuláival való ütközésük miatti lefékeződésükkor. A Pavel Alekszejevics Cserenkov (1904-1990) Nobel-díjas orosz fizikusról elnevezett Cserenkov-sugárzást felfogó részecskedetektorokkal (**1C ábra**) a töltések sebességének mérése által a tömegükre lehet következtetni, ami alapján a nagyenergiájú részecskék azonosíthatók.

Hazánkban a paksi és a budapesti műegyetemi atomreaktorokban láthatunk Cserenkov-fényt. A láncreakciókban keletkező elektronok a neutronokat lassító (moderáló) közegként szolgáló vízben a vízbeli fénysebességnél gyorsabban haladva lelassulnak és energiájuk egy részét fotonok formájában adják le, mely sugárzás kék összetevője szabad szemmel is látható.

A namib HESS Obszervatórium 5 darab, 12-28 m átmérőjű távcsövű detektorai teraelektronvont nagyságrendű töltött részecskék keltette Cserenkov-sugárzásokra érzékenyek, mely kozmikus részecskék forrásai például a szupernóva-robbanások, szupernóva-maradványok vagy a fekete lyukak körüli anyagbefogási (akkréciós) korongok (**1D ábra**). Victor Franz Hess (1883-1964) Nobel-díjas osztrák fizikus légkömbön 5 km magasságban végzett kísérleteiben 1911-13 között elektroszkópokkal vizsgálta a háttér-részecskesugárzás intenzitását, amivel igazolta a később kozmikus sugárzásként azonosított részecskeáram Naprendszeren túli eredetét.

Magyar exobolygóvadászok

A HESS állomás mellett ~1 km-re, ugyancsak a Cranz-birtokon van egy magyar csillagászati telephely (**2. ábra**), a HATNet (*Hungarian Automated Telescope Network*: magyar önműködő távcsőhálózat). Itt 4 párhuzamos optikai tengelyű, automatikus távcsövet működtetnek távolról, exobolygó kutatás céljából. A HATNet egy 18 cm átmérőjű távcsövekből álló hálózat, amivel eredetileg változócsillagok automatikus fényességmérését végezték, de manapság már csak exobolygó kutatásra használják. Eddig 100-nál is több exobolygót fedeztek már föl vele. Létrehozói Bakos Gáspár csillagász és több magyar szakember, köztük Sári Pál gépészmérnökkel, aki e távcsövek tartómechanikáját tervezte és kivitelezte. Ő tartja karban a namíbiai HATNet távcsöveit is. Ilyen teleszkópok vannak még Budapesten, Arizonában, Hawaiiin (Mauna Kea), Chilében (Las Campanas) és Ausztráliában.

Orosz űrszemétfigyelő teleszkóp

Első namíbiai mérőkampányunkkor, 2023. nyarán az Isabis Asztrofarmtól kb. 1 km-re épült egy orosz csillagászati állomás, aminek automatikus, Oroszországból távvezérelhető teleszkópjával (**3. ábra**)

az űrszemét nagyobb darabjai figyelhetők meg. Habár minden űrszemét igen veszélyes a Föld körül keringő szondákra, műholdakra és űrállomásokra, mert velük ütközve működésképtelenné teheti azokat, távcsővel csak a nagyobb (> 5 cm) űrszemétdarabok követhetők nyomon [7,8,9]. Az orosz állomás építőmunkásai bennszülött namíbiaiak voltak, munkájukat orosz csillagászok és mérnökök irányították, akik Joachim Cranz birtokának egyik vendégházában laktak, amíg mi az Isabison voltunk. Az egyik orosz kutató pólója elején sarló és kalapács volt búzakévék között, hátulján pedig a CCCP felirat, alkalmasint nosztalgiából, vagy mert sajnálta kidobni. Utánunk az oroszok átköltöztek az Isabisba. Az orosz telephely a Cranz-birtok 3. csillagászati kutatóállomása e terület csillagászokat mágnesként vonzó ideális asztroklímájának köszönhetően.

Magyar hordozható képkalkotó polariméteres távcső

A namíbiai Cranz-birtok csillagászzal kapcsolatos 4. állomása az Isabis Asztrofarm (**4. ábra**), ahol 2023. július 18. és augusztus 16. között folytattuk első asztropolarimetria mérőkampányunkat. Ezt az Eötvös Loránd Kutatási Hálózattól nyert, 2022. júniusában induló, 66 hónap futamidejű pályázatunk (ELKH-ELTE-0116607) tette lehetővé, aminek fő célja egy hordozható képkalkotó polariméteres csillagászati távcső építése és egy kedvező asztroklímájú területen történő alkalmazása, különös tekintettel a Kordylewski-porholdak vizsgálatára. Mindennek megvalósítására megalakult az ELKH-ELTE Asztropolarimetria Kutatócsoportunk, aminek tagjai Slíz-Balogh Judit mérnök-matematikai-csillagász, Máda Attila és Sári Pál gépészmérnökök, Horváth Gábor fizikus professzor vezetésével. Időközben az Eötvös

3. ábra: Az épülő, vízszintesen elhúzzható védőtetejű űrszemétfigyelő orosz távcső a namíbiai Isabis Asztrofarm mellett (A szerzők fényképe)





4. ábra: Az Isabis Asztrofarm két épülete (A), és a mögöttük lévő terület 8 teleszkóposzloppal, melyek közül a képen csak 6 látható (B). A közelebbi középső oszlopra már föl van szerelve a polarizációs teleszkópunk. Távolabb az épülő űrszemétfigyelő orosz állomás két fehér épülete látható. (A szerzők fényképei)

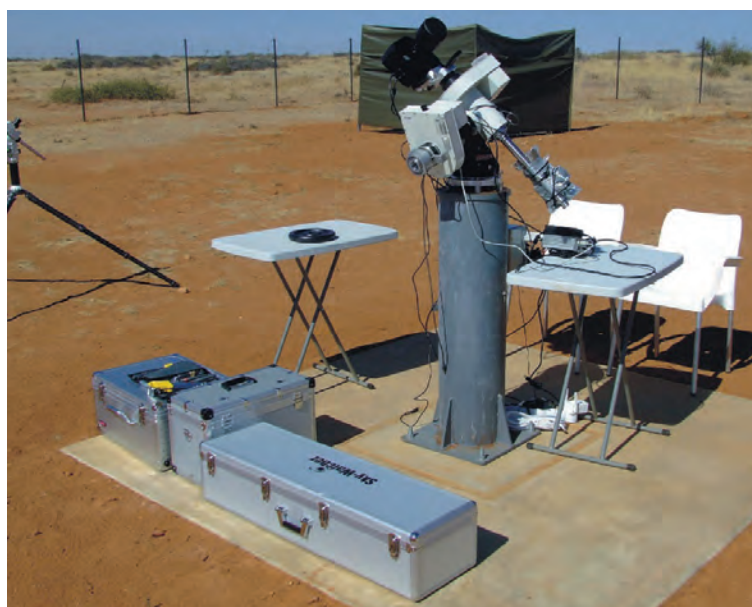
Loránd Kutatóhálózatot HUN-REN Magyar Kutatási Hálózattá nevezték át, mely némenklatúráváltás persze semmiben sem érintette az eredeti tudományos célkitűzéseinket és kutatásaink megvalósítását.

Megérkezésünk után az Isabis Asztrofarm egyik távcsőoszlopára szereltük föl a forgóanalizátoros, egykamerás képalkotó polariméterünket (5. ábra) és éjjelenként megkezdtük vele az L4 és L5 Kordylewskiporholdakra történő vadászatot. A helyi technikai problémák nehézkes leküzdése után sikerült lencsevégre kapni az L5 porhold polarizációs mintázatait, aminek közlése folyamatban van. Egyik banális probléma volt például, hogy a konnektorokba nem illeszkedett néhány elektromos csatlakozónk. Ezen a konnektorok „megbuzerálása” segített, vagy a magunkkal hozott német *Weltreisteckerset* (világjáró dugaszkeszlet) helyi konnektorokba passzoló egyik toldaléka.

Polarizációs teleszkópunk technikai jellemzői a következők: A motoros meghajtású, német szerelésű ekvatoriális Fornax 51 távcsőmechanika mozgását Telescope Drive Master távcsővezérlővel pontosítottuk. A Fornax mechanikát az FS-2 vezérlő mozgatta, a műszer pozícióra állását pedig a SkyTools4 szoftver vezérelte. Extrém érzékeny, 24 mm × 36 mm méretű, hátsó

megvilágítású, hűtött, egyszínű CMOS-érzékelőt és 5 szűrőtartós belső tárcsájú Moravian C3-61000EC Pro kamerát használtunk, amibe 3 lineáris polárszűrőt szereltünk 0°, 60°, 120° áteresztési iránnyal, valamint Sigma 135 mm/F1.8 Art teleobjektívet választottunk. A teleszkóp rektaszcenziójának a déli pólustól mért pontos beállítását egy speciális kamerával (Pole Master QHYCCD) végeztük. A kamera pontos fókuszát saját gyártmányú Bathinov-maszkkal állítottuk be, és a fényképezés MaximDL szoftverrel történt. A 3 eltérő áteresztési irányú lineáris polárszűrőn át készített égboltképeket egy AlgoNet szoftverrel értékeltük ki, amit Barta András

5. ábra: A magyar hordozható képalkotó polariméteres távcső az Isabis Asztrofarm egyik teleszkópállványán. (A szerzők fényképe)





6. ábra: A déli égbolt Déli-Sarkpontjának vizuális meghatározása a Dél Keresztje csillagkép, valamint a Kentaur α , β és az Oktáns σ csillagok alapján. (A szerzők grafikája)

fizikus (Estrato Kutató és Fejlesztő Kft.) fejlesztett ki, aki a távcső forgótárcsája polárszűrőinek áteresztési irányát is bekalibrálta.

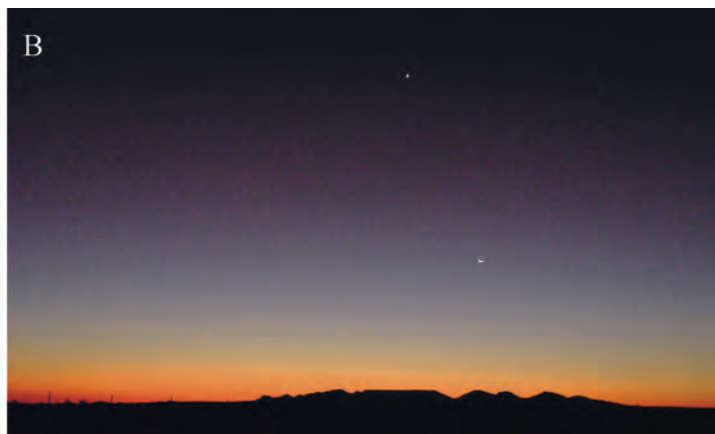
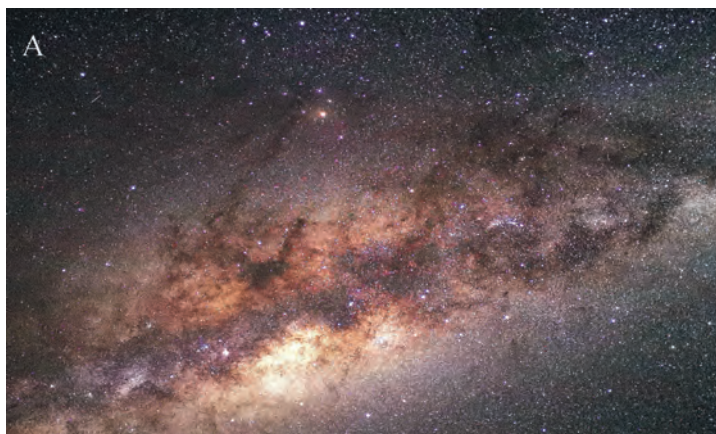
Kezdetben sok problémánk adódott a távcsövünk felállításánál. Így az első hetet, amikor a legjobb volt az éjszakai égen az L4 porhold láthatósága, megfigyelés szempontjából sajnos elszalasztottuk. Például a kamerát és a hordozható számítógépet összekötő 5 m-s kábel túl hosszúnak, zajosnak bizonyult a jelátvitel szempontjából, de szerencsére volt nálunk egy rövidebb is, egy USB átalakító pedig nem működött. Továbbá, a fényképező szoftverünk (MaximDL) automatikus üzemmódban rossz képeket eredményezett, miáltal maradt a kézi vezérlés. Ezért kellett egész éjjel végig ott ülni a távcső mellett, hogy az egyes képexpozíciók váltását kézzel végezzük. Mivel 3 polárszűrővel mérünk egyenként minimum 3 perc expozíciós idővel, ezért még rövid időre sem lehetett a távcsövet magára hagyni a 3 percenkénti szűrőváltás okán. Csak polárszűrőmentes, 10-20 perces expozíciójú égfényképezés esetén tudtunk bemenni a házba teát főzni, ami jól esett a namib tél éjjeli hidegében.

Mivel a Fornax távcsőmechanikánk vízszintes platformja sajnos nem illeszkedett a Magyarországon gyártott és a távcsőtartó oszlopokra előzőleg már felszerelt mechanikus adapterekre, ezért azokat helyben módosítanunk kellett. Gondot okozott az is, hogy mivel a déli féltekei égi pólus a telepelyünkről nézve nagyon alacsonyan, $\sim 23^\circ$ -ra látszik a

helyi horizont fölött, ezért a deklinációs tengely ellensúlytartó végén az ellensúly nem tudott elfordulni a tartóoszlopra szerelt elektromos csatlakozódoboztól. E problémát csak a harmadnap a Windhoek fővárosban vásárolt kisebb ellensúlyokkal tudtuk megoldani.

Kezdetben a távcsőmechanika déli pólusra állítása is nehezen ment, mert a déli égbolt fényesebb csillagokban rendkívül szegény, és a nekünk még teljesen ismeretlen déli féltekei csillagok között alig találtuk meg a déli pólusra állás szoftvere által használandó viszonyítási csillagokat. Az északi égbolton a Sarkcsillag (Polaris) jól látható, ellenben a déli égbolton a forgástengely dőléspontjában nincs csillag. E Déli-Sarkpont a Dél Keresztje déltengelyének és a Kentaur α - β csillagpárost összekötő szakaszt felező merőlegesének a metszéspontja melletti Oktáns σ csillag közelében van (6. ábra). Emiatt a déli pólus vizuális megtalálása a pólustávcsövön keresztül először fél éjszakánkba került. Ezt követően a mechanika pontos beállítása a kiszolgáló szoftverrel már csak 10-15 percet vett igénybe. Bár a déli ég sok, de korábban általunk nem látott érdekességet tartogatott számunkra a déli pólus körüli területekről is, azonban csapatunk megfigyelő csillagászzal régóta foglalkozó tagjainak is furcsa volt, hogy az egyenlítői csillagképeket is újra meg kellett tanulnunk, mivel déli földrajzi helyzetünkből adódóan azok mind fejjel lefelé látszottak.

Polarizációs távcsövünk egyedülálló előnye, hogy a polariméterrel is ellátott híres nagy földi teleszkópokkal ellentétben nem földhöz kötött, hanem könnyen hordozható, és $15,26^\circ \times 10,18^\circ = 155,35$ négyzetfokos látómezeje két nagyságrenddel nagyobb, mint a rögzített polarizációs távcsövek maximum $\sim 1^\circ \times 1^\circ = 1$ négyzetfok látótere. Ilyen igen szűk látómezejű nagy távcsövekkel legalább 155 polarizációs felvétel-hármaszt kellene készíteni a nagy ($\sim 15^\circ \times 15^\circ$) kiterjedésű és a számítógépes modellezésünk szerint dinamikus alakváltoztató porholdakról. Ez azonban kivitelezhetetlen, mert mindehhez legalább 155×9 perc = 23,25 óra expozíciós időre lenne szükség, márpedig ennyi idő nyilván nem áll rendelkezésre egyetlen éjszaka alatt. Távcsövünk hordozhatósága azért szükséges, hogy asztropolarimetriai méréseinket kedvező asztróklímájú helyszínekre vándorolva végezhesük vele. A nagy látótere pedig előfeltétele a legalább $15^\circ \times 15^\circ$ kiterjedésű Kordylewski-porholdak egyazon polarizációs mintázaton belüli leképezhetőségének. Jelenleg egyedül mi rendelkezünk ilyen hordozható polarizációs távcsővel, aminek



7. ábra: A Tejút (A) és egy naplemente (B) látványa az Isabis Asztrofarmról. A B fényképen a Vénusz és a növekvő holdsarló is látszik. (A szerzők fényképei)

továbbfejlesztett változatát legalább még négyszer tervezzük használni az Isabis Asztrofarm magyar mérőkampányain.

Csillagászoknak és asztrofotósoknak ideális ez a helyszín, ahol olyan éjjeli tisztaégboltélményekben részesülhetnek, mint Magyarországon és sok más fényszennyezéssel terhes helyen soha. Megérkezésünk estéjén a terepjárónkból kiszállva nem hittünk a szemünknek megpillantva a hihetetlenül fényes Tejutat és a déli égbolt többi sziporkázó égitestjét (**7A ábra**), melyek csillagképeinek zöme ismeretlen az északi féltekéről ide érkezőknek, köztük az egyik leg-híresebbel, a Dél Keresztjével, amit az Acrux, Mimosa, Gacrux és Δ Crucis csillagok jelölik ki (**6. ábra**). A Dél Keresztje az északi féltekéről csak a 20. szélességi kör alatt látható a horizont közelében, és hosszabbik tengelye jelöli ki közelítőleg a déli irányt. Az Isabis fölötti igen gyakran teljesen tiszta égbolt naplementéi és -fölkeltéi szokatlanul színpompásak, mély narancsban-vörösben tobzódnak, mely hosszú hullámhosszok fokozatosan váltanak a magasabb elevációk mély kékjébe majd feketéjébe (**7B ábra**). Mindeme csodálatos égi látvány részben annak köszönhető, hogy a Khomas-fennsíkon ~1800 méterrel vékonyabb légkör szűri meg az égitestek fényét.

HORVÁTH GÁBOR – SLÍZ-BALOGH JUDIT –
MÁDAI ATTILA – SÁRI PÁL – MITRÓ ILONA

Köszönetnyilvánítás: A HUN-REN-ELTE Asztropolarimetria Kutatócsoport 66 hónap futamidejű, "Hordozható képalkotó polariméteres csillagászati távcső építése és a Föld kedvező asztroklímájú területein történő alkalmazásai, különös tekintettel a Kordylewski-porholdakra" című kutatási programját a HUN-REN Magyar Kutatási Hálózat

HUN-REN-ELTE-0116607 pályázata támogatja. Köszönjük Joachim Cranznak, hogy namíbiai kutatómunkánkat lehetővé tette a Khomas-fennsíkon lévő Isabis Asztrofarm nevű csillagászati állomásán.

IRODALOM

- [1] Slíz-Balogh J, Barta A, Horváth G (2019) Kordylewski porholdjának polarimetriai észlelése: Lagrange égi porszívója. Természet Világa 150: 169-175
- [2] Horváth G, Slíz-Balogh J (2019) Interjú Kazimierz Kordylewski lengyel csillagász fiaival: porholdmérés polarimetriával. Élet és Tudomány 74: 425-427
- [3] Slíz-Balogh J, Máda A, Sári P, Horváth G, Barta A (2024) A Kordylewski-porholdak asztropolarimetriája. Fizikai Szemle 74: 20-23
- [4] Slíz-Balogh J, Barta A, Horváth G (2018) Celestial mechanics and polarization optics of the Kordylewski dust cloud in the Earth-Moon Lagrange point L5 - Part I. Three-dimensional celestial mechanical modelling of dust cloud formation. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 480: 5550-5559
- [5] Slíz-Balogh J, Barta A, Horváth G (2019) Celestial mechanics and polarization optics of the Kordylewski dust cloud in the Earth-Moon Lagrange point L5 - Part II. Imaging polarimetric observation: new evidence for the existence of Kordylewski dust cloud. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 482: 762-770
- [6] Slíz-Balogh J, Máda A, Sári P, Barta A, Horváth G (2023) First polarimetric evidence of the existence of the Kordylewski dust cloud at the L4 Lagrange point of the Earth-Moon system. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 518: 5236-5241
- [7] Slíz-Balogh J, Horváth D, Szabó R, Horváth G (2020) Dynamics of spherical space debris of different sizes falling to Earth. Astronomical Notes 341: 245-257 (doi: 10.1002/asna.202023688)
- [8] Slíz-Balogh J, Horváth G (2020) Az űrszemét égi mechanikája 1. rész: Az űrszemét keletkezése és jellemzői. Fizikai Szemle 70: 167-172
- [9] Horváth G, Slíz-Balogh J, Horváth D, Szabó R (2020) Az űrszemét égi mechanikája 2. rész: A kisebb vagy a nagyobb űrszemét zuhan-e le előbb? Földre hulló, el nem égő vasgolyók dinamikájának modellezése. Fizikai Szemle 70: 198-206



MESTERSÉGES EGYESÍTÉS

Aggregációs kimérák

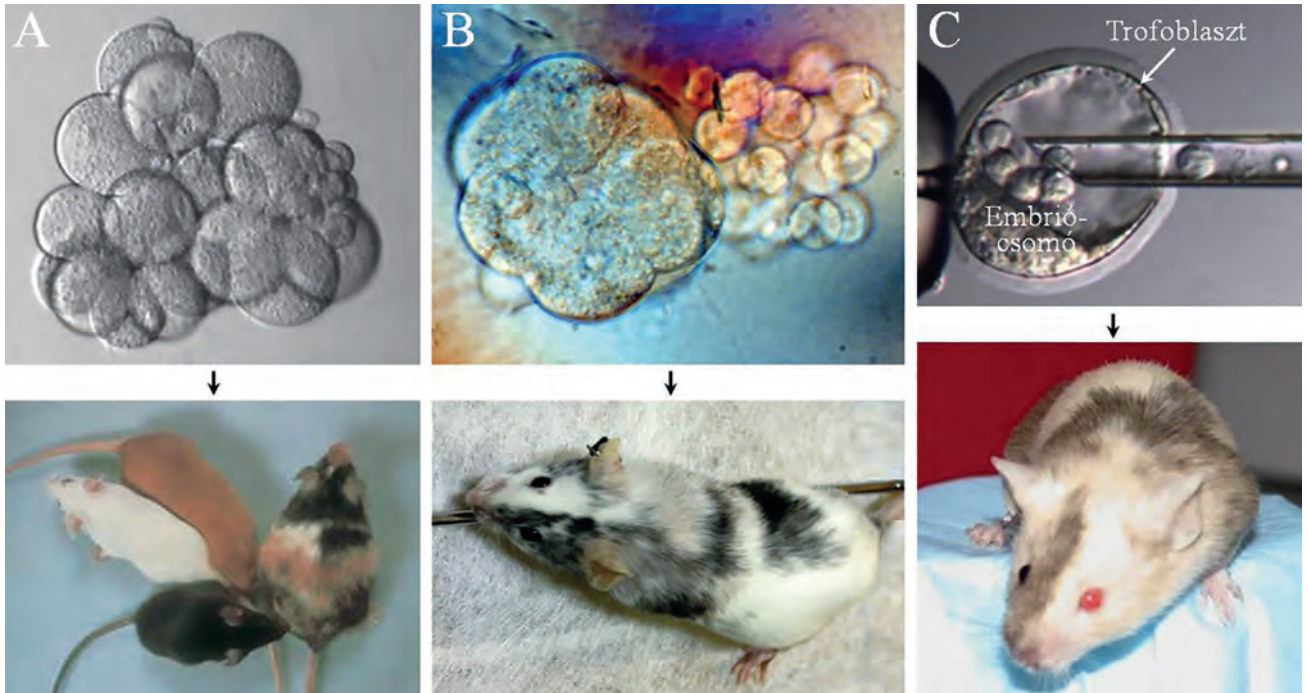
3. RÉSZ A Természet Világa korábbi számában azt mutattuk be, hogy miként képződnek fúziós és sejtcsérés kimérák, valamint hogy milyen különleges történések kapcsolatosak velük. A jelen dolgozatban az aggregációs kimérákkal ismerkedhet meg az olvasó. Olyan élőlényekkel, amelyek úgy képződnek emberi tevékenység nyomán, hogy ugyanabból, vagy különböző fajokból származó embriókat, sejteket, szöveteket egyesítenek.

Minthogy embriók spontán is összeolvadhatnak, kézenfekvő az ötlet: fuzionáltassunk, aggregáljunk embriókat, vagy ültessünk be sejteket, szöveteket fejlődő embriókba, készítsünk úgynevezett aggregációs, illetve injekciós kimérákat. Hogy miért? Különféle szándékkal. Ha jól felismerhetők a kimérák sejtjei, szövetei, tanulmányozásukkal olyan alapvető kérdéseket lehet megválaszolni, mint például: az embriók mely sejtjeiből és miként származnak az élőlények szövetei, szervei? Hogyan alakul a sejtek fejlődési potenciálja az egyedfejlődés folyamán? Ép és mutáns sejtekből készített kimérák tanulmányozásával kideríthető, hogy mi a gének szerepe a különféle sejtípusok életében, és hogy a gének funkciója sejtautonóm vagy sem. A különféle fajok sejtjeiből készített kimérákkal pedig megismerhetjük a fajok közötti „gát” természetét. Vannak, akik azt gondolják, hogy az aggregációs kimérákkal olyan „alkatrészek” készíthetők, amelyek szervek

transzplantációiban lesznek használhatók. Valójában a transzplantált szervvel élők is kimérák, csakúgy, mint az oltványok, az oltással, vagy szemzéssel készített növényi kimérák.

Rövid történeti áttekintés

Az első kiméra, egy kisegér, 1961. március 6-án született. Andrzej Tarkowski készítette (1933–2016; Varsóban dolgozott) [1]. Úgy, hogy fiatal egérembrió néhány sejtjét olyan egérembrióba ültette, amely genetikailag különbözött a beültetett sejtektől (1. ábra). Tarkowskival egy időben Beatrice Mintz (1921–2022) Philadelphiában úgy készített egérkimérát, hogy két nyolcsejtes egérembriót egyesített [2]. Ezt követően a két embrió egyként folytatta életét, és egy átlagos egér méhében ültetve bő két hét elteltével megszületett a kiméra. (Három egérembrió aggregációját követően született az a kiméra, amely

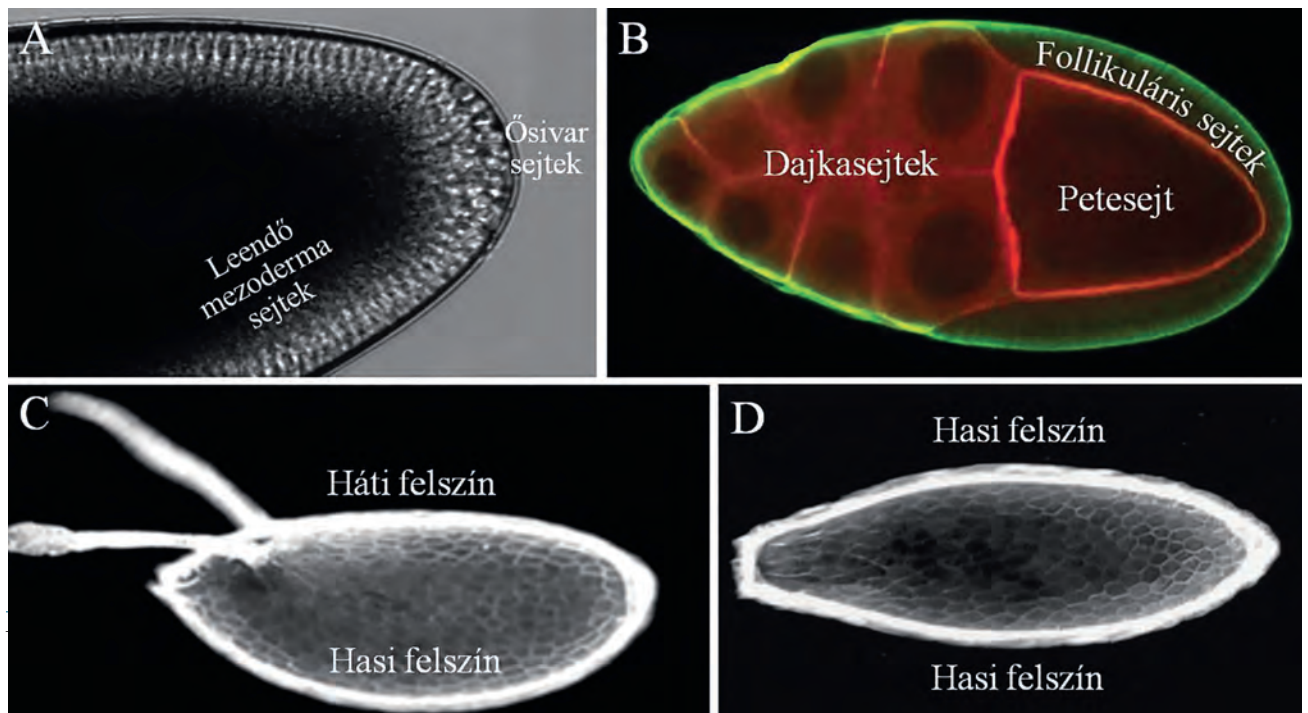


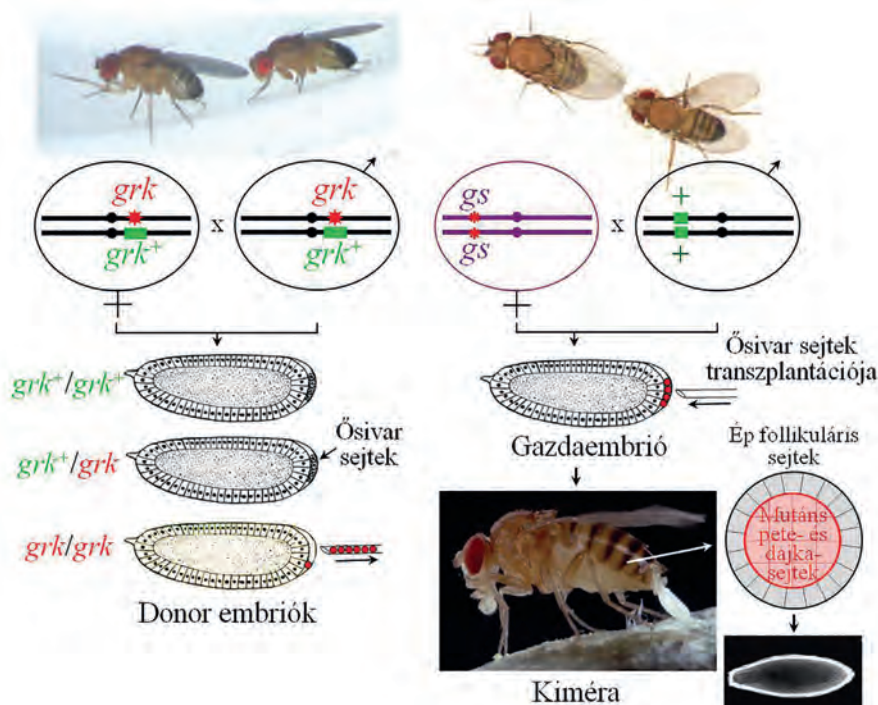
1. ábra. Egér kimérák. (A) Az alsó kép jobb oldalán látható kiméra egér három embrió aggregációját követően született. Hat szülője volt: két-két vörös, fehér és fekete bundájú. (B) Kiméra, amely egy fehér szülőktől származó embrió, valamint tenyésztett embrionális őssejtet aggregációja nyomán képződött. A tenyésztett sejtek (a felső kép jobb oldalán) olyan embrióból származtak, amely szüleinek bundája szürke volt. (C) Injekciós kiméra. Úgy képződött, hogy albinó szülő hógycsára állapotú embriójába tenyésztett „szürke” őssejtet injektáltak. Az élőlény az embriócsomó sejtjeiből fejlődik. A trofoblaszt sejtjeiből származik a magzatburok, valamint a méhlepény azon része, amely felületet biztosít az anya és magzata vérkeringése között.

bundája vörös/fehér/fekete tarka volt; **1. ábra**). Az aggregációs és az injekciós kimérák szerepe jelentősen megnőtt, miután tenyésztett (és gyakran genetikailag módosított) sejteket kezdtek injektálni gazdaembriókba [3][4]. Az 1960-as éveket követően nemcsak egerekből,

hanem más fajokból, sőt, különböző fajok embrióinak egyesítéséből is születtek kimérák. Bizonyos, hogy az aggregációs és az injekciós kimérák sok-sok értékes tudással bővítették az élővilágról alkotott ismereteinket [5][6][7].

2. ábra. Sejtsorsok és muslicapeték. (A) A blasztoderma hátsó végében képződő ősvarsejtekből származnak a petekezdemények pete- és dajkasejtjei, a ventrális oldalán lévő sejtjeiből ered a mezoderma, amely némely sejtjéből képződnek a petekezdeményeket burkoló folliculáris sejtek. (B) Egy petekezdemény sejtjeitípusai. (C) Vad típusú pete, háti felszínén két függelékkel. (D) A ventralizált petéknek két hasi felszíne képződik.





3. ábra. A kiméra petekezdeményekben a *grk* homozigóta pete- és dajkasejteket ép follikuláris sejtek burkolják. (Magyarázat a szövegben.)

mutációra homozigóta nőtények petéi ventralizáltak: a háti helyett is hasi felszínük képződik (2. ábra), mert a ventralizált peték nem termékenyülnek meg, a *grk*, vagy a *top* mutációra homozigóta nőtények sterilek. A mutáns fenotípus alapján valószínűsíthető, hogy az ép *gurken*⁺ és a *torpedo*⁺ gének a peték háti felszínének kialakulásához szükségesek. Vajon mi a két gén szerepe? Vajon a follikuláris, vagy a pete- és a dajkasejteken funkcionálnak?

A kérdésekre Trudi Schüpbach adott választ az 1980-as években [8]. Úgy, hogy a *grk* mutációra heterozigóta szülőket keresztezett (3. ábra). A blasztoderma stádiumú utódembriók ősvarsejtjeit vékony üvegkapillárisal összegyűjtötte, és gazdaembriók hátulsó végébe ültette,

lényegében injekciós kimérákat készített. (Zárójelben: a gazdaembriók olyan nőtényektől származtak, amelyek homozigóták voltak a *grandchildless* — *gs* mutációra. Bár a *gs/gs* nőtények embrióiban nem képződnek ősvarsejtek, ám a többi sejtjük tökéletesen ép.) A gazdaembriókba ültetett *grk/grk* ősvarsejtekből, és az azokat burkoló sejtekből olyan kiméra petekezdemények fejlődtek, amelyekben a mutáns pete- és dajkasejteket ép follikuláris sejtek burkolták (3. ábra). Nos, a kiméra petekezdeményekből ventralizált peték képződtek, ami azt mutatja, hogy az ép *gurken*⁺ gén funkciójára a pete- és a dajkasejteken van szükség. (Zárójelben említjük, hogy az ősvarsejtek transzplantációja „vakon” történik:

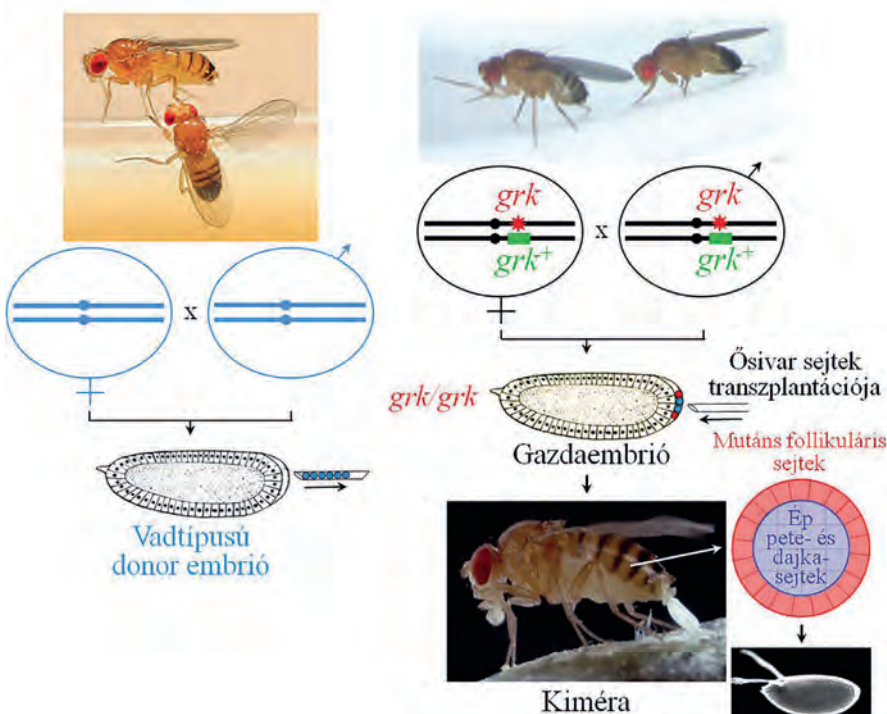
sem a donorembrió genotípusa, sem pedig neme nem ismert. A *grk*⁺/*grk*⁺ és a *grk*⁺/*grk* ősvarsejteket hordozó kimérák belső kontrollként szolgálták a kísérlet sikerét.)

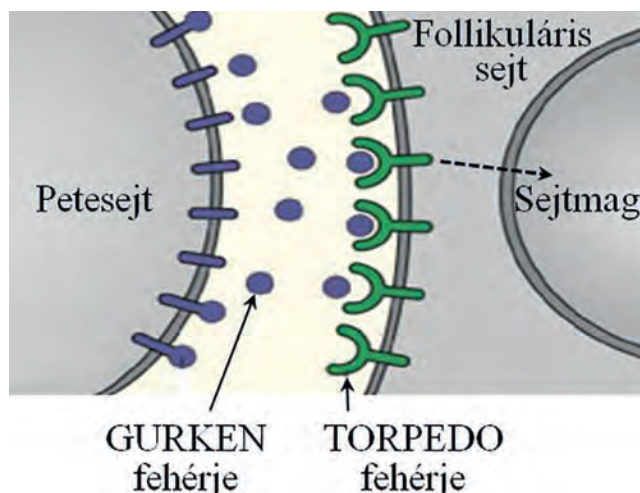
A fenti következtetés igazát megerősítendő, egy másik kísérletben Turdi Schüpbach vadtípusú embriók ősvarsejtjeit ültette *grk/grk* homozigóta gazdaembriókba (4. ábra). A kiméra petekezdeményekből tökéletesen ép peték, azokból pedig utódok származtak, bizonyítva, hogy az ép *gurken*⁺ gén funkciójára a follikuláris sejtekben nincs szükség.

4. ábra. A kiméra petekezdeményekben a vadtípusú pete- és dajkasejteket a *grk* mutációra homozigóta follikuláris sejtek burkolják. (Magyarázat a szövegben.)

Kimérák és sejtfunkció

Arra, hogy miként használhatók kimérák a génfunkció megismerésére, a muslica *gurken* és *torpedo* génjeinek esetét mutatjuk be. Tudnivaló, hogy a muslicapeték jellegzetes alakúak, háti felszínükön két függeléssel (2. ábra). A függelécek részei annak a fehérjeburoknak, amely a follikuláris sejtek terméke, mely sejtek mezoderma eredetűek. A petekezdemények része a pete-, valamint az öt tápláló 15 testvér dajkasejt is. A pete- és a dajkasejtek azokból az ősvarsejtekből származnak, amelyek a blasztoderma stádiumú embrió hátulsó végében képződnek. A *gurken* (*grk*), vagy a *torpedo* (*top*)





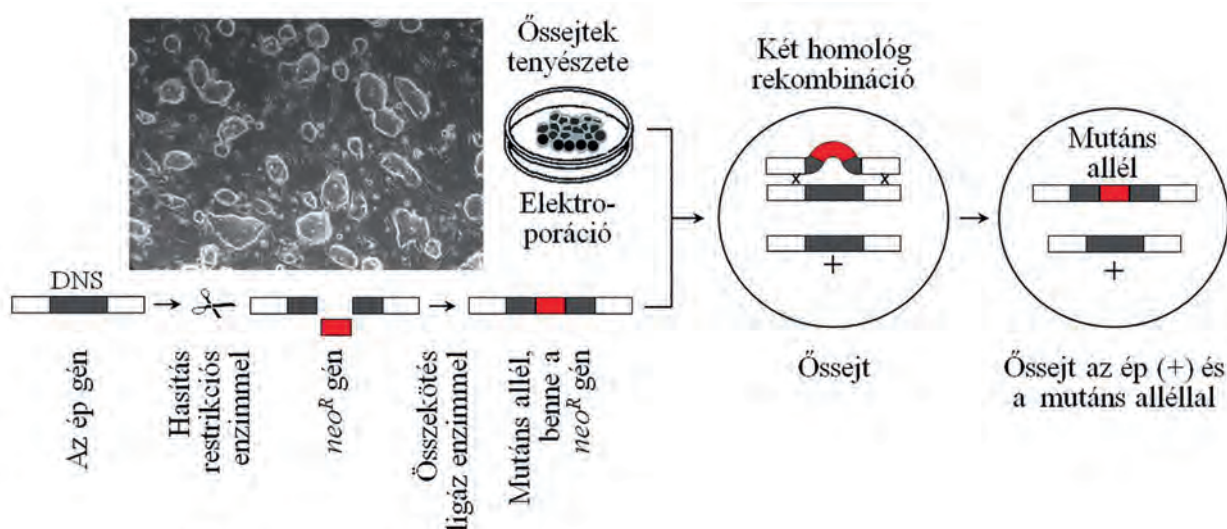
5. ábra. A GURKEN és a TORPEDO fehérjék szerepe a follikuláris sejtek fejlődési programjának meghatározásában. (Magyarázat a szövegben.)

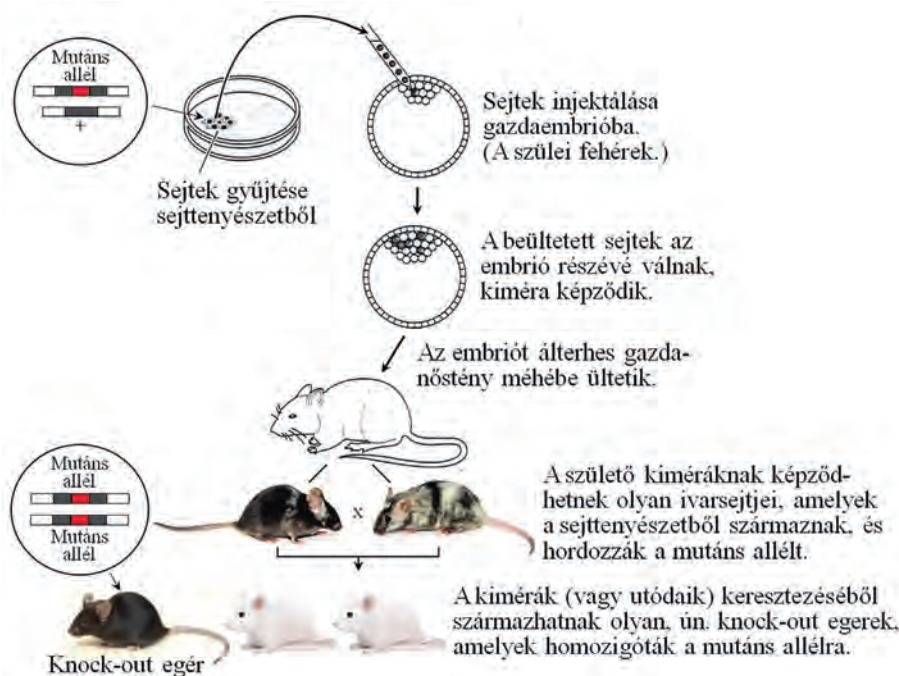
Mint fentebb említettük, a *torpedo* mutációra homozigóta nőstények petéinek is két hasi oldala van (2. ábra). Az ősvarsejtek transzplantációján alapuló módszerrel készített kimérák analízise alapján arra derült fény, hogy az ép *torpedo*⁺ gén funkciójára a follikuláris sejtekben van szükség, a pete- és a dajkasejtekben pedig nincs szerepe. A két gén molekuláris szintű vizsgálata megmutatta, hogy a *gurken*⁺ gén egy mindössze néhány tucatnyi aminosavból álló GURKEN fehérjét kódol, amelyet a petesejt kiválaszt, és amely fehérjemolekulák azokkal a TORPEDO receptor

fehérjékkel lépnek kapcsolatba, amelyeket a *torpedo*⁺ gén kódol, és amelyek átívelnek a follikuláris sejtek sejthártyáján (5. ábra). A két fehérjeféleség találkozása nyomán megváltozik az érintett follikuláris sejtek fejlődési programja, és a peték háti felszínét fogják képezni. Ha a GURKEN, vagy a TORPEDO fehérje hiányzik, elmarad a sejtek fejlődési programjának meghatározása, a follikuláris sejtek az alternatív, a hasi felszínre jellemző programot hajtják végre, és végeredményben ventralizált peték képződnek két hasi felszínnel.

A muslica *gurken* és *torpedo* génjeinek ismerete hozzájárult az emberi rokon gének, és szerepük megértéséhez. A *gurken*⁺ gén emberi homológja az úgynevezett epidermális növekedési faktort (EGF) kódolja, egy 53 aminosavból álló fehérjét. Az EGF, mint általában a növekedési faktorok, sejtosztódást és -differentiációt szabályoz, a száj-nyelőcső-gyomor kapcsolat fenntartásának fontos tényezője. A nyálban lévő EGF szerepel a száj-, a nyelőcső- és a gyomorfekélyek gyógyulásában. Gátolja a gyomorsavképződést, részt vesz a fogcsírák, és a fogak csontozatának kialakulásában. Az ember *torpedo*⁺ génje az EGF receptorát (Epidermal Growth Factor Receptor, EGFR) kódolja. Az EGFR a receptor tirozin-kinázok egyike. Olyan, a sejthártyán átívelő fehérjeféleség, amely receptor része, miután a sejthez érkező jellel kapcsolódik, a sejten belülre továbbítja a hírt: üzenet érkezett. A jel hatására egy olyan kaskádyszerű folyamat indul be, amely eredményeként

6. ábra. A knock-out technika sematikus összegzése. A tanulmányozandó ép gén DNS-ét restriktációs enzimmel jól definiált helyen hasítják. A hasadás helyére a ligáz enzimmel idegen eredetű DNS-t illesztnek, miáltal elkészül a gén funkcióképtelen (knock-out) mutáns allélja. Ha az idegen eredetű DNS antibiotikum-rezisztenciát kódol (például a neomicin-rezisztenciát kódoló *neo*^R gén), a mutáns allél hordozó sejtek antibiotikum-rezisztensek. A mutáns allél DNS-ét összejtek tenyészetébe viszik, ahol elektroporációt követően a sejthártyán nyíló lyukakon át a sejtekbe kerülnek. A sejtmagba jutva a mutáns DNS-molekulák „megkeresik” a homológ (kromoszómában lévő) szekvenciát. Ha az ép és a mutáns szekvenciák között két homológ rekombináció történik, olyan sejt képződik, amely heterozigóta a mutáns allélra, és egyben antibiotikum-rezisztens is. Antibiotikum-kezelés után csak a heterozigóta sejtek élnek túl. (Itt + az ép gén jele.)





7. ábra. Séma egerek készítésére tenyésztett sejtekből, kimérák közbeiktatásával

megváltozik a sejtek fejlődési programja. Az EGFR gén funkciójának részleges, vagy teljes hiányában olyan betegségek alakulnak ki, mint például a sclerosis multiplex, vagy az Alzheimer-betegség. Az EGFR gén túlzott expressziója nyomán petefészek-, gyomor-, tüdő-, és húgyhólyagrak képződhet. Az emlőrákok körülbelül 25 százalékában az EGFR fehérjéből több van a kellenél. Az epiteliális eredetű daganatok 30 százaléka az EGFR génnek valamelyikében bekövetkező mutáció miatt alakul ki. Sok, a glia sejt eredetű glioblasztóma agydaganat sejtjeiben az EGFR sejten belüli tirozin-kináz része mutáció miatt folyamatosan aktív, becsapja a sejtet. Az EGF és az EGFR funkciók ismeretében dolgoztak ki szakemberek olyan terápiás megoldásokat, amelyekkel sok daganatos embertársunkon lehet segíteni.

Kimérák és a knock-out technika

Az úgynevezett „knock-out” (génkiütött) technika kidolgozását olyan ismeretek tették lehetővé, mint például az őssejtek tenyésztése, gének genetikai módosítása, és élőlények készítése tenyésztett sejtekből. A módszer lényegét a 6. ábra összegzi. A knock-out technikával bármely, a kutatók által kiválasztott gén funkcióját meg lehet szüntetni, a mutáns fenotípus alapján pedig következtetni az ép gén funkciójára. A néhány éve megismert CRISPR/Cas9 génszerkesztési technikával pedig tetszés szerint lehet

módosítani a tanulmányozott gén funkcióját.

Kérdés, miként lehet a genetikailag módosított sejtekből élőlényeket készíteni? A heterozigóta sejteket embriócsomóval aggregáltatva, vagy hólyagcsírába injektálva kimérák készíthetők (1. és 7. ábra). A kimérának képződhetnek olyan ivarsejtjei, amelyek a mutációra heterozigóta, tenyésztett sejtekből származnak. A kimérákat egymással pároztatva olyan knock-out utódok is képződhetnek, amelyek homozigóták az általunk elkészített knock-out mutáns allélra. A mutáns fenotípusból aztán következtethetünk az ép gén funkciójára. Leggyakoribbak és legismertebbek az egerek aggregációs és injekciós kimérái. (Az első knock-out egér 1989-ben született [9].) Mára több, mint nyolcezer egérgén kiütött változata

készült el, derült fény az ép gének funkciójára. És mint-hogy az egér, valamint az ember genetikailag meglehetősen közeli rokon fajok, az egér knock-out mutánsokból kiindulva sok öröklődő emberi nyomorúság molekuláris genetikai alapjai váltak ismertté, járultak hozzá öröklődő betegségek megismeréséhez, gyógyításához. (Zárójelben: az ember és a rágcsálók fejlődése körülbelül 75 millió éve különült el, genomjaink nagyjából 90 százalékban azonosak.) Méltán érdemelte ki a knock-out technika kidolgozásáért Oliver Smithies, Mario R. Capecchi és Martin J. Evans a Nobel-díjat 2007-ben.

Kimérák szervek, szövetek, sejtek transzplantációja nyomán

Kimérák azok az embertársaink is, akik szervezetébe egy másik emberből származó szerve(ke)t, szövete(ke)t ültettek, hogy javuljon életminőségük, hosszabbodjon életük. Átültethető szerv lehet a szív, vese, máj, hasnyálmirigy, tüdő, vékonybél és csecsemőmirigy, a szövetek pedig legtöbbször a következők: szaruhártya, csontvelő, bőr, csont, porcszövet és vérerek. A gondosan kiválasztott és átültetett szervet, szövetet befogadja a gazda szervezete, ahol akár hosszú éveken át funkcionálhat. Egy transzplantált ember szervezetében négy genom van: egyet az édesanyjától, egyet az édesapjától örökölt, kettő pedig a transzplantált sejtekkel „érkezett”. Ha a két kapott genom a csontvelő sejtekbe érkezik, érdekes jelenségek eredhetnek. Íme néhány példa.

Chris Long (1971–2019), aki Reno város rendőrfőnöke (seriffje) volt, leukémiában betegedett meg. Intenzív kemoterápiás kezelés során kiirtották vérképző sejtjeit, köztük a kórosan viselkedőket is. Az elveszett vérképző sejteket aztán csontvelő-átültetéssel pótolta. A beültetett csontvelő Németországból érkezett, majd Chris Long szervezetébe ültetve tette a dolgát: vért képzett, az összes alkotóival. A transzplantáció után három hónappal a német donor DNS-e Chris Long szervezetének minden pontján jelen volt, négy év elteltével pedig Chris Long spermiumaiban csak a donor eredetű DNS volt kimutatható [10]. A kemoterápiás kezelés során azok az őssejtek is elpusztultak, amelyekből a spermiumok képződtek, a csontvelő-átültetés sejtjei között pedig olyan őssejtek is voltak, amelyek a herében megtelepedve spermium őssejtként kezdtek funkcionálni. A csontvelő-átültetettek a bűnüldözőknek is okozhatnak fejtörtést. Alaszkában, 2004-ben egy bűnügyi tethelyen izolált DNS alapján azonosítottak egy gyanúsítottat. Igen ám, de mivel börtönben ült, nem lehetett a tettes. Mígnem kiderült, hogy a gyanúsított csontvelő-átültetett volt, a csontvelőt a testvérétől, a bűnesetet elkövetőtől kapta. Akit aztán el is ítélték. Egy további különös esetben egy szexuális zaklatás áldozata azt

állította, hogy csak egy támadója volt. Ám a begyűjtött DNS mintában a laboratórium két tettes DNS-ét mutatta ki. Végül kiderült, hogy az egyik minta az elkövetőé, a másik a csontvelődonoré volt. Egy további esetben egy balesetben elhunyt férfi vérmintája alapján nő volt. A rejtélyt az áldozat lánya oldotta meg, aki elmondta, hogy édesapja csontvelő-átültetésen esett át, és a lánya volt a donor.

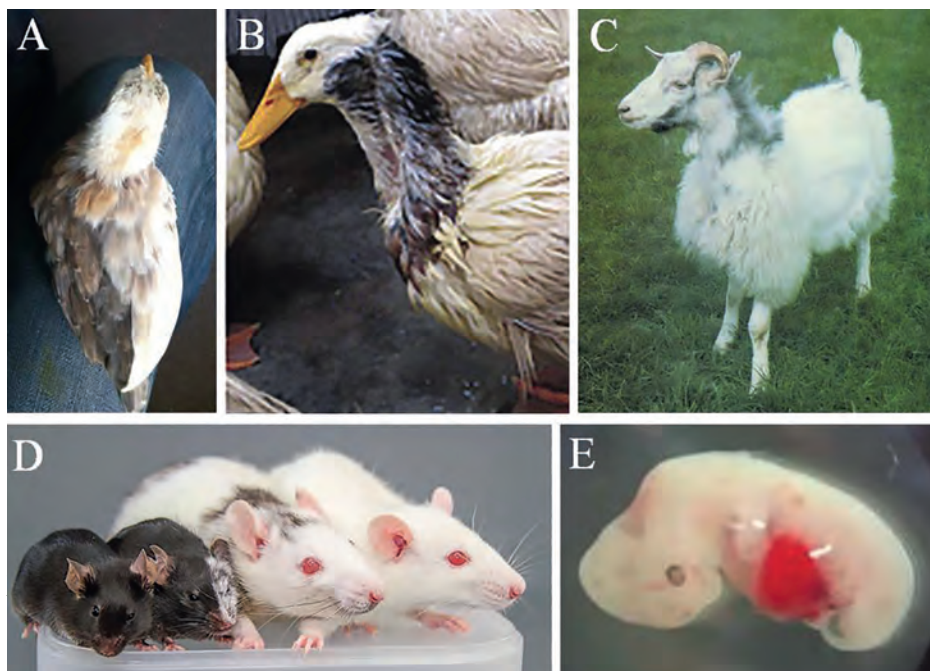
Fajok közötti kimérák

Az aggregációs és az injekciós kimérák készítésének technikáit kidolgozva nyílt lehetőség olyan, úgynevezett fajok közötti kimérák készítésére, amelyek testét különböző fajok sejtjei alkotják (8. ábra). A fajok közötti kimérákat elsősorban azért készítették és készítik, hogy tanulmányozzák a sejtek vándorlását, a szervek képződését az embriogenezis folyamán. A jól megválasztott fajok esetében ugyanis kényelmesen különbség tehető a fajok sejtjei között [11]. A fajok közötti kimérák készítése az 1960-as évek végén kezdődött. Nicole Le Douarin úgy készített csirke/fürj kimérákat, hogy fiatal csirkeembriók egy részét eltávolította, és fürjembrió azonos részével helyettesítette. A kimérákban a vándorló sejtek, elsősorban a pigmentképző melanociták sorsát kutatta [6]. Janet Rossant úgy készített két egérfajból aggregációs kimérákat, hogy házi egér (*Mus musculus*) hólyagcsírák belsejébe egy ázsiai egérfaj (*Mus caroli*) embriócsomóit injektálta [12]. A kiméra embriókat házi egerek méhébe ültette. Bár a kísérlet célja az volt, hogy kövessék a sejtek migrációját az embriogenezis folyamán, a kiméra egerek viselkedése alapján is érdekes következtetésre jutottak: amíg az ázsiai faj példányai ugra-bugrálósak, a házi egerek hozzájuk képest nyugodtak. A kimérák viselkedése, valamint központi idegrendszerének vizsgálata alapján meg lehetett mondani, hogy mely idegcsoportok szabályoz-

zák az egerek aktivitását.

A fajok közötti kimérák között alighanem a birka/kecske kimérák voltak a leglátványosabbak (8. ábra) [13]. Vagy nyolc-nyolc sejtől álló birka és kecske embriók aggregációjával, vagy úgy készültek, hogy embriócsomót ültettek a másik faj hólyagcsírájába, ahol a két embriócsomó egyesült, és egyként folytatta életét. Elsősorban azért készítették ezeket, hogy fény derüljön a vemhes nőstény és magzata közötti

8. ábra. Fajok közötti kimérák. (A) Csirke/fürj kiméra. A sárga tollak csirke, a feketék fürj eredetűek. (B) Kacsa/fürj kiméra. A fehér tollak kacsa, sötétek fürj eredetűek. (C) Birka/kecske kiméra. A kiméra birka része gyapjas, a kecske rész sima fehér szőrrel borított. A kecskeszerű szarvai úgy görbültek, mint a birkáké. (D) Balról jobbra, egér, egér/patkány, patkány/egér kimérák és patkány. Az egér/patkány kiméra úgy készült, hogy egérembrióba patkány őssejteket ültettek, a kiméra embrió egér méhében fejlődött. A patkány/egér kiméra pedig úgy képződött, hogy patkányembrióba egér őssejteket ültettek, a kiméra nőstény patkányban fejlődött. Az egér és a patkány közeli rokonfajok: közös ősből körülbelül 10–15 millió évvel ezelőtt különültek el. (E) Sertés/ember kiméra embrió. Az ember eredetű sejtek vörös színben tűnnek elő. (Részletes magyarázat a szövegben.)



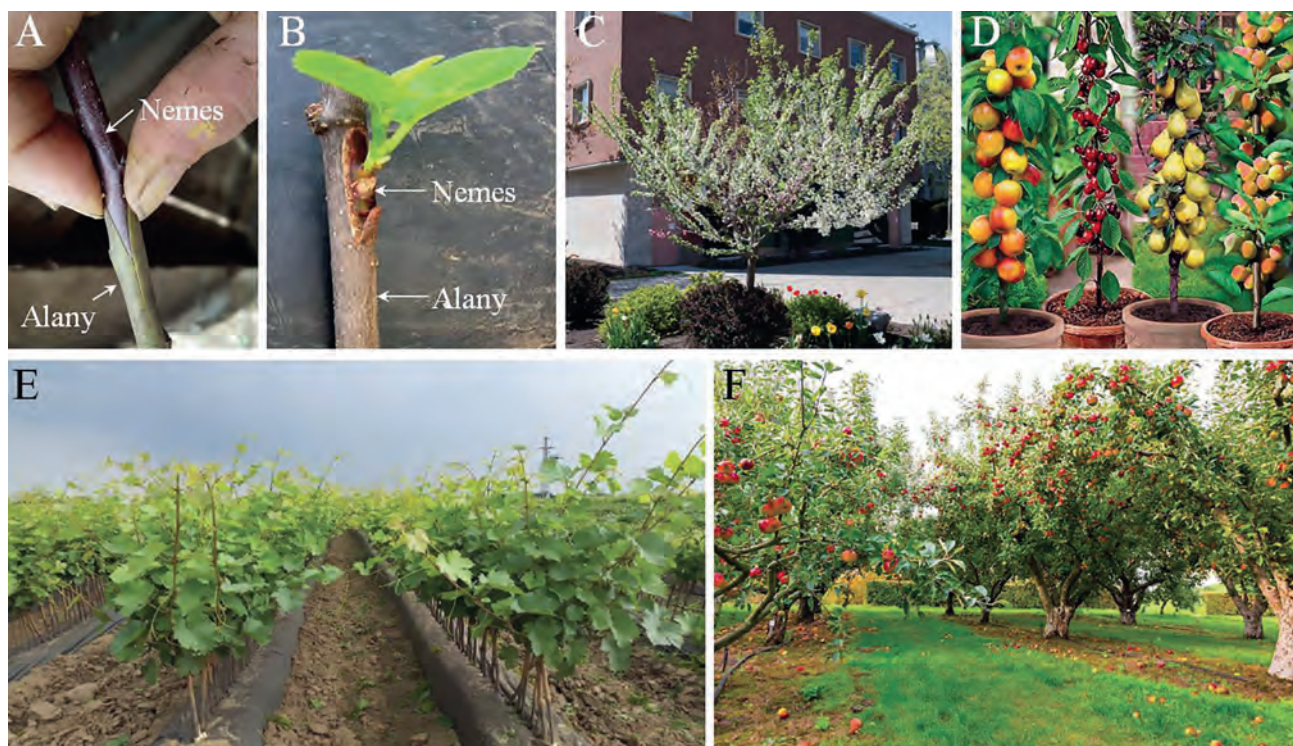
kapcsolat természetére. Magyarországon Gergátz Elemér és munkatársai 1986-ban készített birka/kecske kimérát. A kiméra birka anyákban nevelkedett, és Jukecsnek nevezték. (Lehetett volna Bicske, vagy Kerka is.) Jukecs kecskeként mekegett, testét foltokban alkották a birkákra, valamint a kecskékre jellemző testtájak. Utódai birkák voltak. Két és fél évet élt, tüdőgyulladásban pusztult el.

A 2000-es évek közepén kezdődtek azok a kutatások, amelyek során egér-, vagy sertésembriókat aggregáltattak majom, illetve ember őssejtekkel. Abban a kísérletsorozatban, amelyben egér hólyagcsírákba injektáltak bundermajom vagy pávián tenyésztett embrionális sejteket, a majomsejtek „nem fogantak meg”. A sikertelenség oka minden bizonnyal az, hogy az egér- és a majomfajok túlságosan távoli rokonok, az embrionális sejtek közötti kommunikáció elégtelen a kimérák fejlődéséhez. Hasonló következtetésre jutottak azok a kutatók is, akik sertés hólyagcsírákba ültettek ember eredetű őssejteket. A sertés/ember kimérák készítői abban reménykedtek, hogy a kimérákban képződő ember eredetű szerveket (szív, máj, vesék) transzplantációban lehet hasznosítani. (A sertésre azért esett a választás, mert anatómiailag meglehetősen hasonlít az emberre.) Nos, a 2075 kiméra embrióból — amelyeket kocák méhében tartottak — csak 186 élt 28 napot (amennyi időre a kutatási engedély szólt). Bennük az ember őssejt eredetű rész kicsiny, és torz volt (8. ábra). A balsiker egyik

magyarázata az, hogy a sertés és az ember embriók fejlődési üteme eltérő: amíg a sertések vemhességi ideje négy, az ember méhen belüli élete kilenc hónap. A valószínűbb ok a két faj távoli evolúciós rokonsága: a sertések és az emberek közös ősei körülbelül 80 millió évvel ezelőtt éltek. Mófdelett valószínűtlen, hogy fajok közötti kimérákkal fognak transzplantációra használható emberi szerveket készíteni...

A fajok közötti kimérákkal elvileg lehetőség kínálkozik veszélyeztetett fajok megmentésére. Tenyésztett sejtekből a 7. ábrán bemutatott protokoll szerint. Vagy úgy, hogy előbb eltávolítják egy gazdafaj hólyagcsírájából az embriócsomót, ami helyébe pedig a megmentendő faj embriócsomóját ültetik. A „művi” embrió egy gazdanőstény méhében ültetik, hogy ott fejlődjön, és majdan megszülessen a megmentendő faj egy egyede. (A kísérlet sikere akkor nagy, ha a kiméra embriókat annak a fajnak a méhében ültetik, amely embriója befogadta az idegen embriócsomót.) A javaslat használhatónak tűnik. Polzin és munkatársai kecskeembriók embriócsomóit olyan birka hólyagcsírákba ültették, amelyek embriócsomóit eltávolították [14]. A kiméra embriókat juhok méhében ültették. A kísérletsorozatban kilenc kecske született (és egy fajok közötti kiméra is). A megoldás tehát olyan fajok esetében bevált, amelyek evolúciósan viszonylag közeli rokonok: a kecskék és a juhok ősei mindössze 4 millió éve különültek el.

9. ábra. Az oltványok növényi kimérák. (A) Az oltás: az alany szárába a nemes, egy másik növény hajtását illesztik. (B) Szemzés: az alany kérge alá egy másik növény rügyét ültetik. (C) A Syracuse Egyetem kertjében élő oltványban negyven különféle csonthéjas magvú növényfaj és fajta él együtt (például szilva, cseresznye, őszibarack, kajszibarack, mandula). (D) Az oltványok nemes része egy-két év alatt termőre fordul. (E) A szőlőoltványok nemcsak filoxéra-rezisztensek, hanem őrzői a nemes szőlőfajták tulajdonságainak. (F) Minden almafaoltvány. Nemes részük egyetlen kiváló tulajdonságú faoltással készített másolatai.



Oltványok: kimérák oltásból, szemzésből

Az oltványok is kimérák, olyan növények, amelyekben különböző forrásokból eredő részek élnek együtt (9. ábra). Oltással vagy szemzéssel készülnek. Az oltás során az alanyra egy másik növényről (a nemesről) származó hajtást oltanak át, a szemzés esetén pedig rügyet ültetnek az alany kérge alá. Az oltványokban az alany vízzel látja el a nemest, az pedig cserébe szerves anyagokkal az alany gyökérzetét.

Az oltványok hasznát eleink is ismerték. Ókori források azt mutatják, hogy szőlőoltványokat már négyezer éve készítettek Mezopotámiában. Szőlőoltványokra a Bibliában is van utalás: Ézsaiás 5: 1-2; „Szőlője volt kedvesemnek kövér hegyoldalon. Fölásta és megtisztította a kövektől, beültette nemes vesszővel. Várta, hogy jó szőlőt teremjen, de vadszőlőt termett!” Bizonyos, hogy az oltványokat, hasznukat az ókori görögök és a rómaiak is ismerték.

Az oltványok több szempontból is hasznosak: (i) Nemes részük oltások sorozatán sem fajzik el, őrzi a genetikailag meghatározott értékes tulajdonságát. Ha ugyanis almát, meggyet stb. magról szaporítanak, az utódaik elmondhatatlanul sokfélék, és ritkák köztük az olyanok, amelyek jobb tulajdonságúak, mint szüleik. Ha viszont egy kiváló példányt ivartalanul szaporítanak (például oltással, szemzéssel), a nemes „másolatai” őrzik az eredeti tulajdonságot. Tudta a kedves olvasó, hogy a világ valamennyi Jonatán almafaja olyan oltvány, amelyek nemes része egyetlen első Jonatán almafa ivartalan szaporítással készített sok-sok példánya (9. ábra)? (Az első Jonatán almafa Rachel Higley — Ohio, 1804 —, vagy Jonathan Hasbrouck — Woodstock, NY, 1826 — kertjében élt.) Az Újfehértói fürtös meggyfák is oltványok, egyetlen meggyfaoltással vagy szemzéssel készített példányai. (Pethő Ferenc nemesítette az 1960-as években.) (Zárójelben említjük, hogy a növények ivartalan szaporításnak egy további módja a dugványozás: a kiváló tulajdonságú növény hajtásai gyökeretető közegben gyökeret eresztenek, és képződhet az eredeti növény tetszés szerinti számú kópiája. A növények ivartalan szaporítását néhány évtizede tenyésztett sejtekből, sejtcsoportokból is végzik.) (ii) A környezeti hatásokra rezisztens alanyokra oltva fenntarthatók az egyébként érzékeny nemes részek. Két példát említünk. A fagyra érzékeny nemeseket gyakran olyan alanyokra oltják, amelyek fagytürók. A szőlőskertekben olyan szőlőoltványokat tartanak, amelyek alanya filoxéra-rezisztens, miközben a nemes része érzékeny a fertőzésre. A filoxéra (szőlőgyökértetű) 1,5 milliméter méretű, amerikai eredetű rovar, a szőlő gyökerén gubacsokat képezve fojtja meg a növényt. Magyarországon 1875-ben bukkant

fel, és néhány évtized alatt óriási károkat okozott a szőlőültetvényekben. A vész megszűnt, miután alanyként a filoxéra-rezisztens amerikai eredetű parti szőlőt kezdték használni. A mai szőlőoltványok nemcsak filoxéra-rezisztensek, hanem őrzik a nemes szőlőfajták tulajdonságait. (iii) Az oltványokkal jelentősen lerövidíthető a tenyésztési idő. Amíg a magról nevelt növények csak öt-tíz éves korukban fordulnak termőre, az oltványok már akár egy-két év elteltével is teremnek. (iv) Az idegen beporzású növények esetében néhány oltványra olyan nemes (is) olthatnak, amely pollenforrásként biztosítja a beporzást, a bőséges termést. (v) A termés kényelmes begyűjtéséért olyan alanyokat szokás használni, amelyek az oltványok törpenövését biztosítják. Olyan megoldások, amelyeket a megismerő, kísérletező ember alkotott.

SZABAD JÁNOS

IRODALOM

- [1] Tarkowski A. K., Mouse chimaeras developed from fused eggs. *Nature* 190: 857-860, 1961.
- [2] Mintz B., Silvers W. K., „Intrinsic” immunological tolerance in allophenic mice. *Science* 158: 1484-1486, 1967.
- [3] Tarkowski A. K., Mouse chimaeras revisited: recollections and reflections. *International Journal of Developmental Biology* 42: 903-908, 1998.
- [4] Gardner R. L., Mouse chimaeras obtained by the injection of cells into the blastocyst. *Nature* 220: 596-597, 1968.
- [5] McLaren A., *Mammalian Chimaeras*. Cambridge University Press, Cambridge, 1976.
- [6] Le Douarin N., McLaren A., *Chimeras in Developmental Biology*. Academic Press, London, 1984.
- [7] Szabad János. *Genetikai mozaikok*. JATEPress, ISBN 978 963 315 407 6, 2019.
- [8] Schüpbach T., Germ line and soma cooperate during oogenesis to establish the dorsoventral pattern of egg shell and embryo in *Drosophila melanogaster*. *Cell* 49: 699-707, 1987.
- [9] Hall B., et al., Overview: generation of gene knockout mice. *Current Protocols in Cell Biology*, Chapter 19, 2009.
- [10] Murphy H., Man who had transplant finds out months later his DNA has changed to that of donor 5,000 miles away. *Independent*, December 9, 2019.
- [11] Suchy F., Nakauchi H., Interspecies chimeras. *Current Opinion in Genetics and Development* 52: 36-41, 2018.
- [12] Rossant J., et al., Interspecific chimeras in mammals: a new experimental system. *Journal of Animal Science* 55: 1241-1248, 1982.
- [13] Fehilly C. B., et al., Interspecific chimaerism between sheep and goat. *Nature* 307: 634-636, 1984.
- [14] Polzin V. V., et al., Production of sheep-goat chimeras by inner cell mass transplantation. *Journal of Animal Science* 65: 325-330, 1987.



220 ÉVE TÖRTÉNT

Az amerikai kontinens átszelése

Meriwether Lewis és William Clark 1804 és 1806 között elsőként szelték át az amerikai kontinenst, a Mississippitől a Csendes-óceánig. Térképeik, feljegyzéseik és leírásaik elsőként tudósítottak a „Nyugatról”, a határtalan lehetőségek és természeti gazdagság földjéről. Expedíciójuk révén az Egyesült Államok először támasztott igényt egész Észak-Amerikára, az Atlanti-óceán partjától a Csendes-óceánig.

A felfedezők először hagyták maguk mögött országuk nyugati határait, amikor 1805. augusztus 13-án átkeltek az ún. *Continental Divide*-on. Az Egyesült Államok területe csupán két év óta terjedt idáig, amikor a kormány a Louisina-vétellel 15 millió dollárért megvette Franciaországtól a 2,1 millió négyzetkilométernyi területet; New Orleanstól Kanadáig, a Mississippitől a Sziklás-hegységig. Ezzel az állam területe megkétszereződött, noha ezeken az új területeken az indiánokon kívül alig 50 ezer fehér élt.

Az indiánok még sohasem láttak fehér embert, azonban Lewis és Clark 29 hónapos útja során számos Missouri menti indián törzzsel közölte az üzenetet, hogy a washingtoni „Nagy Főnök” küldte őket, rajtuk keresztül kínálva védelmet és kereskedelmet.

Jefferson megbízása

Thomas Jefferson az Egyesült Államok harmadik (1800–1808), egyben az úgynevezett virginiai dinasztia (1800–1824) első elnöke 1803. június 20-án bízta meg Lewist az expedíció vezetésével. „Utazásuk célja, a Missouri és egy vele összekapcsolódó folyó felfedezése, amely a legközvetlenebb és leghasználhatóbb vízi utat jelenti kereskedelmi szempontból a Csendes-óceánhoz” — mondta az elnök Lewisnak. Jefferson, a Függetlenségi Nyilatkozat egykori szerzője már külügyminiszterként igyekezett meggyőzni az Amerikai Filozófiai Társaságot egy Észak-Amerika nyugati részébe irányuló expedíció megvalósításáról. Elnökként az expedíciót első intézkedései közé sorolta, tervében

politikai és gazdasági megfontolások egyaránt érvényesültek. A fiatal köztársaságot nagyhatalmak vették körül: Kanadában Anglia, délnyugaton Spanyolország, a Mississippi felől pedig Franciaország. Különösen utóbbi régiót tekintette fontosnak. Ha a spanyolok vagy a franciák elzárnák a folyót, az végzetes lehetne az Egyesült Államok kereskedelmére — vélekedett Jefferson. Ezért az elnök személyesen vette gondjaiba a Virginiából származó Lewis kiművelését a feladatra. A 30 éves farmerfiú növény- és állattani, ásványtani, csillagászati és földrajzi ismereteket tanult; továbbá mindent, amit akkor a nyugati indiánokról tudni lehetett.

„Rendíthetetlen, értelmes és jó barátságban van a vadonnal” — jellemezte Jefferson az ifjú Lewist. Egy általa festett olajfestményen Lewis a távolba tekint, jellegzetes orrával és lágyabb arcvonásaival, amelyek hangulata ingadozásainak függvényében változtak. Clark ezzel szemben a néző szemébe néz, méghozzá olyan provokáló módon, amely a tiszta személyiségű és precíz ítélőképességű, gondolkodó jelleműek sajátja.

A szintén Virginiából származó farmerfiú Clark, az expedíció másik vezetője tudott bánni az emberekkel és alkalmas volt a csapat vezetésére is. Továbbá ismerte az indiánokat, legalábbis néhány olyan törzset, amelyek a Mississippitől keletre éltek. Lewis a hadseregben Clark beosztottjaként szolgált és megbízott a nála négy évvel idősebb katonában. Télen St. Louisban találkoztak, ahol végleg összeállt az expedíció. Lewis további csillagászati órákat vett, hogy később képes legyen meghatározni helyzetüket. Benjamin Rush, az ország legnevesebb orvosa tanította ki a gyógyszerek használatára. Majdnem 90 kilónyi szárazlevezt is vásárolt.

Végül Harpers Ferrybe utazott, az amerikai hadsereg raktárához, hogy felszerelje magát 15 karabéllyal, 180 kilogrammnyi ólommal és 90 kilónyi puskaporral, baltaikkal, késekkel és horgonyokkal. Még whiskyt is vételezett az embereinek, jó 450 liternyit, amely végül az út feléig sem tartott ki. Az indiánok számára cseretárgyként színes gyöngyöket szerzett be, továbbá 288 sárgaréz gyúszút, néhány kiló varrófonalat és 4600 varróút. Vásárolt még üstöket, elefántcsontból készült fésűket, karkötőket, rézgombokat, gyűrűket, ingeket, papírt, tintaport és tollakat. Mindenről gondosan könyvet vezetett. Összkidásaik végül közel 38 ezer dollárra rúgtak.

Lewisnak és Clarknak mindent akkurátusan fel kellett jegyeznie, ami expedíciójuk során feltűnt számukra: állatokat, növényeket, indiánokkal történő találkozásait, azok nyelvét és életviszonyait, illetve az út

földrajzi különlegességeit. „A Missouri torkolatától a szélességi- és hosszúsági fokokkal kapcsolatban tesznek megfigyeléseket, a folyó minden figyelemre méltó pontjáról, különösen más folyótorkolatokról, zuhata-gokról és szigetekről” — szölte Jefferson utasítása.

Mindent „a legnagyobb szorgalommal és pontossággal” kellett feljegyezniük, illetve még az út alatt lemásolniuk, hogy lehetőleg kizárják az értékes információk elvesztését. Jefferson még arra is utasította Lewist, hogy nyírfából készült papírt használjon, mert az nem olyan érzékeny a nedvességgel szemben. Az univerzális műveltségű Thomas Jefferson rendelkezett kora legnagyobb irodalmával az ismeretlen nyugati vidéket illetően. Ezzel együtt neki is pusztán sejtése lehetett sok mindenről. Így például a virginiai Blue Ridge hegységet az egész kontinens legnagyobb magaslatának tartotta; valamint azt gondolta, hogy Lewis és Clark a Missourin felfelé hajózva egy majd mérföldes hosszúságú sóhegyre fog bukkanni. Mások azt gyanították, hogy az erdőkben egy zsidó indiánnép lakik, Izrael elveszett törzse. Általános volt továbbá a nézet, hogy létezik vízi összeköttetés a kontinens nyugati partjához, amelyet talán csak néhány mérföld választ el. Lewis és Clark elsődleges célja e legendás északnyugati átjáró megtalálása volt, vagyis lényegét tekintve nekik is az Indiába vezető vízi utat kellett felfedezniük.

Lewis még Washingtonban látott egy térképet az Északnyugatról, amelyen expedíciójukat mutatták be. Az Albert Gallatin amerikai pénzügyminiszter által készített térképen három, földrajzilag rögzített pont volt: St. Louis, expedíciójuk kiindulópontja; céljuk, a Columbia folyó torkolata az Atlanti-óceánnál, amelyet Robert Gray amerikai kapitány térképezett fel egy évszázaddal korábban; végül néhány indiánfalu Északon a

Meriwether Lewis és William Clark portréi





Lewis és Clark expedíciójának térképe. Az expedíció megváltoztatta Amerika északnyugati feltérképezését azáltal, hogy elsőként pontosította a Columbia és a Missouri folyók, valamint a Sziklás-hegység forrásainak kapcsolatát 1804 körül.

Missouri nagy kanyarulatában, amelyhez brit prémvadászok törtek először utat. Ide, az akkor ismert világuk szélére szeretett volna megérkezni Lewis és Clark 1804 telére.

Kalandos utazás

1804. május 14-én, délután fél négykor indultak St. Charlesból, a Missouri menti kis faluból, amely néhány kilométerre északra feküdt St. Louistól. Egy 17 méter hosszú, 22 evezőpados vitorlás hajóval, továbbá két kísérőhajóval kavarták fel a Missouri agyagos vizét. Felszerelésük már önmagában nehéz volt, nem számítva 21 zsákban az indiánok ajándékait, illetve a több mint 40 fős legénységet. Ezen a napon jó öt kilométert hagytak maguk mögött, mielőtt egy patak torkolatánál első éjszakai táborukat felverték. Két nap elteltével sok minden megváltozott. Lewis felfedezőutat tett a parton, ahogy a következő két és fél évben majdnem minden nap. Bátran felmászott a sziklákra, 90 méterrel a folyó fölé, aztán újra vissza. „20 lépés után megcsúszott s a késével mentette meg magát” – jegyezte fel Clark kísérője. Hajójuk néhány nappal később felborult a vad hullámmzásban. A férfiak a vízbe ugrottak, hogy a folyón himbálódzó hajótestet a sekély vízbe húzva megakadályozzák a katasztrófát.

Folyamatosan életveszélyes helyzetekbe kerültek, de csak egy embert veszítettek, aki gyaníthatóan vakbélgyulladásban halt meg. Azonban óriási nehézségekkel kellett megküzdeniük. Ritkán feszíthették ki a vitorlát, annál gyakrabban kellett az árral szemben evezniük. A hajót kenderből és szarvasbőrből készült kötelekkel húzták. Rendszeresen a vízben álltak, miközben a hátukat a nap égette. „A munka hihetetlenül nehéz és fárasztó” – írta Lewis egyik feljegyzésében.

A vontatókötél állandóan elszakadt, mert az áradás vagy a széllökés a hajót oldalra nyomta. Sziklák, homokágyak, zuhatagok, tonnányi fatörzsek tették kiszámíthatatlanná a Missourit. Roppant záporok és égszakadások korbácsolták fel a folyót, partra kényszerítve őket. Átlagban napi 25, legfeljebb 30 kilométert tudtak megtenni. A legénység hamarosan gennyes kelésekkel és kiütésekkel küszködött. Az egyoldalú táplálkozás miatt hasmenéstől, később

A Mandan erőd rekonstrukciója
(Lewis és Clark Emlékpark, Észak-Dakota)



skorbuttól szenvedtek. Alig ettek zöldséget vagy gyümölcsöt; viszont sok parazita fertőzte húst, amelyet a csapat vadászai ejtettek, miközben a többiek a hajókat felfelé húzták a folyón. Kullancsok és szúnyogok kínozták őket, néha olyan sűrű szúnyograjok, hogy a rovarok a szemükbe, orrukba, torkukba is bemásztak. Hiába kenték be magukat orrfacsaró kenőccsel, s húzódtak éjszakánként a tábortűz fojtogató füstjéhez. Sokszor már a napkelte előtt útra keltek, hogy elejét vegyék e szenvedéseknek. Elindulásuk után néhány hónappal ejtették el az első bivalyt, amelyet még számos másik követett. Ekkoriban 60-70 millióra becsülték a Nagy Síkságon vonuló bölények számát. A felfedezők kevésbé barátságos állatokba is belebotlottak. Rendszeresen menekülniük kellett a grizzlyk elől. „Ezeket a medvéket aligha lehet becserkészni, mindannyiunkat nagyon megijesztenek”.

A két kapitány kezdetben legénységük fegyelmetlensége is gyötörte. Csapatukat fiatal katonák, néhány Kentuckyból származó farmerfiú, vadászok, prémvadászok és York, Clark rabszolgája alkotta. Lewis és Clark már 1804. június 29-én összehívta a hadbírósgót a vadon közepén, két emberük ugyanis éjszakánként titokban megdézsmálta a whiskys hordókat. A tettesek büntetésül 100 botütést kaptak. Ezt további négy másik eljárás követte, mire a két vezető csapatukat vasszigorral legendás renddé gyúrta össze őket.

1804. augusztus 2-án először találkoztak nyugati indiánokkal. „Mindenki résen van és figyel” — jegyezte fel Clark. Az oto és a missouri törzsekből származó férfiak békés szándékkal közeledtek.

Lewis és Clark találkozik a Salish-szel Ross Hole-ban, 1805. szeptember 4-én

Egy nappal később hat főnök készségesen találkozott a fehérekkel a hajó nagyvitorlája alatt, amelyet Lewis és Clark a nap elleni védekezésért a fák közé feszítettet ki. A megbeszélésen Lewis bejelentette az indiánoknak, hogy „a vörös gyerekek” új apukát kaptak, „a 17 állam nagyfőnökét” keleten, aki „egy közös családot” alapít velük, békét teremt az ellenséges indiánnépek között, és kereskedni akar az indiánokkal. A találkozás ajándékozással, whiskyzéssel, valamint egy légfegyver bemutatásával ért véget. Az indiánok barátságosak voltak, de nem volt könnyű lekenyerezni őket. Néhány nap múlva Big Horse nagyfőnök meztelenül jelent meg a táborban, ezzel fejezve ki elégedetlenségét. A fehérekkel való szövetség fejében több ellenszolgáltatást igényelt: a Jefferson elnököt ábrázoló érmék helyett „egy kanállal a teletekből, a whiskyből!”. Egy másik főnök arról panaszkodott, hogy 5 érmét kapott – „Én viszont 5 lőporos hordót akarok tőletek. Fegyvereket!” A fehérek ezt elutasították.

Az expedíció újra és újra megállt, hogy meghívja az indiánokat. Közben végig hűek maradtak az elnök rendelkezéséhez: „a bennszülöttekkel a legbarátságosabb és legelőzékenyebb módon kell bánni.” Csupán egyszer került sor nézeteltérésre. A harcias teton-sziúk, a „Missouri kalózsai” — ahogy Clark fogalmaz, egy napon nem akarták tovább engedni vendégeiket. Előző este a nagy tábortűzet körülugrálva táncot adtak elő, kezükben a korábban megölt omahák skalpjával. Dohányt akartak kapni a fehérektől azok tiszteletnyilvánításának jeleként. A helyzet rendkívül feszültté vált. A hajókon minden férfi harcra kész volt, Clark a fedélzeti ágyúk kanócat tartotta a kezében. A sziúk vonakodva bár, de utat engedtek. Világossá vált azonban,





Találkozás a teton-sziúkkal

hogy a sziúk, a Missouri alsó folyásának legbefolyásosabb népe nem akarja hatalmát átengedni az új uraknak. A többi indiánhoz hasonlóan ők is mást értettek a béke alatt, mint Lewis és Clark. A béke számukra nem tartós állapotot, hanem határozott idejű fegyverszünetet jelentett. Jefferson elnök víziója a tartósan megbékélt indián területről sohasem valósult meg. Ebben az értelemben Lewis és Clark küldetése már 1804 őszén, a sziúknál csődöt mondott.

A Missouri kanyarulatában

A napok rövidültek, éjszakánként már fagyott. 1804 október végén a felfedezők elérték a mandán és hidata indiánok falvait a mai Észak-Dakotában. Még a tél beállta előtt felépítettek egy kis fából tákolts erődöt, amelyet mandán-erődnek neveztek el. A mandán és hidata törzsek itt épült falvai távoli területek piacai voltak, csomópontjai a több ezer kilométeres kereskedelmi hálónak. Ide minden irányból érkeztek indiántörzsek. Volt itt kukorica és dohány, cseréltek bőrkabátot és ékszer, angol fegyvereket, illetve spanyol

lovakat. Ez volt az egész expedíció legkellemesebb része. A karácsonyt és az újévet fűtött viskókban töltötték. Minden nap indiánok jöttek látogatóba, akiknek megmutatták fegyvereiket és tudományos eszközeiket. Az indiánok pedig földbe vájt viskóikba invitálták őket, ahol esténként minden adott volt a nagyszerű szórakozáshoz: zene, tánc és kellemes társaság. A fiatal nők barátságosan fogadták az idegeneket. „A férfiak kevés éjszakát töltenek szórakozás nélkül” – állapította meg Clark.

Az időjárás kegyetlenül hideggé vált, a folyó befagyott. Ez volt a legkeményebb tél, amelyet a fehérek valaha is megéltek. December közepén -29 Celsius fokot mértek. A kilélegzett levegő is megfagyott. Mínusz 24 fokban a mandánokkal közösen mentek bivaly vadászatra. Az eredmény: fagyási daganatok a talpukon. Nem minden indián volt barátságos velük szemben. A kereskedők elárulták nekik, hogy a néhány napi járóföldre élő teton-sziúk „tavasszal mindannyiukat meg akarják ölni”. 1805. február 14-én az indiánok tényleg megtámadták a fehérek egy vadászcsoportját, azonban csak két lovat raboltak tőlük.

Az első eredmények

A tábori élet alatt a férfiak kijavították felszerelésüket, mokaszint és bőrkabátot varrtak. Lewis és Clark jelentést írt az elnöknek, az első szisztematikus áttekintést a Missouri mentén élő emberekről és területről. Amikor a Missouri teljesen befagyott, egy tucat emberrel mindent visszaküldtek St. Louisba, illetve Washingtonba. Jelentésükben majdnem 50 törzsszövetséget soroltak fel, 14 szólistát készítettek, s az indiánokat nyelvük és megjelenésük szerint kategorizálták. Ugyanakkor Lewis és Clark igazán komolyan nem érdeklődött kultúrájuk, vallásuk, hagyományaik iránt; megfigyeléseik ezért gyakran felületesek voltak.

Íjakat, nyilakat, bivalyirhakat pakoltak be, továbbá 108 növénytani mintát, 68 ásványt, csontvázakat, számos állat bőrét, továbbá 4 szarkát, egy-egy fogoly-madarat és préríkutyát is küldtek. Lewis és Clark egyik fő feladatuként felbecsülte a törzsekkel lehetséges „éves kereskedelem volumenét dollárban a St. Louis-i árak szerint”. Clark megrajzolta az első, részben megbízható térképet a Mississippitől nyugatra fekvő régiókról.

A Columbia-folyón a Csendes-óceánig

1805. április 7-én indultak tovább. „Már 2000 mérföldet tettünk meg és olyan területre értünk, ahová civilizált ember még nem tette be a lábát”, amit Lewis „élete legboldogabb pillanatai közé” sorolt. Délután négy körül egy 8 kenuból álló flottával és 31 emberrel, egy asszonnyal és egy gyerekkel keltek útra. Az erődben ugyanis tolmács csapódott hozzájuk: egy francia-kanadai vadász feleségével és csecsemőjükkel. Indián felesége a sosón sakagawea törzsből származott.

A csapat kipihent és elszánt volt. Április 25-én elérték a Yellowstone folyót. „Reggelenként még mindig hideg van, a víz ráfagy evezőinkre”. Tempójuk fokozatosan lassult, egyre többször kellett sziklákon átvergődniük, miközben ellenszelük volt. A folyó egyik kanyarulata gyors egymásutánban követte a másikat. Ráadásul a Missouri mindenütt olyan széles, mint a torkolatánál. „Ha nem lenne sokkal laposabb, akkor lassan kételkednék benne, hogy valaha is elérhetjük forrását” — jegyezte meg Lewis május 9-én.

Azonban folyamatosan nyomultak előre. Elhagyták a Nagy Zuhogót, amely öt kisebb zuhogóból

áll, amelyeken a hajókat és csomagjaikat óriási erőfeszítés árán kellett felhúzniuk. A mandán-erődben az indiánok hozzávetőleg fél mérföldes utat jósoltak. A valóságban ez 18 fárasztó mérföldet jelentett, amelynek legyűréséhez majdnem egy teljes hónapra volt szükségük. Már itt eltemethették a nyugatra vezető közvetlen vízi összeköttetés reményét. Az út a síkos parti sziklákon folytatódott, ahol embereik rendre kifecamították bokájukat. Az utat szúrós kaktuszok szegélyezték, a tüskék befúródtak talpukba. A folyó völgye a magas sziklák között szűk és sötét volt. A csapat hangulata a mélypontra süllyedt. „Ha nem találkozunk a sosónokkal vagy egy más indián néppel, amelynek vannak lovai, akkor kételkedem utazásunk sikerében” — írta Lewis július 27-én. A sosónok azért voltak olyan fontosak a számukra, mert teherhordó állatok nélkül kudarcra ítéltetett a hegyeken való átkelésük. Ráadásul ekkor még azt sem tudhatták, hogy azok barátságosak lesznek-e velük vagy sem.

A vadász felesége közben felismert egy tábor, ahol öt évvel korábban elrabolták és a mandán-erődhöz hurcolták. Vagyis a sosónok már nem lehettek meszsze. Lewis előrement, hogy megtalálja az indiánokat. Napok elteltével távcsövén keresztül felfedezett egy lován ülő harcost, aki azonban eltűnt szeme elől. Ezután a völgyben egy idős sosón asszonnyal találkozott, akit ajándékaival sikerült meggyőznie barátságos szándékairól. Végül 1805. augusztus 13-án Cameahwait főnökkel elszívta a békepipát.

Alfred Jacob Miller: Sosón indiánok (1858-1860 között)





Sakagawea, egy sosón nő, aki elkísérte a Lewis és Clark expedíciót (Művészeti és Tudományos Kongresszus, St. Louis-i Washingtoni Egyetem)

Utolsó erőfeszítések

A kapitány rábeszélte Cameahwaitot, hogy menjenek az expedíciós csoport elé. Így talált rá Lewis a sosónok kíséretében négy nappal később újra a Clark vezette csapatra. A Sakagawea hirtelen elkezdte ujjait szopogatni; vagyis rokont ismert fel, majd felugrott, s odarohant bátyjához, Cameahwaithoz. „A boldogság nagy jelei” — jegyezte be Lewis szárazon a naplójába. Valójában Lewis és Clark boldogsága sem volt csekélyebb. A helyet sem véletlenül nevezték el a „szerencse táborának”. Biztosra vették, hogy a sosónok a maguk 400 lovából néhányat átengednek nekik. Hamarosan meg is vették az első három állatot. Ugyanakkor az indiánok jól felszerelték az árat, így kihasználva a fehérek kiszolgáltattott helyzetét. Kezdetben a sosónok egy lovat adtak egy elnyűtt ingért és egy viseltes nadrágért. A végén Lewisnak már egy pisztolyt, egy kést és 100 lövésnyi muníciót kellett adnia egy lóért. Összesen 29 állatot szereztek.

Velük indult el Lewis és Clark 1805. augusztus 30-án nyugatra, a Bitterroot-hegységen keresztül, az út legnehezebb szakaszára. Egy öreg indián vezette őket, hegyláncokon és sziklás lejtőkön, sűrű bozótokon és fenyőerdőkön keresztül. Kicsavart fák kereszteltek útjukat, csak ritkán találtak járható ösvényt. A hóviharok közepette a lovak állandóan a meredek lejtők bozótjába csúsztak. Éjszakánként olyan hideg volt, hogy Lewis tintája megfagyott. Szeptember 16-án három órával napfelkelte előtt keltek fel, mert havazni kezdett.

A nehézségek egyre csak sokasodtak. Nem találtak forrásokat, havat kellett felolvasztaniuk, hogy inni tudjanak, valamint állandó éhség kínozza őket. Vadászaik a pusztaságban nem találtak vadat. Csupán némi

szárazlevesük, medveolajuk és néhány kilónyi gyertyájuk maradt. A túlélésért lelőttek három fiatal lovat, így nem haltak éhen. Nehezen vonszolták magukat előre, legfeljebb 20 kilométert tettek meg naponta. A nagy köd miatt „néhány lépésre már senkit sem látni.” Ám a visszafordulás elképzelhetetlen, a hegy másik oldalára való visszatérés már lehetetlen. Végül 20 nap múlva, a teljes összeomlás szélén, indiánkunyhók fényeit fedezték fel: a nez percé törzs egy faluját. Barátságosan fogadták őket, nekieshettek a felkínált hagymakenyérnek és a szárított lazacnak. Utóbbi annak jele volt, hogy közeledtek a Csendes-óceánhoz,

ahonnan bizonyára felúsztak a halak. A sok nehézség után azonban a csapat napokig gyengélkedett és testük sem volt képes feldolgozni a szokatlan táplálékot.

A nez percé indiánoknak az idegenek fegyverei voltak a legvonzóbbak, s a legyengült fehérek könnyű prédaként szolgálhattak volna. Lewis és Clark sorsukat ismét egy indián nőnek köszönhatték. A koros asszony, akit egy másik törzs egyszer elrabolt, majd fehér kereskedőknek adott el, közbenjárt a fehérekért, mert a kereskedők jól bántak vele. Az események ekkor nagyon felgyorsultak. A csapat október 7-én indult tovább, erdei fenyők törzséből kivájt öt kenuval és a nez percék tanácsaival ellátva. Olyan bátran vették a zuhogókat, hogy a parton lévő indiánok is elámultak. A Columbia folyó négy zuhatagán keltek át, mielőtt ismét a szárazföldre tették csomagjaikat. Betértek néhány indiánfaluba, hogy szárított halat és leölt kutyákat vegyenek. A lenyűgözött Clark 1805. november 7-én jegyezte be utazási naplójába: „óceán a láthatáron. Istenem, micsoda öröm!” Azonban ez még csak a Columbia egyik mellékfolyójának torkolata volt, bár a Csendes-óceán sem volt már messze. Egy héttel később megpillantották az óceán sötétbarna szikláit, „ahová a hatalmas óceán magas hullámai csapódnak”. Oly sok vesződés után Lewis látta meg elsőként az óceánt, s véste be nevét egy fába a meredek parton. Clark néhány nap múlva követte őt. Összesen majdnem 6700 kilométert tettek meg; többet, mint bárki előttük a kontinens szárazföldjén.

A visszatérés

A „Nyugat” nem fogadta barátságosan a felfedezőket. Egy újabb faerődöt építettek, ott vészték át a hosszú, nedves telet. Az indiánokkal való kapcsolatuk egyre feszültebbé vált. 1806. március 23-án indultak vissza, július elején átkeltek a Sziklás-hegységen, és augusztus

közepén a mandánoknál felállították egyetlen téli táborukat. Mivel lefelé jórészt folyásirányba utaztak, az összes szakaszt, amelyet annak idején másfél év alatt hagytak maguk mögött, most hat hónap alatt legyűrték. A visszaúton a csoport egy része feltárta a Yellowstone folyó környékét, és észak felé majdnem a mai Kanadáig jutott. Itt került sor a bennszülöttekkel való egyetlen fegyveres összecsapásra: két blackfoot indiánt lelőttek, mikor azok fegyvert akartak tőlük zsákmányolni.

1806. szeptember 23-án délben érkeztek meg St. Louisba. Lewis még aznap este nekiült, hogy levelében jelentse az elnöknek missziójuk sikerét. „Uram, utasításainak megfelelően átkeltünk az észak-amerikai kontinensen, s elértük a Csendes-óceánt. Az út nyitott nyugat felé. A Missouri és összes mellékfolyója több hódot és vidrát rejt, mint a világ bármely másik folyama.” Levelében Lewis szertefoszlatta Jefferson nagy reményét. Nem létezett ugyanis az északnyugati átjáró, a nyugat felé irányuló legendás vízi út. Csupán egy olyan szakasz, ahol „60 mérföldön keresztül örök-ké hó borítja a tájat.” Mindazonáltal Lewis és Clark óriási mértékben bővítette a kontinenssel kapcsolatos földrajzi ismereteket. Az amerikai Nyugat az expedíció után már nem az ígért földje, s agrárutópia volt csupán.

Lewis és Clark mozaikképe Missouriiban



Elsőként vadászok és prémvadászok keltek útra, majd a fehér pionírok lettek az indiánok vetélytársai a prérinken és a Sziklás-hegységben.

Az Egyesült Államok igényt tartott egész Észak-Amerikára, az egyik óceántól a másik partjáig. Thomas Jefferson már 1807 januárjában „országukról, mint a Mississippitől a Csendes-óceánig terjedő államról” beszélt. A két kapitány leírásai és térképei pontosították Jefferson elképzelését: egyesült kontinenst alkotni, ahol az emberek ugyanazt a nyelvet beszélik, összevethető kormányformákkal és hasonló törvényekkel rendelkeznek. A felfedezők jelentése hozta meg a tudást, amely a kontinens és őslakosai feletti hatalom megszerzésének előkészítéséhez szükséges volt.

A felfedezések mérlege

Lewist a Louisiana Territory kormányzójának nevezték ki, azonban 1809-ben tisztázatlan körülmények között meghalt. Clark pedig az új Missouri Territory kormányzója lett, s 1838-ig élt. Mindkettejüket számos banketten és fogadáson ünnepelték. Az emberek „Amerika történetének legnagyobb felfedezőiként” emlegették őket. Expedíciójuk során hozzávetőleg 8000 mérföldet hagytak maguk mögött, 178 új növényfajtát és 122 új állatfajtát azonosítottak, hihetetlen mennyiségű földrajzi, néprajzi, növény- és állattani információt gyűjtöttek össze. Tudományos feljegyzéseikből és megfigyeléseikből viszont csak 1814-ben adtak ki egy kisebb kivonatot, a fiatal nemzet a tudományos felfedezések iránt ekkor látszólag kevésbé érdeklődött.

A két pionír békés szándékait is elhanyagolták. Néhány évtized múlva elkezdődtek az indiánháborúk, amelyekben az amerikai hadsereg megtizedelte a préri népeit és egyre szűkülő rezervátumokba szorította-üzte vissza az indiánokat. A kongresszus jóváhagyásával 1804-ben elindult akció tehát végül sikerrel járt. Ugyanebben az időben a kormány több, kevésbé sikeres akciót is indított nyugatra, amelyek közül említésre méltó eredményt ért el Zebulon Pike, aki a Mississippi forrásvidékét, a Sziklás-hegységet és az Arkansas vidékét tárta fel.

Később főleg szörmekereskedők, majd az 1820-as években Long, Smith és Pattie expedíciói, az 1830-as években Benjamin Bonneville kapitány, a Wyeth expedíció és John C. Fremont, a „Nyugat Útmutatója” járta be a Távol-Nyugatot; 1840-ig már nagyrészt felkutatták az addig ismeretlen országrészt.

MACZÁK MÁRTON

Nyitóképen: A felfedezők találkoznak a Chinooks indiánokkal a Columbia folyón, 1805 októberében (*Charles Marion Russel: Lewis és Clark a Columbia folyón*)



Árnyékok

INTERJÚ MOLDOVÁN ZSOLTTAL

A madaraktól tanulhatnánk gondviselést, odaadást, kitartást

A tündérországbán, Erdélyben élő fotós, akit a természet közelsége tesz boldoggá és tölt fel energiával, azt vallja, nem is élhetne ennél szebb helyen. A naturArt 2023. évi pályázatán fődíjat nyert, magasugró kiskrókáról készült fotója a legnagyobb nemzetközi pályázatokon is sikert aratott.

— *A Magyarországon elérhető egyik legrangosabb természetfotós elismerésben részesült 2023 novemberében. A kölyökrókról készült Magasugrás című képe lett az Év Természetfotója. Lapunk szerkesztősége és olvasói nevében gratulálok ehhez a jelentős sikerhez. Számított rá, hogy ilyen komoly eredményt ér el a naturArt pályázatán?*

— Nagyon köszönöm a kedves szavakat! Nagy lelkesedéssel töltöttem fel képeket a pályázatra, és bíztam abban, hogy a kiskróka falra kerül, de ekkora elismerést nem reméltem.

— *A magyar természetfotós berkekben szinte ismeretlenül nyerte el a pályázat egyik fődíját. Kérem, mutakozzon be, hol él, mivel foglalkozik?*

— Huszonkilenc éves vagyok, Erdélyben, Kézdivásárhelyen élek. A Kolozsvári Agrártudományi és Állatorvosi Egyetem agrármérnök szakán végeztem, 2017 óta

családi gazdaságunkban dolgozom mezőgazdászként. Kiskoromtól fogva a természet rabja vagyok, csak a négy falon kívül történő dolgok foglalkoztattak. Nagy örömömmre sikerült ötvöznöm a természetfotózást a mezőgazdasággal.

— *Kézdivásárhely környékén mennyire talál fotós témákat? Vannak a környéken érintetlen tájak, erdőségek, vizes élőhelyek?*

— Erdély egy tündérország, ennél szebb helyen nem is élhetnék. Kézdivásárhelyen és a környező falvakban számtalan különleges természeti tájegység örvendeztet meg fotótémával. Közelünkben található a Rétyi Nyír természetvédelmi terület, mely otthont ad a ritka mocsári békának, a löszfalakban rengeteg gyurgyalag fészkel, és ez a kockásliliom és a leánykőkörcsin élőhelye. Nem messze található Erdély egyik

legszebb természeti kincse, Székelyföld egyik legnagyobb karsztvidéke, a Vargyas-szoros, ahol vízirigót szoktam fotózni.

A szomszédos megyék is hihetetlen természeti értéket rejtene. Hargita megyében található a mesés Gyilkos-tó és a lélegzetelállító Hagymás-hegység. A zergékről készült képeim egy része a gyönyörű Nagy-Hagymáson készült. A Brassó megyei Fogarasi-havasokban található Románia legmagasabb csúcsa, a 2544 méter magas Moldoveanu-csúcs. Mindez csak egy töredéke a környezetem által felkínált sok varázslatos, lenyűgöző helyszínnek.

— *Mikor kezdett fotózni? A természetfotózás mely területeit kedveli leginkább?*

— Édesapámtól kaptam az első analóg fényképezőgépet egy teleobjektívvel, így a fotótéma adva volt. A digitális éra és az életkorom előrehaladtával sikerült szert tennem komolyabb tükörreflexes gépekre. Világéletemben a természetet, főleg a madarakat, az emlősöket szerettem volna fotózni. Hogy miért a madarakat? Számomra ők az állatvilág legszokszínűbb képviselői, életük tele van akciódús jelenetekkel. Napjaink részét képezik, hiszen egész évben közvetlen közelünkben élnek.

— *Hányadszor vett részt a naturArt pályázatán?*

— Sokadszor. Az ifjúsági kategóriában többször indultam, de csak felnőttként, 2017-ben kerültem a legjobbak közé. A *Szerellem a négyzetet* című kép két díjat kapott A madarak viselkedése kategóriában. A zsűrizést

az interneten követtem, és büszkén hallgattam a zsűri elismerő szavait, majd örömmel vettem részt az emlékeztető díjátadón.

— *Meséljen egy kicsit a 2017-ben díjazott képről!*

— Törökországban egy fotópályázaton vettem részt. A Burdur régióban készült felvételen egy hihetetlen párási jelenet, kerti sármányok násza látható. Az utolsó napon egy szakmai zsűri értékelt és díjazta a képeinket. Nagy meglepetésemre sikerült megnyernem az első díjat. Ezek a madarak olyan ritkák, hogy a fotó ornitológiai szempontból is különleges. Az utóbbi évtizedben Magyarországon nem is észleltek költőpárokat.

— *Hol készült a zergés fotó?*

— A rejtőzködő zergét a Bucsecs-hegységben sikerült lencsevégre kapni. Egy menedékházban éjszakáztunk, hajnalban a nagy találkozás reményében indulunk útnak. A hegységek akrobatái, a zergék parányi sziklaperemeken egyensúlyoznak, viszont az első neszre azonnal köddé válnak, ezért helyismeret hiányában nagyon nehéz őket lencsevégre kapni. A *Feszült figyelem* című képet egy barátomnak köszönhetem, aki úgy ismeri a hegyeket, mint a saját tenyerét.

— *A 2023-ban fődíjat nyert felvétel, a Magasugrás értékelése során a zsűri kihangsúlyozta, hogy a képen látható jelenet egyszerű és megismételhetetlen. Hol és hogyan készült ez a bravúros fotó?*

Feszült figyelem



— A kép az egyik kedvenc fotós helyszínemen, a munka-helyem, Csernáton határában lévő, "rókalyukak"-nak nevezett mezei tisztáson készült. Jó néhány éve építettem ott egy lest, hogy gyurgyalagokat fotózzak a nászidőszakban, de az ott élő rókacsalád életét is figyelemmel kísértem.

Munka után aznap is egyenesen oda vezetett az utam, és a lesből figyeltem a horizonton játszadozó rókakölyköket. Amíg az anyjuk vadászni volt, a kicsik önfeledten játszottak a kotorék környékén. Mondhatnám, hogy a véletlen műve a kép, de nem hiszek a véletlenekben, ezért volt a szemem a gép keresőjénél, a fókusz a rókán, az ujjam az exponáló gombon. A cserebogarak tömeges rajzása segítségemre volt, hiszen egyikük a kép főszereplője lett. Olyan pillanatot kaptam el, amit addig szabad szemmel sem láttam.

— *Fotós pályafutása szempontjából mit jelent ez a díj?*

— Számomra olyan, mint egy színésznek az Oscar-díj. Hihetetlen érzés székelőföldi fotósként megnyerni az ETF egyik fődíját. Azt jelzi, hogy jó úton járok, a kitartás meghozza gyümölcsét.

— *A hírek arról szólnak, hogy a Magasugrás több pályázaton is nagy sikerrel szerepelt.*

— A Milvus-pályázat nagydíja után a kistróka megnyerte a szlovén Narava aranyérmét, majd a rókakölyök a világ leg-rangosabb pályázatai közé tartozó Nature Photographer of the Year legjobbjai és a német GDT European Wildlife Photographer of the Year díjazottjai közé került.

— *Nemcsak fényképezőgéppel fotózik. Az egyik drónfelvétele 2023-ban kitűnően szerepelt egy jónevű nemzetközi pályázaton.*

— A Golden Turtle a világ legnagyobb presztízsű pályázatai közé tartozik. Az *Árnyékok* című képpel sikerült falra kerülnöm Moszkvában. Mindig szerettem a különleges látásmódot, az újszerű perspektívákat. A drónok egy másik világot tárnak elénk, amely az állati viselkedést gyúrja össze az absztrakt képi világgal, és hoz létre erős, sok esetben szokatlan látványt. Ha madártávlatból látjuk a világot, a szabadság érzése tölt el bennünket.

— *Van kedvenc helyszíne? Gyakran jár vissza ugyanoda fotózni?*

— Legjobban azt a kis tisztást szeretem, ahol a rókakölyök felugrott a cserebogár után, számomra az a tökéletes fotós helyszín. Sok időt töltök ott, mert meg tudok pihenni, és az ottani nyugalom magával ragad. Azon a csöppnyi helyen rengeteg faj található: gyurgyalag, erdei fülesbagoly, seregély, búbosbanka, róka, medve. A gyurgyalagok élete szinte tükröt tart elénk. Sokat tanulhatnánk tőlük a gondviselésről, az odaadásról, a kitartásról.

— *A fotói alapján kitűnő érzéke van a másodpercek tört része alatt lejátszódó jelenetek megörökítéséhez. A címlapon látható szalakóta vagy a naphaló és a madár tökéletes kompozíciója szintén a virtuozitását bizonyítja. Árulja el, hogyan lesz egy természetfotós „villámkező”?*

— A legfontosabb a kiválasztott faj viselkedési szokásainak ismerete. Az általam kiszemelt fajokról próbálok minél többet megtudni, elolvasni. Ez az első lépés,

Szerelem a négyzetben





Magasugrás

utána jön a türelmes, kitartó várakozás a megfelelő alkalomra. A címlapon látható szalakóta-kép egy régebbi DSLR géppel készült, amellyel igazi kihívás volt elkapni a pillanatot. Sokáig vártam, bízva abban, hogy a madár egy bizonyos síkban fog mozogni. A végeredményt rengeteg kísérletezés előzte meg. Szerencsémre aznap a szalakóták siklókkal is táplálták fiókáikat.

A naphalós kép Svájcban készült, a Matterhorn csúcs közelében. A havasi csókák megszokták az emberek közelségét, hiszen ők biztosítják a táplálékuk egy részét. A madarak bázisugróként vetik alá magukat a csúcsok körül kialakult ködfelhőkbe, hogy útjukat a szél szárnyán folytassák. Nehéz őket követni, a fotósoknak a gyors mozgás mellett a hirtelen, rendezetlen irányváltás is nehézséget okoz.

— *Mit gondol, aki nem ismeri elég jól az élővilágot, lehet jó természetfotós?*

— Véleményem szerint a természeti környezetet behatóan meg kell ismernünk, ez a természetfotózás egyik alappillére. Már kiskoromban heves érdeklődést mutattam a természet és az állatvilág iránt, egy csomó latin madárnevet megtanultam. Édesapámmal sokszor kimentünk a környékre, kezünkben a madárhatározóval, hogy megfigyeljük az állatvilágot. Érdeklődésem később kibővült, a fajok megismerése után a céloom a pillanat megörökítése lett. A természetfotósoknak nem kell az ornitológusokkal vetekedő tudással rendelkeznie, de a vadvilág ismerete nélkülözhetetlen.

— *A természetfotózás melyik ágát kedveli leginkább? Mi inspirálja leginkább?*

— A természetközelség tesz boldoggá, az tölt fel energiával. Fotósként a megismételhetetlen akciók jelentik a legnagyobb kihívást, amelyeket főleg a madarak és egyes emlősök „produkálnak”. Pályázati eredményeim szintén inspirálnak, hiszen a példaképeimnek tekintett fotósok gratuláltak nekem. A fotózásnak köszönhetően számtalan új kapcsolat alakult ki, betekintést

nyerhettem a kulisszák mögé, előadásokon, fesztiválokon vehettem részt, és egy olyan közösség tagjává válhattam, ahová mindig is tartozni akartam.

— *Legemlékezetesebb pillanat fotózás közben?*

— Életre szóló, örök élmény volt, amikor a magasugró kistróka lefotózása után a fényképezőgép kijelzőjén megláttam az eredményt. Boldogságomat hatványozta, hogy akkor is a legkedvesebb helyemen voltam.

— *Milyen jövőbeli tervei vannak?*

— A kevés szabadidőre ezernyi tervem van. Dokumentálni szeretném például a nálunk nagy hangsúlyt kapott medve-ember kapcsolatot. Egyesek még jobban védenék, mások inkább elföldelnék a medvéket, de tény, hogy mindennapi életünk részévé váltak ezek a hatalmas állatok.

TÓSZEGI ZSUZSANNA

E SZÁMUNK SZERZŐI

FARKAS CSABA: tudományos újságíró, Szeged; HORVÁTH GÁBOR: fizikus egyetemi tanár, HUN-REN-ELTE Asztropolarimetria Kutatócsoport, Budapest; MACZÁK MÁRTON: jogász, történelem tanár; MÁDAI ATTILA: gépészmérnök, HUN-REN-ELTE Asztropolarimetria Kutatócsoport, Budapest; MITRÓ ILONA: gépészmérnök, Fornax Kft., Pécel; SÁRI PÁL: gépészmérnök, Fornax Kft., Pécel; SLÍZ-BALOGH JUDIT: mérnök-matematikus és csillagász, HUN-REN-ELTE Asztropolarimetria Kutatócsoport, Budapest; SZABAD JÁNOS: egyetemi tanár, Szegedi Tudományegyetem, Általános Orvostudományi Kar, Orvosi Biológiai Intézet, Szeged; SZEGŐ MIKLÓS: újságíró, Budapest; SZILÁGYI ZSUZSA: oktatási, tehetséggondozási szakértő, Brüsszel; TÓSZEGI ZSUZSANNA: PhD, címzetes egyetemi docens, ELTE BTK Könyvtár- és Információtudományi Intézet, Budapest; TRUPKA ZOLTÁN: tudományos újságíró; VERMES NIKOLETT: újságíró, Budapest.



A Csaj-tó madárvilágáért

A Dél-Alföldön található, tömörkényi Csaj-tó rendszerén, mely a Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság (KNPI) vagyonkezelésében van, természetvédelmi célú halgazdálkodás folyik. Az utóbbi években jelentős madárvédelmi munkák zajlottak le a területen, például parti madarak fészkelését elősegítő zátonyok kialakítása a tavakon. Madárriasztás sincs (illetve a kormoránok ellen használnak másutt a vízkezelők), s egyre nagyobb madárforgalom tapasztalható a tavakon. Már a darvak is megjelennek az őszi vonulás időszakában, holott a terület korábban sosem számított daruállomásnak. A Csaj-tavat, s az azon folyó természetvédelmi célú gazdálkodást Tajti László, a Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság Tiszavölgyi Tájéegységének vezetője mutatja be.

Hazánkban négy nagy alföldi körtöltéses halastó található, ezek egyike a tömörkényi Csaj-tórendszer, mely utóbbi 798 hektár egybefüggő vizes élőhelyet jelent. Ez nagy természeti értéket képvisel, különösen a mostani klímaváltozós, gyakran aszályos időszakokban. A körtöltéses halastavak valamikor mélyfekvésű, gyakran szikes tó helyén létrejött halastórendszerek — ilyen a Csaj-tó jelenlegi rendszere is. E tavak mint vizes élőhelyek gyakran konfliktushelyzetet idéznek, idéztek elő a természetvédelem és a halgazdálkodás között. E konfliktusok a madárállomány jelenléte s a haltenyésztés profitorientáltsága miatt jön létre. A madarak közül egyes fajok megeszik a halat, a haltakarmányt, illetve más fajok a parti nádzónában költenek, és természetvédelmi érdeket sértene egy-egy tavaszi lehalászás, mert az a tó vizének leengedésével jár. Amikor természetvédelmi célú halgazdálkodásról beszélünk, akkor ezeket a konfliktusokat zárjuk ki úgy, hogy a természetvédelem számítson az elsődleges célnak, s ugyanakkor rentábilis legyen a halgazdálkodás is.

A Csaj-tó esetében a volt szikes tó helyén a természetközeli, eredeti állapotot a hatvanas évekig tartott, amikor a területen gazdálkodó egykori termelőszövetkezet állami támogatással elkezdte a tórendszer halastóvá alakítását. Ezzel párhuzamosan ugyanakkor madártani kutatások is folytak a területen, elsősorban Bod Péter és Bankovics Attila nevéhez fűződve, akik évtizedeken át járták a tórendszert, s mérték fel a terület ma-



Bíbic a Csaj-tónál

Csaj-tavi hajnal



A legnagyobb gémtelep

A KNPI 2001-2002-től a Kárpát-medence legnagyobb, nádban fészkelő fajokból álló gémtelepét hozta létre a 4-es tóban. Évente 600–1000 pár vegyes kolónia jött létre, nagykócsag, kiskócsag, kanalasgém, üstökös-gém, bakcsó, batla, kis kárókatona jelenlétével. Ez az idilli állapot 2014-ig tartott, amikor megjelentek a vaddisznók, és egy száraz tavon át begyalogoltak a gémtelepre, s megsemmisítették azt. Ugyancsak a 4-es tóban mesterséges szigetet épített a KNPI, és ezeken nagy szerencsésrály-kolónia alakult ki, 250-300 pár fészkelésével, ami a kárpát-medencei fészkelő populációnak az 50 százaléka. A 2020-as évek elején itt is megjelentek a vaddisznók, s tönkretették ezt a telepet is.

Az ellentmondásos birtokviszonynak a problémakörére pontot tett a Magyar Állam a KNPI közreműködésével. 2018-19-ben a teljes tőrendszert, mind a szövetkezettől, mind a kft.-től megvásárolta, és 2020-tól a KNPI vagyonkezelésébe adta. Ettől kezdve, hogy egy tulajdonosa s egy kezelője lett a területnek, új lehetőségek nyíltak a halgazdálkodás és a természetvédelem, továbbá a vízgazdálkodás tekintetében is – az Alsó-Tisza Vidéki Vízügyi Igazgatóság (Ativizig) továbbra is jelen volt a területen mint érdekelt fél, hiszen a területnek belvíztározási kötelezettsége van ma is. Amikor a nemzeti park vagyonkezelésébe került a terület, olyan elhatározás született, mely szerint természetvédelmi célú halgazdálkodás folyjék itt, fenntartva a többfunkciós helyzetet, az Aktiviziggel közös koncepciót kialakítva. A természetvédelem a tizenhárom töegység mindegyikére meghatározott egy természetvédelmi célból kiemelt koncepciót. Így vannak olyan töegységek, melyek a parti madarak tavaszi fészkelését teszik lehetővé; vannak olyanok, melyek az őszi madárvonulás szempontjából kiemelték;

dárvilágát. 1976-ban, amikor a Pusztaszeri Tájvédelmi Körzet létrejött, az annak területén lévő Csaj-tó is természetvédelmi területté vált; később ramsari, illetve Natura 2000-es területté is nyilvánították.

Tulajdonviszony-szempontról 1998-ig a terület a tömörkényi Alkotmány Mezőgazdasági Termelőszövetkezethez tartozott, majd a felépítmények a Tömörkényi Agrár Kft. tulajdonába kerültek. A halastó területe a védett területek védettségi szintjének helyreállításáról szóló 1995. évi XCIII. törvény alapján úgynevezett VSZT-s terület volt, azaz állami átvételre várt. A gátak és a csatornák állami tulajdonban, s a Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság vagyonkezelésében voltak, míg a töegységek medrei szövetkezeti tulajdonban maradtak.

A 4-es és a 8-as tavakon még az 1990-es évek közepén felhagytak a halgazdálkodással. A két töegység csaknem 190 hektárnyi területe 1998-ban a Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság vagyonkezelésébe került. Ezen a két töegységen így már akkor természetvédelmi szempontú területkezelés kezdődhetett el, az itt élő s átvonuló védett madárfajoknak a lehető legjobb élőhelyet teremtve.



A Csaj-tó és madarai

s vannak, melyek állandó vízborítást kaptak, és a mélyebb vizeket kedvelő fajoknak nyújtanak táplálkozó- s pihenőhelyet. Olyan töegységek is léteznek, melyek az érdeklődőknek való bemutatást, a környezeti nevelést szolgálják. A KNPI megkereste a Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ (NAIK) Halászati Kutatóintézetét, azzal a kérdéssel, hogy a természetvédelmi célok, s ezek bemutatathatósága mellett miképp lehet hatékonyan halgazdálkodni a területen. Az elkészült tanulmány tavakra lebontva meghatározza a kihelyezendő halállomány milyenségét, mennyiségét, és hogy ez milyen haltakarmány-igénnyel, eszközszükséglettel jár együtt.

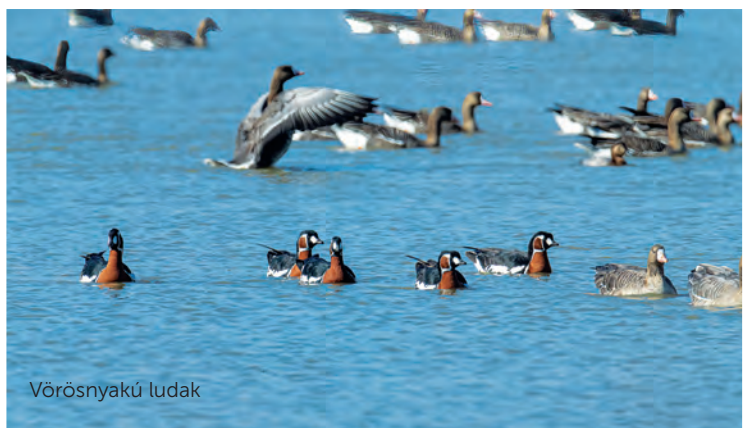
Mesterséges zátonyok

2021 márciusától lett a KNPI halgazdálkodó, s a tómedrekben, zátonyokon fészkelő parti madarak, elsősorban a gulipán helyzetét igyekezett jobbá tenni, zátonyok kialakításával. Három ilyen tómeder van, a 6., 7., és a 9. tavak jöttek számításba. Az alkalmazott technológia abból áll, hogy a három tó közül valamelyiket kivonják a halgazdálkodásból, s az őszi vagy kora tavaszi lehalászás után meghagyják a sekély vizes állapotokat, és az úgy maradt tó a megérkező parti madarak számára ideális fészkelőhelyet jelent. Ez egyébként nem ilyen egyszerű, mint ahogyan hangzik, hiszen a kiszámíthatatlan időjárási körülmények között napi szinten ellenőrzést igényel a vízszint magassága. A költési időszak elején mélyebb víznek kell körülvennie a zátonyt, majd a kikelt fiókák táplálékkereső időszakában lejjebb engedik a tavat, hogy a fiókák a néhány centis vízmélységben nagy területen táplálkozhassanak. Minden évben más tónak kell a parti madarak költőhelyéül szolgálnia, azért, hogy a zátonyok ne gyomosodjanak el. 2020-ban még 47 pár gulipán fészkel az erre alkalmassá tett helyeken, a következő évben 250 pár, emellett 95 pár gólyatöcs. A kűszvágó csérek telepén belül három pár kis csér is jelen volt, amire ötven éve nem akadt példa a Kárpát-medencében. 2022-ben a 9-es tó zátonyán több mint 400 pár gulipán rakott fészket.

Vannak olyan töegységek, melyek kifejezetten a halgazdálkodást szolgálják, vagy úgy, hogy a gazdálkodó több évig állandó vízborítást biztosít a tóban; vagy úgy, hogy tavasszal kihelyezik a 80 dekás, egykilós kétnyaras



Gulipánok



Vörösnyakú ludak



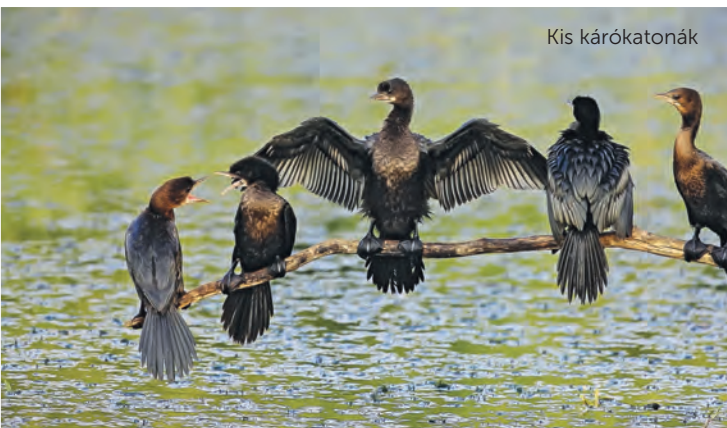
Kiskócsagok



Nagy lilikek



Gólyatöcspár



Kis kárókatonák

pontyokat – amelyek már elég nagyok ahhoz, hogy a komorán ne tudja őket megfogni –, és karácsony előtt két és fél kilósan fogják vissza s értékesítik. A halfogyasztó madarak táplálékbázisát a tavakat tápláló vízzel óriási mennyiségben bejutó ezüstkárász és törpeharcsa biztosítják, így a telepített halak vesztesége minimális – egyébként az 5. s a 6. tavakban 2022-ben közel száz mázsa ezüstkárászt is sikerült értékesíteni.

A Csaj-tó rendszere 13 töegységből adódik össze, a teljes terület a madarak rendelkezésére áll, és léteznek olyan, meghatározott töegységek, melyek kizárólag

természetvédelmi célokat szolgálnak, így oda nem is telepítenek halat. Sem madárriasztás, sem madárgyérítés – amelyet másutt a kormoránok ellen alkalmaznak – nincs a területen, így a tavakon sokkal több a madár, mint a korábbi években tapasztalható volt, amikor még nem tartozott természetvédelmi kezelésbe a terület. A Csaj-tó sosem volt daruészakázó hely, de amióta a természetvédelem kezelésében áll, az őszi időszakokban megjelennek a darvak is. 2021-től emelkedő létszámokban vannak jelen, az elmúlt két évben 10-10 ezer daru tartózkodott őszi vonuláskor a tórendszerben.

Fejlesztési lehetőségek

Mennyire éri meg a KNPI-nek a halgazdálkodás? A szakemberek végeztek számításokat azokra a tavakra, ahová tavasszal kihelyezik a halakat, ősszel pedig lehalásszák őket, itt 5-10 százalék profittal lehet számolni. Ott, ahol több évre helyeztek ki halakat, egyelőre még csak kiadást jelentett a halgazdálkodás, hiszen eddig még nem történt lehalasztás. Egyébként a telepített pontyállomány tiszai nyurgapontyokból áll, de több más, szintén őshonos fajt is telepítettek, így csukát, harcsát, compót.

S mennyire érdeklődnek az itteni tevékenység iránt a természetvédő indíttatású emberek? Madarász körökben ismert helyszín a Csaj-tó, de időnként természetjáró turisták is érkeznek. A halastórendszer jelenleg üzemi terület, kirándulásra kevésbé alkalmas, ám ezen is változtatni kíván a KNPI az elkövetkezendő években, hiszen az oktatási, bemutató- és ökoturisztikai célú fejlesztési lehetőségek is kiaknázhatók itt. Mindezek természetesen úgy valósulnának meg, hogy a látogatók se zavarják a madárvilág életét.

FARKAS CSABA

Nyitóképünk: Csaj-tavi nagy kócsag *(Molnár Gyula felvételei)*



BESZÉLGETÉS KISS L. LÁSZLÓVAL

A csillagászat reneszánsza

Reneszánszát éli a csillagászat, és nem csak a tudomány művelése, hanem népszerűsítése is. Kiss L. László mindkét területen otthon van. A HUN-REN Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont főigazgatóját aligha kell bemutatni olvasóinknak, hiszen rengeteget szerepel különböző tévéműsorokban és online fórumokon. Youtube-csatornáját nem csak a laikus érdeklődők, hanem a szakmában jártasabbak is követik. A Széchenyi-díjas akadémikussal öt évvel ezelőtt jelent meg interjú lapunk hasábjain. 2023 decemberében megkapta a Prima Primissima díjat Magyar tudomány kategóriában. Ebből az alkalomból kértük arra, hogy ossza meg velünk gondolatait a csillagászat fejlődéséről, kommunikációjáról, a hazai kutatói utánpótlás kérdéséről, és az elismerés tanulságairól.

— *A csillagászat reneszánszát éli itthon és a nagyvilágban. Mi ennek a felfutásnak az oka?*

— Szerintem a digitalizáció. A kilencvenes években még az adatínség korát éltük. Olyan kampányokat szerveztek, amiben 30 csillagász elindult a világ tíz pontjára, hogy biztosítsák egy darab csillag megfigyelésének globális lefedettségét 100 napos időszakra. Mára viszont előtört bennünket az adattenger. A megfigyelési technikák is digitalizálódtak és nem csak arra kell gondolni, hogy a CCD kamerák átvették a fotólemezek szerepét, hanem arra is, mennyivel hatékonyabb lett a fotonok elemzése. Én a '90-es évek második felében kezdtem színképelemzéssel foglalkozni, akkor egy csillagászati spektrográf fényhasznosítása maximum 4 százalék volt, ma 15-16 százalék. Ez olyan, mintha a távcső átmérőjét megdupláznánk. A közelmúltban nagy áttörést jelentett a multiobjektum-spektroszkópia. A Kanári szigeteken található 4,2 méteres William Herschel teleszkópon 2023 októberében üzemelték be a WEAVE műszert, melynek tervezésében a CSFK Csillagászati Intézetének kutatói is részt vettek. Fényvezető szálak segítségével egyetlen felvétellel ezer színképet lehet készíteni két fokalátómezőben. Nem kis teljesítmény megfelelően behelyezni ezer mikrolencsét a távcső fókuszsíkjába, és ha átállnak egy másik látómezőre, át kell rendezni az egész rendszert. Hihetetlenül

bonyolult optimalizációs feladat, amihez mindenképpen kellett a mai számítógépek. Chilében a VLT négy különálló 8 méteres távcsövének összekapcsolása révén 16 méter átmérőjű eszköz jött létre, ami nagyon szép ötlet, de iszonyatosan nehéz volt megvalósítani. És már épül a 39 méteres óriás. Megerősödött az a fajta nemzetközi összefogás is, ami a nagy kutatási infrastruktúrákat létrehozta.

A nagy projektek beértek, az eredmények nyomán a döntéshozók hajlandóak voltak újabakat finanszírozni. Ebben az is közre játszott, hogy a csillagászatnak, főleg az űrcsillagászatnak hihetetlenül jó lett a sajtója. A Hubble űrtávcső képeit mindenki ismeri, még popkulturális utalásokban is szerepelnek. Realisztikus fekete lyuk szimulációk jelentek meg sci-fi filmekben és több olyan mű készült, ahol a lehetőségekhez képest figyelnek a tudományos hitelességre is. Komplikált kérdés, miért érzí úgy az ember, hogy reneszánsza van a csillagászatnak, de osztom a nézetet, hogy új lendületet kapott az asztrofizika, az űrcsillagászat, űrkutatás. Ezek nagyjából kéz a kézben járnak, bár lehet közöttük határvonalakat is húzni.

— *Ugyanakkor az interdiszciplinaritása is növekedett a csillagászatnak, bármilyen csúnyán is hangzik ez a mondat.*

— A tudományterületek közötti átfedés ténykérdés. Benne van az is, hogy bizonyos szakterületek egyszerűen nem művelhetők társ- vagy közeli tudományok nélkül.

Például az exobolygók kutatása során azt, hogy egy másik csillag körül keringő bolygónál milyen lehet a légkör, a klíma, a belső összetétel, egy csillagász önmagában nem tud választ adni.

A nagyon érzékeny méréstechnikáknak köszönhetően szemünk előtt bomlottak ki olyan új tudományterületek, mint például a gravitációs hullám csillagászat. Oly mértékben pontos mérésekre volt szükség, ami a fizikai méréstechnikát abszolút a határokig tolta. 2015-ben észleltek először gravitációs hullámot, ezt két fekete lyuk összeolvadása keltette, és ennek hatására a LIGO négy kilométeres lézerinterferométer karjainak hossza nagyjából a proton átmérőjének egy tizedred részével változott meg! Ilyen precíz mérést el sem tudtunk képzelni 30 évvel ezelőtt.

— *Szerintem ezt ma is nagyon nehéz felfogni.*

— Igen, azok a csillagászok, fizikusok, mérnökök, műszaki szakemberek, akik ilyen rendkívüli érzékenységgű méréseket is el tudnak végezni, nagyon értenek valamihez. Én irigylem azokat, akik könyékig benne vannak ilyen műszerek és mérések fejlesztésben, nekem soha nem volt affinitásom ehhez, csak használni szerettem az eszközöket.

— *Milyen eredményeket vár a közeljövő csillagászatától?*

— Két nagy témát emelnék ki. Az egyik titkos reményem a SETI-ben van. Ezt arra alapozom, hogy az égbolt egyre nagyobb területét, egyre több műszerrel, több tartományban és folyamatosan fésüljük át. Például a Vera C. Rubin Observatórium tíz éven keresztül az egész déli égboltot fogja 25 magnitúdóig észlelni és minden egyes égterületről lesz ezer mérése, összesen 37 milliárd objektumról lesznek megfigyelései. De mondhatnánk más hasonló programokat is. Könnyen lehet, hogy találnak valami olyan jelet vagy jelenséget, ami mesterséges eredetre utal és nem magyarázható ismert asztrofizikai folyamatokkal.

A XXI. század két legfontosabb asztrofizikai témája a sötét anyag és a sötét energia. Az, hogy valaminek csak a hatását látjuk, de őt magát nem, abban nincs semmi rendkívüli, a Neptunuszt is így fedezték fel. A sötét anyag is a gravitációs hatásával árulja el jelenlétét. A galaxisok, galaxishalmazok e láthatatlan komponens nélkül nem maradnának egyben. De igazából nem sokat tudunk róla. A sötét energia pedig még sötétebb dolog a szó szoros értelmében. Valami gyorsítja az Univerzum tágulását és ennek okát még kevésbé értjük. Az Univerzum anyag-energia mérlegében körülbelül 5 százalék a barionos anyag, tehát az, amiből a mi testünk is áll. Ez azt is jelenti, hogy a többi 95 százalékról szinte semmit nem tudunk. Pedig ezen sötét összetevők határozzák meg a Világegyetem működését és végső sorsát.



A Svábhegyi Csillagvizsgáló 24-es kupolája
(Fotó: Trupka Zoltán)

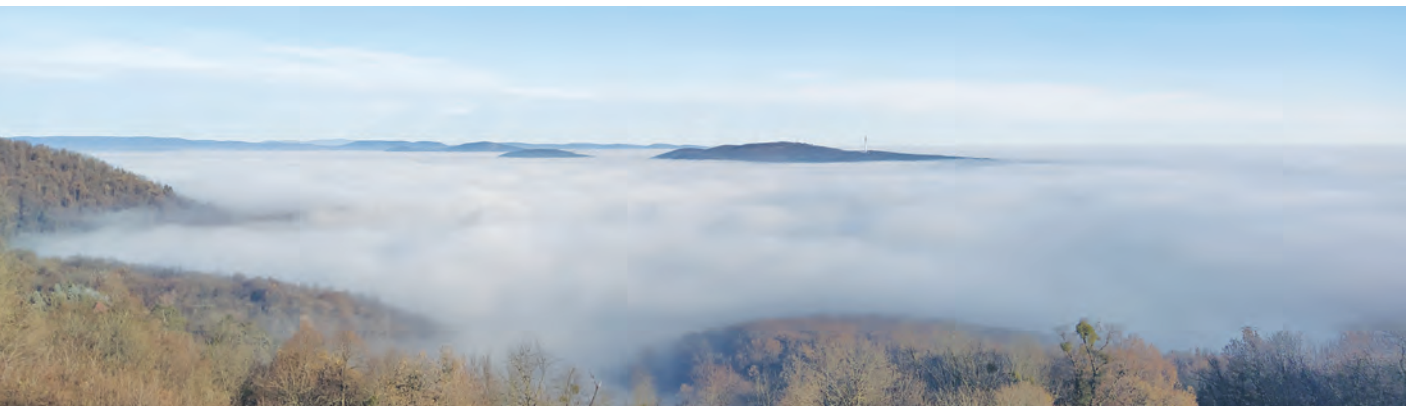
Az MTA Lendület programjának támogatásával Kovács András vezetésével alakult csoport éppen a sötét energiával foglalkozik a Euclid projekt keretében. Nagy nemzetközi konzorciumról van szó, ahova éppen betettük a lábunkat formálisan is. Eddig nem volt benne hazai magyar kutató. Érdekessége a dolognak, hogy tudománykommunikációs szolgáltatást vállaltunk be a programon belül.

— *Hogy látja a csillagászat jövőjét?*

— Az elmúlt 30 esztendőben tíz évente kellett új technológiákat tanulnom. Az űrcsillagászatban eleve 20 éves fejlesztési ciklusokban gondolkozunk. Vannak olyan űreszközök, amelyekről tudjuk, hogy a '30-as évek közepén fognak megépülni, és a '40-es évekre jönnek belőlük eredmények. Például az ESA terveiben szerepel a Theseus űrszonda, ami nagy vöröseltozó gamma villanásokat lesz képes detektálni, amennyiben megvalósul. 2037-ben indulna, az első eredmények a negyvenes években jönnének, amelyek adott

Kiss L. László a Prima Primissima díjjal
(Fotó: Turtóczki Tímea)





A felhők felett mindig kék az ég. Hangulatkép a Normafáról. (Fotó: Trupka Zoltán)

esetben Nobel-díjat is érhetnek. Nekünk ez a horizont, de a CERN-ben dolgozó magyar kollégáktól hallottam, hogy ők már a 2060-as, '70-es, évekre kezdenek előre tekinteni, hiszen a legkomolyabb fejlesztéseknek ez az időigénye.

Azt nem tudnám megmondani, merre haladunk, mert sok dolgot nehéz előre jelezni, a jövőt különösen. De az biztos, hogy a társadalmi, környezeti problémák messze magasabb prioritásúak kell, hogy legyenek, mint a mi égi dolgaink. Az, hogy adott esetben a földi klíma hogyan fogja emberek milliárdjait lehetetlen helyzetbe hozni és erre a társadalom hogyan reagál, olyan kérdések, amelyek mellett az, hogy a húszezredik exobolygónál találunk-e holdat, vagy sem, teljesen eltorpül. Nekünk pedig lehet, hogy harminc év munkája lesz benne.

Itt azért látni kell, hogy a klímaszorongás, ami szerintem manapság minden gondolkodó emberben megvan, beárnyékol bármiféle tervet bármilyen más területen, főleg, hogyha ez a terület nem járul hozzá semmivel a klímaváltozás enyhítéséhez. Amikor megjelent a *Ne nézz fel!* című film, megírtam és beszéltem is arról különböző helyeken, hogy az ember olyan lény, aki nem tud permanens gyászállapotban megmaradni. A normalitásra való törekvés utat tör magának, bármennyire is szomorú, vagy elkeserítő a helyzet. Kulin György ebben a csillagvizsgálóban, ahol most is beszélgetünk, 1942-1944-ben a II. világháború legkeményebb éveiben ugyanúgy 4-5000 látogatót fogadott, mint bármikor máskor, sőt fejlesztéseken is gondolkodott. A normalitás a legtöbb esetben utat tör, mert szerintem ez az, amivel nagyon sok ember meg tudja őrizni az ép esztét, a normalitás látszatával képes adaptálódni ahhoz az abnormalitáshoz, ami körbevesz bennünket.

— *Hogy látja a magyar csillagászat jelenét és jövőjét?*

— Az elmúlt 15 évben fantasztikus fejlődésen ment keresztül a magyar csillagászat. A Pizskéstetői Observatóriumban 50 meg 60 évesek a távcsövek, de nem ez

számít, hanem a fókusz síkban lévő eszköz, ami a beérkező fényt detektálja. Ha van rá anyagi forrás, akkor gyakorlatilag 10 évente teljesen újra lehet gondolni, mire is használhatóak ezek a távcsövek.

Nagyon erős komponensként megjelent a kutatói utánpótlás képzése. A fiatal tehetségek nagy része megfordul Pizskéstetőn, és megtanulja, hogyan kell adatokat gyűjteni, hogyan lehet spektrumokat felvenni, hogyan lehet nagylátószögű képeket készíteni a Schmidt-távcsővel, vagy hogyan lehet többszín fotometriát művelni a halvány szupernóvákról a 80 centiméteres robottávcsövünkkel. Amikor 2009-ben hazajöttem Ausztráliából az MTA Lendület fiatal kutatói programjának támogatásával, akkor 30-32 csillagász dolgozott a Csillagászati Intézetben, ma 65. Az intézeti megújulás jegyében már a kollégák negyede külföldi, és angol a munkanyelv. Korábban is benne voltunk a nemzetközi vérkeringésben, most még inkább így van.

Idén 125 éves az intézet. Tehát a történelmi távlat az jóval nagyobb, de most is elmondhatjuk, hogy a fiatalokat a csillagászati témák mindig megérintik. A CSFK átvette a csillagászati és asztrofizikai diákolimpia válogató versenyének szervezését Magyarországon, amit Hegedűs Tibor és munkatársai Baján kezdtek el. Ennek révén minden évben be tudunk vonzani 80-100 középiskolást, közülük a legjobbak mennek egyetemre, a legeslegjobbak pedig egyből külföldre. Őket megsíratom minden egyes alkalommal, mert aki külföldön végzi az egyetemet, az már szinte biztosan nem jön vissza. De ha itt kezd az egyetemet, és innen megy mesterképzésre, vagy doktori képzésre, akkor még van esély, hogy Magyarország visszaszerzi ezt a tehetséges fiatalot. Persze nem lesz mindenki csillagász, de a csillagászat nagyon alkalmas az összes MTMI (matematikai, természettudományi, műszaki és informatikai) terület népszerűsítéséhez.

— *Milyen konkrét magyar vonatkozású kutatási programokat emelne ki a jelenből vagy a tervek közül? Nem felejtjük el, és tiszteljük a máshol folyó tudományos tevékenységet is, de az egyszerűség kedvéért maradjunk a Konkoly Obszervatóriumnál.*

— Igen, itt is sok mindenről és sok mindenkiről lehetne beszélni. A Euclid programot már említettem is, de szintén nagyon izgalmas, sőt a nagyközönséget is az egyik legjobban érdeklő téma a Földet veszélyeztető kisbolygók problémája.

Szeretnénk továbbfejleszteni a földsúrló kisbolygók, főként a becsapódás előttiek keresését. Hogy mennyire aktuális a kérdés, azt Sárnecky Krisztián január 21-én történt felfedezése is mutatja, aki egyébként negyed százados tapasztalattal rendelkezik a kisbolygók keresésében. A 2007 óta eltelt bő másfél évtizedben összesen nyolcszor sikerült becsapódás előtt álló kisbolygót felfedezni: ötször Amerikából, háromszor Magyarországról! Figyelembe véve az amerikai finanszírozási lehetőségeket, meg azt, hogy jóval előrébb járnak Európához képest, azért ez figyelemre méltó. Európából a legtöbb földsúrló kisbolygót is Krisztián fedezte fel Piskéstetőről.

Kapcsolatban vagyunk egy mesterséges intelligenciával foglalkozó informatikai céggel is. Az MI segítségével szeretnénk felfedezni az égboltról készült felvételeken azokat a csíkokat, amiket földsúrló kisbolygók húznak. Ezekről ugyanis nehéz megmondani, milyen irányból jönnek, merre haladnak és milyen sebességgel mozognak. Az Európai Űrügynökséggel együttműködésben szeretnénk tovább fejleszteni a szoftveres részt és bővíteni a monitorozott égterületet. Itt ugyanis nem az az érdekes, hogy Texasban vagy Chilében jobb az ég, hanem az, hol van derült éjszaka. Ha egy fél méteres nagylátószögű távcsövet leraknánk Brazíliában, az jó lenne a Piskéstetőről készült felvételek mellé megerősítésnek. Ha ugyanis Magyarországról kelet felé nézünk, a legközelebbi ilyen fől soroló kisbolygó keresés a Távol-keleten van. Nagyon sok órán keresztül, sok hosszúsági körön keresztül nincs senki.

A Svábhegyi látogatóközpont Natura 2000-es területen, a város zajától távol, romantikus ősfás parkban helyezkedik el
(Forrás: svabhegyicsillagvizsgalo.hu)



A téma jelentősége sokkal nagyobb a mai felfokozott világpolitikai helyzetben. Rendkívül fontos információ a felelős vezetők számára, hogy ha történik egy tíz megatonna robbanás a fővárostól ötszáz kilométerre a magaslégtérben, azt vajon egy ellenséges atombomba okozta vagy egy kisbolygó csapódott a légkörbe. Vagyis nem csak külső védelemről, hanem önmagunktól való védelemről is szó van. Kritikus fontosságú tehát, hogy ha lehetséges, akkor még a becsapódás előtt felfedezzük őket.

— *Úgy látom, hogy a csillagászat reneszánszával együtt a csillagászati ismeretterjesztés is felfutóban van. Összefügg a kettő?*

— Bármelyik nagy híroldalon találni csillagászzal kapcsolatos híreket, ez egy olvasómágnés téma. Már csak az említett adattenger miatt is rengeteg eredmény van, az embereket pedig mindig is érdekelte a csillagos ég. Láthatóan működnek a kereslet-kínálat szabályai, ha van kereslet, lesz rá kínálat is. Nyilvánvalóan az új média hatalmas felületeket szakított ki magának ebben a témában is. Vannak teljesen alulról jövő civil szerveződések, csatornák, amelyek százezres nézettséget érnek el, ami dicséretre méltó. Hogy mennyire helyesek szakmailag, az egy másik kérdés. Én azért nagyon hiányolom azokat az ismeretterjesztő könyveket, amelyek a '70-es, '80-as években nagy számban jelentek meg. Nagyon jó fordítások voltak, de nagyon jókat írt például Széchenyi-Nagy Gábor vagy Hédervári Péter. Ma ilyeneket nem nagyon látunk. Pedig a könyv, a Gutenberg galaxis egyáltalán nem halott.

— *Létrejött több csillagászati vonatkozású látogatóközpont is hazánkban.*

— Ezt tíz éves távlatban kell nézni. Alapvetően a vidéki bemutatóhelyek, mint Bakonybélben a Pannon Csillagda, a Zselici vagy a Büki Csillagvizsgáló, nemzeti parkok turisztikai fejlesztési befektetései voltak, amellyel persze semmi baj nincs. Mi Svábhegyi Csillagvizsgáló néven hoztunk létre interaktív csillagászati élménycözpontot. 2023-ban több mint 17 ezer látogatónk volt, ami lassan összevethetővé válik egy nemzeti park éves látogatószámával. Fontos megjegyezni, hogy nekünk nincs még dedikált infrastruktúránk látogatók fogadására, de akad sok-sok lelkes ember, aki a csillag-dai kert normafai feltételei mellett fogadja az érdeklődőket. Nálunk egy közfeladatai között a tudománykommunikációt is fölmutatni képes kutatóközpont hozott létre egy interaktív csillagászati élménycözpontot. Mi ehhez nem kaptunk külső forrásból semmiféle támogatást, abszolút a saját belső forrásból, illetve az ELKH (ma HUN-REN) magyar kutatási hálózat céltámogatásaival tudtuk kialakítani.

— *Mi a célja és hogyan működik? Azért kérdezem, mert nagyon sok látványos és érdekes programot tartanak.*



A kupola főműszere egy 60 centiméter tükörátmérőjű Zeiss-Heyde távcső (Fotó: Trupka Zoltán)

— A Csillagászati és Földtani Kutatóközpont alaptevékenységét plusz bevételek bevonásával szeretnénk támogatni, de a távlati cél az, hogy önmagát is eltartani képes legyen. Van egy olyan vágyam, hogy a látogatóközpont által megtermelt bevételből például tudjunk posztdoktori állást hirdetni.

2023-ban 122 ember dolgozott a Svábhegyi Csillagvizsgálóba érkező látogatók fogadásán. Ebben van egy 8 fős alapcsapat, és van 24 fő vizsgázott bemutató, nálunk ugyanis ezt a tevékenységet nem végezheti bárki. Van egy 18 fős külön csapat, belőlük áll a Csillagkapu néven szervezett nagy fesztiváljaink kiegészítő személyzete. Tavaly fejlesztettünk egy belső minőségbiztosítási rendszert, készültek oktató anyagok, 27 bemutatóképző tanfolyamot tartottunk. Csak retorikai képzésből volt három, hogy tudjanak beszélni, szituációs, helyzetszituációs elemzéseket végeztünk, nyomon követjük, ki mihez ért, kit hova osszunk be. 17 és fél órányi oktatóvideó készült a tanfolyamokról, amit meg tudnak nézni. Ez tehát egy nagyon komplex belső minőségellenőrzési rendszer, amit én önmagában is értékes dolognak tartok. A lényeg, hogy mi hiszünk abban, hogy az élőszavas vezetések, bemutatók, előadások nagy hozzáadott értéket jelentek. Ezt viszont csak akkor tudjuk fenntartani vállalható minőségben, ha a bemutatóinkat képezzük.

Visszont van egy folyamatos fluktuáció, a fiatalok ugyanis itt vannak pár évig, aztán a legtöbb esetben mennek tovább. Ez természetes. Be kell látnunk, hogy pusztán csak szerelemből és lelkesedésből nagyon kevesen hajlandóak a közösségért dolgozni, de ha megkapják a munkájukért az anyagi elismerést, akkor biztosabb alapokra lehet helyezni a működést. Ami érdekes tapasztalat volt számomra is, hogy egy-egy nagyobb program

után a bemutatókat tartó fiatalok itt maradnak és „társadalmi életet” élnek. Úgy tűnik tehát, hogy csapatépítő tréningnek is nagyon jók ezek a rendezvények.

— *Térjünk vissza az új médiavilághoz, amellyel Ön elég jó barátságban van. Sokan ismerik, sajátos, élénk stílusa miatt könnyen felismerik.*

— Valóban, van egy média arcom, amit egyértelműen a legjobban szeretek csinálni. A Kiss László csillagász YouTube csatornán most van 246 videó, 11 500 követővel, meg 1,2 milliós nézettséggel, ami szűk két év alatt futott föl. A legnépszerűbb beszélgetés elérte a százezres nézettséget, ami egy ilyen föltörekvő kis csatornánál jó. Ha azt az energiát, amit ebbe fektettem az elmúlt években, szakcikk írására fordítottam volna, valószínűleg már ötven cikkem lehetne. De jelenleg ez a munka jobban érdekel. Az új médiavilágban nagyon sokan versengenek a potenciális nézők figyelméért. Az egyedi stílus az egyetlen lehetőség, hogy megnyerjük őket. Én ezt az említett „sajátos” stílust felvállalom. De nagyon fontosnak tartom hozzá tenni, hogy ezeket én mindig magánemberként teszem! Amit Facebook oldalon is megosztok, vagy leírok, kommentként, véleményként, az a magánemberé. Főigazgatóként nem csinállok YouTube csatornát, főigazgatóként papírokat írok alá, meg vezetek egy három intézetből álló konglomerátumot.

— *Mint ilyen kapta meg a Prima Primissima díjat. Bizonyára nagy élmény volt belülről is, de ennek már több hónapja. Hogyan ülepedett le Önben ez az elismerés?*

— Az egész eseménynek volt egy nagyon elegáns, méltó hangulata, mely nagyon mély benyomást gyakorolt rám. Örültem, hogy nem közönségdíjas lettem, hanem Magyar tudomány kategóriában kaptam, mert mégiscsak egy magyar tudós vagyok. Tehát nem az döntött, hányan ismernek, persze az ismertségem fontos tényező lehetett a döntésben. Még pár nappal később is úgy éreztem, hogy ez azért valami: jól van Laci, azért valamihez mégiscsak értesz. Innentől kezdve azonban nem mondhatom azt, hogy Magyarországon milyen nehéz az ismeretterjesztők sorsa. Én biztosan nem állhatok ki hitelesen panaszkodni. Képmutató lennék, ha azt mondanám, hogy nekem milyen nehéz az életem, mert van egy kutatóközpontom, van egy stúdióm, azt csinálhatom, amit szeretek, és még elismerést is kapok érte. Innentől kezdve, amikor érvelek a tudományos ismeretterjesztés fontossága mellett mindig pozitív hangvételben kell nyilatkozzak. A nagyközönséggel beszélgető kutatónak az egyetlen értéke a szakmai hitelessége. És ha erre árnyék vetül, vagy megkérdőjeleződik, akkor minden, amit fölépített az évek alatt, pillanatok alatt omolhat össze.

TRUPKA ZOLTÁN

KÉPES ÁTVENNI AZ URALMAT AZ OKTATÁS FELETT?

Mesterséges intelligencia és emberi tanulás

Az AI alapú eszközök lehetővé teszik, hogy kényelmesebben, gyorsabban és nagyobb hatékonysággal tanuljanak a diákok, de máig vitatott, hogy milyen mértékben hagyatkozhat az emberiség a mesterséges intelligenciára. Vajon eljön az idő, amikor az iskola csupán egy régi fogalom lesz?

A mesterséges intelligencia eszközei ma nemcsak a mindennapos személyközi és üzleti kommunikáció területén jelentősek, ott vannak otthonaikban, a munkahelyeken, a bevásárlóközpontban, az egészségügyben, a szabadidős programok során, és mára tagadhatatlanul meghatározzák az oktatási módszertant is. Az AI-alapú eszközök széles körben befolyásolják a tanulási technikákat és folyamatokat. Az adaptív tanulási platformok, személyre szabott oktatási alkalmazások és automatizált értékelési rendszerek mind segítséget kínálnak a diákok számára (legyen szó kisiskolás alsó tagozatos gyerekekről vagy a felsőoktatásban tanuló felnőttekről), ezenkívül segíthetnek a pedagógusoknak az egyes folyamatokban, különösen is az oktatási eredmények elemzésében. Ahhoz, hogy átfogó képet kapjunk a technológia oktatásra gyakorolt hatásairól, ismernünk kell a rendelkezésre álló „okos” eszközöket.

Az adaptív platformok térhódítása

Első helyen kell említeni az adaptív tanulási platformokat, amelyek meglévő tapasztalatokra alapozva személyre szabott tanulást kínálnak a diákok számára. Ezek az intelligens rendszerek figyelembe veszik a diákok egyedi képességeit, erősségeit és gyengeségeit, ezáltal hatékony módon támogatják a tanulási folyamatot. De vegyünk egy példát az adaptív tanulási platformok egyikére. Az úgynevezett Khan Academy egy olyan online oktatási platform, amely adaptív technológiát alkalmaz a matematika, fizika, kémia és más tantárgyak tanítása érdekében, miközben alkalmazkodik az egyedi igényekhez, valamint személyre szabott gyakorlatokat és tananyagot kínál a felhasználók számára. A rendszer elemzi a diákok válaszait, értékeli a teljesítményüket, és az eredmények alapján személyre szabott tanulási útmutatásra tesz javaslatot. Ezáltal segíti, hogy a nebulók saját tempójukban, saját szükségleteikhez igazodva haladjanak az adott tananyaggal. A példában említett adaptív tanulási platform további előnye az értékelések azonnali kimutatása is,

amely e készítése egy pedagógus számára időigényes folyamatot jelentene. Ezzel szemben az adaptív platform képes automatikusan értékelni a diákok teljesítményét, hogy azonnali visszajelzést nyújtson. Ez a tulajdonság hozzájárul a tanulók képességeinek fejlesztéséhez is, hiszen az AI alapú rendszer elemzi az emberi képességek fejlődését, figyelembe véve a tanulási szokásaikat.

Kiértékelés és azonnali visszacsatolás

A fentiekben röviden említett kiértékelési módszereket érdemes részletesebben is megismerni, hiszen ezáltal láthatóvá válik a mesterséges intelligencia nélkülözhetetlen jelenléte az oktatásban. Íme, néhány jellemzőjük. Gyors kiértékelés: az AI-alapú értékelési rendszerek nagyon gyorsan és hatékonyan értékelik a diákok munkáját, ezzel is csökkentve az oktatók adminisztratív terheit. Objektív értékelés: az automatizált rendszerek képesek teljes mértékben elfogultság és részrehajlás nélkül értékelni a teljesítményeket, amely egy érzelmektől vezérelt ember számára

nem minden esetben garantálható. Adatok elemzése: a mesterséges intelligencia képes rövid időn belül nagy mennyiségű adatot elemezni, és az eredmények alapján részletes visszajelzéseket nyújtani a diákoknak és az oktatóknak, méghozzá rögtön. Azonnali visszajelzés: az AI azonnali visszajelzést ad a diákok számára, segítve őket a hibáik azonosításában és korrigálásában. A tételesen ismertetett kiértékelési példák közé tartozhatnak az automatizált tesztválaszok, programozási feladatok értékelése, nyelvtani vagy matematikai gyakorlatok kiértékelése is. Vagyis a modern technológiai eszközök minden eddiginél hatékonyabb módon támogatják a tanulási folyamatokat, miközben a tudás tesztelésében is megbízható segítséget jelentenek a pedagógusok számára.

Állandó jelenlét

A mesterséges intelligencia gyakorlati eszközeinek bemutatása során fontos kiemelni a chatbotok jelentőségét az oktatásban, hiszen azonnal segíthetnek a diákoknak kérdéseik megválaszolásában, legyen szó házi feladatról, tananyag megértéséről és további források eléréséről, vagy akár az adott oktatási intézménnyel kapcsolatos kérdésekről (például beiratkozás). Meg kell említeni az állandó elérhetőséget is, ugyanis a chatbotok folyamatosan rendelkezésre állnak, akár nappal vagy éjszaka, akár hétköznap vagy hétvégén. Ezáltal a diákok bármikor kérhetnek segítséget, még az oktatási intézmény zárva tartása idején is. Talán azt túlzás lenne kijelenteni, hogy a chatbot hatékonysága felülmúlja egy pedagógus személyes jelenlétét, azonban be kell látni, hogy szerepük megkerülhetetlen.

Az AI alapú oktatás pszichológiája

A rendelkezésre álló eszközök kétségkívül hozzájárulnak a hatékonyabb és személyre szabottabb oktatási élményekhez, ezáltal fokozzák a diákok motiváltságát is. Az online tananyagok és játékosított tanulási platformok szórakoztató és interaktív élményeket nyújthatnak a felhasználók számára, ezzel is növelve az elkötelezettséget a tanulás iránt. Míg a mesterséges intelligencia által kínált interaktív tartalmak és multimédiás eszközök, mint a videók, interaktív szimulációk, 3D-modellek és egyéb multimédiás tartalmak hatékonyan támogatják a tanulást, segítik az absztrakt fogalmak megértését és javítják a tanulók emlékezetét. Továbbá a fentiekben kiemelt állandó hozzáférés rugalmasságot biztosít, ez különösen is a felnőtt hallgatók számára jelent nagy





könnyebbé, akik egyéb elfoglaltságok miatt változatos időpontokban tudnak a tananyaggal foglalkozni. Az online térben zajló tanulás és tanítás lehetővé teszi azt is, hogy egy időben nagy létszámú csoportok is kényelmesen hozzáférjenek az oktatási anyaghoz, földrajzi távolságok ellenére is. Ezen előnyök segíthetik a diákokat abban, hogy pozitívabb érzelmi élményeket kapjanak a tanulási folyamatok során, és így az oktatás egy örömteljes és hatékony folyamatá válnon, de az emberi interakciókat, a személyes kapcsolódást nem képesek helyettesíteni.

A mesterséges intelligencia útvesztői

A számos előny mellett nem szabad figyelmen kívül hagyni egy fontos tényezőt, amely az emberi kapcsolatok hiányára mutat. A hosszú távú kizárólag online kapcsolattartás komoly pszichés kockázatokkal jár, különösen akkor, ha valaki csak minimálisan vagy egyáltalán nincs személyes kapcsolatban másokkal. Habár ma a mesterséges intelligencia nyújtotta tanulási platformok mellett prioritást élvez a jelenléti oktatás, mégis sok helyen – különösen a felsőoktatásban és felnőttképzések esetén – tartósan fennáll az online oktatás módszere, amelynek veszélyei között szerepel a szociális elszigetelődés. Amennyiben valaki kizárólag online folytatja tanulmányait, esetében fennállhat az elszigetelődés veszélye. Ugyan élő, személyes interakciók nélkül is lehetséges elsajátítani bonyolult tudástárakat, de ezzel együtt csökkennek a szociális készségek, hiszen az online kommunikáció eltér a személyes interakcióktól, ezért kevésbé fejleszti az olyan készségeket, mint például a testbeszéd olvasása vagy az arckifejezések értelmezése, amelyek nélkülözhetetlenek az emberi kapcsolatokban. Így nehezebb kifejezni és átadni az érzelmeket, ami hosszú távon érzelmi elszigetelődéshez, szorongáshoz és esetlegesen depresszióhoz vezethet. Kutatások

igazolják, hogy azok a személyek, akik túlzott mértékben hagyatkoznak az AI alapú eszközökre, és figyelmen kívül hagyják az offline tanulási módszereket (könyvtárak, csoportos órák, magánórák) hajlamosan a digitális kimerültségre, amely szellemi kimerültséghez vezet. Vagyis az online és offline jelenlét egyensúlya fontos a pszichés egészség fenntartása érdekében. Az emberek a mesterséges intelligencia térnyerése ellenére továbbra is szociális lények, ezért a személyes interakciók és kapcsolatok szükségesszerűek az érzelmi és mentális jólét szempontjából.

AI alapú oktatás a jövőben

A legtöbb előnyt és hátrányt összevetve felmerül a kérdés, hogy milyen jelentősége lesz a jövőben a mesterséges intelligenciának a tanulás és tanítás területén. Egyes vélemények szerint a jövő generációi számára az iskolapad csupán egy múzeumi darab lesz, egy elképzelhetetlen eszköz. Míg mások meggyőződéssel vallják, hogy az AI alapú oktatási módszerek csupán pillanatnyi ideig maradnak fenn. A jövő oktatásának módszertana valószínűleg egyfajta kombinációja lesz az online és a jelenléti képzéseknek. Hogy milyen oktatási rendszerben, melyik módozat lesz az elfogadott, az számos tényezőtől függ, mint például az oktatási intézmények berendezésétől, a tantárgyak átalakulásától, az egyéni preferenciáktól és a további technológiai fejlődéstől. Addig is napjainkban egy hibrid tanulásról beszélhetünk, amely az online és a jelenléti oktatás egyvelege, ebben a rendszerben a diákok részt vesznek az osztálytermi foglalkozásokon, de ugyanakkor online tartalmakhoz és eszközökhöz is hozzáférnek. Viszont tagadhatatlan, hogy az online oktatás népszerűsége végérvényesen megváltoztathatja a hagyományos tanulási modelleket. Az emberek egyre inkább keresik a rugalmasabb lehetőségeket, amelyek az online oktatási eszközökre épülnek. További tény, hogy a VR és az AR technológiák fokozatosan bevezetésre kerülhetnek az oktatásba, lehetővé téve a diákoknak a térbeli élmények és interaktív tanulási környezetek általi részvételt. Végül egy olyan szempontot kell megjegyezni az AI alapú oktatás mellett, amely lehetővé teszi az élethosszig tartó tanulás. A különböző online kínált kurzusok és tanulási lehetőségek alkalmat biztosítanak az emberek számára, hogy folyamatosan fejlesszék készségeiket és ismereteiket bármely területen. A jövő oktatása minden bizonnyal flexibilisebb és személyre szabottabb lesz, felerősítve az egyéni tanulási stílusokat és igényeket. Az oktatásban a technológia továbbra is fontos szerepet fog játszani, de az offline kapcsolatok és az emberi interakciók jelentősége megmarad.

VERMES NIKOLETT



BETT SHOW 2024

Holografikus avatár pótolja a hiányzó tanárokat?

A mesterséges intelligencia-alapú oktatási alkalmazások áttörése mellett az integrált megoldások iránti felhasználói igény, illetve a kiberbiztonság és a személyes adatok védelme került a középpontba az idei Bett Show-n, ahol 12 magyar cég is kiállított. Közülük a Redmenta, a Mozaik és a BOOKR Kids termékei is bekerültek a Bett Awards finalistái közé, a Redmenta MI-tartalomgenerátora pedig kiérdemelte az AI in Education kategória első díját.

Az oktatástechnológiai fejlesztések legjelentősebb európai seregszemléjét 2024. január 24-27. között rendezték meg Londonban. A több mint 130 országból érkezett mintegy 500 kiállítót és 300 előadót felvonultató eseményre 30.000-nél is több érdeklődő regisztrált.

Az évről évre immár hagyományos megrendezett EdTech szakkiállítás és konferencia, amely az óvodától a közoktatáson és felsőoktatáson át a pedagógus továbbképzésig és az élethosszig tartó tanulásig az oktatás minden szegmensét felöli, nem kisebb célt tűz ki maga elé, mint hogy találkozási pontot kínáljon az oktatástechnikai fejlesztéssel foglalkozó cégek, az oktatásügyi szakemberek, szakpolitikai döntéshozók és gyakorló pedagógusok számára. A céges kínálat az IT szakma legismertebb óriásaitól a garázsbizniszből indult nagy reményű startupokig hatalmas, már-már felmérhetetlen és befogadhatatlan kínálatot takar, ahogy nehéz választás elé állítja a látogatót a több tucatnyi színpadon és helyszínen zajló előadások, demók, tréningek sokasága is. A zavarba ejtő kínálat alapján egy dolgot biztosra vehetünk: az oktatási szektor hatalmas

piac, ezért az IT-cégek folyamatosan figyelik és elemzik a diákok, a tanárok, a szülők, illetve az oktatási intézmények vezetőinek és az oktatási szektor döntéshozóinak igényeit, prioritásait, illetve erőforrásokat nem kímélve dolgoznak azon, hogy az oktatás szereplői megismerjék, megértsék és megszeressék az új eszközök, appok, platformok kínálatát lehetőségeket.

Hová lettek a robotok?

Egy évtizede még a kiállítás látogatóinak alapélménye lehetett a robotika térnyerése, a már egészen kicsi korban is használható, a programozás alapjaira ráhangoló színes, mozgó, villogó fejlesztő játékok sokaságától a kamaszoknak kínált, rendkívül sokoldalúan használható robotépítő készletekig, amelyekre aztán világversenyek is szerveződtek. Bár a robotok nem tűntek el teljesen a Bett Show kínálatából, jelenlétünk korántsem meghatározó.

Később mindent uraltak az okostáblák, az érintőképernyők, illetve a hozzájuk tartozó szoftverek, de gyakran lehetett az a benyomásunk, hogy a céges

világban bevált modellek iskolai vagy akár felsőoktatási átszabása nem hoz kellően átfogó, az oktatási szektor sajátosságait megfelelően kiszolgáló megoldást. A világjárvány miatti lezárások a teljes oktatási szegmensben kikényszerítették a digitális távoktatásra való áttérést, ezzel kényszerű és erőltetett ütemű változásokat generálva.

A Bett Show koronavírus járvány utáni visszatérésekor a legnagyobb kérdés az volt, mit őriz majd meg az oktatás világa az online lét értékeiből, és milyen új kihívásokat állít a pedagógia és az IT szolgáltatók elé a hibrid oktatás.

Az AI az iskolában

A pedagógiai gyakorlat és az oktatáspolitikai szereplőit még javában lekötötték a digitális és a jelenléti oktatás összeillesztésének kérdései, a digitalizáció iskolai térnyerésével egyidejűleg megjelenő képzési és mentorálási igények feltérképezése, mindeneke előtt a már a pályán lévő tanárok támogatása az új eszközök és szoftverek használatának elsajátításában, amikor a ChatGPT megjelenésével az egész világot felbolygatta a mesterséges intelligencia nyilvánvaló térnyerése. Így korántsem meglepő, hogy a Bett Show 2024-es standfeliratait böngészve a leggyakrabban az AI rövidítést láthattuk, az előadások, kerekasztal-beszélgetések témáiban is meghatározó volt a mesterséges intelligencia iskolai alkalmazásával kapcsolatos remények, lehetőség, félelmek, veszélyek boncolgatása. Mindebben nyilván a marketingnek is van szerepe bőven: az AI olyan erővel robban be a köztudatba, hogy az IT-cégek értékesítésért felelős vezetőiben minden bizonnyal megfogalmazódott: aki lemarad, az kimarad. Így aztán minden cég igyekszik valamilyen új, AI-alapú fejlesztéssel előrukkolni, hogy biztosítsa pozícióit a tech élvonalasainak klubjában és az oktatási döntéshozók előtt is. Ma még biztosan nehéz megjósolni, hogy mely fejlesztések bizonyulnak hasznosnak és időtállóknak, az azonban jól látszik, hogy mely területeken segítheti a pedagógusok munkáját a mesterséges intelligencia.

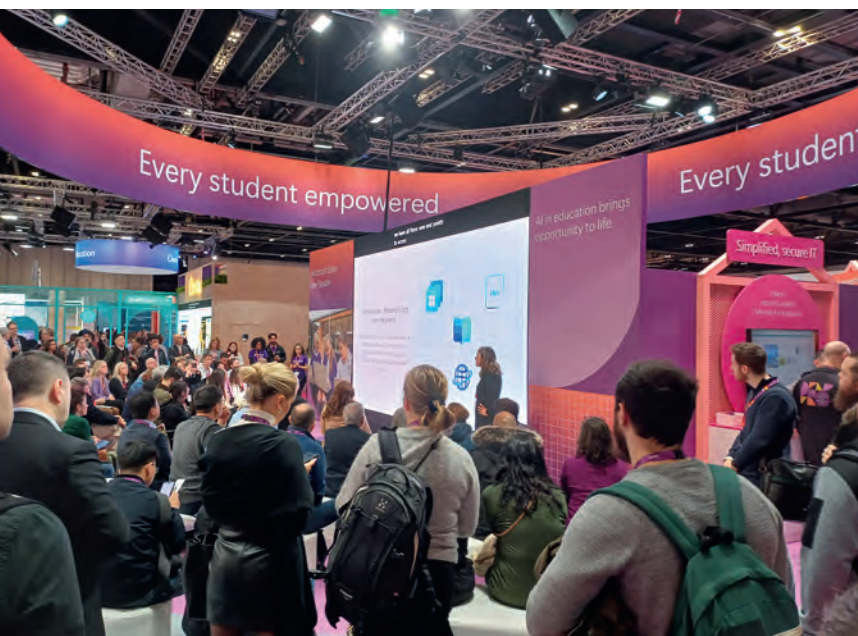
Biztosan nagy karrier előtt állnak az MI-alapú feladatbankok és feladatlap-összeállítók, amelyek a tanárok válláról vesznek le terheket azzal, hogy jelentősen meggyorsítják a gyakorlást segítő vagy a tudásszintet mérő feladatlapok mutációinak elkészítését, illetve a teszteredményeket visszacsatolásként felhasználva képesek a

kevésbé sikeresen elsajátított részterületeken adaptív módon újabb, gyakorlási lehetőséget kínáló vagy éppen fokozatosan nehezedő feladatokat tartalmazó teszteket összeállítani. Ugyanezen az elven működnek az önálló tanulást támogató, sokszor játékos elemeket is tartalmazó alkalmazások. Az MI-alapú feladatlapkészítés terén magyar siker is született: a Redmenta feladatsablon-készítő alkalmazása kiérdemelte a legrangosabb oktatástechnológiai elismerést, a Bett Awardot. Az új fejlesztés célja, hogy a pedagógusok az érvényes tantervekhez illeszkedő sablonok létrehozásával a helyi igényeket és előírásokat szem előtt tartó feladatsorokat tudjanak generálni.

Szintén jó esélyük van a népszerűsége az MI-alapú dolgozatjavító appoknak, amelyeknek a tanuló algoritmus a tanár által kijavított néhány példa alapján pillanatok alatt előjavitja a tanulócsoporthoz összes tagjának a dolgozatát. Biztosan sok tanár örül, ha lerövidül a tesztek mechanikus javításához szükséges idő, hiszen csak az MI által már előjavitott tesztek átnézése, az eredmény véglegesítése hárul a pedagógusra. Mivel az adatok ezekben a rendszerekben eleve digitális formában keletkeznek, a diákok, csoportok vagy akár egy teljes iskola eredményei is elegáns, vizuális formában jeleníthetők meg, képet adva akár a szülőknek vagy a fenntartónak is arról, hogy alakul a diákok teljesítménye.

Mindez persze számos jogi, adatvédelmi és adatbiztonsági kérdést vet föl, nem véletlen tehát, hogy a kiállítás pavilonjain és az előadótermekben is meglehetősen gyakran került szóba az adatbiztonság kérdésköre. Az egyes alkalmazások ismertetésének





már-már kötelező eleme a GDPR-szabályok említése, de a kiállításon fizikai értelemben is jelentős területet foglaltak el azok a szolgáltatók, amelyek az iskolák és oktatási rendszerek biztonságos adattárolására, és az oktatási intézmények vagy akár intézményrendszerek átfogó menedzsmentjére kínálnak informatikai megoldásokat úgy, hogy azok a jelentéti, digitális vagy éppen hibrid oktatást kiszolgáló oktatási keretrendszerekkel is integrálhatók.

Az iskola mint piac

Ezzel elérkeztünk a 2024-es Bett egy újabb kristályosodási pontjához: bár önálló alkalmazások sokasága jön létre és próbál kihasítani magának kisebb-nagyobb szeletet az oktatási piaci tortából, a sikerhez vezető út egyre nyilvánvalóbban az integráció. A jól áttekinthető, egységes kezelőfelületet kínáló, az oktatási szituáció sajátosságait értő és hatékonyan leképező, nem utolsó sorban a tanárok által már ismert felületekbe való integrálódás nélkül egyre nehezebb bejutni az iskolákban. A nagy IT-cégek mind-mind kínálnak „for Education” „for School” csomagokat, amelyek nem egyszerűen iskolai használatra szánt ingyenes szoftvercsomagokat tartalmaznak, hanem a tanár-diák és diák-diák, sőt, gyakran a tanár-szülő interakció is része a platformnak, az iskolai projektek résztvevői akár emoji-kkal vagy videóüzenettel is hozzászólhatnak a közös munkafolyamathoz. Az iskolai felhasználók körében

népszerű kisebb célszoftverek pedig a tanulás-tanítási folyamatot átfogóan kiszolgáló platformokba integrált applikációként maradnak könnyen elérhetők.

Az iskolai digitalizáció és ezen belül az MI-alapú eszköztár rohamos fejlődése az oktatási szektor szereplőinek jelentős részét félelemmel vegyes gyanakvással tölti el, ami a Bett hatalmas kínálatát elnézve nem is meglepő. A rendezvény egyik célja, hogy az IT iránt elkötelezett pedagógusok és oktatási szakemberek számára lehetővé tegye a digitalizációs folyamatok menedzselésével kapcsolatos iskolai jó gyakorlatok megosztását, a szakmai tapasztalatcserét. A kisebb színpadok kerekasztal-beszélgetéseinek visszatérő témája volt a pályán lévő tanárok továbbképzése és mentorálása, illetve a pályakezdők és más új kollégák beillesztési folyamatainak tervezése. Az iskola átfogó digitális menedzsmentjében és az oktatás digitalizációjában is élen járó intézmények komoly struktúrákat alakítottak ki házon belül a kollégák digitális kompetenciáinak fejlesztésére és a rendszerbe illesztett konkrét alkalmazások kínálta lehetőségek minél teljesebb körű kihasználása érdekében. Bár sokféle különböző szervezeti megoldás és munkaköri elnevezés él egymás mellett, a sikeres digitalizáció kulcsa leggyakrabban egy, az IT-alapú fejlesztések mellett elkötelezett csapat, amely döntően nem informatikusokból, hanem tanárokból áll, és akiknek a munkakörében a kollégák képzése, mentorálása jelentős arányt képvisel. Ők azok, akiket





a többiek mindig megkereshetnek, ha kérdésük van, ha a legjobb appot keresik egy ötletük megvalósításához, vagy ha szeretnék jobban megismerni és kiaknázni az egyes szoftverek kínálta lehetőségeket, de még nem érzik elég biztosnak a saját tudásukat. A folyamatos képzés és önképzés részét képezik az online oktatóanyagok és a használatukra allokált idő biztosítása is.



(A Szerző felvételei)

A siker titka tehát nem az, hogy a tanárok formális képzéseken vegyenek részt, hanem az, hogy az iskola vagy az oktatási rendszer biztosítsa az időt, szabad energiákat és egy sokrétű eszközzel, amit igénybe véve ki-ki a maga szintjének megfelelően és a számára leghatékonyabb módon jártasságot szerezhesen a rendelkezésére álló digitális alkalmazások használatában. Másként fogalmazva, az, hogy az intézményvezetés engedje a tanárokat játszani, kísérletezni – bízva abban, hogy mindenki rátalál a munkáját legjobban segítő digitális eszközökre.

A személyre szabottság nemcsak a tanárok továbbképzésben lesz meghatározó. A mesterséges intelligencia egyik legpozitívabb hozadéka az oktatásban éppen az egyéni igények könnyebb kiszolgálása, a differenciálás erőforrásigényes munkájának támogatása lehet. Az MI-alapú fejlesztések jelentősen megkönnyíthetik például a különféle tanulási típushoz tartozó egyének preferenciáit szem előtt tartó tananyagok összeállítását, megszüntetve ezzel az írott szöveg máig tartó primátusát iskoláinkba, illetve hozzájárulhat a rész képesség-zavaros tanulók hátrányainak hatékony kompenzáláshoz azáltal, hogy a fejlesztendő területekre koncentrálnak speciális anyagokkal látja el őket vagy éppen olyan tesztváltozatot készít, amely tekintetbe veszi az adott tanuló speciális igényeit.

Áldás vagy átok?

Az oktatásügy digitalizációját és a mesterséges intelligencia pedagógiai célú térnyerését legoptimistábban interpretálók azt remélik, hogy a fiatalok körében nőhet a tanári pálya vonzereje, ha a pedagógusképzés révén a mesterséges intelligencia és az integrált szoftverrendszerek világában jól eligazodó szakemberekké válhatnak a jövőbeli tanárok. Ennél borúlátóbbnak tűnik az a kutatócsoport, amely a videójátékok avatárjainak mintájára szinte élethű tanár-hologram fejlesztésén dolgozik. A kutatók az osztálynak magyarázó tanárok gesztusait modellezve igyekeznek minél életszerűbben mozgatni a háromdimenziós holografikus tanárpótlót, „aki”, a laborból kikerülve talán valamelyest enyhítheti majd például a kémiatanár-hiányt. Futurisztikus ötletekből tehát idén sem volt hiány a Bett Show-n, ahogyan az AI-korszak beköszönté felől sem lehetett kétségünk. A fejlesztők nem tétlenkednek, az oktatáspolitikai, a szabályozási és a pedagógus-továbbképzési érezhetően lépéskényszerben van.

SZILÁGYI ZSUZSA



AHOL A VÍZ FONTOSABB, MINT VALAHA

Szomjazó vidékek

Az ENSZ szerint az aszály az emberiség negyedét érinti, világszerte nehezítve az ilyen területen élők mindennapjait. A mostani válság, melyet részben az éghajlatváltozás is súlyosbított, az élelmiszerárak ugrásszerű növekedésével járt együtt, ami kihat az éhínségre és a vándorlásra.

Tunéziában az olajfaültetvények elszáradtak. A brazil Amazonas az elmúlt évszázad legszárazabb évszaka elé néz. Szíriában és Irakban megtizedelődtek a búzamezők, ami az évek óta tartó konfliktusok után további milliókat kényszerített éhezésre. A Panama-csatornának, a kereskedelem létfontosságú ütőérének nincs elég vize, mely azt jelenti, hogy kevesebb hajó tud áthaladni rajta. Az aszálytól való félelem pedig arra készítette Indiát, a világ legnagyobb rizsexportőrét, hogy korlátozza a legtöbb rizsfajta kivitelét.

Az ENSZ becslése szerint az elmúlt két évben világszerte 1,84 milliárd ember, vagyis az emberiség közel negyede élt aszály sújtotta térségben, legtöbbször az alacsony és közepes jövedelmű országokban. *„Az aszályok csendben működnek, gyakran észrevétlenek maradnak, és nem váltanak ki azonnali nyilvános és politikai reakciót”* – írta a jelentés előszavában Ibrahim Thiaw, a becsléseket tavaly év végén kiadó ENSZ-ügynökség vezetője.

A világszerte tapasztalható aszályok a rekordmagas hőmérséklet és az élelmiszerárak emelkedő inflációja-kor jelentkeznek, mivel az orosz-ukrán háború, amely két jelentős búzatermelő országot is érint, felborította az élelmiszer-ellátási láncokat, ami a világ legszegényebbjét sújtja. Az ENSZ Élelmészeti és Mezőgazdasági Szervezete (FAO) szerint 2023-ban a rizs, a globális többség számára alapvető gabonaféle ára a 2008-as pénzügyi válság óta a legmagasabb szinten állt.

A jelenlegi szokatlanul forró, száraz időjárás egy részét a fosszilis tüzelőanyagok égetése súlyosbítja. Szíriában és Irakban például a három éve tartó aszály az éghajlatváltozás nyomása nélkül nagyon valószínűtlen lett volna – állapították meg nemrégiben a kutatók. Az El Niño – egy természetes, visszatérő időjárási jelenség, melyet a Csendes-óceán egyes részein a szokásosnál melegebb hőmérséklet jellemez – megjelenése szintén nagy valószínűséggel hozzájárult ehhez.

A legutóbbi, 2014 és 2016 közötti El Niño emlékei még frissek. Akkor Délkelet-Ázsiában a rizstermés mennyisége jelentősen visszaesett, ami emberek millióit sodorta az élelmiszer-ellátás bizonytalanságába. Ami ezúttal más, az az éhezés rekordszintje, részben a koronavírus-világjárványból eredő gazdasági válság nyomán, melyet az ukrajnai és gázai háborúk csak súlyosbítanak. Az ENSZ szerint az ilyen, *akut éhínség* rekordszámú, 258 millió embert érint, egyesek az éhség szélén állnak.

Az élelmiszer-ellátás bizonytalanságával foglalkozó *Famine Early Warning Systems Network (FewsNet)* becslései alapján a jelenlegi El Niño a világ mezőgazdasági területeinek legalább egynegyedén befolyásolja a terméshozamokat. A múltból következtetve szerintük az El Niño és a globális éghajlatváltozás együttesen



A Peru és Bolívia határán, az Andokban lévő Titicaca-tó, mely Latin-Amerika legnagyobb édesvízű medencéje, a szárazság hatására fokozatosan zsugorodik (Forrás: Wikimedia Commons)

csökkentheti a rizstermést Délkelet-Ázsiában, egy olyan térségben, ahol a rizs minden étkezés központi eleme.

A rizs különösen érzékeny az időjárásra, az országok pedig annak áringadozására. Ez megmagyarázza, hogy az idén választásokat tartott Indonézia miért lépett fel a közelmúltban a rizsimport megerősítésére. Arra is választ ad, hogy India, miért vetett ki egy sor vámot, minimálárat és teljes kiviteli tilalmat a rizsre. India részéről mindez elővigyázatossági intézkedés. A kor-

mány már régóta nagy készleteket tartalékol, és mély árendeményekkel kínálja a rizst a szegényeknek. A korlátozások tovább segítik az árak alacsonyan tartását, így egy olyan országban, ahol választók százmilliói élnek rizsből, csökkenti a politikai kockázatokat a hivatalban lévő törvényhozók számára.

A világ legnagyobb rizsexportőre révén azonban e korlátozások máshol is éreztetik hatásukat. Például azokban az országokban, melyek az indiai rizstől függenek, például Nigériában és Szenegálban, az ára

Egy mára teljesen kiszáradt, fallal és lépcsőkkel ellátott, hatalmas kút az indiai Chennai városában, ahol jelenleg az egyik legnagyobb problémát a vízhiány okozza (Forrás: Wikimedia Commons)





A Panamát sújtó rendkívüli szárazság miatt a hatóságok jelentősen csökkenteni kényszerülnek a világ egyik legfontosabb hajózási csatornáján keresztül történő áthaladást (Forrás: Wikimedia Commons)

az egekbe szökött. A korábbi El Niño rossz híreket jelentettek a kukorica esetében is két olyan térségben, ahol jelentősen erre a gabonára támaszkodnak: Dél-Afrikában és Közép-Amerikában. Ez rosszul érinti az ottani kistermelőket, akik közül sokan már így is „szájról-szájra” élnek, és az amúgy is magas élelmiszerárakkal küzdenek.

Minden évben fellobbanó tüzek jelzik az esőerdők küzdelmét az egyre fokozódó szárazság ellen, sajnos nincs ez másként az átalakuló Amazonas-medencében



A közép-amerikai aszályok nem csak az élelmiszerre jelentenek veszélyt. Egy olyan területen, ahol az erőszak és a gazdasági bizonytalanság emberek millióit kényszeríti arra, hogy megpróbáljanak északabbra, az Egyesült Államokba vándorolni, egy nemrégiben készült tanulmány szerint az aszály súlyos következményekkel járhat. A rendkívül száraz évek ugyanis nagyobb mértékű vándorlással jártak együtt Közép-Amerikából az Egyesült Államokba.

A Panama-csatorna mentén a szárazság miatt az egyik legnagyobb hajózási óriásvállalat közölte, hogy teljesen megkerüli a csatornát, és helyette vonatokra pakolja az árut. Délebbre, a brazil Amazonas térségében uralkodó aszály miatt kevés az ivóvíz, és a rendkívül alacsony vízszint következtében akadózik a kritikus fontosságú folyami közlekedés.

A braziliai szárazság távolabbra mutató veszélyeket is rejt magában. Az egészséges amazóniai esőerdő hatalmas szén-dioxid-tároló, kivéve, ha a forróság és a szárazság erdőtüzeket okoz, elpusztítva a fákat. Ha mindez pedig üvegházhatású gázként a légkörbe kerül, az lehet az utolsó csepp a globális éghajlati jellemzők további, drasztikus változása szempontjából.

SZOUCEK ÁDÁM

A miRNS kétélű karddal játszott harca az mRNS terápiás alkalmazásban

Az utóbbi évtizedek kutatásainak jelentős mérföldköve a hírvivő ribonukleinsav (messenger RNS, mRNS) terápiás alkalmazási módszerének a kidolgozása, mivel ezen technológia az orvostudomány egy teljesen új korszakát nyithatja meg a fertőző betegségek elleni, a veleszületett anyagcsere betegségek fehérje pótlási lehetőségeként, valamint rosszindulatú tumoros megbetegedések elleni felhasználási lehetőségei révén.

Az elmúlt években a következő kórokozók ellen sikerült mRNS vakcinákat fejleszteni, amelyek klinikai 1-2-3 fázis tanulmányok alatt állnak: Súlyos akut respiratorikus szindrómát okozó koronavírus 2 (SARS-CoV-2), Humán immundeficiencia vírus 1 (HIV-1), Respiratorikus szinciciális vírus (RSV), Zika vírus, Rabies vírus, Chikugunya vírus, humán metapneumovírus és parainfluenzavírus 3. típusa, Citomegalovírus (CMV), Influenza vírus. Ugyanakkor, különböző klinikai fázisokban vannak az öröklődő anyagcserebetegségek kezelésére kidolgozott mRNS-pótló kezelések: metilmalensav acidémia, propionsav acidémia, glikogén tárolási megbetegedés 1a típusa, familiáris hypercholesterinémia esetében. Szintén fejlesztés alatt állnak a kardiovaszkuláris krónikus betegségek (krónikus szívelégtelenség), illetve bizonyos

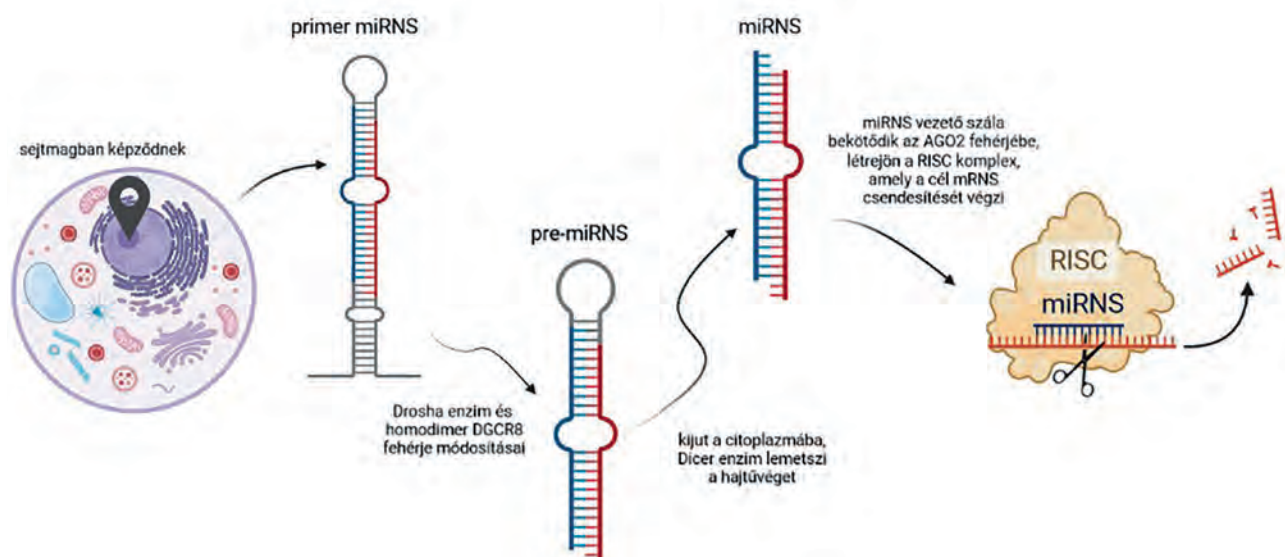
dagantos megbetegedések (felnttktori glioblasztoma, pulmonális osteosarcoma) kezelésére kidolgozott mRNS terápiás eljárások is.

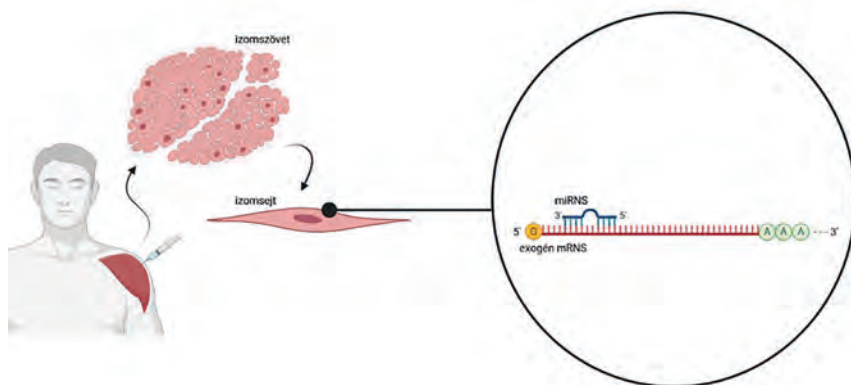
Az mRNS-ről általában

Az mRNS első sikeres izolálásáról szóló cikk 1961-ben került publikálásra a *Nature* folyóiratban, egy kilenc emberből álló tudós csoport közleményeként, köztük Sydney Brennerrel, François Jacobbal és Jim Watsonnal [4, 5].

Az RNS minden élőlényben megtalálható nukleinsav, amely számos hasonlóságot és néhány különbséget mutat a DNS-sel szemben. Az RNS jellegzetesen egyszálú, alapvázát ribóz, foszforsav és nitrogéntartalmú szerves bázisok képezik. A ribóz 1. számú szénatomjához négyféle bázis kapcsolódhat: adenin (A), uracil (U), guanin (G) vagy citozin (C). Az eukarióta sejtekben számos RNS

1. ábra. miRNS-ek érési folyamata és az mRNS-t csendesítő hatásuk



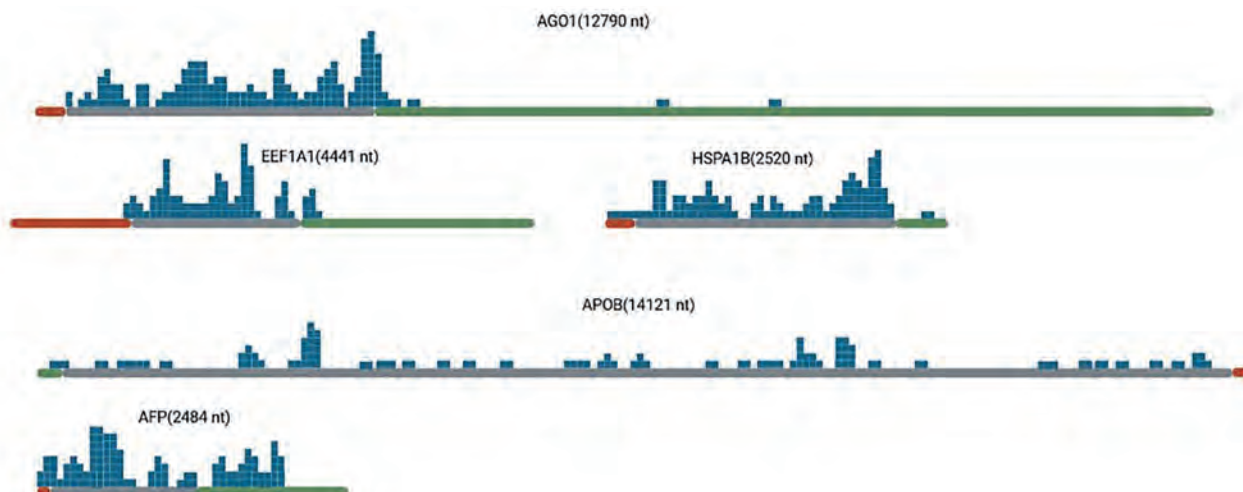


2. ábra. Exogén mRNA és izomsejtben létrejött érett miRNA kapcsolódási mechanizmusa

típus található: mRNA, riboszomális RNS (rRNA), illetve szállító RNS (tRNA), mikro RNS (miRNA), piwiRNA, hosszú, nem kódoló RNS (lncRNA) [6].

Az mRNA képződése a sejtmagban kezdődik, a DNS-függő RNS polimeráz II segítségével. A fehérjeszintézis ezen szakaszát nevezzük transzkripciónak, mivel a DNS aktív szálához viszonyítva egy komplementer RNS polinukleotid lánc képződik, betartva a bázisok egymást kiegészítő jellegét. Az így létrejött polinukleotid lánc az ún. éretlen mRNA, amely további sejtmagon belüli molekuláris interakciók révén az érési folyamatban teljeseedik ki működőképes formátumba. Először végbemegy az excízió (splicing) folyamata, azaz intron szakasz(ok) kivágása, amelyek transzlációra vonatkozó genetikai információt nem tartalmazó szakaszok kivágását jelenti. Ezt követően létrejön az 5' végen egy 7-metilguanozin sapka, majd a 3' véghez egy változó hosszúságú poli-adenin farok

3. ábra. A miRNA-mRNA szekvencia kötődési mintázat típusai (Az ábra a Plotnikova és munkatársai [11] cikk alapján készítve a Biorender.com online platformon)



képződik addícióval. Ezt követően az érett mRNA a sejt citoplazmájába kerül, ahol rákapcsolódik a riboszóma két alegysége. A transfer RNS-ek (tRNA) hozzájárulásával elkezdődik a transzláció. Az mRNA láncban három egymás mellett elhelyezkedő nukleotid alkot egy kodont, amihez a tRNA egy aminosavat társít (64 permutáció, stop, start). Az aminosavak egymáshoz kötődnek peptid kötések révén és létrehozzák az mRNA által kódolt

polipeptidláncot. Az így létrejött polipeptidlánc az endoplazmás retikulumban és /vagy Golgi készülékben további poszttranszlációs módosítások sorozatán vehet részt, végleges és működőképes 3D-s konfigurációt eredményezve.

Az mRNA terápiás felhasználhatóságának vizsgálata már 1965-ben megkezdődött. Sikeres *in vitro* kísérletről 1989-ben, majd *vivo* kísérletről 1990-ben publikáltak arról, hogy az exogén/szintetikus mRNA célsejtbe történő bejuttatása transzlálódik egérben. 1993-ban az influenza vírus nukleoproteint (NP) kódoló liposzómba csomagolt mRNA-t szubkután injekcióval sikeresen bejuttatták, NP-specifikus citotoxikus T-sejt választ kiváltva [7]. 1995-ben létrehozták az első rák antigént kódoló mRNA védőoltást. 2009-ben újabb mérföldkőhöz érkezett a mRNA-alapú vakcinák fejlesztése, amely a rák immunterápián keresztüli gyógyítását tette lehetővé. A 2019 utolsó negyedében világpandémiát okozó SARS-CoV-2 vírus elleni védőoltást fejlesztették ki, amely az első mRNA-alapú, széles körben alkalmazott vakcinatípus. Az oltásban használt szintetikus mRNA hatékonyságát/hatását illetően két



4. ábra. Humán miRNS és virális mRNS kapcsolódása
(Az ábra a Biorender.com online platformmal készült Rad és munkatársai [13] publikációjának alapján)

akadályt volt szükséges megugrani: az első, a megfelelő immunválaszt kiváltó virális fehérje transzlációjának az elérése, a második a célszövetbe történő terápiás hatékonyságú mRNS bejuttatása. Az első feladat megoldását az *in vitro* RNS módosításával oldották meg: 5' véget sapkával látták el, 3' végére megfelelő poli-A farok hozzáadásával, illetve a nem transzlálódó (UTR = untranslated region) szekvenciák módosításával, ezáltal jelentősen megnövelték az mRNS féléletidejét és transzlációjának a várható hatékonyságát. A második feladat megoldását, azaz a készítmény beviteli módszerének megválasztását, úgy oldották meg, hogy az mRNS-t lipidmembrán szerkezetű hólyagocskákba (liposzóma) csomagolták, amely megvédi a sejtközi plazmában lévő ribonukleáztól, illetve segíti bejutását a célsejtbe. Az *in vitro* transzkripcióval előállított mRNS, a megtervezett módosításainak köszönhetően, képes az általános 1 nap helyett, akár 10 napon át katalizálni az általa kódolt polipeptid lánc szintézisét.

Karikó Katalin, világszinten elismert kutatóbiológus, és munkatársai már 1990-ben sikeresen juttattak be exogén úton mRNS-t emlős sejtbe és kimutatták funkcionális fehérje keletkezését. 2005-ben, Drew Weissmannal együtt a bevitt mRNS által okozott gyulladás csökkentése céljából pszeudouridint használtak; 2008-ban megállapíthatóvá vált, hogy az így bevitt anyag nagyobb mértékben fordítódik le fehérjévé. 2012-ben sikeresen alkalmazták ezt az eljárást állatkísérletben és megtörtént a mRNS alapú vakcinák első preklinikai vizsgálata is. 2017-ben az első módosított mRNS-t,

a Zika vírus ellen használták Pardi Norberttel együtt dolgozva. A koronavírus járvány kezdetével, az eddigi módszerekre alapozva hozták létre és kezdték terjesztetni a vírus elleni védőoltást 2020 decemberében.

miRNS-ek világa

A miRNSek létezéséről 1993-ban Lee és munkatársai számoltak be. Az érett miRNS egy olyan génszakasz által kódolt, egyszálú molekula, amely jellemzően 22 nukleotidból áll, nem katalizál fehérjeszintézist, viszont fontos szerepet játszik bizonyos fehérjét kódoló gének által kódolt tulajdonságok elcsendesítésében az mRNS szintjén [8].

Képződhet a sejtmagban transzkripció során primer miRNS molekula formájában, amikor az RNS polimeráz 2 egy komplementáris másolatot készít a génszakasról vagy átalakulhat RNS intronokból vagy hosszú nem kódoló RNS molekulákból. A primer miRNS szekvenciák tartalmazhatnak egy adott érett miRNS létrehozásához szükséges vagy több, egy klaszterhez tartozó miRNS létrehozásához szükséges szekvenciát is. A sejtmagban a primer miRNS két vége levágódik a Drosha enzimnek és homodimer DGCR8 fehérjének köszönhetően. Ebben a fázisban a molekulát már pre-miRNS-nek nevezzük, általában 70 nukleotidból áll és az Exportin 5 enzim és a RAN fehérje által a sejtmag pórusain át a citoplazmába jut. Az érett miRNS létrejöttéhez hozzájáruló utolsó folyamat, a hajtűvég lemetzése, amelyet a Dicer enzim végez. Az így a létrejött érett miRNS ún. vezető szála be-kötődik az Argonauta 2 (AGO2) fehérjébe, az ún. utas szála pedig leválik és lebomlik. Az RNS-indukált csendesítő komplex (RISC = RNA Induced Silencing Complex)

a miRNS vezetésével megakadályozza a cél mRNS transzlációs folyamatát [9]. Bár a miRNS-ek célkomplexhez való kötődésének szabályairól keveset tudunk, úgy tűnik, hogy az AGO2 képes átformálni a miRNS-mRNS kötés alapvető tulajdonságait, és lehetővé teszi, hogy az oligonukleotidok inkább az RNS-kötő fehérjékként kötődjenek, magas kötési állandóval, nem úgy, mint a tipikus RNS-oligonukleotidok. Feltételezzük, hogy a különböző miRNS-ek AGO2-vel való társulási képessége és ezen kötődés változásai befolyásolhatják, hogy mely miRNS-ek képviseltetik magukat a RISC-komplexumban [10]. Egyes becslések szerint a kódoló transzkriptumok majdnem minden érett szekvenciája tartalmaz potenciális miRNS-szabályozásra alkalmas helyeket [11].

A miRNS szál 5' végétől számolandó 2.-tól a 8.-ig nukleotidig terjedő szakaszán alakul ki a legfontosabb kötődési egység, mely teljes komplementaritással rendelkezik a cél mRNS-sel. Az esetek mintegy 5%-ban létrejönnek kiegészítő bázispárok a 5' végétől számolandó 13-16 nukleotidig terjedő régióban is [8]. Az érett miRNS, az RNS-indukálta csendesítő komplexum segítségével célba veszi az mRNS-t és meggátolja a transzlációs aktivitását úgy, hogy jellemzően rákapcsolódik a 3' végtől számított UTR szakaszra, illetve a teljes komplementaritást mutató mag régióra (seed region), a 2-8 (2-7bp = 2.-tól 7.-ig terjedő bázispárok) nukleotidok között [12]. Az mRNS csendesítése két féle módon történhet: a RISC komplexum megakadályozza a riboszóma alegységeinek kötődését, vagy elmetshi mRNS polinukleotid láncát és így lebomlik az (1. ábra).

A virális mRNS és miRNS-ek kapcsolata

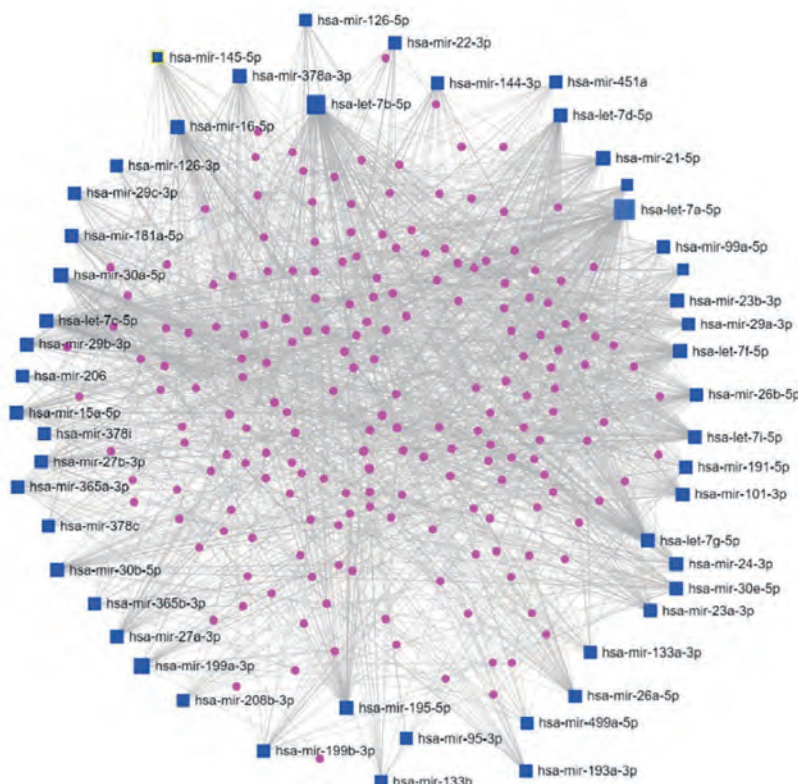
Ahhoz, hogy a megfelelő kapcsolat alakuljon ki miRNS és mRNS között, a molekulák bázispárjainak komplementernek kell lenniük. A nukleotid lánc több pozícióján is létrejöhet ez a kötődés [9] (2. ábra). A legfejlettebb algoritmusok közül azokat kell kiemelni, amelyek figyelembe veszik mind a miRNS-ek, mind a célpontjaik expressziós szintjét. Figyelemre méltó, hogy a miRNS-ek expressziójában bekövetkező változások más, nem célzott mRNS-ek expressziós szintjét is befolyásolhatják. Becsült adatok szerint a miRNS-ek mintegy fele a 3' UTR régióhoz, 24%-ban az mRNS kódoló szekvenciáihoz, 10%-a intron szekvenciákhoz, további

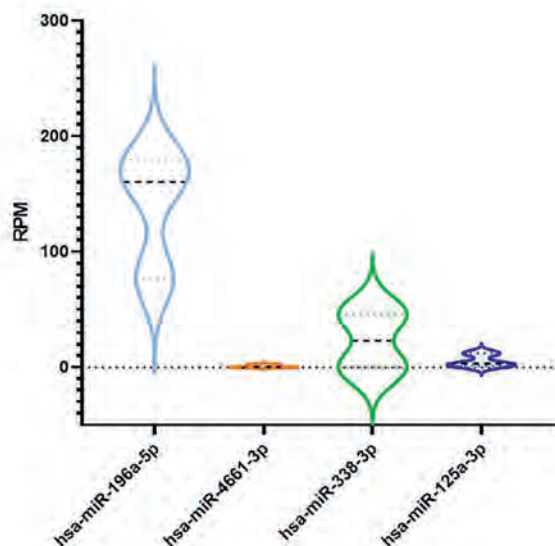
10%-a lncRNS-hez, valamint megközelítőleg 6%-a intergénikus szakaszokhoz kötődhet.

Egyes miRNS-ek viszonylag alacsony szinten fejeződhetnek ki, és számos mRNS-sel léphetnek kölcsönhatásba. Másrészt léteznek olyan miRNS-ek, amelyek nagyon magas szinten fejeződnek ki, és csak néhány mRNS-sel lépnek kölcsönhatásba [11] (3. ábra).

A vírusok és a sejtek miRNS-ei közötti kölcsönhatás mechanizmusai még nem teljesen ismertek. Ezek közvetlenül befolyásolhatják a vírus replikációját a gazdas sejtekben. A javasolt mechanizmusok közé tartoznak a vírusgenom transzlációjának gátlása és a vírusreplikáció megakadályozása több endogén miRNS megváltozott expressziójának kiváltása révén, ami vírus eltávolításában játszik szerepet. Ez a miRNS-ek által kiváltott virális replikáció ellenes válasz a vírusfertőzés által kiváltott sejtválaszban részt vevő jelátviteli útvonalak. További mechanizmusok, mint például a sejtek miRNS-ei által közvetített interakciók kiküszöbölése és a miRNS-biogenézis hibái kedvezhetnek a vírusreplikációnak és a vírus túlélésének a gazdas sejtekben. Számos tanulmány a miRNS-eket a humán immundeficiencia vírus-1 (HIV-1), herpesz szimplex vírus (HSV), Dengue-láz, influenza és hepatitisz C (HCV) elleni antivirális terápiaként is vizsgálta, amelynek hatékonysága igen ígéretesnek bizonyult például a HCV kezelésében [9] (4. ábra).

5. ábra. Az izomszövetben kifejeződő leggyakoribb 50 miRNS csomóponthálózata





6. ábra. SARS-CoV-2 S fehérjét kódoló mRNS-hez kötődő humán miRNS -ek

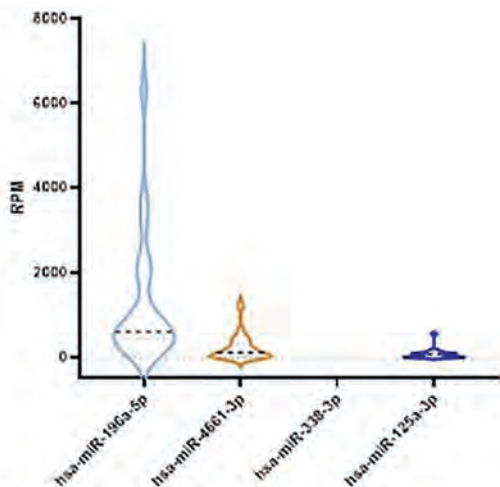
A miRNS hálózatának szerepe

A kutatás a harántcsíkolt izomsejtekbe mesterségesen bevitt mRNS translációját befolyásoló miRNS mintázat *in silico* (számítógépes statisztikai elemzés alapján történő) hatását vizsgálja. Ezáltal meghatározhatóak olyan betegség csoportok, amelyek esetében a szervezet miRNS hálózata gyengítené a védőoltást.

A kutatásban felhasznált anyag és módszertani eszközök

A harántcsíkolt miRNS expresszió mintázat ábráinak és táblázatainak elkészítéséhez az (1) <https://diana-lab.e-ce.uth.gr/mited/#/expressions>, (2) <https://sea.ims.bio>, (3) <https://ccb-web.cs.uni-saarland.de/tissueatlas/> online platformokat használtuk fel. A harántcsíkolt

7. ábra. SARS CoV-2 S fehérjét kódoló mRNS-hez kötődő humán miRNS-ek



izomszövetben kifejeződő miRNS expressziós mintázat és hálózati analízist a www.mirnet.ca online portál használatával végeztük. A miRNS célszekvencia analízishez a Licursi és munkatársai által publikált platformot használtuk [14]. Az ábrákat a biorender.com online képszerkesztővel generáltuk, valamint a statisztikai elemzést a GraphPad 9.4 verzióval készítettük.

Harántcsíkolt izomsejtekben leggyakrabban kifejeződő miRNS mintázat hálózata

Az elérhető számítógépes statisztikák alapján sorrendbe állítottuk a harántcsíkolt izomsejtekben kifejeződő miRNS-eket, expressziós szintjüket figyelembe véve (5. ábra).

A harántcsíkolt izomszövetben leggyakrabban kifejeződő 5 humán miRNS a hsa-miR-133a-3p, hsa-miR-1-3p, hsa-miR-133b, hsa-miR-26a-5p és a hsa-miR-206 (3. ábra). A harántcsíkolt izomszövetben kifejeződő, SARS-CoV-2 S fehérjét kódoló mRNS-hez kötődő, miRNS-eknek az expressziója új generációs szekvenálási módszerrel meghatározott expressziós adatok alapján a hsa-miR-196a-5p a 122. legabundánsabb miRNS a harántcsíkolt izomsejtekben, amelyet a miRNS mintázat expressziós sorrendjében a harántcsíkolt izomsejtekben hsa-miR-338-3p követi a 196., a hsa-miR-125a-3p a 446. helyen, végül pedig a hsa-miR-4661-3p az 1348. helyen.

A SARS-CoV-2 vírus S fehérjét kódoló mRNS-éhez vagy védőoltással bejuttatott S fehérjét kódoló mRNS-hez kötődő 4 miRNS kifejeződésének vizsgálata harántcsíkolt izomsejtekben

A számítógépes feldolgozást követően a SARS-CoV-2 vírus S fehérjét kódoló mRNS-éhez kötődő 4 miRNS expressziós szintje 3 különböző adatbázisban vizsgálva, új generációs szekvenálás alapján: a legnagyobb expressziós szinttel a hsa-miR-196a-5p rendelkezik, mindhárom felhasznált adatbázis alapján, a többi három kiválasztott miRNS pedig szignifikánsan kisebb kifejeződést mutat (6. ábra).

Harántcsíkolt izomszövetben kifejeződő, SARS-CoV-2 S fehérjét kódoló mRNS-hez kötődő miRNS-ek expressziójának megváltozása humán betegségekben

A daganatos megbetegedésekben a 4 miRNS expressziója megváltozik. A hsa-miR-196a-5p élettani körülmények közötti expressziója 139.18 RPM átlagot mutat, míg rosszindulatú daganatok esetében ez az érték 1268 ± 1505 RPM (átlag $\pm$ SD) lesz. A hsa-miR-4661-3p 0,79 RPM átlaggal rendelkezik, de ilyen jellegű betegségekben

214,5 ± 292,5 RPM értékre növekszik. A hsa-miR-125a-3p esetében az általános 5,39 RPM-ről 75,15 ± 120,5 RPM értékre változik. Végül a negyedik miRNS, azaz a hsa-miR-338-3p nem mutat expressziót (7. ábra).

Veleszületett izombetegségek közül a Fascio scapulo humeralis izomdystrophiában (FSHD) a hsa-miR-196a-5p kifejeződési értéke növekszik 198,3 RPM-re (átlagosan). A hsa-miR-125a-3p 5,49 RPM átlagra növekszik. Továbbá a másik kettő, a hsa-miR-338-3p és a hsa-miR-4661-3p, nem mutat kifejeződést ebben a kóros állapotban.

Ugyanakkor a familiális amiotrófiás laterális szklerózis (ALS) esetében a hsa-miR-338-3p jelentősen megemelkedik (21424,08 RPM átlag), hsa-miR-125a-3p (21,7 RPM átlag), hsa-miR-196a-5p (48,56 RPM átlag) és a hsa-miR-4661-3p nem mutat expressziót.

Eredményeink összegzése

A báziskomplementaritás vezérelt mRNS-miRNS interakció megváltoztathatja úgy az endogén úton transzkripcióval létrejött, mint az exogén úton bejuttatott mRNS expresszióját. Az mRNS-miRNS interakció jelentősége még kiemelkedőbb azon mRNS készítmények esetén, amelyek az uridin helyett pszeudouridint tartalmaznak, mivel az adenin-pszeudouridin komplementaritás molekuláris termodinamikai szempontból élelkebb [15]. Az *in silico* vizsgálatok alapján, elmondható az, hogy a miRNS-ek kifejeződése a harántcsikolt izomsejtekben kóros tényezők hatására változhat. Élettani körülmények között a SARS-CoV-2 S fehérjét kódoló mRNS-hez kötődő miRNS-ek közül, legnagyobb expressziós átlaggal a hsa-miR-196a-5p rendelkezik. A további három humán miRNS jelentősen kisebb kifejeződéssel bír a harántcsikolt izomsejtekre nézve.

A daganatos megbetegedések esetében a 4 miRNS expressziós mértéke megváltozik a harántcsikolt izomsejtekben, ugyanakkor fontos kiemelni, hogy ebben az esetben is a hsa-miR-196a-5p rendelkezik a legnagyobb expresszióval. A harántcsikolt izomsejtekben kifejeződő miRNS-ek gátolhatják a vírusok mRNS-einek translációját, segítve eliminációját, ami hasznos a gazdaszervezetre nézve. Ugyanakkor az is megtörténhet, hogy ezek a miRNS-ek az exogén úton bejuttatott terápiás célú mRNS-eket némitják el, ezáltal különböző mértékben csökkentve az adott mRNS által kódolt információ translációját. Ezzel támasztjuk alá, hogy a miRNS-ek akár kétélű kardként működhetnek a vírusellenes terápiákban.

Munkánk számítógépes adatbázisok felhasználásával *in silico* történt. Vizsgálataink gyakorlati *in vivo* ellenőrzése nem volt módunkban. Reméljük, hogy erre is

lehetőségünk nyílik maj a jövőben. Ha eredményeink a gyakorlatban is igazolódnak, akkor érdemes lesz az általunk vizsgált humán betegségekből, a megváltozott miRNS mintázat miatt más vakcinákat illetve más terápiákat alkalmazni.

PÉTER MÁRK DÁNIEL
Bolyai Farkas Elméleti Líceum

IRODALOM

- [1] Sahin U., Karikó K., Türeci Ö.: *mRNA-based therapeutics-developing a new class of drugs*. Nat Rev Drug Discov. England; 2014;13:759-80.
- [2] Taina-González L., de la Fuente M.: *The Potential of Nanomedicine to Unlock the Limitless Applications of mRNA*. Pharmaceutics. 2022;14.
- [3] Garber K.: *mRNA pioneers refocus on therapeutics*. Nat. Rev. Drug Discov. England; 2022.
- [4] Brenner S., Jacob F., Meselson M.: *An unstable intermediate carrying information from genes to ribosomes for protein synthesis*. Nature. England; 1961;190:576-81.
- [5] Cobb M.: *Who discovered messenger RNA?* Curr Biol [Internet]. 2015;25:R526-32. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960982215006065>
- [6] Shurjo K. Sen.: *Ribonucleic acid (RNA)* [Internet]
- [7] Schlake T., Thess A., Fotin-Mlecsek M., Kallen K-J.: *Developing mRNA-vaccine technologies*. RNA Biol. 2012;9:1319-30.
- [8] Gebert LFR, MacRae IJ.: *Regulation of microRNA function in animals*. Nat Rev Mol Cell Biol [Internet]. 2019;20:21-37.
- [9] Sarma A., Phukan H., Halder N., Madanan MG.: *An in-silico approach to study the possible interactions of miRNA between human and SARS-CoV2*. Comput Biol Chem. 2020;88:107352.
- [10] Benway CJ., Iacomini J.: *Defining a microRNA-mRNA interaction map for calcineurin inhibitor induced nephrotoxicity*. Am J Transplant Off J Am Soc Transplant Am Soc Transpl Surg. United States; 2018;18:796-809.
- [11] Plotnikova O., Baranova A., Skoblov M.: *Comprehensive Analysis of Human microRNA-mRNA Interactome*. Front Genet. 2019;10:933.
- [12] Introduction to microRNAs [Internet]. Available from: <https://www.ibiology.org/genetics-and-gene-regulation/introduction-to-micrnas/>
- [13] Marchi R., Sugita B., Centa A., Fonseca AS., Bortoletto S., Fiorentin K., et al.: *The role of microRNAs in modulating SARS-CoV-2 infection in human cells: a systematic review*. Infect Genet Evol J Mol Epidemiol Evol Genet Infect Dis. 2021;91:104832.
- [14] Licursi V., Conte F., Fisco G., Paci P.: *MIENTURNET: an interactive web tool for microRNA-target enrichment and network-based analysis*. BMC Bioinformatics. 2019;20:545.
- [15] Kierzek E., Malgowska M., Lisowiec J., Turner DH., Gdaniec Z., Kierzek R.: *The contribution of pseudouridine to stabilities and structure of RNAs*. Nucleic Acids Res. 2014;42:3492-501.

A XXXIII.

Természet–Tudomány

Diákpályázat felhívása és versenyszabályzata

A Tudományos Ismeretterjesztő Társulat (TIT) és lapunk immár harmincharmadik alkalommal hirdeti meg Természet–Tudomány Diákpályázatát középiskolások számára.

A TIT által meghirdetett, a Természet Világa tudományos ismeretterjesztő folyóirat által lebonyolított diák-cikkpályázaton indulhat bármely középfokú iskolában a 2023/2024-es tanévben tanuló vagy végző diák, határainkon belülről és túlról.

A pályázatot elektronikusan kérjük feltölteni a Természet Világa *termvil.hu* honlapjára. A pályázat benyújtásának további formai követelményei és tudnivalói a honlapon megtalálhatók.

A pályaművek benyújtásának határideje: 2024. március 31.

A diákpályázat célja, hogy az ismeretterjesztő pályaművek tartalmát a természettudományok iránt érdeklődő, de a témában nem járatos olvasók is megértsék. A pályamunkák végén kérjük a felhasznált irodalmat és forrásmunkákat megjelölni! A szó szerinti idézetek forrásának fel nem tüntetése etikai vétség. Pályázni csak másutt még nem publikált pályamunkákkal lehet.

Alapvető követelmény, hogy a cikkek olvasmányos stílusban készüljenek, stilisztikai és helyesírási szempontból kifogástalanok legyenek. Kérjük a felkészítő tanárokat, szíveskedjenek e tekintetben is útmutatást adni tanítványaiknak!

PÁLYÁZATI KATEGÓRIÁK

Természettudományos múltunk felkutatása

- A pályázó iskolájához vagy lakóhelyéhez, környezetéhez kapcsolódó jelentős múltbeli tudós személyiségek életútjának, munkásságának bemutatása (eredeti dokumentumok felkutatásával és felhasználásával). Vagy:
- A dolgozat írójának tágabb környezetéhez kapcsolódó tudományos vagy műszaki intézmények, tudóstársaságok története, eredeti dokumentumok bemutatásával. Vagy:

- A természet- és műszaki tudományok valamelyik ágában tárgyi vagy épített emlékek, örökség bemutatása.

A kultúra egysége

- A pályázó e kategóriában a természettudományoknak a társadalom- és humán tudományok, valamint a művészetek különböző területeivel fellelhető összefüggéseit mutatja be.

Önálló kutatások, elméleti összegzések

- A természeti értékek, jelenségek megismerése érdekében a diák által végzett kutatások bemutatása. Előnyben részesülnek az egyéni, fiatalos, önálló gondolatokat, innovatív megközelítéseket tartalmazó, élvezetes és szakszerű beszámolók.
- Az elméleti összegzéseknek is önálló kutatáson kell alapulniuk. Azoknak javasoljuk, akik örömmel mélyednek el a rendelkezésükre álló, megbízható és naprakész adatok tárházában.

Matematika, informatika és applikáció-innováció

- A pályázók matematikával vagy informatikával kapcsolatos önálló vizsgálódással nevezhetnek, amelyben a pályázó elemző áttekintést ad az általa szabadon választott témakörből. Vagy:
- A pályázó pályázhat saját fejlesztésű mobil-applikációk szabatos bemutatásával, leírásával.

Egészségtudomány

Az orvostudomány múltját és jelenét, nagyjainak életét és életművét, az orvostudománynak az egyéb tudományokhoz való viszonyát, eszközeinek fejlődését; vagy az orvosi tevékenység művészeti megjelenítését és annak elemzését mutatják be; vagy egyéb, szabadon választott témakört dolgoznak fel – akár

hazai, akár külföldi vonatkozásban. A díj odaítélésénél előnyben részesülnek az egészségtudományi etikai szabályokat teljes egészében tiszteletben tartó pályaművek.

Környezetvédelem, körforgásos gazdálkodás, hulladékgazdálkodás, fenntartható fejlődés

A pályázók a korszerű ökológiai szemléleten alapuló, a kategória elnevezésében szereplő témájú esszével nevezhetnek. A zsűri örömmel fogadja a saját jó gyakorlatokat bemutató esettanulmányokat is.

Választható műfajok mind az öt kategóriában:

- Ismeretterjesztő, olvasmányos formában megírt cikk vagy esszé (minimum 10 ezer, maximum 20 ezer karakter terjedelemben, szóközök nélkül, word formátumban; minimum 5 db, JPG formátumú illusztrációval)
- Ismeretterjesztő interjú (minimum 10 ezer, maximum 12 ezer karakter terjedelemben, szóközök nélkül, word formátumban; minimum 5 db, JPG formátumú illusztrációval)
- Ismeretterjesztő fotósorozat, minimum 10, maximum 20 db, JPG formátumú, 1-4 MB közötti méretű fényképpel, minden képhez tartozó 1-3 mondatos képaláírással (word formátumban); valamint rövid bevezető írással: minimum 1000, maximum 2000 karakter terjedelemben, szóközök nélkül.

DÍJAZÁS

Minden kategóriában és minden műfajban I. díj, II. díj, III. díj, illetve különdíj, dicséret is adható. A zsűri a díjazott diákok felkészítő tanárainak a munkáját is elismeri.

A Diákpályázat hagyományai szerint az Élet és Tudomány, a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat hetilapja is különdíjban részesíti a legolvasmányosabb cikkek alkotóit.

A pályázat alkotói cikkpályázat, így bár a többszerzős pályamunkák elkészítése lehetséges és megengedett, de felhívjuk pályázóink figyelmét, hogy a díjazás pályamunkánként és nem szerzőnként történik.

A konkrét díjazásról, a díjak esetleges megosztásáról a zsűri a bírálati folyamat során dönt. Pályázatunk elsősorban egyéni alkotói felhívás, többszerzős pályamunkák esetén a díjak és egyéb juttatások megoszlanak a társzerzők között.

Tájékoztatásul közöljük az előző évi díjkategóriákat, melyeket a Nemzeti Kulturális Alap támogatásával tudunk a pályázók számára megítélni:

1. díj: 60.000 Ft / díjazott pályamű
2. díj: 50.000 Ft / díjazott pályamű
3. díj: 40.000 Ft / díjazott pályamű

Felkészítő tanári díjak: 40.000 Ft / díjazott pályamű

A pályaművek elbírálására és a díjátadásra előre láthatóan 2024 áprilisában, diákkonferencia keretében kerül sor. A pályázat benyújtásával a pályázó hozzájárul, hogy pályamunkáját a Természet Világa folyóiratban ellenszolgáltatás nélkül megjelentessük.

A XXXIII. Természet–Tudomány Diákpályázat pályázati kiírását a Természet Világa számaiban közöljük, illetve olvasható a folyóirat honla ján is.



Nemzeti
Kulturális
Alap





HARCBA AZ ALZHEIMER-KÓRRAL

A multivitamin segíti a memóriát?

Az amerikai Alzheimer Szövetség szerint 2060-ra közel minden negyedik ember olyan korcsoportba fog tartozni, ahol fokozott a kognitív hanyatlás és az Alzheimer-kór kockázata, hacsak új beavatkozások nem segítenek megőrizni a kognitív funkciókat.

Egy COSMOS betűszóval elnevezett amerikai nagyszabású, országos vizsgálat a közelmúltban tesztelte a kakaóivonatot és a multivitamin-kiegészítőket. A kutatók a közelmúltban számoltak be eredményeikről. A kutatás személyes értékelésre összpontosított, a szakemberek részletes, személyes kognitív értékeléseket végeztek 573 résztvevő bevonásával. A jelentés eredményei kimutatták a napi multivitamin statisztikailag szignifikáns előnyeit a placebóval szemben, a memória szempontjából.

A COSMOS vizsgálati alanyai mind 60 évesek vagy idősebbek voltak, és az Egyesült Államok különböző területein laktak. "A kognitív hanyatlás a legtöbb idősebb felnőtt számára az egyik legfontosabb egészségügyi probléma és a multivitaminok napi szedése hozzájárul a lassú kognitív öregedéshez" – mondta Chirag Vyas, a Massachusetts General Hospital (MGH) Pszichiátriai Osztályának vizsgálati oktatója, a Mass General Brigham egészségügyi rendszer alapító tagja.

A COSMOS-on belül két korábbi tanulmány telefonos és webalapú értékeléseket tartalmazott. A csapat metaanalízist végzett immár három különálló tanulmány



alapján, különböző COSMOS résztvevőkkel (a kezelés időtartama 2-3 év volt), és a szerzők becslése szerint a napi multivitamin két évvel késleltette a kognitív öregedést a placebóval kezelt vizsgálati csoporthoz képest. Vyas elmondta: "A napi multivitamin szedése, amely több mint 20 alapvető mikrotápanyagot tartalmaz, segít megelőzni a memóriavesztést és lassítja a kognitív öregedést. A kutatók most azt tervezik, hogy a közeljövőben egy sokkal nagyobb mintán (5000-nél több résztvevővel) is megvizsgálják a fenti állításukat."

SZEGŐ MIKLÓS

BME-Élet és Tudomány–Pro Progressio Alapítvány felhívás

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (továbbiakban: BME), a Pro Progressio Alapítvány és testvérleapunk, az Élet és Tudomány közös ismeretterjesztő cikkpályázatot hirdet a BME oktatói, kutatói és hallgatói részére két kategóriában – BME oktató-kutató és BME hallgató.

Oktatói – kutatói kategória:

- **Önálló kutatás:** olyan kéziratokat várunk, melyeknek célja a BME által művelt tudományterületek legfrissebb eredményeinek és kérdésfelvetéseinek széles körű megismertetése és népszerűsítése és nem tartoznak az alábbi alkategóriák egyikébe sem (fenntarthatóság, ÚNKP, tudománytörténet).
- **Fenntarthatóság:** körforgásos gazdaság, környezet-tudatos megoldások témában várunk ismeretterjesztő cikket, melyben kutatói és fejlesztői eredményeket mutatják be a fenntarthatóság területéhez kapcsolódóan.
- **ÚNKP:** olyan, az Új Nemzeti Kiválóság Program keretében folyó kutatási projektekhez kapcsolódó ismeretterjesztő írásokat várunk, amelyekben a pályázók közérthető módon mutatják be saját kutatásukat, annak célját, módszerét, eddigi vagy várható eredményeit és tudományos vagy gyakorlati hasznosíthatóságának lehetőségét. Oktatói/kutatói pályázói minőségben, saját kutatással lehet kéziratot benyújtani. Témavezető minőségben nem nyújtható be pályázat.
- **Tudománytörténet:** olyan tudomány- és egyetem-történeti írásokat várunk, melyek ismeretterjesztő megközelítéssel mutatnak be a 2023-24-es évekhez kapcsolódó évfordulós kutatást, kutatót, tudományos eseményt vagy eredményt.

Hallgatói kategória:

- **Önálló kutatás:** olyan kéziratokat várunk, melyeknek célja a BME által művelt tudományterületek legfrissebb eredményeinek és kérdésfelvetéseinek széles körű megismertetése és népszerűsítése és nem tartoznak az alábbi alkategóriák egyikébe sem (fenntarthatóság, ÚNKP, TDK)
- **Fenntarthatóság:** körforgásos gazdaság, környezet-tudatos megoldások témában várunk ismeretterjesztő cikket, melyben kutatói és fejlesztői eredményeket mutatják be a fenntarthatóság területéhez kapcsolódóan
- **ÚNKP:** olyan, az Új Nemzeti Kiválóság Program keretében folyó kutatási projektekhez kapcsolódó ismeretterjesztő írásokat várunk, amelyekben a pályázók közérthető módon mutatják be saját kutatásukat, annak célját, módszerét, eddigi vagy várható eredményeit és tudományos vagy gyakorlati hasznosíthatóságának lehetőségét.

- **TDK:** olyan, a TDK keretében folyó kutatási projektekhez kapcsolódó ismeretterjesztő írásokat várunk, amelyekben a pályázók közérthető módon mutatják be saját kutatásukat, annak célját, módszerét, eddigi vagy várható eredményeit és tudományos vagy gyakorlati hasznosíthatóságának lehetőségét.

A pályaművek formai követelményei:

A cikkek terjedelme 10 000 – 11 000 karakter (szóközök nélkül) doc formátumban, 3-4 illusztrációval (az utóbbiakat külön fájlban, képformátumban), képaláírásokkal ellátva. Mivel ismeretterjesztő cikkeket várunk, beadáskor kérjük, ne a tudományos szakcikkek formai előírásait kövessék, pl. a kéziratok ne tartalmazzanak jegyzeteket, irodalomjegyzéket stb.

A díjazás:

A díjazott írásokat az Élet és Tudomány megjelenteti. A díjazottak kutatási tevékenységük további eredményes folytatása érdekében díjazásban (ösztöndíjban) részesülnek, melyekre a kiírók díjalapokat hoznak létre.

- **Oktatói-Kutatói pályázati díjalap: 500 000 Ft**
- **Hallgatói pályázat díjalap: 400 000 Ft**

A díjalapok alkategóriánkénti felosztásáról a szakmai zsűri dönt, az alkategóriában beadott pályázatok száma, aránya és minőségi megoszlása alapján.

Mind a díjazásban részesült, mind a nem díjazott, de közlésre érdemes írásokat az Élet és Tudomány szerkesztett formában, ellenszolgáltatás nélkül fogja megjelentetni.

Konzultációs alkalom:

Az Élet és Tudomány szerkesztősége 2024. április 10-én, szerdán 10:00 órakor online konzultációs alkalmat biztosít a sikeres pályázatírás érdekében.

A pályázat beadása:

A pályázat benyújtása a BME honlapjáról elérhető *Forms* pályázati űrlapon lehetséges.

A pályázatok beküldésének határideje: **2024. május 15., szerda.**

A pályázók írásbeli értesítést kapnak a pályázat eredményéről.



