

**Peculiar laboratory animals,
experimental models**

Literature review

Korsós Gabriella
Cenkvári Éva
Gáspárdy András
Fekete Sándor György*G. Korsós
É. Cenkvári
A. Gáspárdy
S. Gy. Fekete*Állatorvostudományi Egyetem
Állattenyésztési, Takarmányozástani és
Laborállat-tudományi Tanszék
H-1078 Budapest, István u. 2.

* e-mail: sandorgyorgyfekete@gmail.com

**Különleges laborállatok, kísérleti
modellek****Irodalmi összefoglaló****ÖSSZEFOGLALÁS**

A szerzők jelen tanulmányukban bemutatják azon kevésbé ismert, alacsonyabb rendű szervezeteket, kísérleti modelleket, amelyek egyre több vizsgálatban alkalmasak a fejlettebb, gerinces fajok helyettesítésére. A muslica a klasszikus genetikai modellállata. Hengeresférgen mutatták ki a programozott sejthalált. A meztelen csiga a vegyületek irritáló hatását mutatja. A fejlábúak neurobiológiai és etológiai kutatások alanyai. A zebadánió lárváin embriotoxicitás tesztelhető. Az axolotl lárvája a neoténia jelenségét mutatja és a szervregeneráció kutatásának eszköze. Az afrikai karmosbéka ivarspecifikus hangadásra képes. A kilencöves tatu az emberi lepra modellje. A csupasz turkálók élettartama hosszú és ellenálló a tumorképződéssel szemben.

SUMMARY

In this study the authors overview those peculiar experimental models, which have a more and more important role in the replacement of higher vertebrates, because according to the concept of animal model, it is enough to have one important common characteristic with the target. *Daphnia pulex* is a sensitive ecotoxicological model. The fruit fly is a classical model of the genetics. The meal worm, the larva of *Tenebrio molitor* (Fig. 1) can be used for the evaluation of proteins' nutritional value. The apoptosis and the RNA interference have been shown in *Caenorhabditis elegans* and the role of telomerase in the ageing was studied. By means of the *Nippostrongylus brasiliensis* the parasite-induced Th2 answer can be investigated. The slug (Fig. 2) mucous production is reliable indicator of the local irritation of compounds. The 63/2010. EU directive extended the protection for the cephalopods (Fig. 3), because they have pain feeling. They are preferred models of sight, neurobiology and teaching. They are appropriate for studying the learning and memory processes, too. The development of the transparent zebrafish larvae continues out of the mother's body, therefore the embryotoxicity and teratogenicity can be tested. The axolotl (Fig. 4) is an important subject of the experiments on organ regeneration. Their larvae show neoteny. By the contractions of the inner laryngeal muscles the *Xenopus laevis* is able to a sex-specific vocalisation. The reproduction of the armadillo (Fig. 5) is characterized by polyembryony. It is a satisfactory model of the human leprosy (Hansen-disease). The naked mole-rats (Fig. 6.) are eusocial animals. Their life span is extremely long. They are resistant to tumour formation. They have an important hyaluronic acid tool, which, in turn, keeps the cells far from each other. The failure percentage in the protein synthesis is very low. Their skin hardly feels pain because of the absence of substance P.

LABORÁLLAT

Ha állatkísérletekről hallunk, önkéntelenül egerekre, patkányokra és nyulakra gondolunk. Ez jogos is, hiszen az oktatásban és kutatásban fölhasznált fajok közel 90%-ban kistrágcsálók, valamint nyulak. A betegségmodelleknek három típusa van: homológ, izomorf és prediktív. A homológ kísérletek állatai azonos oktannal, azonos tüneteket mutatnak a célszervezettel, s a kezelés is megegyező. Az izomorf esetben már csak az állatok tünetei és a kezelés hasonló, a prediktív modellek viszont már csak néhány vagy a legfontosabb jellemzőjében azonosak az ember vagy a célállat betegségével. Az utóbbi érvényes az alapkutatásra is: az állatkísérleti modell koncepciója szerint elég, ha a vizsgált alany egy jelentős tulajdonságban egyezik a célállat vagy az ember hasonló jellemzőjében, a más habitusbeli hasonlóság nem föltétel (34). Így egyre több fajt von be a kísérleti munka, kihasználva azok különleges élettani-biokémiái-patológiai tulajdonságait. Jelen összeállításban nem térünk ki a modellként szereplő baromfira, görényre, sertésre, kiskérődzőkre és lóra, hanem célzottan az ún. egzotikus és nem hagyományos kísérleti modelleket ismertetjük.

A betegségmodellek típusai: a homológ, az izomorf és a prediktív

A fejlábúak kivételével a gerinctelen állatok esetében nem kell a kísérletekhez engedélyt kérni

Nemcsak állatokat, hanem növényeket, baktériumokat, egysejtűeket, ízeltlábúakat is használnak modellként

Jó kiindulópontul szolgál a National Institute of Health által bevált modellszervezetek listája: egér, patkány, baktériumok, élesztőgombák (*Saccharomyces cerevisiae* és *pombe*), *Neurospora fonalasgomba*, *Caenorhabditis elegans* hengeresféreg, daphnia (vízibolha), közönséges muslica (*Drosophila melanogaster*), zebradánió, karmosbéka (28). A megközelítés állatvédelmi szempontból is jelentős, mert alacsonyabb rendű, tudatos fájdalmat nem, vagy kevésbé érző fajokkal lehet kísérletezni, sőt a fejlábúak kivételével a gerinctelen állatok esetében nem kell külön engedélyt kérni, ami meggyorsítja a tudományos munkát. Szembetűnő, hogy nemcsak gerinctelen állatokat (37), hanem már növényeket is (arabidopsis) használnak modellként. Az *Arabidopsis thaliana* a keresztesvirágúak családjába tartozó kistermetű gyomnövény. Rövid, kb. 6 hetes életciklusa, önbeporzó (max. kültenyésztettség 0,3%), kicsi, 5 kromoszómán 125 Mbp-s genomja miatt RÉDEI GYÖRGY vezette be, mint modellszervezetet. Számos növényélettani, -kórtani és genetikai kutatásra alkalmas, így a virágfejlődés, a fényérzékenység és a növény-kórokozó kölcsönhatás kérdéseinek vizsgálatára (26). Ezen túlmenően baktériumokat, egysejtűeket, csótányt és a nagy lisztbogár lárváját is használják.

A *Dictyostelium discoideum* talajlakó amőba – táplálékellátásától függően – egy- vagy többsejtű formában él. Ideális modellje a jelátadó mechanizmusok, a kemotaxis, a fagocitózis és sejtdifferenciálódás kutatására. 34 Mb-os genomja ismert, s több ezer törzse és plazmidja igényelhető a Dicty Stock Centerből. Élesztőkön tárták föl a gének aktiváló-inaktiváló mechanizmusát. A két leggyakrabban fölhasznált **élesztőfaj** a pékélesztő (*Saccharomyces cerevisiae*) és a sarjadzógomba (*Schizosaccharomyces pombe*) gyors szaporodása (2–4 óránkénti megkettőződés) és könnyű tenyésztetősége miatt a sejtciklus, az alapvető biokémiai folyamatok és a funkcionális genetikai kutatásokban széleskörűen alkalmazzák. Az emlősökben protoonkogén homológja is megtalálható a pékélesztőben, lehetővé téve annak génszintű vizsgálatát (5). A pékélesztő kiváló alanya a geriátriai kutatásoknak, mivel az energiakorlátozás – a legtöbb élőlényhez hasonlóan – megnöveli az élettartamot. Ennek hátterében egy NAD-dependens hiszton-deacetiláz, a Sir2-enzim működése áll. Az utóbbi hasonló szerepet tölt be a *Caenorhabditis elegans*ban is (25, 32). A *Neurospora crassa fonalasgomba* segítségével tisztázták az alapvető kérdéseit a biokémiai és molekuláris genetikának, az anyagforgalmat szabályozó gének működését és a napi ritmus sejt-szintű mechanizmusait (8).

A *vízibolha* (*Daphnia pulex*) genomja ismert. Azon túl, hogy érzékeny ökotoxiko-

A csótány kitűnő alanya a neurobiológiának, az ontogenezisnek, a szaporodásbiológiának és a feromonológiának

lógiai modell, átlátszósága miatt a szövetspecifikus gének expresszióját, paraziták és kórokozók hatását közvetlenül lehet tanulmányozni (28). A német (*Blattus germanicus*) és a konyhai csótány (*Blatta orientalis*) 1,5–2 cm-es, pete-nimfa-felnőtt fejlődési stádiumai vannak. Mindenevő, kitűnő alanya a neurobiológiának, az egyedfejlődés és szaporodás hormonális szabályozásának, a feromonológiának (4, 16). A **közönséges muslica** (*Drosophila melanogaster*) a *Diptera* rend Harmatlegyek (*Drosophilidae*) családjába tartozik. A klasszikus genetika modellállata. Különösen alkalmassá teszi kromoszómáinak nagy mérete, számos, ismert mutáns változata (fehér, szárnytalan, piros szemű stb.). MORGAN keresztezési kísérleteivel megerősítette és a kromoszómákhoz kötötte a mendeli öröklésmentet és leírta az ivarhoz kötött öröklésmentet. Munkásságáért 1933-ban Nobel-díjat kapott.



1. ÁBRA. Közönséges gyászbogár és lárvája, a lisztukac
(Fotó: FEKETE SÁNDOR GYÖRGY)

FIGURE 1. *Tenebrio molitor* beetle and its larval form, the mealworm
(Photo: SÁNDOR GYÖRGY FEKETE)

Caenorhabditis elegans fonálférget használták az apoptózis, az öregedési folyamatok, a telomérek, ill. telomeráz tanulmányozására

A **lisztukac** a 14–16 cm-es nagy lisztbogár (*Tenebrio molitor*) lárvája (1. ábra). A nőtény a hímeket vonzó feromont választ ki a potrohán. Az akvaterrarisztikában kedvelt táplálékállat. A lárvák emésztése és aminosavigénye nagyon hasonlít a melegvérűekre (10), ezért a takarmányfehérjék biológiai értékének becslésére használható. A 10 mg-os lárvákat a búzaliszt-tesztfehérje keverékére helyezik, és párás környezetben (gyakorlatilag egy széles szájú üvegben) 28 napig tartják, majd lemérik (a 30. napon a lárvák bebábozódnak). A relatív testtömeg-gyarapodás ($\Delta W = W_2 - W_1 / W_2 \times 100$), vagy a pillanatnyi (specifikus, ponderal) növekedési sebesség ($SGR = \ln W_2 - \ln W_1 / \Delta t \times 100$, ahol 'SGR' a specific growth rate, az $\ln W_1$ a kezdő-, az $\ln W_2$ a zárótömeg természetes logaritmus, a Δt az eltelt idő, napokban), adja a biológiai értéket, ahol a kontrollérték a tiszta búzaörleményen elért testtömeg-gyarapodás jelenti (11). A teszt hátránya, hogy a lárvák érzékenyek a fehérjetakarmányok antinutritív anyagaira (pl. a nyers szója tripszingátló faktora).

A kb. 1 mm hosszú áttetsző, nem parazita nematoda (*Caenorhabditis elegans*) – többszörös 'Nobel-díjas'. Kutikulával borított teste kétoldali szimmetriát mutat, testüregében (pseudocoelom) négy epidermális rost és folyadék található. Az egyedek többsége hermafrodita, néhány viszont hím. Keringési és légzési rendszere nincs. A bélcsatornában nagy lizoszómákra emlékeztető granulumok vannak, amelyek a féreg halálakor erős kék UV-fényt bocsátanak ki (13). A hat kromoszómán és a mitokondriumokban levő genomja mintegy 100 millió bázisból áll (6). Rajta mutatták ki a programozott sejthalált, az apoptózist, az RNS-interferenciát, és vizsgálták a telomérek és a telomeráz szerepét is az öregedésben. Az öregedési folyamatok molekuláris részletei is tanulmányozhatók a fonálférgek szervezetében, pl. a *daf-2* és *daf-16* gén által kódolt inzulinszerű növekedési faktor (IGF-I) receptora által közvetített jelzőrendszer gátlásával (mutáció) a féreg élettartama kétszeresére nőtt (19). Javasolták, hogy a *C. elegans* legyen az idegrendszer fejlődésének modellállata, mert ez az egyik legegyszerűbb neuronhálózattal rendelkező élőlény. Ugyanakkor a génfunkciók és az egyedfejlődés alapvető kérdéseinek tanulmányozására is alkalmas élőlény.

Egy másik fonálféregfaj (*Nippostrongylus brasiliensis*) parazita bélféregként rágcshalókat betegít meg, így kedvelt modell a sajátos immunválaszt adó sokcsecsű egér-nippostrongylus modell (12, 18). Mikor ez a féreg áthalad a tüdőn,

szöveti károsodást és gyulladást idéz elő. A támadás ellensúlyozására a szervezet egy adott típusú immunválaszt ún. Th2-választ mozgósít, ami segíti a férgek kiűzését. Az új kutatás szerint azonban a szervezet reakciójának előnyei többrétűek. Így összetett, sejtszintű válasz segít kijavítani a férgek által okozott kárt. A paraziták által indukált Th2-válasz egy többtényezős folyamatot indít meg, amely fontos a heveny sebgyógyulásban, a gyulladás ellenőrzésében, és végül ezek a folyamatok együttesen egy sebgyógyulást váltanak ki. Így a parazitafertőzés által indukált immunválasz akár előnyös is lehetne a heveny légúti fertőzések, pl. a tüdőgyulladás által okozott károsodások kezelésére.

A *spanyol meztelen csiga* (*Arion lusitanicus*) színe barnás-sárgás (2. ábra), testfelületét szubepiteliális kötőszövet, azon csillós, mikrobolyhos sejtek és nyálkatermelő sejtek borítják. A nyúl szemét megvakítani is képes Draize-teszt helyett a gyógyszerek szemirritációs hatását jól előjelzi a meztelencsiga-irritációs teszt (Slug Mucosal Irritation assay, SMI). Ennek különösen nagy állatvédelmi jelentősége van, ugyanis az eredeti teszt igen fájdalmas a nyúl számára. A csigát egy petricsészében a tesztanyagra helyezik. A kibocsátott nyálkás exsudatum mennyisége a helyi irritációt jelzi, a foszfátos pufferben fölfogott fehérje, alkalikus foszfátáz- és tejsav-dehidrogenáz-kibocsátás pedig a szöveti károsodás mértékére enged következtetni (1). A teszt alkalmas a bőr, valamint a bél, a hüvely és a száj nyálkahártyájára kifejtett hatás előjelzésére. Ezzel a vizsgálattal a szűrő és égető érzet is megjósolható, amely *in vitro* és emlősökkel végzett kísérletekben nem lehetséges (22).

A fejlábúak (*Cephalopodes*). A 63/2010-es EU Irányelv négy lábas-fejűt (polip, csigáspolip, tintahal, szépia) vont a törvényi oltalom alá, ugyanis fájdalmat éreznek (13). A fejlábúak teste a szerveket tartalmazó köpenyből és a karokat hordozó fejből áll (3. ábra). A molluscák (puhatestűek) lábából karok és a mozgást és a légzést végző szájtölcsér alakult ki. Az octopusok két branchialis szíve a két kopolyúba, a harmadik, szisztémás szív a teljes testben keringteti a hemolimfát. Keringési rendszerük zárt, hemolimfás, az oxigént a réztartalmú hemocianin hordozza, amely nem vörsejtekben, hanem a plazmában oldva található, a vérnek kékes árnyalatot kölcsönözve. Szemük, központi és környéki idegrendszerük fejlett. Egy sejtréteges bőruk vékony, sérülékeny, könnyen szakad, s másodlagos bakteriális fertőzés miatt elhulláshoz vezethet. Képesek a színeket és formákat megkülönböztetni. Szájukon erős, kitinből álló csőr és ún. radula van. Nyálmirigyek emésztőnedvet, s esetenként mérget termelnek. Tintaszájuk melanintartalmú festéket hordoz. A szem alatti két gödörben lévő csillós hámsejtek a szaglás érzékelésére, a karokon található kemoreceptorok pedig mind a szagok, mind a feromonok érzékelésére képesek (30). Szemük testükhöz képest nagy, de a gerinces szemmel nem homológ szerv. Szívárványhártyából, pupillából és lencséből áll, amelyet az octopusok esetében még szaruhártya is véd. Az octopus pupillája négyszögletes, a tintahalban W alakú, a szépiában pedig kerek. Legalább nyolc karuk és több tapogató csápjuk van, a karokon húsos papillák vannak. A szívókákon lévő kemoszenzorok fölismerik a polipbőrt, így – annak ellenére, hogy a karok mozgása nem az agyból koordinált – azok nem tapadnak össze. Védekezésül színváltoztatásra képes. A pigmenttel töltött zsákok (kromatofórok) összehúzódása-kitágulása módosítja a színt. Riasztó-elfedő festék kibocsátására is képesek. Egyes tintahalfajoknak egy pár fény szervük is van: a szájon lévő zsákokban fényt kibocsátó baktériumok és a



2. ÁBRA. Spanyol meztelen csiga (*Arion lusitanicus*)

(Fotó: ANDREW BOSSI)

FIGURE 2. Giant Spanish Slug (*Arion lusitanicus*)

(Photo: ANDREW BOSSI)



3. ÁBRA. Polip (*Octopus vulgaris*)

(Fotó: BAGOSI ZOLTÁN)

FIGURE 3. Octopus (*Octopus vulgaris*)

(Photo: ZOLTÁN BAGOSI)

foszforeszkálás erősségét szabályozó lencsék találhatóak (36). A nőstény tintahalak ivarmirigyei egy 10 kDa-os fehérjét (Loligo-beta-MSP) termelnek, amelynek hatására a hímek féktelenül agresszívvé válnak (7). Erős a szexuális dimorfizmus. Külön kar (hectocotylus) vagy penis szolgál a spermiumokat hordozó spermatofor-csövek átvitelére. Ivarérettségüket gyorsan elérik, egyszer petéznek le, az ún. paralárvákat fölnevelik, s a legtöbb faj (kivételesen a nautiloidok) ebbe bele is pusztul.

A polip a neurobiológiai kutatások kedvelt modellje

Nyílt vagy zárt rendszerű, tengeri akváriumokban tartható, a víz 12–22 °C-os [trópusi fajok esetében 25–32 °C] legyen. A víz ne tartalmazzon nitritet és fémet. Mivel kannibalizmusra (sőt szűk elhelyezés esetén öncsonkításra, autofágiára) is képesek, egyenként kell őket elhelyezni. Környezetgazdagítás szükséges: polipok esetében leírták, hogy az akváriumukba tett tárgyakkal „játszottak” (24).

Kísérleti fölhasználásuk során, mivel fájdalomérzésük van, a beavatkozások csak anaesthesiával, analgesiával végezhetőek. Axonjaik, ganglionjaik hatalmasok, így a neurobiológiai kutatás és az oktatás kedvelt modellje. Genomja ismert, s az evolúció során megduplázódott: ezzel magyarázható idegrendszerének nagysága és komplexitása, valamint morfológiai különlegességei (2). Nagyon intelligens állatok, ezért tanulási és emlékezési folyamatok vizsgálatára alkalmasak. A látás vizsgálatához is jól alkalmazhatóak a fejlábúak. A kétpettyes polip (*Octopus bimaculoides*) nemcsak a szemével, hanem a bőrrel is képes érzékelni a fényt. A fényérzékeléshez nincs szükségük a központi idegrendszerre, mert ugyanannak a fényérzékelő proteincsaládnak (opszinoknak) a segítségével éri el, mint ami a szemében is megtalálható. A fényérzékelők kapcsolatban vannak a kromatofórákkal, és ez lehetővé teszi a választ az agyból vagy a szemekből érkező információk nélkül is. A folyamatot a fény által aktivált kromatofóra-tágulásnak (Light-Activated Chromatophore Expansion, LACE) nevezték el. Az octopus kommunikációja a karok pozíciójával és a színváltoztatással történik, s ez – az emlősök grimasz pontrendszeréhez hasonlóan – fölhasználható a fájdalom és a rossz közérzet megítélésre. A nautilisszal feltételes reflexkísérletek végezhetőek (operáns tanulás). Összefoglalóan tehát a lábasfejűeket viselkedési, idegélet-tani, alap élettani, genomikai és vízkultúrás kísérletekben használják.

A zebradánió kísérleti állatmodellként való felhasználását a magyar származású GEORGE STREISINGER javasolta

A **zebradánió** (*[Brachy]Danio rerio*) nevének szinonimái: zebrahal, zebrafish, striped danio stb., a *Cyprinidae* (Pontyfélék) család tagja. Kelet-Indiából származik, de mára már közkedvelt díszhal. A tiszta folyóvizet kedveli. Testhossza: 4,5–6 cm, a háta olajbarna, oldalán és hasán sárgásfehér. Kifejezett az ivari dimorfizmus. A hímek karcsúak, s a kék csíkok között narancssárga csíkok láthatók. A nőstények teltebbek, színük kevésbé élénk, ezüst csíkjai is vannak. Élettartamuk átlagosan 2–3 év, de elérheti az ötöt is. Mindenevők. Könnyen tartható kis akváriumokban, szaporítási és fölnevelési technológiájuk egyszerű. A beltenyésztésre alig érzékeny. Csoportos életmód jellemző rá. Minimálisan 6 egyed tartanak egy csoportban, pH 6,0–8,0-as, 4–15 nk° (német keménységi fok) keménységű, 20–26 °C hőmérsékletű vízben. Elhelyezési sűrűség 25 állat/40–50 liter. Az ívatás friss vízben, 24–26 °C-on hajnalban zajlik. Ívás után a szülőpárt el kell távolítani, mert ikrafalók. A peték kb. 72 óra múlva kelnek ki. Az ivarérettségét már a 3. hónapban eléri. Általában hetente egyszer, 20–200 ikrát rak, ha elegendő a táplálék, akkor kéthetente háromszor petézik. A lárvák fejlődése az anya testén kívül zajlik, az jól megfigyelhető, manipulálható. A fejlődés nagyon gyors, az egy sejtes állapottól a lárváig három nap. A szervek hamarosan kifejlődnek (így a lárva képes a ragadozók elől menekülni), de a központi idegrendszer fejlődése ehhez képest később következik be (14).

A zebradániót gyakran alkalmazzák a gyógyszerkutatásokban

Kísérleti modellként való fölhasználását a magyar származású GEORGE STREISINGER javasolta, s ugyancsak ő klónozott először zebradániót. Ez a halfaj azóta olyan közkedvelt és gyakran használt kísérleti állat lett, hogy ma már csak a kifejezetten erre a célra tenyésztett egyedeket lehet kísérletbe vonni. Kuta-

A lárva és az embrió zebradánió teste átlátszó, ezért az organogenezis sztereomikroszkóppal jól követhető

Az állatvédelmi törvények szigorodása miatt a kétéltűek alanyként történő felhasználása visszaszorult

tási fölhasználása lehetővé teszi a csökkentést és helyettesítést a gyógyszerkutatásban, átmenetet kínálva az emlős *in vivo* és *in vitro* vizsgálata között, ugyanis így a máj aktiváló-inaktiváló funkciója is jelen van. Humán betegségek (pl. tuberkulózis, melanomaképződés) modellje lehet. Mivel a lárva átlátszó, kevésbé invazív technikák használhatók a gyógyszerek és mérgeanyagok tesztelésére (tökéletesítés/finomítás). Ezekkel a módszerekkel lehetséges az emlősállatok kiváltása, ezért számos laboratóriumban átvette az egerek és patkányok szerepét. A vizsgálandó anyagok egyszerűen a lárvát tartalmazó médiumhoz adhatók és a gyógyszer-indukálta embriotoxicitás és teratogenitás tesztelhető. A szervek fejlődése sztereomikroszkóppal vizsgálható, ugyanis a lárva és embrió kicsi, átlátszó, gyorsan fejlődik, így az embrió- és organogenezis jól követhető. A gyógyszerjelölt molekulák szívre kifejtett hatása is jól vizsgálható, hiszen *in vivo* látható. Léteznek fluoreszcens fehérjét termelő transzgenikus vonalak is, amelyek segítségével az angiogenezis, gyulladásos reakciók és mérgehatás hitelesen vizsgálható. A környezetszennyező vegyületek vizsgálatára is alkalmas. Mutagéneket, ösztrogénszármazékokat („endocrine disruptors” kimutató transzgen vonalak is léteznek. Fluoreszcens foszfolipidek etetésével a lipidmetabolizmus követhető. A farokúszó amputálását követően regenerációs modellként is használható. Génexpressziós vizsgálatok segítségével a mutagenézis, a funkcionális genomika, valamint a szervezet-tumor interakciók is jól jellemezhetők. Humángenetikában mutagenézisre alapozott kutatásokkal a mutánsok jellemzői alapján lehetséges a viselkedés irányításának és a tanulási folyamatoknak a tanulmányozása. Ezen túlmenően kiterjedt fejlődésgenetikai vizsgálatokat, pl. a vérképző rendszerre, szív- és szembetegségekre (színvakság, retina-degeneráció) is végzetek a zebradánióval (20).

A kétéltűek kedvelt alanyai voltak az oktatásnak és diagnosztikának, de az állatvédelmi törvények szigorodása miatt ez irányú fölhasználásuk visszaszorult. Tartásuk, táplálásuk és gyógykezelésük nehézkes: akváriumra vagy terráriumra van szükség, élő vagy lebegő formában kell a takarmányt biztosítani, bőrlégzésük van, a nefrotoxikus antibiotikumokra fokozottan érzékenyek. Ugyanakkor a melegvérűeket kiváltani igyekvő törekvés („helyettesítés”) egyre inkább újra bevonja a kétéltűeket a kutatásba. A *Xenopus laevis* és *Xenopus tropicalis* oocytáit használják a molekulárbiológiai vizsgálatokban, a gőtéken és békákon tanulmányozható a teljes átalakulás, a metamorfózis, a poliploidia, a vedlés szabályozása; az emlősöknél könnyebben klónozhatók (29). Ezek a fajok is csak akkor használhatók kísérletben, ha kifejezetten erre a célra tenyésztették.

Az **axolotl** (*Ambystoma mexicanum*) vagy mexikói szalamandra (4. ábra). Az axolotl aztékul vízi kutyát, szörnyet jelent. Az *Amphibia* osztály *Caudata* rendje *Ambystomatidae* családjába tartozik. Őshonosan a Mexikóvárostól délre fekvő, jódban szegény vizű tavak (Chalco, Xochimilco) lakója. Súlyosan veszélyeztetett; ugyanakkor könnyű fogságban szaporítani. Négy színváltozata ismert: barna/szürke alapon foltos, fekete, halvány rózsaszínű fekete szemekkel és arany, rózsaszín vagy cser albínó. Testhossza 20–25 cm, élettartama 8–10 év. A hím kidudorodó kloákája fölismerhető.



4. ÁBRA. Mexikói gőte (*Ambystoma mexicanum*)
(Fotó: BAGOSI ZOLTÁN)

FIGURE 4. Axolotl (*Ambystoma mexicanum*)
(Photo: ZOLTÁN BAGOSI)

Legalább 15 cm-es vízmélységű, 40 literes akváriumban kell tartani. A hideg vizet szereti (12–20 °C) az optimális 15–18 °C közötti. Apró homok legyen az alján és nagy kövek szolgáljanak rejtekhelyül. A kavi-cságy nem alkalmas, mert azokat megehetik. Ragadozó életmódúak, férgek, ízeltlábúak, apró halak szolgálnak táplálékául. Fogságban halaknak készült

A mexikói szalamandra lárváinak a neotenia jelen- ségét mutatják

granulált táppal, férgekkel, halakkal táplálják.

Ivarérésük 18–24 hónaposan fejeződik be. A hím spermacsomagot tesz le, amit a nőstény a kloákával szippant föl. A lerakott 200–300 tojásból kikelnek az ebihalak, s két hét múlva már önálló életmódot folytatnak. A lárva a neotenia jelenségét mutatják. Ez általában azt jelenti, hogy a korai egyedfejlődés (lárvakori-magzati, fiatal növendék) egyes sajátosságai felnőtt, ivarérett korban is megtalálhatók. Az axolotl esetében ez azt jelenti, hogy nem mennek át metamorfózison, és az ivarérés lárvaállapotban következik be, miközben továbbra is kopolyúkkal lélegzik. Mesterségesen jód-, pajzsmirigy-, tobozmirigy-készítményekkel elő lehet idézni a teljes átalakulást, ugyanis annak alapvető oka az agyalapi mirigy pajzsmirigyserkentő hormon (TSH) termelésének elégtelensége. Ez a jelenség más szalamandrafajok esetében is előfordulhat, mert ez hatékony túlélési stratégia táplálék- és jódhányos vizekben.

A szervregeneráció kutatásának fontos alanya

Kutatási fölhasználása mindenekelőtt a neotenia vizsgálata. A szervregeneráció kutatásának fontos alanyai, mivel képesek elvesztett végtagjaikat visszanyerni. A felületen elősejtek jelennek meg, és regenerálják a hiányzó szöveteket. A transzplantált szöveteket tökéletesen beépítik (21), ugyanis nem heg képződik a levágott testrész helyén, hanem az adott végtag teljes egészében visszánő. Mindezek alapján a végtagok fejlődését is ezen a fajon tanulmányozzák. Megismerhető az axolotl segítségével a gázcsere és -szállítás működése, a kopolyú szerkezete, valamint szerepe az iontranszportban. Fejlődéstani kutatások fontos alanyai, mivel embriójuk nagy és könnyen manipulálható. Jól vizsgálható pl. a szívelégtelenség, mivel egy ismert mutáció már embriókorban zavart okoz a szív működésében, és az embriók majdnem a kikelésig élnek szív-működés nélkül. Rákkutatásra is igénybe veszik.

Az afrikai karmosbéka négyeszeres kromoszóma- garnitúrával rendel- kezik

Afrikai karmosbéka (*Xenopus laevis*), xenopus, african clawed frog. Az *Amphibia* osztály – *Anura* rend – *Pipidae* család – *Xenopus* genusába tartozik. Élőhelye Afrika szubszaharai részei, Nigériától és Szudántól Dél-Afrikáig, ahol nedves területek találhatók. Elszigetelt, betelepített populációk vannak Észak- és Dél-Amerikában és Európában is. A *Pipidae* család fajainak teste és feje ellapult, nincs nyelve és foga, teljesen a vízi életmódhoz alkalmazkodtak. Testhosszuk átlagosan 10–13 cm (de elérheti a 25 cm-t és 0,5 kg-os tömeget), élettartama 5–15 év (akár 20–25) év. A hátsó lábakon három rövid karom található: a *Xenopus* név is innen ered, furcsa, idegen lábat jelent. Feladata a táplálék szétszedése, továbbá menekülés közben az iszap fölkavarása. A táplálékot erős, izmos lábakkal juttatják a szájukba, ill. hiobrachialis pumpával szívják be. „Oldalvonaluk” van a mozgás és rezgések érzékelésére. Ujjaik tapintása érzékeny, szaglásuk jó. A leggyakoribb a szürkés-zöldes szín, de van albínó változat is; a has sárgásfehér. Évente vedlik, a levedlett bőrt megeszi. Négyeszeres kromoszómagarnitúrával (allotetraploidia) rendelkezik. A belső gégeizmok összehúzásával hangadásra képes. Az ivari dimorfizmus kifejezett. A hím kisebb méretű, teste és lába karcsúbb. Tücsökciripelésre emlékeztető hívhanggal (rövid és hosszú trillák váltakozása) hívnak párzásra. A nőstények mérete nagyobb, testük vastkosabb. A hím fölhívására válaszolnak, az elfogadást kopogás (11–12 kattanas másodpercenként), az elutasítást lassú ketyegés (4 kattogás másodpercenként) jelzi (33). Az ivari dimorfizmus az agyban a szerotoninreceptorok sűrűségében és megoszlásában is mutatkozik (38). Ivarérésük kb. tíz hónapos korban következik be. Peterakás akár évente négyszer lehetséges, ami hidegebb vízbe helyezéssel serkenthető. A petéből 2–4 nap alatt kikelnek az ebihalak, és a teljes átalakulásig (metamorfózis) hat hét telik el.

Tartása viszonylag egyszerű: 3–5 egyed/100 liter, 20–28 °C-os vízben. Az aljzatra homok, apró kavics kerüljön. Mivel a vizet nem hagyják el, nincs szükség kímászókra, száraz részekre. Búvóhelyet viszont biztosítani kell növények betelepítésével, nagyobb köveknek az akváriumba helyezésével. A természetben rovarokat,

Embriója fejlődéstani és molekulárbiológiai kutatások modellállata

A karmosbéka volt az első klónozott gerinces

kisebb halakat fogyaszt, gyakorlatilag bármit, ami a szájába belefér. Fogságban lárvákkal, kis halakkal, tücsökkel, egyéb rovarokkal és férgekkel naponta vagy hetente 3–4 alkalommal etetik. Az ebihal kopolyúval lélegzik, ezért a vizet levegőztetni kell. Ez a kifejlett esetében nem szükséges.

Kísérleti felhasználását elősegíti, hogy a petesejt és az embrió mérete nagy, könnyen manipulálható. Embriója tetraploid, a fejlődéstani és molekulárbiológiai kutatások fontos modellállata, annak ellenére, hogy genetikai összetettsége nem felel meg az általában kívánatos örökléstani modellnek. Az afrikai karmosbéka oocytáiban és embrióiban lehetőség nyílik a módosított DNS vagy hírvívő RNS gyors funkcionális meghatározására is. Az elektrofiziológiai kutatásokban a petesejtben a membráncsatornák működését vizsgálják. A *Xenopus laevis* használták föl a látórendszer fejlődésének leírásához. A kísérleti eredmények alapján fölállították a kemoaffinitási elméletet, amely szerint az embrionális fejlődés során bizonyos vegyületek a megfelelő helyre irányítják az idegvégződéseket, és ez a későbbi élet során nem változtatható meg. Karmosbéka volt az első klónozott gerinces. 1992-ben lőtték ki az ürbe a szaporodás és egyedfejlődés zéró gravitációban való tanulmányozására. Korábban terhességi teszthez használták, ugyanis a terhes nő hCG- (humán choriongonin) tartalmú vizelete petetermelést vált ki a nőstényekben. A teszt ma már elavultnak tekinthető, de a fogságban ma is hCG-kezelés segítségével szaporítják. Jelentősége különösen nagy, mivel védett faj állatkísérletben nem használható, Magyarországon pedig minden két-



5. ÁBRA. Kilencöves tatu (*Dasypus novemcinctus*)
(Fotó: BAGOSI ZOLTÁN)

FIGURE 5. Ninebanded armadillo (*Dasypus novemcinctus*)
(Photo: ZOLTÁN BAGOSI)

A kilencöves tatu szaporodásbiológiai jellegzetessége a poliembriónia

éltű és hulló védett! Így a korábban elterjedt kecskebéka-kísérletek és oktatási bemutatókhoz is csak a karmos béka jöhet szóba.

A **kilencöves tatu** (*Dasypus novemcinctus*) az öves állatfélék családjába, a páncélos foghíjasok és vendégízületesek rendjébe (*Cingulata*) és az övesállatok (*Dasypodidae*) családjába tartozik. Hazája Észak- és Dél-Amerika. Páncéljukat az irharétegükben kifejlődő csontképződmények alkotják, és ezen kívül az epidermiszből származó szarupikkelyek borítják (5. ábra). Fontosabb fajai az óriás tatu (*Priodontes giganteus*), amely a farkkal együtt 1,75 m hosszú; a kilencöves tatu (*Dasypus novemcinctus*), a hatöves armadillo (*Dasypus villosus* Fish), a sörtés armadillo (*Chaetophractus villosus*) és a közeli rokon páncélos egerek (*Chlamyphorinae*), melyek mérete és életmódja a vakondkéhez hasonlítható (Uránia, 1966). Elülső lábain

4, a hátulsókon 5 ujj található. Fogképlete 7-9/7-9 csökevényes fog. A *Dasypus* görögül nyulat, az armadillo spanyolul kis páncélost jelent. Élettartama a természetben 6–9 év. A tatuk vemhességi ideje 3–4 hónap, a fiókák fészekhagyók. Stressz hatására az implantáció – akár 3 hónappal is – megkéshet. Évi ellésszámuk egy. Táplálkozásuk hasonló a rovarévő sünéhez (hangyák, bogarak, termeszek), de több benne a mindenevő jelleg. Étrendjében előfordulnak puhatestűek, kisebb kétéltűek és hullók is. Fogságban darált hússal, apróra vágott gyümölcscsel, teljes tejjel, tojással és fehér kenyér keverékével táplálják (23), csoportosan tartják, s helyigénye a felnőtt nyúléhoz hasonlítható.

Kísérleti célokra leggyakrabban a kilencöves tatut veszik igénybe. Genetikai-szaporodási jellegzetességük a poliembriónia. A megtermékenyített petesejt négyfelé válik már a barázdálódási folyamat kezdetén. Ez azt jelenti, hogy egy megtermékenyített petesejtből négy embrió fejlődik ki, amelyek minden

A tatu szervezete az emberi lepra tanulmányozására alkalmas

szempontból egypetéjű ikrek; általában kettő pete érik meg, így 4–4 identikus testvér születik az alomban. Hatvannégy ($2n$), hat csoportba sorolható kromoszómája van (3). A nőstény szájnyalvakahártyája-hámsejtjeiben kromatintest látható, és a PMN (polymorphonuclearis) fehérvérsejtek dobverő alakúak.

Az emberi leprát (Hansen-féle betegség) a *Mycobacterium leprae* okozza, amely szintetikus táptalajon nem tenyészthető. A kórokozó egerek talppárnáiban fönntartható és szaporítható, de az igazán alkalmas modellje a leprának a tatu: a mesterséges fertőzést követően legkésőbb 14 hónapon belül testszerte kifejlődnek a leprás csomók (nodulák), bennük a *Mycobacterium leprae* baktériumok. Mesterséges fertőzés során antigén termelődik, ami a vakcinafejlesztés alapját képezi. A tatu a kevés fogékony fajok egyike, ennek oka az alacsony testhőmérséklete ($34\text{ }^{\circ}\text{C}$). A baktérium az állat szervezetében szisztémás megbetegedést okoz, ezáltal a betegség fenntartója a természetben. A kórkép hasonló az emberben 1–10 év alatt kifejlődő súlyos noduláris kórfomával, amelyben csak a szemlencse, a retina és a *nervus opticus* érintetlen, és nincs idegi károsodás. A vérvétel helye a *vena saphena*. Anaesthesiára testtömeg kg-onként 4,5 mg ketamin és 5 mg acepromazin im. vált be (35).

A csupasz turkáló (*Heterocephalus glaber*), syn. csupasz földikutya, csupasz vakondpatkány, naked mole-rat. Rendszertanilag az Emlősök osztályába, a Rágcsálók rendjébe és a Turkálófélék családjába tartozik. Délkelet-Etiópia, Kenya keleti része, Szomália szavannák földalatti üregrendszerében él. Testhossza 8–10 cm, élőtömege 30–80 g. Teste majdnem teljesen csupasz, fülkagylója nincs, gyakorlatilag vakok. Metszőfogaik előre állnak, karmaik élesek, ajkaik a fogak mögött húzódnak (6. ábra). Kiterjedt alagútrendszerekben élnek, a felszínre nem járnak. Euszociális állatok, az átlagosan hetventagú kolóniáik, hasonlóan a méhekhez, hangyákhoz vagy termeszekhez, egy királynőből, néhány szaporodó hímből és a számos dolgozóból állnak (17). A királynő a legnagyobb, a dolgozók a legkisebbek, a szaporodó hímek a kettő közötti méretűek. A nem párzó hímek sterilek. A vemhességi idő kb. 70 nap, az átlagos alomszám 11, a csupasz és vak újszülöttek testtömege 2 g. Táplálékukat gumók és gyökerek adják, melynek cellulózát bélbaktériumok segítenek hasznosítani (31). Ha szűkös a táplálékellátás, saját bélsarukat is fölveszik. Tüdejük kicsi, vörösvérsejtjeiknek nagy az oxigén



6. ÁBRA. Csúasz turkáló (*Heterocephalus glaber*)
(Fotó: BAGOSI ZOLTÁN)

FIGURE 6. Naked mole (*Heterocephalus glaber*)
(Photo: ZOLTÁN BAGOSI)

**A csupasz földikutyá
20–30 évet is élél, és
nem fordul elő bennük
daganatos betegség**

**A csupasz földikutyában
még időskorban is nagy
a hialuronsavtartalom**

iránti affinitása. A külső hőmérséklethez részben testhőmérséklete változtatásával, részben viselkedési hőszabályozással válaszol.

Élettartamuk szokatlanul hosszú, a természetben 20–30 évet is eléri. Ennek az az oka, hogy a regeneráció gyors, a sejttöregedés lassú (9). Ha rosszak a környezeti, táplálékellátási körülmények, anyagcseréjük lelassítják. Nem fordul elő bennük daganatos megbetegedés, sőt még mesterségesen sem lehet megbetegíteni. Ennek okai a sejtosztódást szabályozó P16-gén működése, az egyébként is ötször nagyobb hialuronsav-molekula lebontásáért felelős enzim korlátozott működése (egygénes tulajdonság). Az emberben az öregedéssel a hialuronsav mennyisége csökken: az újszülöttben a legtöbb, 40 éves korra kb. a fele, 60 éves korra kb. 10%-a a kezdetinek. A csupasz turkálóban viszont még öregkorban is sok a hialuronsav. Ez a hialuronsav-készlet tartja távol a sejteket egymástól, megakadályozva a daganatképződést. A hialuronsav egyben a szervezet legnagyobb antioxidáns-tartalékát is jelenti. Sajátos működésű riboszómáik miatt a fehérjeszintézisük hibaszázaléka rendkívül kicsi. Bőrükben alig éreznek fájdalmat, mert kevés a substance-P koncentrációja. Testhőmérsékletüket viselkedéssel is szabályozzák, ugyanis a járatrendszerben testhőmérsékletüktől függően le-föl vándorolnak. Anyagcseréjük lassú, kicsi az oxigénfőhasználás, következményesen csekély az életfőntartó energiaigényük. A csupasz turkáló az egyetlen olyan élőlény, amelyben olyan daganatgátló mechanizmus működik, aminek egyetlen gén képezi az alapját. A genetikai alapú rákmentesség hátterében a hialuronsav, ill. a kezdődő tumorképző sejtek újraprogramozása állhat. Az utóbbi rezisztenciát sikerült egérbe átvinni (27). Ennek fontos szerepe lehet az új rákellenes módszerek kidolgozásában. Más mechanizmusú a vak vakondpatkány fajok (*blind mole-rat*, *Spalax judaei* és *Spalax golani*) rákkal szembeni ellenálló képessége: ha a sejtek adott sűrűségi fokot érnek el, kollektíven interferon bétát bocsátanak ki, amely tömeges sejthalálhoz vezet (15).

IRODALOM

- ADRIENS, E.: *The slug mucosal irritation assay: an alternative assay for local tolerance testing*. NC3Rs #8 The slug mucosal irritation assay. Sept 2006. www.nc3rs.org.uk
- ALBERTIN, C. B. – SIMAKOV, O. et al.: The octopus genome and the evolution of cephalopod neural and morphological novelties. *Nature*, 2015. 524. 220–224.
- BEATH, M. M. – BENIRSCHKE, K. – BROWNHILL, L. E.: The chromosomes of the nine-banded armadillo, *Dasypus novemcinctus*. *Chromosomna*, 1962. 13. 27–38.
- BELL, W. J. – LOUIS M. ROTH, L. M et al.: *Cockroaches: Ecology, Behavior, and Natural History*. John Hopkins Univ. Press. Baltimore, 2007.
- BOTSTEIN, D. – CHERVITZ, S. A – CHERRY, J. M.: Yeast as a Model Organism. *Science*, 1997. 277. 1259–1260.
- BRENNER, S.: The genetics of *Caenorhabditis elegans*. *Genetics*, 1974. 77. 71–94.
- CUMMINS, S. F. – BOAL, J. G. et al.: Extreme Aggression in Male Squid Induced by a b-MSP-like Pheromone. *Curr. Biol.*, 2011. 21. 322–327.
- DAVIS, R. H. – PERKINS, D. D.: Neurospora: a model of model microbes. *Nature Rev. Gen.*, 2002. 3. 397–403.
- EDREY, Y. H. – HANES, M. et al.: Successful aging and sustained good health in the naked mole rat: a long-lived mammalian model for biogerontology and biomedical research. *ILAR J.*, 2011. 52. 41–53.
- FÁBIÁN GY. – MOLNÁR GY. – NAGY E. – SZÉKY P.: *Állattan mezőgazdasági mérnökök részére*. Harmadik, átdolgozott, bővített kiadás. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest, 1977. p. 243, 246, 296, 320.
- FEKETE S.: Néhány fehérjehordozó takarmányozási értékének vizsgálata Tenebrio-családba tartozó bogarak lárvái segítségével. *Állategészségügyi és takarmányozási közlemények*, 1980. 2. 125–128.
- FEKETE, S. GY. – KELLEMS, R. O.: Interrelationship of feeding with immunity and parasitic infection: a review. *Vet. Med. Czech*, 2007. 52. 131–143.
- FÉLIX, M. A. – BRAENDLE, C.: The natural history of *Caenorhabditis elegans*. *Curr. Biol.*, 2010. 20. R965–R969.
- FLEMING, A.: Zebrafish as an alternative model organism for disease modelling and drug discovery: implication for the 3Rs. *Nat. Cent. Replac. Refin. Red. Anim. Res.*, 2007. NC3Rs #10, www.nc3rs.org.uk
- GORBUNOVA, V. – HINE, C. et al.: Cancer resistance in the blind mole rat is mediated by concerted necrotic cell death mechanism. *PNAS*, 2012. 109. 19392–19396.
- HUBER, I. – MASSLER, I. P. – RAO, B. R.: *Cockroaches as model for neurobiology: application in neurobiological research*. Vol. II. CRC Press Inc. Boca Raton, Florida, 1990.
- JARVIS, J. U.: Eusociality in a mammal: cooperative breeding in naked mole-rat colonies. *Science*, 1981. 212. 571–573.
- KASSAI, T. – REDL, P. – et al.: Studies on the involvement of prostaglandins and their precursors in the rejection of *Nippostrongylus brasiliensis* from rat. *Intern. J. Parasitol.*, 1980. 10. 115–120.
- KENVON, C. – CHANG, J. et al.: A *C. elegans* mutant that lives

twice as long as wild type. *Nature*, 1993. 366. 461–464.

20. L'ORÉAL: *Fish and amphibian embryos as alternative models in toxicology and teratology*. Helmholtz Centre for Environmental Res. Paris, 2014.

21. LARSEN, G. D.: Amputated amphibians advance regenerative medicine. *Lab. Anim. (NY)*, 2016. 3. 85.

22. LENOIR, J. – ADRIAENS, E. et al.: New aspects of the slug mucosal irritation (SMI) assay: predicting ocular stinging, itching and burning sensation. *Bull. Soc. Belge Ophtalmol.*, 2011. 317. 47–48.

23. LOUGHRY, W. J. – McDONOUGH, C. M.: *The Nine-Banded Armadillo: A Natural History*. Univ. Oklahoma Press. Norman, 2013.

24. MATHER, J. A. – ROLAND C. et al.: *Octopus: The Ocean's Intelligent Invertebrate*. Timber Press. London, 2010.

25. MCISAAC, R. S. – LEWIS, K. N. et al.: From yeast to human: exploring the comparative biology of methionine restriction in extending eukaryotic life span. *Ann. New York Acad. Sci.*, 2016. 1363. 155–170.

26. MITCHELL-OLDS, T.: Arabidopsis thaliana and its wild relatives: a model system for ecology and evolution. *Trends Ecol. Evol.*, 2001. 16. 693–700.

27. MIYAWAKI, S. – KAWAMURA, Y. et al.: Tumour resistance in induced pluripotent stem cells derived from naked mole-rats. *Nat. Commun.*, 2016. 7. 11471
NIH: <http://www.nih.gov/science/models>. Retrieved: 05. 24. 2016.

28. O'ROURKE, D. P.: Reptiles and amphibians as laboratory animals. *Lab. Ani.*, 2002. 31. 6. 43–47.

29. POLESE, G. – BERTAPELLE, C. – DI COSMO, A.: Olfactory organ of octopus vulgaris: morphology, plasticity, turnover and sensory characterization. *Biol. Open*, 2016. 05. 611–6199.

30. SCHERMAN, P. W. – JARVIS, J. U. M. – BRAUDE, S. H.: Die enge Gemeinschaft der Nacktmulle. *Spektrum der Wissenschaft*, 2003. Dossier 5. 54–61.

31. SINCLAIR, D. A.: Paradigms and pitfalls of yeast longevity research. *Mech. Aging Devel.*, 2002. 123. 857–867.

32. SMITH, J. A. – ANDREWS, P. L. R. et al.: Cephalopod research and EU Directive 2010/63/EU: Requirements, impacts and ethical review. *J. Exp. Marine Biol. Ecol.*, 2013. 447. 31–45.

33. TOBIAS, M. L. – KELLEY, D. B.: Vocalizations by a sexually dimorphic isolateral larynx. Peripheral constraints on behavioral expression. *J. Neurosci.*, 1987. 7. 3191–3197.

34. VAN DER GULDEN, W. J. I. – BEYNEN, A. C. – HAU, J.: Animal models. In: VANZUTPHEN – BAUMAN, V. – BEYNEN, A. C. (eds.): *Principles of laboratory animal science*. Elsevier. Amsterdam–New York–London, 1993. 188–196.

35. VIJAYARAGHAVAN, R.: Nine-banded armadillo *Dasyus novemcinctus* animal model for leprosy (Hansen's Disease). *Scand. J. Anim. Sci.*, 2009. 36. 167–176.

36. WEI, S. L. – YOUNG, R. E.: Development of symbiotic bacterial bioluminescence in a nearshore cephalopod, *Euprymna scolopes*. *Marine Biol.*, 1989. 103. 541–546.

37. WILSON-SANDERS, S. E.: Invertebrate models for biomedical research, testing and education. *ILAR J.*, 2011. 52. 126–152.

38. YAMAGUCHI, A. – KELLEY, D. B.: Generating sexually differentiated vocal patterns: Laryngeal nerve and EMG recording from vocalizing male and female African Clawed Frogs (*Xenopus laevis*). *J. Neurosci.*, 2000. 20. 1559–1567.

Közlésre érkező: 2016. nov. 4.

BESZÁMOLÓ

A Magyar Zoonózis Társaság idei közgyűlésén öt évre a társaság elnökének választotta FODOR LÁSZLÓT, főtitkárnak pedig DÉNES BÉLÁT. A társaság elnökségében BAKONYI TAMÁS, KORZENSZKY EMŐD, MERÉNYI LÁSZLÓ és VARGA JÁNOS képviseli szakmánkat. A társaság Felügyelő bizottságának elnökéül JÁNOSI SZILÁRDOT, tagjául pedig GYURANECS MIKLÓST választotta meg a közgyűlés.