

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chovu hospodářských zvířat



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**Vybrané významné endemitní druhy afrických hlodavců
a bérceounů**

Bakalářská práce

Autor práce: Kateřina Pavlíčková

Obor studia: Speciální chovy (ABPS)

Vedoucí práce: doc. Ing. Lukáš Zita, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „Vybrané významné endemité druhy afrických hlodavců a bécounů“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne

Kateřina Pavlíčková

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Lukášovi Zitovi, Ph.D. Dále chci též poděkovat přátelům a rodině za podporu a případnou pomoc.

Vybrané významné endemité dny afrických hlodavců a bécounů

Souhrn

Hlodavci jsou nejpočetnější řád ze skupiny savců, bécouni naopak nepříliš početná skupina drobných savců. Zástupce z obou řádů v této práci spojuje skutečnost, že se jedná o endemité dny afrického kontinentu, kteří v rámci této oblasti obsadili různorodé ekologické niky. V případě hlodavců je těchto nik s ohledem na jejich druhovou příslušnost více, od lesních porostů a polí, které obývá krysa obrovská a třeba chlupáč dlouhosrstý, až po podzemní prostředí, kde dominuje rypoš lysý. Bécouni poté primárně obývají polopouštní a pouštní oblasti.

Adaptovatelnost těchto druhů, ale netkví pouze ve schopnosti zvykat si na životní prostředí, kdy krysa obrovská je toho důkazem. Jedná se o první endemité dny africký druh hlodavce, který se začal využívat pro vědu v jiném záměru, nežli jako pokusné laboratorní zvíře, a to pod organizací Anti-Persoonsmijnen Ontmijnende Product Ontwikkeling (APOPO). Hlavní náplní organizace bylo odminování poválečných oblastí Afriky, avšak nyní působí v tomto ohledu už i mimo africký kontinent a do souboru činností jim přibyla i detekce tuberkulózy z lidského hlenu a odhalování nelegálních obchodů. Klíčovým smyslem pro toto využití krysy obrovské je samozřejmě její čich, významnou roli ale také hraje její inteligence a schopnost učení.

Z afrických hlodavců se jako laboratorní zvíře nabízí asi nejzajímavější hlodavec vůbec, tedy rypoš lysý, který se stal objektem mnoha výzkumů z důvodu jeho neobvyklých vlastností, kterými jsou dlouhověkost, adaptabilita na hypoxii a odolnost vůči rakovinnému bujení. Jedná se v podstatě o hlodavce, který je opakem skoro všem základním charakteristikám jemu příbuzných druhů.

Z hlediska zvláštních strategií zvířat, jež závisí na jejich životním prostředí, stojí za zmínku hlodavec chlupáč dlouhosrstý, který se naučil pro svou ochranu využívat jed ze stromu *Acokanthera schimperi*, proti kterému je on sám imunní. Dále z řad bécounů je pro savce neobvyklá v případě bécouna kapského jeho role opylovače, kdy se podílí nepřímo na opylování rostlin. Bécouni jsou sami osobě zajímavou skupinou, už jen z hlediska toho, že celý řád je africkým endemitem, a postupně se přichází stále na více poznatků odhalujících jejich roli pro ekosystém.

Z těchto zde zmíněných skutečností vyplývá, že hlodavci se mohou stát zvířaty, která mohou přímo spolupracovat s člověkem, a to na úrovni například psa. Dále jsou klíčovými pokusnými zvířaty, která nám pomáhají ve výzkumu, nebo mohou objasnit a přiblížit pestrost přírody, biodiverzitu a evolučně výhodné adaptace na jejich životní prostředí, jež obývají.

Klíčová slova

Afrika; hlodavec; bécoun; endemité; ekologie

Significant representatives of African endemit rodents and elephant shrews

Summary

Rodents are the most numerous order from the group of mammals. On the contrary Elephant shrews are not as numerous group of diminutive mammals. Representatives of both orders are associated with the fact, that they are African endemic species, who occupy diverse ecological niches. In case of rodents, with regard to their generic belonging, there are more of these niches. From sylvan underbush inhabited by the Gambian pouched rat the maned rat to subterranean environs dominated by the naked mole-rat. Elephant shrews primarily inhabit semi-desert and desert regions. Adaptability of these species doesn't lie only in ability to get accustomed to the enviroment, such as the Gambian pouched rat.

The Gambian pouched rat is the first endemite African species of rodent, that has been used under Anti-Persoonsmijnen Ontmijnende Product Ontwikkeling organisation for the sake of science not only as a subject of experiment. Their main work was deminig post-war regions in Africa. However, currently they function also outside Africa and newly pursue detection of tuberculosis in human sputum and exposing illicit trade. Rat's key sense for this purpose is naturally sense of smell. Considerable is also it's intelligence and capability to learn.

If we searched amongst African rodents for laboratory animal, we would choose presumably the most interesting rodent whatsoever, the naked mole-rat. The naked mole-rat has become the subject of many researches because of it's uncommon features, such as longevity, hypoxia adaptability and resistance against cancerous proliferation. In fact, the Naked mole-rat is the opposite of all essential characteristics of it's related species.

In term of peculiar animals' strategies, that depend on their habitat, we should mention rodent the maned rat. It has learned to avail the poison from the *Acokanthera schimperi* tree for defense, because of it's resistance to this poison.

From the group of Elephant shrews is for mammals unusual, in case of the Cape rock elephant shrew, the role of pollinator, when it indirectly pasticipates in the plants' pollination. Elephant shrewsare interesting group themselves speaking of the whole order being African endemite group and more and more knowledge on their role in ecosystem coming to light. From these new findings results the fact, that rodents can become the animals, that could cooperate with humans directly, for example on the level of dog. Furthermore, they are the pivotal experimental animals, that help us in scientific research and in enlightening nature's variety, biodiversity and evolutionarily advantageous adaptations to their enviroment they inhabit.

Keywords

African, rodents, elephant shrew, endemit, ecology

Obsah

1	Úvod.....	7
2	Cíl práce.....	8
3	Literární rešerše	9
3.1	Krysa obrovská (<i>Cricetomys gambianus</i>).....	10
3.1.1	Taxonomie, rozšíření a popis druhu	10
3.1.2	Role v ekosystému, chování a rozmnožování.....	12
3.1.3	Výživa ve volné přírodě a v lidské péči, ohočení	13
3.1.4	Krysa jako negativní činitel a invazivní druh	14
3.1.5	Detekce min	15
3.1.6	Další využití krysy obrovské	17
3.1.7	Úspěchy organizace APOPO	18
3.2	Rypoš lysý (<i>Heterocephalus glaber</i>)	19
3.2.1	Taxonomie, rozšíření a popis druhu	19
3.2.2	Role v ekosystému, chování a rozmnožování.....	20
3.2.3	Potrava	22
3.2.4	Využití druhu ve vědě.....	22
3.3	Chlupáč dlouhosrstý (<i>Lophiomys imhausi</i>).....	28
3.3.1	Taxonomie, rozšíření a popis druhu	28
3.3.2	Role v ekosystému, chování a rozmnožování.....	29
3.4	Bércoun africký (<i>Macroscelides proboscideus</i>).....	30
3.4.1	Taxonomie, rozšíření a popis druhu	30
3.4.2	Role v ekosystému, chování a rozmnožování.....	31
3.5	Bércoun kapský (<i>Elephantulus edwardii</i>).....	32
3.5.1	Taxonomie, rozšíření a popis druhu	32
3.5.2	Role v ekosystému, chování a rozmnožování.....	33
3.5.3	Bércoun jako opylovač	34
4	Závěr	35
5	Zdroje.....	36

1 Úvod

Africký kontinent je znám pro svou pestrost rostlinných i živočišných druhů, přičemž je také útočištěm mnoha druhů endemitických. Mezi těmito endemickými druhy jsou i takové, které se díky svým vlastnostem a schopnostem staly významnými pro člověka, ať už z hlediska humánní medicíny, ekologie, nebo vědy obecně.

Krysa obrovská, endemitický hlodavec obývající africký kontinent, je nyní známá především skrze organizaci Anti-Persoonsmijnen Ontmijnende Product Ontwikkeling (APOPO), jež se zabývá odminováním poválečných oblastí, detekcí tuberkulózy a odhalováním nelegálních obchodů. Krysa je v těchto programech díky svým nadprůměrným somatickým schopnostem, které ji umožnily v mnoha disciplínách nahradit psi, před kterými má výhodu ve své menší náročnosti na chov a menší vazbě na majitele. Úspěchy, které krysu proslavily zapříčinily i její větší oblíbenost jako domácího mazlíčka, krysy tak bývají stále častěji chovány jako domácí zvířata po celém světě.

V posledních letech je chov těchto zvířat v lidské péči trendem, jak ve Velké Británii (Cooper 2008), tak i ve Spojených státech amerických (Engeman et al. 2007). V obou zemích je možné tato zvířata pořídit v běžných obchodech se zvířaty (Engeman et al. 2007; Cooper 2008).

Hlodavci jsou obecně známí jako modelová zvířata ve vědě, kdy je ale pro většinu z nich charakteristická krátká doba dožití, výjimkou je další endemit afrického kontinentu rypoš lysý, jedná se o nejdéle žijící hlodavce, kteří žijí přibližně devětkrát déle než ostatní druhy. Dožívají se věku až 30 let. V zajetí mohou žít 22 až 28 let. Mezi faktory, které omezují jejich životnost ve volné přírodě se řadí predace, klimatické změny a antropogenní vlivy, jako jsou například uniklé toxické chemické látky. Všechny mechanismy těchto kolonií, které umožňují takovou dlouhověkost, nejsou známy (O'Connor et al 2002; Bufferstein 2008). Ale velká část těchto mechanismů je stále zkoumána, tak například velký zájem vzbudil výzkum okolo rypošovy rezistence vůči rakovině, v které mají nejvýznamnější roli produkty genu Tumor protein 53 (TP53), které se účastní apoptózy a zastavení buněčného cyklu. TP53 patří mezi tumorsupresivní geny a v buňce slouží k rozpoznání poškozené DNA, mezi jeho produkty patří tumor protein 53 (p53) a jeho homology tumor protein p63 a p73, které umí potlačit tumorogenezi a působí i na transkripční faktory genů, jejichž transkripty se podílí na reparaci DNA (Pagano et al. 2013). Další výzkumy se soustředí například na několik proteinů, které jsou u rypošy pozměněny a přímo souvisí s jeho dlouhověkostí.

V Africe se také vyskytuje velice zvláštní hlodavec, kterým je chlupáč dlouhosrstý, který se po zjištění, že je schopen využívat jed ouabain z rostlin rodu toješťovitě (*Acokanthera*) stal objektem bádání vědců, jelikož objasnění všech mechanismů, kterým hlodavec vděčí za svou imunitu vůči jedu by mohlo být klíčové pro výzkum v oboru humánní medicíny.

Samostatnou skupinou, která celá je endemitem afrického kontinentu jsou bécouni, kteří se výborně adaptovali na tamní podmínky. Jedním z nich je i bécoun kapský, který se od většiny ostatních bécounů liší, a to především tím, že pouze u tohoto zástupce bécounů bylo prokázáno, že zastává roli opylovače.

2 Cíl práce

Cílem této práce je seznámení s vybranými druhy hlodavců a bérceounů s přiblížením jejich významu ať už v přírodě, ve vědě či v lidské činnosti. Dále má práce poukázat na to, že právě hlodavci a bérceouni ač jsou často opomíjeni, mají v přírodě nenahraditelnou úlohu a jsou klíčovým taxonem pro vědu. Také mohou člověku posloužit v různých odvětvích, kdy je jejich úspěch postaven na výcviku, jež je podmíněn jejich inteligencí a nynější podrobnější znalosti jejich etologie.

3 Literární rešerše

Endemitismus je ekologický stav druhu, který je jedinečný pro definovanou zeměpisnou oblast, jako je ostrov, země, kontinent, nebo jiná definovaná zóna, či typ stanoviště. K endemismu mohou napomáhat fyzikální, klimatické a biologické faktory, které jsou pro jednotlivé oblasti specifické. Nevýhodou pro endemitické druhy je skutečnost, že mohou být snadno ohroženy a nebo zanikat, přičemž jednou z hlavních příčin je lidská činnost, například zavlečení nepůvodních druhů do dané oblasti.

Pokud se jedná o kontinent, tak jako ukázkový příklad vysoce endemiticky osídleného kontinentu může posloužit Afrika, jenž se stala útočištěm mnoha endemitních druhů, jak rostlin, tak i živočichů. Mimo šelmy, ptáky jako je například pro Afriku typický pštros dvouprstý a mnohé druhy primátů, jsou v Africe zastoupeni také významné endemitické druhy z řádu hlodavců a bércoonů, které budou zmíněny v následujícím textu.

V subsaharské Africe se nachází velký hlodavec krysa obrovská. Tento hlodavec má poměrně slabý zrak, spoléhá se tedy primárně na svůj sluch a čich. Po dlouhou dobu nebyl tento hlodavec z pohledu vědy nijak výrazně významný, což ovšem změnil okamžik, kdy si jej pro svůj program zvolila organizace s názvem APOPO, což je zkratka pro Anti-Personnel Landmines Detection Product Development, jedná se o organizaci, která cvičí a nasazuje krysy jménem HeroRATS pro detekci opuštěných nášlapných min a tuberkulózy (Bush 2020).

Čeď rypošovití, která náleží do řádu hlodavců je ojedinělá v mnoha ohledech. Všichni zástupci této skupiny jsou endemity v oblasti subsaharské Afriky, jedná se výhradně o podzemní zvířata, která se živí hlízkami a cibulovými rostlinami. Neustále vykopávané tunely, které si rypoši budují jim zajišťují potravu, hlubší doupata poté obsahují hnízda a prostory pro vyměšování, v závislosti na druhu, zásoby potravy a tunely slouží k zajištění ochrany a termoregulace (Jarvis & Bennet 1991).

Pro tuto čeď je specifické široké spektrum společenské organizace, od solitérních po eusociální druhy (Bennet & Faulkes 2000). A právě výhradně eusociální druh rypoše, kterým je rypoš lysý se stal populárním zvířecím modelem, a to pro svou rezistenci vůči nádorové transformaci (Liang et al. 2010), úspěšnému stárnutí navzdory vysokému oxidativnímu stresu (Andziak et al. 2006) a přizpůsobení se hypoxickému životnímu prostředí (Jarvis & Bennet 1991).

Východní Afriku obývá myšovitý hlodavec chlupáč dlouhosrstý, který je jediným žijícím zástupcem podčeledi Lophiomyinae (chlupáč) z čeledi Muridae (myšovití), kteří spadají do řádu Rodentia (hlodavci). Zvláštností tohoto hlodavce je jeho schopnost využití jedu z rostlin *Acokanthera schimperi*. Rostlinné toxiny jsou využívány mnoha zvířaty, avšak většina z nich patří mezi bezobratlé, a i když se najdou i savci s touto dovedností, tak chlupáč je jediným hlodavcem, u kterého byla prokázána schopnost přímo využívat rostlinné toxiny.

Bylo potvrzeno, že tato dovednost chlupáče využívat jed z rostlin je podmíněna stavbou jeho srsti, složením slin a dalšími specializovanými behaviorálními, morfologickými a anatomickými adaptacemi, které jsou předpokladem k jeho potencionální ochraně před predátory, která je pro savce velmi neobvyklá (Kingdon 1974).

Malí drobní savci rozšíření od střední po východní Afriku, tedy bércouni, jsou primárně denní vysoce aktivní zvířata. Typické pro většinu druhů bércounů je vytváření řady cest v porostech, které jim následně slouží jako únikové cesty. Fylogeneticky mají tito savci nejspíš nejbližší k rejskům.

Ve vědě měla tato zvířata uplatnění již ve 40. letech 20. století, kdy byla využívána k pochopení lidského reprodukčního cyklu, v nynější době je výzkum těchto zvířat zaměřen primárně na jejich ekologicko-environmentální význam.

3.1 Krysa obrovská (*Cricetomys gambianus*)

3.1.1 Taxonomie, rozšíření a popis druhu

Tento hlodavec je endemickým druhem Afriky, přičemž je jeho výskyt doložen ve 32 afrických zemích, rozšíření krysy obrovské je znázorněno na Obr. 2. Krysou obývající biotopy jsou hory a tropický les (vlhké tropické lesy do výšky 3 500 m n. m.).

Tab. 1. Taxonomie krysy obrovské

(https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=632775#null)

Říše: živočichové Animalia Linnaeus, 1758
Kmen: strunatci Chordata Bateson, 1885
Podkmen: obratlovci Vertebrata Cuvier, 1812
Nadtřída: čtyřnožci Tetrapoda Gaffney, 1979
Třída: savci Mammalia Linnaeus, 1758
Řád: hlodavci Rodentia Bowdich, 1821
Čeleď: křečkomyšovití Nesomyidae Wilson a Reeder 2005

Jedná se o poměrně velkého hlodavce, kdy délka těla je uváděna 90 – 100 cm a délka ocasu až 85 cm. Srst má hnědou barvu a dorůstá délky okolo 10 – 15 mm. Kolem očí má tmavě hnědou masku. Obvykle je barva na zádech tmavší než na břiše. Na hlavě se nacházejí hmatové vousy, takzvané vibrisy. Uši jsou holé na hlavě pevně postaveny a na koncích jsou okrouhlé. Oči jsou poměrně malé oproti velikosti lebky, která má délku okolo 6,32 cm, široká je 2,98 cm objem mozkovny je 5,06 ml (Olude et al. 2009). Končetiny jsou z vrchní strany pokryty jemnou srstí. Ze spodní strany jsou bez srsti. Přední končetiny mají plně vyvinuté čtyři prsty, pátý prst je rudimentární, takže je zakrnělý. Drápy na prstech jsou poměrně krátké. Na zadních končetinách je taktéž pět prstů, každý z prstů má na sobě dráp. Kostí předních končetin jsou uzpůsobeny k rychlému běhu a zároveň k hrabání (Olude et al. 2010). Tento popis je doplněn fotografií krysy obrovské (viz. Obr. 1).

Pro podčeď Cricetomyinae (křečkomyšovití) je charakteristické, že mají lícni torby k přenášení potravy, které jsou nám známy především od křečků. Ale na rozdíl od podčeďi Cricetinae (praví křečci), u které jsou lícni torby korigovány svaem odvozeným z trapézového

svalu, jsou lícni torby u počeledi Cricetomyinae ovládány svaly obličejového svalstva. A nejen tento znak byl předpokladem, že křečkomyšovití a praví křečci měli fylogeneticky stejného předka, jelikož nervové a svalové ovládání lícních toreb se vyvinulo nezávisle na sobě (Ryan 1989).

Byly doby, kdy byla krysa obrovská vnímána především jako nevítaný host u úrody a škodlivý činitel, dokonce v některých chudších oblastech byli tito hlodavci konzumováni, ale nyní se na ně většina obyvatelstva dívá spíše s úctou a obdivem, nežli jako na potravu a škůdce.

Nové informace o kryse obrovské představují toto zvíře jako novodobého náhradníka psů při detekci min, pro níž jej začala cvičit organizace Anti-Persoonsmijnen Ontmijnende Product Ontwikkeling (APOPO) v Africe, ale nyní už se krysa těší úspěchům v rámci organizace i mimo svou domovinu.

Nová zjištění ve věci biologie a etologie krysy poukazuje na skutečnost, že se ze zvířete dříve opovrhovaného a považovaného za škůdce stal prakticky hrdina a miláček lidí. Také jde o příklad toho, že i hlodavci mohou být člověku k užtku bez toho, aniž by trpěli či umírali v laboratořích, ale mohou též jako pes být člověku partnerem, který se díky své inteligenci a somatickým schopnostem hodí pro detekci různých látek a pachů.



Obr. 1: Krysa obrovská.
(zdroj: <https://www.apopo.org/en/herorats>)



Obr. 2: Výskyt krysy obrovské ve volné přírodě.
(zdroj: https://www.wikiwand.com/en/Southern_giant_pouched_rat)

3.1.2 Role v ekosystému, chování a rozmnožování

Není pravdou, že volně žijící populace krysov obrovských jsou jen škůdci a vektory onemocnění. Tito hlodavci totiž mají i svou pozitivní roli v ekosystému. Krysy obrovské například drží pod kontrolou populace hmyzu, dále působí jako transportéři semen rostlin, jejichž plody konzumují. Trávicí trakt těchto hlodavců obývá několik parazitických červů, kteří se primárně nachází v tenkém střevu, ale někteří obývají i konečníku, či tlusté střevo hlodavce (Dipeolu & Ayayi 1976; Kingdon 1989; Bobe & Mabela 1997).

Krysy obrovské jsou nočními živočichy, jelikož mají jen velmi malou toleranci k vysokým teplotám, které na území Afriky panují přes den. Takže jsou aktivní primárně v noci, kdy provozují i lov.

Krysy obrovské využívají pro budování hnízd rozsáhlý systém tunelů, nebo dutých stromů, kde odpočívají během dne. Tato hnízda se často nachází v chladných oblastech, což dokazuje netoleranci vůči teplu těchto hlodavců. Zajímavostí je, že krysy si dělají hojné zásoby potravy bez ohledu na roční období. Lícni vaky krysov jsou schopny pojmout až 100 ml potravy, což jim umožňuje přenášet větší množství potravy, či materiálu za krátký časový úsek. Krysy obrovské jsou zdatnými plavci a dobře se pohybují v horském terénu. Obě pohlaví jsou silně teritoriální, ve volné přírodě žijí většinou osaměle, výjimku tvoří samice, které se shlukují v období péče o potomstvo, také je známo, že se tyto hlodavci navzájem tisknou k sobě při klesajících teplotách, jelikož si z důvodu nízkého tělesného tuku nezachovávají teplo (Ajayii et al. 1978; Knight 1988; Kingdon 1989).

Jako komunikaci užívají krysy obrovské pro většinu hlodavců obvyklé pískání. Dále samozřejmě komunikují pomocí pachových značek. Například v případě námluv, kdy samci čichají k moči, kterou eliminovala samice připravená k páření.

Estrální cyklus trvá mezi 3 a 15 dní, zatímco délka období říje se pohybuje od 1 do 8 dnů. Zajímavé je, že estrální cyklus je často nepravidelný, závisí na mnoha vnějších faktorech, jako je životní prostředí a přítomnost samců a to, zda jsou či nejsou zvířata chována v zajetí. Samice i samci dosahují pohlavní dospělosti zhruba ve věku 6 měsíců. Obvykle je u samic přítomno 9 vrhů ročně. Doba březosti činí přibližně 30 dnů. Samice jsou při porodu mláďat značně agresivní (Ajayi et al. 1978; Malekani et al. 2002).

Samice vrhá 1 – 5 holých, slepých a hluchých mláďat, jejichž váha po porodu je 21 – 36 gramů, tato mláďata jsou nidikolního typu, rodí se velmi nevyvinutá a poměrně pomalu dospívají. Ve věku dvaceti dnů jsou ještě slepá a hluchá, ale již čile opouští hnízdo, pohybují se po okolí a snaží se konzumovat potravu zanesenou matkou do hnízda. Laktace trvá za přírodních podmínek okolo osmi týdnů, mláďata by neměla být odstavena nikdy před šestým týdnem věku.

Malekani (2010) uvádí, že krysy ve své domovině se za ideálních podmínek velice dobře množí. Ročně je jedna samice schopna odchovat až 6 vrhů. Ale už hůře krysa prosperuje v zajetí, což plyne z vyšších nároků na partnera, nežli je tomu u ostatní většiny hlodavců. Proto často dochází při připuštění samce k samici k šarvátce, jež může končit i smrtí. Chovatelská dospělost mláďat je ve 23 týdnech života.

3.1.3 Výživa ve volné přírodě a v lidské péči, ochočení

Krasy obrovské jsou všežravci, kteří se ve volné přírodě živí různými druhy ovoce, zeleniny, ořechů a dokonce i hmyzem, jeli k dispozici. Mezi běžné zdroje potravy patří fazole, sladké brambory, semena, kořeny a hlízy (Kingdon 1989).

V zajetí je nutné kryse zajistit krmnou směs obsahem obdobnou té, které se jí dostává ve volné přírodě. Existují již předpřipravené krmné směsi, nebo můžeme připravit směs sami. Při speciálním využití krysy obrovské je krmivo vyváženo dle její aktivity a určení jejího využití.

V posledních letech začal být tento hlodavec vyhledáván i jako domácí zvíře, kdy je chov krysy v lidské péči nejvíce rozšířen ve Velké Británii (Cooper 2008), tak i ve Spojených státech amerických (Engeman et al. 2007). V obou zemích je možné tato zvířata pořídit v běžných obchodech se zvířaty (Engeman et al. 2007; Cooper 2008).

V České republice není chov krys obrovských nijak výrazně rozšířen, její chov je uskutečněn v rámci zoologických zahrad, kdy krysu obrovskou chová například Zoo Praha, ve které byly první krasy obrovské v letech 1972–1974 a poté až od roku 2006. Avšak, co se týče chovu těchto hlodavců jako domácích mazlíčků, tak je držena v zajetí spíše jen malým počtem jednotlivců, tedy není známa žádná větší chovatelská stanice krys obrovských na našem území.

Crampton (2014) zmiňuje, že krasy obrovské disponují vysokou inteligencí a jedná se o poměrně kontaktní zvířata. Je ale nutné si uvědomit, že se nejedná o domestikovaná zvířata. Jedince je důležité socializovat již od velice raného věku, ideálně po dosažení čtyř týdnů. Důležité pro chov v zajetí je častá interakce se zvířaty pro navyknutí zvířat na majitelův pach a za účelem ztráty přirozené plachosti. Před pořízením je třeba zvážít, zda člověk může kryse věnovat dostatek času, jelikož se jedná na chov časově náročná zvířata. V případě, kdy je zvíře zanedbáváno a není vystaveno časté lidské společnosti, tak velice rychle získává zpět svoji přirozenou plachost.

Dle Cooper (2008), co se týče ustájení zvířete, tak například ve Velké Británii je pro chov doporučena minimální velikost ubikace 500 cm³ pro jednoho jedince, minimální hloubka klece poté 20 cm a s každým dalším zvířetem je nutné prostor ubikace zvětšit o 125 cm³.

S krysou by mělo být manipulováno tak, že zvíře zvedneme jednou rukou pod břichem a druhou rukou jej přidržujeme u kořene ocasu. Zcela nepřijatelné je uchopení zvířete za hlavu. Správná manipulace, dodržování správných chovatelských podmínek a optimální výživa jsou hlavními předpoklady pro předcházení stresu u zvířete, který může v krajních případech vést až k jeho úmrtí. Krysa obrovská je zvíře s noční aktivitou, proto její klec musí obsahovat snadno čistitelný, tmavý úkryt. Přes den by nemělo být zvíře zbytečně vyrušováno, mělo by být ponecháno v klidu a temnu, takže osvětlení je nežádoucí, také by neměly být vystavovány slunečním paprskům. Pro vystlání výběhu může být krysám poskytnuta podestýlka, noviny či vata. Důležitá je v chovu krys hygiena, obecně se doporučuje nejméně jednou týdně čistit a měnit výstelku úkrytu, protože si do něj krasy močí. Obvykle krasy defekují do jednoho rohu výběhu. Stejně jako potkani laboratorní mají krasy obrovské výborný sluch a není doporučeno je vystavovat zvukům vyšším než 85 decibelů (Cooper 2008).

3.1.4 Krysa jako negativní činitel a invazivní druh

Krysa obrovská byla a v některých oblastech je stále vnímána jako významný škůdce a u obyvatel primárně afrických zemí je nežádoucí hlavně v rámci zemědělské výroby. Jelikož v zemědělských oblastech Afriky je s hlodavci obecně problém, jedná se totiž o významné škůdce plodin. Hlodavci a mezi nimi i krysa obrovská v zemědělských oblastech Afriky škodí na pšenici, kukuřici, podzemnici olejné, bavlnících, kaučukovnících a dalších plodinách. Hlodavci jsou schopni zničit až 80 % celkové úrody polních plodin. Dalšími škůdci na africkém kontinentu jsou například mastomyši (*Mastomys natalensis*), myši domácí (*Mus Musculus*), krysy obecné (*Rattus rattus*) či potkani (*Rattus norvegicus*). V případě krysy obrovské je hlavním problémem, že na rozdíl od ostatních zde uvedených škůdců, kteří se obvykle potravně specializují třeba jen na jednu či dvě plodiny, se krysa specializuje na více plodin a výhonky a lusky okusuje až do výšky dvou metrů (Gratz & Arata 1975).

U krys obrovských je doloženo, že byly a dodnes jsou, i když v menším měřítku v Africe vektory mnohých onemocnění, kdy krysy obrovské bývají přenašeči některých patogenních zoonóz a to leptospirózy, bartonelózy a afrických trypanozomiáz. U krys obrovských odchycených ve volné přírodě bylo nalezeno velké množství parazitů, kdy pouze z jednoho exempláře bylo izolováno 13 druhů hlístic. Někteří jedinci byli pozitivní na přítomnost parazita *Capillaria hepatica*, jedná se o parazitickou hlístici jater hlodavců, která byla prokázána i u člověka a může být potenciálním rizikem pro veřejné zdraví (Malekani 2010).

Celkově bylo u krys nalezeno dalších více než 5 rodů parazitů, kdy nejnebezpečnější z nich byly druhy *Hymenolepis diminuta*, *Nematospiroides dubius*, *Trichostrongylus* a *Strongyloides*.

Perry et al. (2006) uvádí, že hlodavci patří mezi známé invazivní druhy, nejznámějším případem zavlečení krysy obrovské na jiný kontinent je její invaze na území Ameriky. Na americkém kontinentu, tak v důsledku zavlečení nepůvodních druhů došlo k ohrožení mnoha druhů původních. Nejvíce zranitelné jsou druhy zvířat žijící na ostrovech. Ostrovní druhy zvířat se často vyvíjely v nepřítomnosti predátorů a nejsou imunní vůči množství nemocí, které s sebou většinou invazivní druhy přenášejí.

Krysa obrovská (*Cricetomys Gambianus*) je zatím zjištěna jako invazivní druh pouze na ostrově Grassy Key. Tento ostrov má rozlohu pouze 400 hektarů. Krysy obrovské se dostaly do volné přírody buď náhodným nebo cíleným vypuštěním jedinců držených jako domácí zvířata. První zmínka o úniku krys na ostrově Grassy Key do volné přírody je z roku 1999, kdy soukromému chovateli uniklo osm kusů těchto zvířat (Perry et al. 2006).

Pro vyhubení krysy obrovské bylo v roce 2007 na ostrově Grassy Key rozmístěno 1000 návnad, které obsahovaly rodenticid Zinefosfid (ZP), jenž se v testech na krysách obrovských osvědčil jako nejúčinnější. Návnady byly smíchány s burákovým máslem a umístěny do plastických trubek navržených tak, aby se zabránilo přístupu k návnadě jiným zvířatům, například mývalům, vačicím, kočkám nebo psům. Během několika dní po nastražení návnad byl po ostrově cítit rozklad mrtvých těl. Na základě fotografií z fotopastí bylo ale stále jisté, že se v oblasti dosud krysy obrovské pohybují. Mezi květnem a srpnem 2008 bylo odchyceno pouze 19 zvířat. Jedna z teorií tvrdí, že některá zvířata nepřežila řádění hurikánu, který před tímto obdobím oblastí procházel. V červnu roku 2010 byl uskutečněn intenzivní dvoutýdenní odchyt za použití 40 fotopastí a 300 klecí, ale žádná krysa obrovská nebyla odchycena, je tedy

téměř jisté, že všechny krysy v této lokalitě byly vyhubeny. Od té doby se v oblasti čtvrtletně provádí preventivní opatření a odchyt pro případ opětovného objevení druhů (Winter & Hall 2011).

3.1.5 Detekce min

Mnoho druhů má citlivé receptory pro somatické podněty. Vynikající čich psů pomáhal lidem v lovu a odhalování vetřelců. Vycvičení psi detekovali nášlapné miny a další výbušniny, nelegální drogy, látky uniklé z potrubí a melanomy (Farton & Myers 2001).

Přestože pes domácí (*Canis familiaris*) je druhem, jehož chemicko-detekční schopnosti jsou lidmi nejčastěji využíván, tak bylo pro účely detekce látek za pomoci čichu použito i několik jiných druhů (Habib 2007).

Například personál Anti-Persoonsminjen Ontmijnende Product Onteikkeling (APOPO), nezisková organizace vycvičila k detekci min krysy obrovské a nechala je akreditovat v rámci International Mine Action standart. V Africe je dlouhotrvajícím problémem pozůstatek nevybuchlé munice z války na územích běžně obývaných civilisty. Více nežli v šedesáti zemích zasažených válkou se využívaly jako zbraně i nášlapné miny, které zůstaly ukryty i po konci bojů. Nejen dospělí, ale i děti žijí dennodenně v riziku, že na nějakou minu šlápnou a buď se zmrzačí, nebo přijdou o život. V roce 2016 měly v těchto oblastech miny a jiné výbušné zbraně na svědomí nejméně 8605 obětí, kdy 78 % bylo civilistů a 42 % dětí.

Hrozba nášlapných min také zpomaluje hospodářský rozvoj a mnohdy jsou vesnice odříznuté od zbytku civilizace. Proto vznikla belgická nevládní organizace Anti-Persoonsmijnen Ontmijnende Product Ontwikkeling (APOPO), jež se začala věnovat výcviku krys obrovských na vyhledávání min.

Belgická organizace pro výzkum odminování APOPO vyvíjela technologii pro vyhledávání nášlapných min s pomocí krys již od roku 1996. Cílem bylo vymyslet levnou a efektivní technologii pro detekci min. Po počátečních výzkumech byl v květnu roku 2000 přesunut výzkum do Tanzanie. Vzhledem k inovativnosti metody si organizace APOPO musela veškeré metodiky vyvinout sama.

APOPO zavedla svůj ústřední výzkum a výcvik na Zemědělské univerzitě v Sokoine (SUA) v Morogoro v Tanzanii v roce 2000, od této doby také spolupracuje s univerzitou v Aneerpách v oboru biologie hlodavců. V roce 2003 organizace vlastnila chovatelskou stanici, která měla více nežli 200 klecí, kdy každá klec obsahuje dva velké kotce. Chovná kapacita byla okolo 50 párů krys obrovských, celkem bylo chováno asi 300 zvířat (Cox e al. 2020).

Výcvik zvířat je realizován za pomoci vývoje umělých senzorů, které demonstrují zápach min. Protože většina nášlapných min obsahuje TNT, tak je vzorek této výbušniny používán pro výcvik. Ale výpary nad objektem TNT obsahují i řadu chemických sloučenin souvisejících s výrobními nečistotami. Nejčastěji se jedná o látky jako dinitrotoluen (DNT) a dinitrobenzen (DNB). Tyto výchozí sloučeniny jsou degradovány v půdě a tvoří vedlejší produkty, jako jsou amino-DNT, amino-NT a amino-DNB (Phelan & Webb 2002).

Přesnost krys při detekci min i přes výskyt vedlejších chemických látek dokazuje jejich výjimečné somatické schopnosti. Kromě chemických sloučenin produkují nášlapné miny také pachy vycházející z materiálu pouzdra, kterým mohou být různé druhy plastů, dřeva nebo kovu.

Je obtížné přesně stanovit, která sloučenina je nejvýznamnější při detekci min pro krysy samotné, proto je vhodné, aby materiály pouzder min byly též využity při výcviku zvířat (Cox et al. 2020).

Trénink krys obrovských pro detekci min je založen na principu operativního podmiňování, kterým se dosáhne požadovaného chování krys. APOPO pro výcvik využívá metodu klikr s využitím jídla jako odměny. Jako odměna je nejčastěji využíván banán.

Trénink s pomocí výcvikové pomůcky zvané klikr začíná již v klecích v laboratořích. Metodou operantního podmiňování vytvoří zvířatům vazbu na charakteristický zvuk klikru a následnou odměnu v podobě banánové kaše. Zvíře si spojí, podnět nepříjemného kliknutí, ale poté příjemné odměny. Spojení kliknutí a potravy se provádí 15 – 20 krát za jeden trénink. Tím se učení posiluje (Poling 2010).

Zvířata pro výcvik jsou odstavena ve věku 5 týdnů, kdy se po socializaci krys začíná s okamžitým výcvikem, kdy první přichází naučení principu klikru. Výcvik pokračuje s úkoly detekce zápachu, kdy je TNT používán jako pozitivní cíl. Náročnost tréninku se postupně zvyšuje, což znamená zvětšení detekční plochy, snižování hladin par cíle a zvýšení zpětné vazby signálu. Při důsledném vyhledávání a pozitivní zpětné vazbě, jsou zvířata podrobena řadě slepých testů (Cox et al. 2020).

Další využívanou metodou pro detekci min je REST. V systému REST se pomocí čerpadla nasaje skrze filtr vzduch a prachové částice. Filtr se skládá ze stočeného vinylchloridu (PVC) a gázy, tento filtr se navíjí na válec, který je poté v laboratoři rozbalen a předán krysám ke kontrole. REST metoda se ukázala jako rychlý a nákladově efektivní způsob kontroly podezřelých úseků silnic nebo sektorů půdy. Koncept REST je závislý na dostupnosti par z nášlapné miny. Řada studií, jež byla provedena poukazuje na řadu proměnných, které ovlivňují dostupnost par. APOPO zaznamenala velké rozdíly ve výsledcích, proto začala zkoumat faktory ovlivňující dostupnost par. Hlavními faktory jsou nejspíš klima, topografie půdy, vegetace, typ a hloubka uložení miny. Takže rozhodující jsou pro venkovní aplikaci REST metody: teplota, atmosférický tlak, relativní vlhkost, teplota a vlhkost půdy, rychlost větru (Phelan & Web 2002).

Přímá detekce min krysami je přímo využívána při odminovacích operacích. Na experimentálních polích je umístěno 1026 boxů, které obsahují jeden až čtyři vzorky, které musí krysa vyhodnotit. Krysa pracuje na vodítku vedeném trenérem. Trenér odmění krysu po označení boxu. Chování jednotlivých krys se zaznamenává a mapuje, data jsou následně vložena do počítače a analyzována. Specifické indikační chování, jako je hrabání nebo kousání půdy v okruhu do 1,25 m od skrytého boxu, je interpretováno jako pozitivní skóre, zatímco mimo tento okruh jako negativní skóre. Při tréninku krysy obvykle testují plochu 100 m² za v průměru 21 minut. Za období dvou měsíců vykazovaly krysy úspěšnost 76%. Ukázalo se však, že výsledky jsou vysoce závislé na mnoha faktorech (Verhagen et al. 2003).

Prvním faktorem je individualita jednotlivých krys, dalším faktorem typy vzorků v jednotlivých boxech. Velkou roli při detekci hrají také klimatické podmínky.

Organizace APOPO pro detekci min využívá i psy. Využití krys při programu oproti psům má své výhody i nevýhody.

Výhodou využití krys k detekci min je, že jsou relativně levné na pořízení i chov. Další výhodou je jejich malá velikost, která jim umožňuje chodit přes miny bez jejich aktivace. A v neposlední řadě je též výhodou, že si naproti psovi nevytváří pouto s jednotlivými cvičiteli, její

výkon tedy bude totožný, ať už probíhá s jakýmkoliv cvičitelem. Toto je obzvláště důležité, jelikož lidé vykonávající tuto náročnou práci se musí střídat. Jednotliví pracovníci se tak například po cvičení s krysou přesunou k jiné práci, kterou je například čištění klecí a s krysou ve výcviku již pokračuje jiný zaměstnanec. Naopak hlavní nevýhodou využití krys při detekci min je jejich snížená výkonnost se stoupající teplotou a slunečním svitem. Proto se z výcvikem či samotnou detekcí min začíná již v brzkých ranních hodinách (Poling 2010).

U krys obrovských bylo zjištěno, že při vystavení přílišnému slunečnímu svitu u nich dochází ke vzniku nádorových onemocnění, přičemž tyto nádory jsou primárně lokalizovány v oblasti uší, které u krys nejsou chráněné srstí. Pokud tedy už krysy musí z nějakého důvodu pracovat za slunečního svitu, tak jsou opatřeny speciálním kabátkem chránícím citlivé partie.

3.1.6 Další využití krysy obrovské

Jedním z dalších projektů na území Afriky je projekt taktéž pod velením belgické humanitární organizace APOPO, kdy organizace přišla s tezí, že se pomocí operantního podmiňování, stejně jako v případě výcviku pro detekci min, krysa naučí čichem rozpoznávat vzorky hlenu pozitivní na bakterii *Mycobacterium tuberculosis*. Krysy obrovské, díky tomu, že jsou makrosmatická zvířata, mají v rozpoznávání pozitivních vzorků úspěšnost přes 90 %.

Trénink na detekci bakterií tuberkulózy (TBC) ze vzorků jsou postaveny na stejných základech jako detekce TNT. Je zde opět využita klikr metoda, tedy metoda využívající pozitivní posilování. Prvním krokem tréninku je tedy nacvičení zvířete na to, že pokud udělá, co se od něj žádá, tak po zaznění klikru obdrží odměnu. Druhý krok výcviku probíhá v kovové kleci se třemi otvory na podlaze. Nádoby, které obsahují vzorky pozitivní na bakterie se umístí v průměru pod polovinu otvorů a nádoby obsahující negativní vzorky se umístí pod druhou polovinu. Pozastavení po dobu 5 sekund nad pozitivním vzorkem je odměněno. Výcvik pokračuje tímto způsobem, kdy každý den je určováno 60 až 90 vzorků, dokud není dosaženo úspěšnosti nad 80% a frekvence chybných určení pod 5%. Finální trénink pro detekci TBC je prováděn v kleci s 10 otvory, která je 205 cm dlouhá, 55 cm vysoká a 55 cm široká. Každá krysa je vystavena 50 až 100 vzorků denně, z nichž je 5 až 20 % pozitivních. Zvířata jsou trénována, do doby než je míra jejich úspěšnosti trvale nad 80 % a frekvence chybných označení pod 5%. Pokud jsou tato kritéria splněna, tak se krysa stává ověřeným zvířetem a může se účastnit studií na detekci TBC (Poling et al. 2011)

Když se úspěšnost vyšplhá na 80%, tak zvířeti končí výcvik a již je schopno účastnit se studie pro rozpoznávání *Mycobacterium tuberculosis* ze vzorků hlenu člověka.

Krysy jsou vycvičeny tak, aby konzistentně reagovali na vzorek pozitivní na bakterii *Mycobacterium tuberculosis*. Každá krysa může denně testovat stovky vzorků, což umožňuje levné testování (Poling et al. 2011).

A dalším jedním z nejnovějších projektů, v němž dominuje krysa obrovská je boj proti obchodu s volně žijícími zvířaty na území Tanzánie. Hlavním impulsem byl obchod s luskouny, který se v Africe rozmohl. Luskouni jsou savci, kteří patří mezi celosvětově nejohroženější živočichy.

To je důvod, proč se APOPO s financováním od americké vlády rozhodla zahájit výcvik krys pro záchranu luskounů, po kterých existuje velká poptávka. Části těla luskounů jsou

prodávány hlavně v Číně a ve Vietnamu, kde se primárně jejich šupiny používají pro jejich takzvané mýtické léčivé vlastnosti. Tvrdé šupiny jsou však tvořeny keratinem, který je obsažen v našich nehtech či vlasech (Gospodinova 2018).

Další nelegální obchod, jež by mohla krysa obrovská v přístavech pomoci redukovat je obchod s tabákem. Psi se úspěšně používají v programech pro kontrolu tabáku a existuje velká šance, že i krysy by mohly hrát v toto odvětví důležitou roli. V experimentu byly krysy obrovské vyškoleny, aby reagovaly na filtry, které byly uloženy společně s cigaretami, a aby nereagovaly na filtry, které byly namočený nealkoholickými předměty. Poté byly krysy testovány na zatím nezkoušených typech tabáku. Citlivost čtyř krys vyškolených na filtry namočených jedním ze sedmi typů cigaret se pohybovala od 86% do 100%. Když byly krysy testovány na tabákových listech a šňupacích tabácích, bylo jen velmi málo důkazů o přesnosti, ale naopak dobrý důkaz o přesnosti detekce byl, když byly krysy testovány na cigaretách nasáklých silně vonícími přísadami. Tato zjištění naznačují, že krysy mohou být cenným pomocníkem v celosvětovém úsilí o kontrolu nedovoleného obchodu s cigaretami (Mahoney et. al 2014).

3.1.7 Úspěchy organizace APOPO

Jak již bylo uvedeno organizace APOPO se s využitím krys obrovských podílí na programech odminování mnoha poválečných oblastí. Oblastí, kde byl jejich program úspěšně dokončen je Mosambik. Mosambik byl oficiálně prohlášen za osvobozený od všech známých nášlapných min v Maputu 17. září. Po dokončení odstranění zbývajících pozemních min v provinciích Manica a Sofala na začátku roku 2015 společnost APOPO hrdě a bezpečně dokončila všechny své humanitární úkoly v Mosambiku, čímž zničila celkem 13 274 nášlapných min a vrátila 11 124 446 metrů čtverečních pro bezpečné a produktivní využití. APOPO pomohlo zbavit se pěti provincií nášlapných min, navrátit bezpečnou půdu zpět do místních komunit, aby lidé mohli žít, pracovat, hospodařit a navštěvovat se beze strachu. Většinu domácností v těchto oblastech vedou drobní zemědělci, kteří nebyli schopni využívat půdu k pěstování plodin a chovu hospodářských zvířat po celá desetiletí, dokud jim nepomohla organizace APOPO k vyčištění a uvolnění této oblasti (APOPO org. 2015).

Organizace APOPO se nepodílí jen na odminování Afrických zemí, ale jak již bylo zmíněno, jejich pomoc se dostala i Vietnamu, Thajsku, Laosu nebo Columbii. Nyní program probíhá na území Afriky v Kambodže, Angole, Zimbabwe a na území Ameriky v Columbii.

V dalším programu, tedy programu zabývajícím se detekci tuberkulózy ze vzorku lidského hlenu, dosáhla organizace též nemalých pokroků a úspěchů. Tento program je uskutečňován na území Tanzanie, Etiopie a Mosambiku. Ve všech těchto oblastech působí týmy organizace APOPO pod označením HeroRAT.

Díky HeroRAT zaznamenalo více než 100 veřejných nemocnic v Tanzanii, Etiopii a Mosambiku nárůst detekce TBC o 40%. Doposud bylo testováno 250 000 vzorků vyškolenými krysami. Díky HeroRAT bylo správně diagnostikováno více než 14 700 pacientů, kteří původně testovali negativní na TBC. Krysy mohou čichat 100 vzorků za 20 minut. Laboratorní technik potřebuje k ošetřování stejného počtu vzorků až 4 dny (Simoens 2019).

V Tanzanii byl program zahájen v roce 2007 ve spolupráci čtyř klinik, ale od té doby se rozrostl na spolupráci s 57 klinikami. Díky APOPO vzrostlo množství objasněných případů

tuberkulózy v Tanzanii o 40 %. V Etiopii má program dvě části, první se soustřeďuje na detekci tuberkulózy v místní věznici a druhá, jež probíhá na klinice v Adis-Abetě.

V Mosambiku APOPO nechalo ve spolupráci s veterinární školou Eduardo Mondlane University v Maputu postavit zařízení pro detekci tuberkulózy. V roce 2015 byla realizována nová operační strategie, jejíž podstatou je urychlení sběru vzorků, detekce krysy a laboratorní potvrzení, které umožňuje APOPO poskytnout výsledky testů na klinikách do 24 hodin. Když si pacienti vyzvednou výsledek mikroskopie vzorku hlenu prováděné v klinických laboratořích, obdrží také výsledky testu APOPO.

Organizace APOPO je tedy dnes již celosvětově známá a těší se popularitě a uznání z mnoha stran.

3.2 Rypoš lysý (*Heterocephalus glaber*)

3.2.1 Taxonomie, rozšíření a popis druhu

Rypoš lysý je hlodavec hlodavec původem z částí východní Afriky, který je jediným druhem v rodu *Heterocephalus* z podčeledi Heterocephalidae.

Tab. 2. Taxonomie rypoše lysého

(https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=584677#null)

Říše: živočichové Animalia
Kmen: obratlovci Chordata
Nadtřída: čtyřnožci Tetrapoda
Třída: savci Mammalia
Podtřída: Theria
Řád: hlodavci Rodentia
Čeleď: rypošoví Bathyergidae
Rod: rypoš <i>Heterocephalus</i>

Historicky má rypoš lysý původ na Uandě a v Tanzanii. Útočištěm tohoto druhu jsou země ve východní Africe, jako je Etiopie, Somálsko a Keňa (Jarvis & Sherman 2002) (viz Obr. 4). Rypoši obývají podzemní tunely v pastvinách a savanách východní Afriky. Jejich tunelový systém je asi 2 metry hluboký, nachází se v nadmořské výšce mezi 1 100 a 3 000 metrů (Sherman et al. 1991; Buffenstein & Woodley 2002; Jarvis & Sherman 2002).

Kůže je hnědé až růžové zbarvení. Mladí jedinci mají na kůži tmavé skvrny, které většinou s věkem ztrácejí. Kůže je holá pokryta velmi krátkými, citlivými okrajovými chloupky na těle. Délka tohoto druhu se v průměru pohybuje od 147 do 165 mm a hmotnost od 30 do 80 gramů. Neexistují žádné rozdíly ve velikosti mezi samci a samicemi. Královna a chovná samci jsou největšími jedinci v kolonii. Protože tito tvorové žijí převážně pod zemí, jejich oči jsou mnohem menší než u ostatních hlodavců. Mají rovněž silná oční víčka, která nepropouští světlo.

Jejich přežití závisí na jiných smyslech, jako je sluch a hmat (Sherman et al. 1991; Hetling et al. 2005; Eun Bae et al. 2011). Rypoš je zobrazen na Obr. 3.

Rypoši jsou nejdéle žijícími hlodavci, kteří žijí přibližně devětkrát déle než ostatní druhy. Dožívají se věku až 30 let. V lidské péči mohou žít 22 až 28 let. Mezi faktory, které omezují jejich životnost ve volné přírodě se řadí predace, klimatické změny a antropogenní vlivy, jako jsou například uniklé toxické chemické látky. Všechny mechanismy těchto kolonií, které umožňují takovou dlouhověkost, nejsou známy (O'Connor et al. 2002; Bufferstein 2008).



Obr. 3: Rypoš lysý.

(zdroj: <https://www.nationalgeographic.com.au/naked-mole-rat/>)



Obr. 4: Výskyt rypoše lysého ve volné přírodě.

(zdroj: <https://carnivora.net/naked-mole-rat-heterocephalus-glaber-t1871.html>)

3.2.2 Role v ekosystému, chování a rozmnožování

Rypoši jsou zapojeni do vztahu, kde paraziti používají tento druh jako hostitele a nacházejí se na určitých místech na kůži. V místech, kde je kůže vrstvená se rozvíjejí parazitní vajíčka a dospělí parazité. Předpokládá se, že tyto parazité mají vliv na pokožku, protože kůže je v místech, kde jsou přítomni silnější. Mezi interní parazity patří koccídie *Eimeria muris*, která způsobuje koccidiózu. Ve zprávě z roku 1953 byly nalezeny další parazité, jako jsou bakterie rodu *Spirilla*, prvoci rodu *Giardia* a parazitický prvok bičenka (*Trichomonas*) ve fekáliích rypoše (Thigpen 1940; Porter 1953; Sherman et al. 1991; Jarvis & Sherman 2002).

Dále se také tento druh vyskytuje ve vztahu, kdy je jeho rolí býti kořist. Hlavními predátory rypošů jsou hadi. Hadi mohou snadno ovládat tunelový systém a tím se snadno dostat ke kořisti. V případech predátorství slouží větší jedinci jako ochránci kolonie (Honeycutt 1992; Roberts et al 2001).

Rypoši jsou druhem praktikující polyandrii a velmi málo jedinců se účastní reprodukce. Typické je, že jen jedna samice (královna), která je dominantní účastní reprodukce ze strany samic. Reprodukce u ostatních samic je potlačena feromonovým působením královny (Bennett et al. 2007). Královna se spojí s 1 až 3 samci, kterými jsou většinou větší a starší jedinci v kolonii. Ostatní jedinci v kolonii slouží jako chůvy či hledači potravy. U tohoto druhu je přítomný inbreeding, a tak se v kolonii často vyskytují geneticky příbuzní jedinci. Je neobvyklé, že by se členové kolonie rozptýlí ze své kolonie do jiné, takže vysoká genetická variabilita je téměř nemožná. Během rozmnožovacího období dochází ke škále agresivních projevů, jako je strkání či kousání. Samci a samice se stávají agresivními, když soutěží o dominantní postavení, jelikož se mohou reprodukovat jen dominantní jedinci. Slabší jednotlivci slouží jako dělníci, opatrovníci a ochránci. Královna je nejvíce agresivní zvíře v kolonii, během doby páření a i mimo ni. Volí pouze několik vybraných samců, kteří jsou oprávněni se s ní pářit a během jejího panování nekupulují s jinými jedinci. Tito samci se obvykle mění, když je nová královna. K tomu dochází pouze po smrti bývalé královny, nebo v případě, že nová samice dominuje minulé královně. Když se nová samice stane královnou, prochází fyzickými změnami, jako je rozšíření jejich obratlů, což je nezbytné pro porod.

Hart & Ratnieks (2005) zmiňují, že královna produkuje až 5 vrhů mlád'at ročně. Průměrná doba březosti činí asi 70 dní a v každém vrhu se narodí průměrně 7 mlád'at. Mlád'ata jsou velmi malá, váží jen asi 2 gramy. K úplnému odstavu dochází přibližně za 36 dnů. Samice dosahují pohlavní dospělosti již ve 228 dnech ve srovnání se samci, kteří jsou pohlavně dospělí až v jednom roce života.

Protože se královna rozmnožuje po celý rok, její rodičovská investice je omezená. Královna se podílí na vychovávání mladých, které zplodila za prvních 36 dní, ale poté se toto stává úkolem nedominantních jedinců z kolonie. Tito jedinci přímo a nepřímo pomáhají při péči o mlád'ata krmením, ochranou, ošetřením a přepravou mladých v případě potřeby (Hart & Ratnieks 2005).

Rypoši nepodléhají cirkadiánnímu rytmu, protože většina jejich života probíhá ve tmě pod zemí. K orientaci jim slouží jejich chlupy, které jsou velmi citlivé. Při pohybu v podzemních tunelech pohybují hlavami a ocasy tam a zpět. Rypoši jsou eusocialní a v jejich kolonii je královna (chovná samice), chovní samci a submisivní jedinci, kteří dělají veškerou práci, od péče o mlád'ata, ochranu a krmení kolonie, až po stavbu hnízd. Menší submisivní jedinci obvykle poskytují potravu pro kolonii a živí mladé, zatímco ti větší mají za úkol chránit kolonii a stavět tunely.

Při stavbě nových tunelů a nor pracují rypoši v efektivní montážní linii. Několik jedinců se seřadí, přičemž jeden rypoš kopá řežáky, zatímco ostatní zatlačují prach k okrajům. Poslední jednatel přemístí nečistotu na povrch. První jedinec též potřásá dřevem v ústech, aby zablokoval nečistoty a zabránil ucpání. Za zhruba jeden rok postaví téměř 100 jedinců tunely o délce až 2,9 km.

Podzemní prostředí v němž rypoši žijí je velmi specifické, a má množství překážek, ale i několik výhod. Především se jeho obyvatelé musí potýkat s vysokou vlhkostí a koncentrací

dýchacích plynů (nízký obsah kyslíku a vysoká koncentrace oxidu uhličitého) (Burda et al. 2007). Budování podzemních tunelů je energeticky velmi obtížné a jeho náročnost se stupňuje s rostoucí soudržností půdy (Lovegrove 1989; Nevo 1999).

Výhodou jsou stabilní mikroklimatické podmínky jako je stálá teplota a vlhkost (Lacey et al. 2000). Dále podzemní nory poskytují bezpečné útočiště před predátory (Begall et al. 2007). Kolonie se málokdy mísí, protože jsou uspořádaně rozptýleny mezi pastvinami a cizinci jsou vzácní (Clarke & Faulkes 1999; Jarvis & Sherman 2002).

Dominantní samice kolonie obvykle projevuje agresí vůči většímu chovnému samci a submisivním jedincům tím, že se na ně vrhne nebo je napadne. Protože je hlavou kolonie, tak jako první přijímá potravu.

Na vrcholu hierarchie je tedy královna, následovaná většími chovnými samci, staršími samicemi a samci, mladšími, menšími jedinci a nakonec mlád'aty. Pokud královna zemře, větší a starší samice bojují, někdy až do smrti, dokud dominantní samice nepřevzme kolonii, když už nejsou další soutěžící (Clarke & Faulkes 1999; Jarvis & Sherman 2002).

Každá kolonie má svůj vlastní zřetelný specifický zápach, což je využíváno k odlišení členů jiných kolonií, ale tyto pachové stopy jsou aktivní jen několik dní, pokud se jedinec dostane mimo kolonii. Rypoši lysí jsou podle čichu schopni poznat členy vlastní kolonie od vetřelců (Toor et al. 2015). Dále mají rypoši více než 18 typů vokalizací, které oddělují jednotlivé kolonie. Existují různé vokalizace pro různé situace, např., pokud se nějaký jedinec setká s predátorem, tak ostatní varuje pomocí výstražného zvuku (Clarke & Faulkes 1999; Jarvis & Sherman 2002). Rypoši mohou dále používat vokalizaci k vytvoření dominantních a podřízených vztahů mezi jednotlivci v kolonii.

3.2.3 Potrava

Rypoši se živí podzemními částmi rostlin, jako jsou kořeny, cibule a hlízy, které jsou přístupné pod zemí. Potrava, kterou upřednostňují, je rozmístěna tak, že rypoši za krmením cestují na velké vzdálenosti. V některých případech jsou při hledání potravy omezeni, protože nejsou schopni manévrovat s půdou, která je například vlhká. Proto si jídlo ukládají, aby v případě nouze mohli prosperovat z uložených zásob, dokud nebude možné pokračovat s činností hledání potravy.

3.2.4 Využití druhu ve vědě

Pro vědu se stal rypoš velice významným hlavně kvůli své dlouhověkosti a atypickým stárnutím a rezistenci vůči nádorovému bujení.

U rypoše lysého je také prokázáno, že velmi dobře snáší oxidativní stres, jenž je jednou z hlavních příčin senescence. Oxidativní poškození organismu je zapříčiněno vytvářením reactive oxygen species (ROS), mezi něž například spadá peroxid vodíku. Rypoš lysý se oxidativnímu stresu brání pomocí mnoha způsobů. Zajímavostí je, že ke schopnosti rypoše lysého snášet velké oxidativní poškození s velkou pravděpodobností také přispívá protein Nuclear factor erythroid 2-related factor-2 (Nrf2), což je transkripční faktor, který ovlivňuje expresi genů, jejichž produkty hrají roli v buněčném růstu, detoxifikaci nebo imunitní odpovědi.

Rypoš lysý má v jaterní tkáni až 5x vyšší množství Nrf2 než fyziologicky odpovídající myš (Lewis et al. 2015).

Dlouhověkost

Rypoš lysý vyniká dlouhověkostí. Dožívá se bezmála třiceti let, což je na hlodavce věk skutečně neobyčejně vysoký. Obyčejná myš žije nejvýše tři roky. Mezi důvody zajišťující dlouhověkost druhu patří

a) Volné radikály

Fyziologové připisují stárnutí účinku volných radikálů, které se vytvářejí při produkci energie. Volné radikály ochotně reagují s řadou životně důležitých biologicky aktivních molekul, čímž poškozují membrány buněk, dědičnou informaci a páchají i další škody. Čím více škod volné radikály napáchají, tím hůře je organismus poznamenán.

Živočichové se mohou postavit hrozbě volných radikálů dvěma zcela odlišnými způsoby. První z nich takzvané vytrvalecké pojetí spočívá v důkladném opravování škod napáchaných volnými radikály. Živočich žije dlouho, ale nemůže věnovat veškerou energii na plazení potomků. Za dlouhověkost platí dosti tvrdou daň.

Druhé pojetí, sprinterské se řídí rychlým pojetím žití s vysokou mírou reprodukce. Toto druhé pojetí, které uplatňují krátkověcí živočichové spočívá v tom, že tito živočichové se toho snaží stihnout co nejvíce a ušetřenou energii věnují na plazení potomků.

Myš a rypoš, jakožto hlodavci, by měli být typickými zástupci této druhé strategie. Rypoš je ale vytrvalec, myš naopak sprinter. Myš tedy škody páchané volnými radikály ignoruje, rypoš je naopak svědomitě opravuje. Rochelle Buffensteinová ze The City College of New York a její spolupracovníci zjistili, že mechanismy pro opravy škod páchaných volnými radikály u rypoše jsou podstatně méně výkonné než stejné mechanismy myši. Srovnání dvouletého rypoše a čtyřměsíční myši, kteří jsou s ohledem na délku života ve srovnatelné životní etapě, ukázalo, že rypoš má molekuly zoxidovány více než myš. Platí to jak o lipidech a proteinech buněčných membrán, tak i o DNA.

Oxidace postihuje molekuly ve všech orgánech a tkáních. Rypoš má ve srovnání s myší mnohem nižší hladiny enzymů, které oxidaci důležitých molekul brání.

b) Proteostáza

Dle Pride et al. (2015) dlouhá životnost rypoše lysého závisí též na proteostáze (homeostáze proteinů), která zodpovídá za to, že nedochází k nahromadění defektních proteinů a k cytotoxicitě a smrti buněk. Proteostáze zahrnuje degradaci nebo opravu špatně sbalených a poškozených proteinů. Na udržování proteostáze se podílí ubiquitin/proteasomální systém (UPS), autofágie a heat shock proteiny (HSP; chaperony a chaperoniny).

U rypoše lysého nedochází ke zvyšování hladiny ubiquitinovaných proteinů s věkem, což klade vysoké nároky na rychlé odstraňování nesprávně sbalených a oxidovaných proteinů. Aktivita proteazomu je u rypoše lysého až 8x vyšší než u myši. (Pickering et al. 2015) Proteiny rypoše jsou také velmi odolné vůči poruchám sbalování. (Lewis et al. 2013)

Pomocí imunodetekce byl identifikován výrazný vzrůst hydrolázy ubiquitine-carboxyl-terminal hydrolase (UCH) v mozku nejstarších zvířat (Triplett et al. 2015). Tento protein má deubiquitinační aktivitu, štěpí polyubiquitinové řetězce a tvoří monomery ubiquitinu (Choi et al. 2004). Při poruše jeho aktivity se hromadí plaky amyloidu- β , což souvisí s rozvojem Alzheimerovy choroby. Celkové množství UCH je v mozku pacientů s Parkinsonovou chorobou a Alzheimerovou chorobou sniženo (Choi et al. 2004).

V mozku rypoše lysého nedochází k hromadění plaků amyloidu- β , bylo zjištěno, že u jedinců ve věku 2 až 26 let je počet ubiquitinyvaných proteinů stabilní a u nejstarších jedinců ve věku nad 26 let se zvyšuje hladina UCH.

Aktivita proteazomu rypoše lysého je tedy prokazatelně vyšší než u jiných hlodavců. Jejich UPS systém a odstraňování poškozených a špatně sbalených proteinů je vysoce efektivní, proteiny rypoše lysého jsou k poškození navíc velmi odolné.

Dále u rypoše lysého nedochází k agregaci amyloidu β a tvorbě amyloidních plaků. Hladina několika proteinů regulujících jeho metabolismus se u něj s věkem zvyšuje, jiné jsou přítomny ve vysokém množství již v raném věku.

c) Nízký bazální metabolismus

Dalším faktorem podmiňující dlouhověkost je velice nízký bazální metabolismus. Rypoš lysý má zhruba 75% hodnotu BMR stejně velkého živočicha s kratší dobou dožití (Sanchez et al. 2015). Bylo nalezeno 13 klíčových proteinů, které vykazovaly rozdíl v expresi nebo stupni fosforylace v porovnání s myší u nejméně jedné skupiny. Mezi proteiny a enzymy mající přímý vliv na dlouhověkost a souvisejících s nízkým bazálním metabolismem u rypoše lysého se uvádí:

Pyruvát kináza

Pyruvát kináza, jejíž hladina v mozku hlodavců zpravidla klesá se stoupajícím věkem, byla u rypoše lysého nejvyšší hladina této látky naopak zaznamenána u nejstarších jedinců. I u skupiny středně starých jedinců byla specifická izoforma pyruvát kináza M ve zvýšené míře v porovnání se skupinou mladých jedinců. Navíc byla pyruvát kináza M fosforylovaná ve snížené míře, což má za následek zvýšení její aktivity. Zvýšení hladiny zmíněných pyruvát kináz by mohlo pomáhat v udržení dostatečného množství energie, nutného k zachování důležitých buněčných funkcí ve stárnoucím organismu (Triplett et al. 2015).

Acyl-koenzym A hydroláza

Dalším významným proteinem, jehož množství se v mozku rypoše s věkem zvyšuje, je cytosolická acyl-CoA thioester hydroláza (také „brain“ acyl-koenzym A hydroláza – BACH). BACH štěpí acyl-CoA na mastné kyseliny a koenzym A (CoA-SH). Tyto produkty jsou dále využívány v mnoha procesech.

Neuregulin-1 (NRG-1)

Neuroprotein NGR-1 je přítomen v mozečku a jeho koncentrace je u rypoše lysého zvýšená, dle vědců hodnota tohoto proteinu přímo koreluje s délkou dožití, přičemž jeho vyšší hladiny mají pozitivní účinek.

MDH1 (malát dehydrogenáza 1)

Snížení fosforylace MDH1 pozitivně ovlivňuje syntézu ATP. Je to další protein pro nějž platí, že je jeho fosforylace u rypoše lysého snižována s věkem.

Glykolytické enzymy s důležitou rolí v senescenci jsou ALDO (fruktóza-bisfosfát aldoláza) a ENO1 (α -enoláza).

Funkcí ALDO je snížení agregace amyloidu β do plaků a snížení hladiny proteinu tau. Fosforylace Amyloidamyloidu β je vysoce zvýšená u pacientů s Alzheimerovou chorobou, zatímco u rypoše je silně potlačena.

Enzym ENO 1 je u pacientů s Alzheimerovou chorobou 2,5x více fosforylován nežli u zdravých jedinců. U rypoše opět dochází ke snížení fosforylace spolu s vyšším věkem (Triplett et al. 2015).

Protein tau

Protein tau má funkci regulace nukleace, polymerizace, polarity a dynamiky mikrotubulů. Při snížení jeho aktivity vyvolané jeho zvýšenou fosforylací dochází ke vzniku mnoha patologických onemocnění. U rypoše dochází s rostoucím věkem ke snižování hladin genu zodpovědného za expresi tau.

Glukóza-6-fosfát izomeráza

Dle Triplett et al. (2015) se glukóza-6-fosfát izomeráza se s věkem u rypoše sice nezvyšuje, ale dochází ke snížení její fosforylace, čímž je podpořena její aktivita.

Dráha IIS a IGF

Velmi klíčovou rolí ve stárnutí rypoše má dráha Insulin/Insulin-like growth factor-1 signal pathway (IIS) growth HORMON (GH) signální dráha má pluripotentní účinky na úrovni buněk i celého organismu. U rypoše byly nalezeny substituce tyrozinů v receptoru pro růstový hormon (GHR), které jsou u jiných živočichů konzervované a jsou pravděpodobně klíčové pro další přenos signálu. (Derr et al. 2011; Sanchez et al. 2015). Jejich záměna u rypoše může způsobovat sníženou signalizaci zprostředkovanou GHR. GH a jeho receptory svým působením ovlivňují expresi Insulin – Like Growth Factor (IGF) (Sanchez et al. 2015).

Signální dráha IGF zahrnuje ligandy, receptory, IGF vazebné proteiny a jejich proteázy.

Snížená aktivace signální dráhy IIS přispívá k prodloužení délky života, jak bylo potvrzeno nejdříve u *Caenorhabditis elegans* (Kimura et al. 1997), posléze u octomilky obecné (*Drosophila melanogaster*) (Tatar et al. 2001), myši (Russell & Kahn 2007) a člověka.

d) Malá četnost chronických onemocnění

Rypoši obecně nedostanou mnoho chronických onemocnění, které se často vyskytují u lidí i jiných savců se stoupajícím věkem, jako je diabetes nebo Alzheimerova choroba. Ve volné

přírodě zvířata mohou zemřít útokem dravců nebo hladem, infekcí nebo nedostatkem vody. V laboratoři je obvykle těžké najít příčinu smrti, hlavní příčiny, které jsou objeveny při pitvách jsou vředy v ústech, což naznačuje, že zvířata v posledních několika dnech nejedla, nepila a nevytvářela sliny a byla zasažena infekcí.

e) Anaerobní přeměna fruktózy

Studie publikovaná v Science, jejímiž autory jsou Thomas Park z University of Illinois (Chicago) a další vědci z UIC, Max Delbrück Institute (Berlín) a jihoafrické University of Pretoria tvrdí, že rypaši jsou málem anaerobními živočichy.

Studie prokázala, že molekuly rypaše jsou vysoce odolné vůči hypoxii a anoxii, protože jejich buňky dokáží efektivně využívat fruktózu k výrobě energie při nízkém kyslíku. Tato práce zvyšuje porozumění tomu, jak mohou nervové buňky fungovat bez kyslíku, a může vést k práci, která odhaluje novou léčbu, která zabrání poškození mozku u pacientů s mozkovou mrtvicí. Představuje to unikát nejen na poměry savců, rypaš totiž využívá mechanismy anaerobní přeměny fruktózy, což je reakce známá jinak pouze u rostlin.

2. Rezistence vůči nádorovému bujení

Rezistence rypaše lysého k nádorovému bujení vychází z mnoha změn v jeho genomu a proteomu. Nádorové bujení je úzce spjato i se stárnutím, kdy s věkem v senescentních buňkách dochází k velkému množství změn, jež jsou hromadně označovány jako Senescence-associated secretory phenotype (SASP). Tyto procesy mají za úkol zabránit nádorové transformaci a podpořit regeneraci tkáně.

Proteiny podílející se na procesech SASP regulují buněčnou činnost, kterou mohou i zastavit, aby nedocházelo k proliferaci senescentních buněk. A právě tyto proteiny jsou u rypaše pozměněny, čímž je modulována jimi zprostředkovává odpověď.

Dále v souvislosti s rezistencí vůči rakovině ztratil rypaš několik genů, které jsou ve zvýšeném množství produkovány u různých typů tumorů. Nejvýznamnější roli hrají produkty genu *tp53*, které se účastní apoptózy a zastavení buněčného cyklu.

TP53 v buňce slouží k rozpoznání poškozené DNA, mezi jeho produkty patří protein *p53* a jeho homology *p63* a *p73*, které umí potlačit tumorogenezi a působí i na transkripční faktory genů, jejichž transkripty se podílí na reparaci DNA (Pagano et al. 2013). Produkty genu *tp53* se podílí na apoptóze a zastavení buněčného cyklu. Substituce v těchto genech byly pozorovány v mnoha typech lidských tumorů 40-50% (Ashur-Fabian et al. 2004).

Inaktivace *p53* vede k maligní transformaci při vzniku mnohých nádorových onemocnění. Dalším proteinem zodpovědným za rezistenci vůči tumorogenezi je A-2 makroglobulin (A2M), jehož hladina je v krvi u rypaše lysého 140x vyšší nežli u myši. Dále hladina mRNA pro tento protein je v játrech rypaše až 14x vyšší než u myši (Yu et al. 2011).

V roce 2010 Lindner et al. prokázali, že A2M inhibuje signální dráhu Wnt/B - katenin, která podporuje některé děje nutné pro tumorogenezi.

K dalším faktorům, které přispívají k nádorové rezistenci rypaše nejspíš také patří zvýšená koncentrace transkripčního faktoru *Nrf2*, u nějž Pearson et. al zjistili, že gen pro *Nrf2* i kalorická restrikce výrazně přispěly k odolnosti myších buněk vůči dlouhodobému působení karcinogenních látek. A v neposlední řadě k rypašově odolnosti vůči rakovině přispěla

přítomnost časné kontaktní inhibice, která byla poprvé popsána Seulanov et. al (2009). Buňky rypoše lysého jsou vysoce senzitivní na vzájemný kontakt, následkem toho při jejich zvýšené hustotě dochází k inhibici proliferace. Časná inhibice buněčného dělení u rypoše je závislá na hyaluronanu s vysokou molekulární hmotností, díky němuž je rypošova kůže volná a elastická, což mu umožňuje snadný průchod podzemními chodbami (Tian et al. 2013) .

Časná kontaktní inhibice je tedy závislá na hyaluranu, proteinech genu TP53 a signálních drahách p53.

Ještě jedním významným proteinem je protein p16, jenž je kódován lokusem INKa/b, což je nejčastěji mutovaný genový lokus. Jeden z produktů tohoto lokusu protein pALT je pro rypoše unikátní, jelikož má schopnost pozastavit růst mnohem efektivněji při výskytu rizika malignity nežli je tomu u jiných savců.

3. Využití pro člověka

Rypoš lysý je využíván jako modelový organismus, kdy funkce některých genů a jejich produktů je predikována podle jejich funkce u jiných savců. Je pravděpodobné, že jejich funkce je u rypošů přinejmenším podobná, ale možnost využití pro člověka je prozatím pouze teoretická. Příkladem, kdy by mohla být studie na rypoších přínosná pro člověka je skutečnost, že rypoši jsou vysoce odolní vůči nedostatku kyslíku a ve zvýšené míře je u nich exprimováno několik genů, které stimulují angiogenezi a účinnější zásobení tkání kyslíkem (Avivi et al. 2006; Malik et al. 2012). U lidí v pokročilém věku často dochází k nedostatečnému prokrvení periferních tkání, tudíž zvýšením exprese genů, které se u rypošů na toleranci hypoxie podílejí, by u lidských pacientů mohlo tento problém zmírnit.

Dalším příkladem je uplatnění v léčbě Alzheimerovy choroby. Pro tu je charakteristické, že se plaky amyloidu β , které způsobují degeneraci mozku a nacházejí u pacientů s Alzheimerovou chorobou ve velkém množství. U rypoše lysého k agregaci amyloidu β vůbec nedochází. Je u něj přítomný mechanismus, jenž tvorbě plaků pravděpodobně zabraňuje a to hned několika způsoby.

Rezistence rypošů k nádorové transformaci spočívá v mnoha změnách v jejich genomu a proteomu. Cílené modifikace těchto genů u člověka by byly příliš rizikové. Využitelný v praxi by mohl být vysokomolekulární hyaluronan, který je jedním z klíčových faktorů časné kontaktní inhibice u rypoše lysého (Seluanov et al. 2009; Tian et al. 2013). Významnou roli hraje u rypoše také A2M, jehož množství v krvi rypoše je signifikantně zvýšené (Yu et al. 2011). Tato látka má inhibiční účinek na signální dráhu Wnt/ β -katenin, jejíž výsledné produkty stimulují adhezi, migraci a invazivní růst nádorových buněk (Linder et al. 2010). Přímým podáním vysokomolekulárního A2M ve vysokém množství by se mohlo stát účinnou terapií pro pacienty s různými typy karcinomů.

3.3 Chlupáč dlouhoserstý (*Lophiomys imhausi*)

3.3.1 Taxonomie, rozšíření a popis druhu

Tab. 3. Taxonomie chlupáče dlouhoserstého

(https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=632701#null)

Říše: živočichové Animalia
Kmen: obratlovci Chordata
Třída: savci Mammalia
Řád: hlodavci Rodentia
Čeleď: myšovití Muridae
Rod: chlupáč <i>Lophiomys</i>

Chlupáč dlouhoserstý se nachází ve východní Africe, kdy přesné rozšíření znázorňuje Obr. 6. Jedinci tohoto druhu byli též zaznamenáni v Somálsku, Etiopii, Súdánu, Keni, Ugandě a Tanzanii. Fosilní pozůstatky byly objeveny v Izraeli. Žijí v doupatech nebo dírách ve skalách, dutých kmenech stromů, dírách v blízkosti roklí, nebo v travnatých oblastech v blízkosti břehů řek (Kingdon 1974; Walker 1975). Jedná se o nočního myšovitého hlodavce, který se dožívá okolo sedmi let. Délka těla chlupáče dlouhoserstého se uvádí od 225 do 360 mm a délka ocasu od 140 do 175 mm. Samice jsou obecně větší než samci. Mají relativně krátké končetiny a dlouhé tělo. Hmotnost je od 590 do 970 gramů.

Chlupáč má jedinečnou lebku, kdy se kostní výstupky rozprostírají nad očkem a zvětšuje se parietální sekce. Navíc je lebka v některých oblastech zesílena dalšími kostmi. Předpokládá se, že tyto speciální funkce slouží pro větší ochranu před útoky.

Barva srsti se pohybuje od světle šedé po tmavě černou, nebo tmavě hnědou se vzory bílých pruhů a skvrn. Jejich ocas je huňatý a mají malé uši. Jsou schopni vztyčit svou srst pomocí komplexního žlázového systému. Druh je zobrazen na Obr. 5. Glandulární systém pak uvolňuje páchnoucí chemikálie podobné chemikáliím, které uvolňují skunkové. Toto chování je odpovědí na vyrušení nebo ohrožení. Mláďata chlupáčů mají specializované nohy pro krmení stejně jako lezení (Kingdon 1974; Walker 1975). Chlupáči jsou býložraví, obvykle se živí ovocem a kořeny. Nicméně v zajetí se živí mimo této potravy i obilovinami a živočišnou potravou. Preferují listy sladkých brambor. Nemusí často pít, protože potrava, kterou konzumují, jim poskytuje dostatečné množství vody. Při konzumaci potravy chlupáči zaujmou polohu v sedě, pak uchopí jídlo v dlaních pomocí palců, aby tak manipulovanou potravu přenesli do úst (Kingdon 1974; Walker 1975).



Obr. 5: Chlupáč dlouhosrstý.

(zdroj: <https://www.google.cz/amp/s/adlayasanimals.wordpress.com/2014/01/08/maned-rat-lophiomys-imhausi/amp/>)



Obr. 6: Výskyt chlupáče dlouhosrstého ve volné přírodě.

(zdroj: https://commons.m.wikimedia.org/wiki/File:Distribution_of_Lophiomys_imhausi.png)

3.3.2 Role v ekosystému, chování a rozmnožování

Dle Kingdon (1974) chlupáci mají několik způsobů, jak se vypořádat s hrozbou predátorů, k čemuž jim slouží speciální kožní svaly, kterými napřímí chlupy ve dvou liniích, a to na bocích a na hřbetě. Obvyklým záměrem tohoto chování u zvířat je optické zvětšení těla. Lze uvažovat, že chlupáč tímto chováním při ohrožení napodobuje podobně zbarvenou (tzv. Batesovské mimikry) zorilu páskovanou (*Poecilogle albinocha*). Avšak nejedná se o jedinou příčinu, dále predátorům vzpřímenými chlupy poskytuje chlupáč velmi dobrou šanci se do jeho těla zakousnout.

Nejčastějšími predátory chlupáče dlouhosrstého jsou zaběhnutí psi (Jansa & Weksler 2004). Většina útoků má téměř totožný průběh, kdy pes zaútočí na chlupáče, který napřímí chlupy, pes jej chytne do tlamy a během velmi krátké doby začne ztrácet koordinaci, má silné bolesti, až dojde k rychlé smrti psa. A to protože chlupáč dlouhosrstý umí jako jediný z placentálních savců získávat jed z rostlin, přesněji ze stromu *Acokanthera schimperi*. Jedná se o ten samý druh stromu, jehož jedovaté látky využívají domorodci jako šípový jed. Chlupáč

okusuje a následně žvýká jeho kořeny a kůru, v důsledku toho jsou poté jeho sliny obohaceny jedem, který si vtírá do srsti. Jeho chlupy mají díky speciální struktuře výjimečnou schopnost absorbovat jed smíchaný se slinami. Struktura chlupu byla objevena teprve v nedávné době pomocí elektronového mikroskopu (Kingdon et al. 2012). Bylo zjištěno, že chlupy jsou unikátním příkladem optimalizace a úspornosti při transportu toxinů. Chlup je v podstatě jakýsi válec, perforovaný četnými vakuolami, díky nimž je přenos toxinů snadnou záležitostí. Během několika desítek sekund jsou tak chlupy schopné pohltit jed po celé své délce. Aplikaci jedu do srsti provádí chlupáč zhruba ob den.

Druhou adaptací chlupáče jsou abnormálně vyvinuté slinné žlázy. Vědci se domnívají, že tento fakt souvisí právě se žvýkáním jedovatého materiálu. U jiných herbivorních savců vážou bílkoviny ve slinách rostlinné polyfenoly (Kingdon et al. 2012). U chlupáče mají sliny tutéž funkci, jen nevážou polyfenoly, ale jed. Přesný proces vázání ouabainu či dalších rostlinných jedů není ovšem zatím znám.

Chlupáči jsou primárně samotářská zvířata, ale jsou zdokumentováni i ve dvojicích nebo ve skupinách, kdy spolu žijí matky a jejich mláďata. Také mohou koexistovat s jinými druhy hlodavců (Kingdon 1974; Hanney 1975; Walker 1975). Chlupáči jsou primární spotřebitelé. Jsou parazitovány blechami, včetně *Amphopsylla conversa* (Kingdon 1974).

O rozmnožování chlupáčů dlouhosrstých je doposud velmi málo informací. Předpokládá se, že mají dvě až tři mláďata na vrh. Tato mláďata se rodí s hojným osrstěním (Kingdon 1974).

3.4 Bércoun africký (*Macroscelides proboscideus*)

3.4.1 Taxonomie, rozšíření a popis druhu

Bércoun africký obývá Namibii, jižní Botswanu a jižní Afriku (Shaw 1983). Žije pouze v pouštních a polopouštních oblastech zemí, ve kterých se nachází (viz Obr. 8). Pověštinou se skrývá v řídké trávě, nebo v jiných porostech, které jsou součástí těchto suchých oblastí. Také se jedinci mohou pohybovat v písku.

Tab. 4. Taxonomie bércouna afrického

(https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=584922#null)

Říše: živočichové Animalia
Kmen: strunatci Chordata
Třída: savci Mammalia
Řád: bércouni Macroscelidea
Čeleď: bércounovití Macroscelididae
Podčeleď: bércouni jemnosrstí Macroscelidinae
Rod: bércoun <i>Macroscelides</i>

Ve srovnání s členy druhého rodu *Elephantulus* má bércoun africký kratší a hlubší uši a postrádá bledé kroužky kolem očí, které jsou pro tato zvířata typické. Ocas je chlupatý a na spodní straně je viditelná žláza. Na zadních končetinách je první prst malý a je opatřen drápem. Srst je obvykle dlouhá, měkká a na horní straně má oranžovou, hnědou nebo šedavou barvu se světlejším zbarvením na spodní straně. Dospělá zvířata váží kolem 40-50 gramů a mají 100-110 mm dlouhá těla. Vzhled bércouna afrického je demonstrován na Obr. 7.

Bércouni nepatří mezi dlouhověké živočichy, ve volné přírodě žijí pouze 1-2 roky. V zajetí mohou žít až 3-4 roky.



Obr. 7: Bércoun africký.
(zdroj: <https://www.biolib.cz/cz/image/id177274/>)



Obr. 8: Výskyt bércouna afrického ve volné přírodě.
(zdroj: https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Macroscelides_proboscideus_distribution.svg)

3.4.2 Role v ekosystému, chování a rozmnožování

Bércouni jsou primárně aktivní přes den, s výjimkou případů, kdy je ohrožují dravci. Obvykle jsou samotářsky žijící, ale slučují se do skupin v období páření. Když se páří, tak samice odpuzují jiné samice a samci bojují s jinými samci.

Tito živočichové se uchylují pod traviny nebo skály, ale také mohou hloubit nory nebo používají přístřešky, dřívě postavené jinými malými savci. Zvířata používají nory jako cestovní

sít, aby se dostala z místa na místo. Nory udržují čisté tím, že odnášejí veškeré nečistoty, které by mohly zablokovat jejich tunely. Také pískové koupání pomáhá udržovat čistotu.

Mezi komunikační zvláštnost u bércounů patří bubnování zadními končetinami, přičemž údery jsou někdy tak neuvěřitelně rychlé, že splývají.

Shaw (1934) uvádí, že chovná sezóna je v teplých, mokrých měsících v srpnu a v září. Samice může být během tohoto období několikrát březí. Systém páření je monogamní. Březost těchto zvířat je typicky přibližně 56 dní dlouhá a většinou se narodí pouze dvě mláďata, někdy jedno. Mláďata se rodí ve vysoce vyspělém stavu, kdy mohou během několika hodin po porodu již běžet, jsou velká a rodí se s osrstěním a otevřenými očima. Potomstvo je odstaveno ve věku 16-25 dní a po 43 dnech jsou pohlavně dospělí (Rathbun & Fons 1990). Samice vytváří pro mladé hnízdo, nalezne chráněnou oblast a v ní porodí. Matka se ale v hnízdě příliš nezdržuje, je většinou pryč od vrhu, vrací se jednou za den, aby nakrmila mladé (Smith 1829).

Tato zvířata obvykle jedí hmyz, jako termity, mravence a další malé bezobratlé. Mohou se také živit rostlinnými částmi, jako jsou kořeny, výhonky a bobule (Unger & Kratochvil 1999).

3.5 Bércoun kapský (*Elephantulus edwardii*)

3.5.1 Taxonomie, rozšíření a popis druhu

Bércoun kapský je druh bércouna rodu *Elephantulus*. Jedná se o endemický druh žijící v Jižní Africe (viz. Obr. 10). Jeho přirozeným prostředím jsou skalnaté oblasti.

Tab. 5. Taxonomie bércouna kapského

(https://animaldiversity.org/accounts/Elephantulus_edwardii/classification/)

Říše: živočichové Animalia
Kmen: strunatci Chordata
Třída: savci Mammalia
Řád: bércouni Macroscelidea
Čeleď: bércounovití Macroscelididae
Rod: bércoun <i>Elephantulus</i>

Bércoun kapský měří průměrně 26 cm a váží okolo 60 g. Srst má šedohnědé zbarvení, které ve skalách poskytuje dobré maskování před predátory. Oči a uši bývají hnědě zbarvené, okolo očí se nachází bílý kroužek. Čenich je dlouhý a pohyblivý. Lebka se vyznačuje mohutnými očními a kompletními lícními kostmi. Končetiny jsou světlé, zadní dobře osvalené s dlouhými kostmi, přední naopak nejsou příliš vyvinuté, jeho celkový vzhled je patrný na Obr. 9. Obvykle se tento druh pohybuje po čtyřech, avšak někdy skáče na zadních končetinách.



Obr. 9: Bércoun kapský.

(zdroj: https://www.sengis.org/new_species_karoo_rock_sengi.php)



Obr. 10: Výskyt bércouna kapského ve volné přírodě.

(zdroj: https://commons.m.wikimedia.org/wiki/File:Cape_Elephant_Shrew_area.png)

3.5.2 Role v ekosystému, chování a rozmnožování

Druh je denní, největší aktivity dosahuje při východu a západu slunce, někdy také v noci. Odpoledne, kdy nastávají největší horka, odpočívá. V zimě je většinou méně aktivní. Tento druh bércounů obvykle žije jednotlivě nebo ve dvojicích, ačkoliv byly pozorovány také v malých koloniích.

Komunikace je čichová, která se mezi mladými jedinci a jejich rodiči uskutečňuje prostřednictvím apokrinních žláz (pedálních žláz) umístěných na spodní straně nohou zvířat. Tato komunikace je pro zvířata důležitá, neboť zajišťuje, co nejnižší úmrtnost vrhu. Akt zpětného tření umožňuje novorozencům ukládat produkty z pedálových žláz na srst rodičů a následně přenášet rodičovské pachy do vlastní kožešiny. Směs vůní vytváří rodinnou vůni, kterou lze použít k rozpoznání členů rodiny. Dále je přítomna taktilní komunikace.

Období rozmnožování nastává od července do ledna. Po 49 až 56 dnech březosti samice porodí jedno až tři mláďata, přestože v době ovulace může vyprodukovat až 12 vajíček. Mláďata se rodí osrstěná, s otevřenými očima a několik hodin po porodu již mohou běhat. Pohlavní dospělosti dosahují 5–6 týdnů po narození a dožívají se 1 roku.

3.5.3 Bércoun jako opylovač

Když byl veden výzkum ohledně hlodavců jakožto možných opylovačů došlo k překvapivému zjištění, že mimo hlodavců se mezi opylovače řadí i jim nijak nepříbuzný bércoun kapský z čeledi bércounů.

Ke zjištění zda jsou hlodavci opylovači bylo využito živé odchyťování, ale kromě myší byli v blízkosti květenství odchyceni i bércouni kapští. Zjistilo se, že bércouni kapští opylují květiny (Sester 2010; Johnson et. al. 2011). Na základě těchto zjištění byl zahájen výzkum těchto zvířat v závislosti na jejich opalovací činnosti. Výzkum probíhal formou živých odchytů a pozorování, kdy odchytů byly uskutečňovány pomocí pastí naplněných krmnou směsí arašídového másla a ovesných vloček. Odchycení bércouni byli umístěni do plastových nádob s malým rohovým otvorem. Čenichy bércounů byly otřeny malým pruhem fuchsin glycerinové želatiny (Beattie 1971). Pyl z čenichů byl odebrán a vzorek roztaven na podkožní sklíčko mikroskopu. Všechny odebrané vzorky byly testovány na přítomnost pylu, jenž byl prokázán ve velkém množství. Dále byly na přítomnost pylu testovány i výkaly těchto zvířat. Výkaly byly shromážděny z pastí, uloženy v lednici a později bylo na sklíčko rozdrobeno pět náhodně vybraných trusů každého zvířete a mikroskopicky vyšetřeno na přítomnost pylu. A i v trusu byl pyl přítomen. Výskyt pylu ve stolici bércounů je ale pravděpodobně výsledkem péče o srst, kterou provozovali po tom, co navštívili květiny, aniž by jej jedli nebo poškodili, bércouni totiž samotný pyl nekonzumují, živí se pouze nektarem.

Hlavním zdrojem pylových zrn byla rostlina *H. Atropurpurea* (druh dřívěšáku), v nepatrných množstvích poté bylo zjištěno ještě 8 rostlinných taxonů. Při přímém pozorování potravního chování bércounů bylo zjištěno, že bércouni upřednostňují návštěvu rostlin a jejich olizování, i když jim byla nabídnuta jiná potrava, jako například arašídové máslo s ovsem, slunečnicová semínka, jablka, vejce či brouci.

4 Závěr

Ze zjištění je patrné, že více endemických druhů savců afrického kontinentu je využitelných ve více odvětvích vědy, a v případě krysy obrovské mohou nahradit psi v různých detekčních programech, které jsou závislé na somatických schopnostech.

Největším přínosem pro vědu byl doposud ze zde zmíněných druhů nepochybně ryposý, který nachází uplatnění hned v několika výzkumech zaměřených primárně na objasnění mnoha mechanismů, jež mu napomáhají v rezistenci vůči rakovině a s tím související dlouhověkost tohoto hlodavce. I přes to je však aplikace těchto výsledků v humánní vědě pouze na začátku, což vyplývá z toho, že se samozřejmě jedná o druh, který se od člověka liší v mnohých aspektech, kterými jsou například metabolismus a proteostáza. Zatím připadá v úvahu v praxi humánní medicíny využití vysokomolekulárního hyaluronu. Dále po dalších úspěšných studiích by mohl být využit i vysokomolekulární AM2, který by mohl být klíčový pro léčbu pacientů s různými typy nádorových onemocnění. Další často zmiňovaný je amyloid β , který souvisí u člověka s Alzheimerovou chorobou, kdy u rypose nedochází k agregaci této látky, jež právě u lidských pacientů v podobě poté uložených plaků v mozku chorobu podmiňuje.

U endemického druhu chlupáče dlouhosrstého se stala zájmem vědy jeho adaptace na prostředí v němž žije, kdy přímo jako jediný hlodavec na světě využívá jedu pro svou obranu. Dlouhou dobu se předpokládalo, že je chlupáč jedovatý sám o sobě, ale vědci bylo zjištěno, že chlupáč samotný jed neprodukuje, nýbrž jej získává ze stromů *Acokanthera schimperi*. Nyní probíhají studie objasňující mechanismy, které zajišťují, že se hlodavec sám neotráví, když si přijatý jed pomocí slin aplikuje na srst. Jed oubain je vědcům znám z lidské medicíny, protože jej mnoho let používali lékaři pro stimulaci slabého srdce u lidských pacientů. Nynější záměr je tedy plné objasnění a pochopení mechanismů, na nichž je postavena imunita tohoto hlodavce vůči zmíněnému jedu, aby tyto zjištění potom mohly být využity pro výrobu léčiv humánní medicíny.

U bérceounů byla zjištěna zajímavost, že se u nich, tedy přesněji řečeno u druhu bérceoun kapský objevila vlastnost, kdy se tento druh jako jeden z mála savců uplatňuje v ekosystému jako opylovač.

Do budoucna lze předpokládat další různé studie ohledně speciálních adaptací a mechanismů u rypose lysého, které by měly odhalit, co nejvíce nových poznatků, které by se daly využít v odvětví medicíny. U krysy obrovské lze zase očekávat rozšíření její působnosti na více druhů detekce, ať už se bude jednat o detekci různých látek či pach všelijakých živočichů. Chlupáč dlouhosrstý je stále neprobádaným živočichem, což znamená, že bude muset být ještě detailněji prozkoumáno jeho chování ve volné přírodě a všechny mechanismy podílející se na využití rostlinného jedu, jenž využívá pro svou obranu. U bérceounů je možné očekávat větší zaměření v rámci vědy na jejich přínos pro životní prostředí a popřípadě i objevení nových druhů.

5 Zdroje

- Ajayi S, Tewe O, Faturoti E. 1978. Behavioral changes in African giant rat (*Cricetomys gambianus*) Waterhouse under domestication. *East African Wildlife Journal*, **16**: 137-143.
- Ajayi S. 1977. Field observations on the African giant rat *Cricetomys gambianus* in southern Nigeria. *East African Wildlife Journal*, **15**:191-198.
- Ajayi S. 1977. Live and carcass weights of giant rat *Cricetomys gambianus* and domestic rabbit *Oryctolagus cuniculus*. *East African Wildlife Journal*, **15**: 223-228.
- Andziak B, O'Connor TP, Qi W, et al.2006. High oxidative damage levels in the longest-living rodent, the naked mole-rat. *Aging Cell* **5**:463–471.
- Anyan JJ, Seney ML, Holley A, et al. 2011. Social Status and Sex Effects on Neural Morphology in Damaraland Mole-Rats, *Fukomys damarensis*. *Brain behavior and evolution* **77**:291-298.
- Ashur-Fabian, Osnat, Avivi A, Trakhtenbrot L, Adamsky K, Cohen M, Kajakaro G, Joel A, Amariglio N, Nevo E, Rechavi G. 2004. „Evolution of p53 in hypoxia-stressed *Spalax* mimics human tumor mutation". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **101**:12236–41.
- Beattie AJ. 1971.A technique for the study of insect-borne pollen Pan-Pac. *Entomol* **47**:82
- Begall S, Burda H, Schleich CE. 2007: Subterranean Rodents – News from Underground. Pages 113-127 in Berlin: Springer.
- Bennett NC, Gutjahr GH, Faulkes CG. The reproductive physiology and endocrinology of the African mole-rats: With special reference to Southern African mole-rat species. Pages 61-78 in *Subterranean Rodents: News From Underground*.
- Braude S. 1991. The behaviour and demographics of the naked mole-rat, *Heterocephalus glaber*. PhD. Thesis. Pages 185-194 in University of Michigan, USA.
- Braude S. 2019. Dispersal and New Colony Formation in Wild Naked Mole-Rats: Evidence against Inbreeding as the System of Mating. *Behavioral ecology* **11**:7–12.
- Buffenstein R, Jarvis J. 2002. The naked mole Rat a new record for the oldest living rodent: *Sci Aging Knowledge Environ.* **21**:7.
- Buffenstein R, Woodley R. 2002. Thermogenic changes with chronic cold exposure in the naked mole-rat: *Comparative Biochemistry and Physiology* **138**:27-834.

- Buffenstein R. 2008. Negligible senescence in the longest living rodent, the naked mole-rat: Insights from a successfully aging species. *Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology* **178**:439-445.
- Burda H, Šumbera R, Begall S. 2007. Microclimate in Burrows of Subterranean Rodents – Revisited. *Subterranean Rodents*. Berlin, Heidelberg. Springer Berlin Heidelberg, s. 21. ISBN 978-3-540-69275-1.
- Burland TM, Bennett NC, Jarvis, Faulkes Ch. 2002. Eusociality in African Mole-Rats: New Insights from Patterns of Genetic Relatedness in the Damaraland Mole-Rat (*Cryptomys damarensis*). *Proceedings: Biological Sciences* **269**:1025.
- Bush S. 2020. Apopo HeroRATS Clear Landmines Along Cambodia-Thailand Border. Southern Asia center University of Washington <https://jsis.washington.edu/seac/news/apopo-herorats-clear-landmines-along-cambodia-thailand-border/> (accessed January 2020).
- Bobé L, Mabela M. 1997. Incidence of four gastro-intestinal parasite worms in group of *cricketomas*, *Cricetomys gambianus* (Rodent: Cricetidae), caught in Lukaya- Democratic Republic of Congo. *Tropicicultura*, **15**: 132-135.
- Cengel K. 2014. Giant Rats Trained to Sniff Out Tuberculosis in Africa. *National geographic*.
- Clarke FM, Faulkes CG. 1999. Kin Discrimination and Female Mate Choice in the Naked Mole-Rat *Heterocephalus glaber*. *Proceedings: Biological Sciences* **266**:1995.
- Cooper RG, Erlwanger KH. 2007. Hyperzincemia in a pet African giant rat (*Cricetomys gambianus*) Waterhouse, 1840: clinical communication. *Journal of the South African Veterinary Association* **3**:163.
- Cooper RG. 2008. Care, Husbandry and Diseases of the African Giant Rat (*Cricetomys Gambianus*). *Journal of the South African Veterinary Association* **79**:62–66.
- Cooper RG. 2014. The African Giant/Pouched Rat (*Cricetomys Gambianus*) - It's Physiology, Ecology, Care & Taming-oss.
- Cox Ch, Weetjens B, Machangu R, Billet M, Verhagen R. 2020. Rats for demining: an overview of the APOPO program. Department of Biology, University of Antwerp, Groenenborgerlaan 171, Berchem, Belgium.
- Derr, Michael A, Fang P, Sinha SK, Ten S, Hwa V, Rosenfeld RG. 2011. „A Novel Y332C Missense Mutation in the Intracellular Domain of The Human Growth Hormone Receptor Does Not Alter STAT5b Signaling: Redundancy of GHR Intracellular Tyrosines Involved in STAT5b Signaling". *Hormone Research in Paediatrics* **75**:187–99.

- Dipeolu O, Ajayi S. 1976. Parasites of the African giant rat *Cricetomys gambianus* in Ibadan Nigeria. *East African Wildlife Journal* **14**:85-89.
- Du, Kang, Liandong Yang, Shunping H. 2015. „Phylogenomic analyses reveal a molecular signature linked to subterranean adaptation in rodents". *BMC Evolutionary Biology* **15**:287.
- Edwards, Timothy L, Cox C, Weetjens B, Tewelde T, Poling A. 2019. Giant African Pouched Rats (*Cricetomys Gambianus*) That Work on Tilled Soil Accurately Detect Land Mines. *Journal of applied behavior analysis* **48**: 696–700.
- Genoways HH, Reichman OJ, Smith SC. 1990: Burrows and burrowing behavior by mammals. In *Current mammalogy* (ed. Genoways HH). Pages 197–244 in New York, NY: Plenum Press.
- Gospodinova A. 2008. Africa Geographic Editorial. <https://africageographic.com/blog/giant-rats-pangolins-best-friend/> (accessed March 2008).
- Gratz HG, Arata AA. 1975. Problems associated with the control of rodents in tropical Africa. *Bulletin of the World Health Organisation* **52**: 697-706.
- Hanney P, 1975. *Rodents: Their Lives and Habitats*. Ny: Taplinger Publishing Co, Inc.
- Jansa S, Weksler M. 2004. Phylogeny of muroid rodents: Relationships within and among major lineages as determined by IRBP gene sequences in *Molecular Phylogenetics and Evolution* **31**:256-76.
- Jarvis J, Bennett NC. 1993. Eusociality has evolved independently in two genera of bathyergid mole-rats — but occurs in no other subterranean mammal. *Behav Ecol Sociobiol* **33**:253–260.
- Johnson SD, Pauw A, Midgley J. 2001. Rodent pollination in the African lily *Massonia depressa* (*Hyacinthaceae*) *Am* **88**:1768-1773.
- Kingdon J. 1974. *East African Mammals an Atlas of Evolution in Africa, Volume II Part B*. Ny: Academic Press Inc.
- Knight M. 1988. Thermoregulation in the largest African cricetid, the giant rat *Cricetomys gambianus*. *Comparative Biochemistry and Physiology A-Physiology*, **89**: 705-708.
- Lacey EA, Patton JL, Cameron GN. 2000. Life underground: the biology of subterranean rodents. Pages 457 in Chicago: University of Chicago Press.
- Lewis, Kaitlyn N, Wason E, Edrey YH, Kristan DM, Nevo E, Buffenstein R. 2015. Regulation of Nrf2 Signaling and Longevity in Naturally Long-Lived Rodents. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **112**:3722–27.

- Lovegrove BG. 1989. The cost of burrowing by the social mole-rats (Bathyergidae) *Cryptomys damarensis* and *Heterocephalus glaber*; the role of soil moisture. *Physiological Zoology* **62**:449–469.
- Mahoney A, La Londe K, Edwards TL, Cox C, Weetjens BJ, Poling A. 2014. Detection of cigarettes and other tobacco products by giant African pouched rats (*Cricetomys gambianus*). *Journal of Veterinary Behavior* **5**:262-268.
- Malekani J. M. 2010. *Cricetomys* farming for improving animal production in developing countries. Department of Biology. Faculty of Science, University of Kinshasa. DRC.
- Nevo E. 1999. Mosaic Evolution of Subterranean Mammals. Regression, Progression, and Global Convergence. Pages 512 in Oxford University Press, Oxford.
- Phelan JM, Webb SW. 2002. 'Chemical sensing for buried landmines, fundamental processes influencing chemical detection.' Sandia report.
- Pickering, Lehr M, Kohler WJ, Han ML, Miller RA. 2015. Fibroblasts From Longer-Lived Species of Primates, Rodents, Bats, Carnivores, and Birds Resist Protein Damage. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* **70**:791–99.
- Pride, Harrison, Zhen Yu, Sunchu B, Mochnick J, Coles A, Yiqiang Zhang, Buffenstein R, Hornsby PJ, Austad S, Pérez VI. 2015. Long-Lived Species Have Improved Proteostasis Compared to Phylogenetically-Related Shorter-Lived Species. *Biochemical and Biophysical Research Communications* **457**:669–75.
- Poling A. 2010. Using giant african pouched rats (*Cricetomys gambianus*) to detect landmines. APOPO. , Morogoro, Tanzania, and Department of Psychology, Western Michigan University **60**:715–728.
- Poling A, Weetjens B, Cox C, Beyene N, Durgin A, Mahoney A. 2011. Tuberculosis detection by giant african pouched rats. *Behav Anal.* **34**:47–54.
- Rathbun G, Fons R. 1990. Modern Elephant Shrews. Pages 524-531 in S Parker, ed. *Grzimek's encyclopedia of mammals volume 1*. New York: Mcgraw-Hill.
- Rathbun, Fons. 1990. *Grzimek's Encyclopedia of Mammals*. Pages 520-531 in New York: Mc Graw-Hill.
- Seluanov A, Hine Ch, Azpurua J, Feigenson M, Bozzella M, Mao Z, Catania KC, Gorbunova V. 2009. „Hypersensitivity to contact inhibition provides a clue to cancer resistance of naked mole-rat". *Proceedings of the National Academy of Sciences* **106**:19352–57.

Shaw. 1983. The Mammals of Southern Africa Subregion.

Simoens Ch. 2019. Rats save Lives. Glo. be. <https://www.glo-be.be/en/articles/rats-savé-Lives> (accessed November 2019).

Smith A. 1829. Walker's Mammals of the World. Fourth Edition, Vol 1.. Baltimore: John Hopkins University Press.

Toor I, Clement Da, Cerlson NE, Holmes MM. 2015. Olfaction and social cognition in eusocial naked mole-rats, *Heterocephalus glaber*. *Animal Behaviour*. **107**:175-181.

Unger R, Kratochvil H. 1999. Feeding Preferences of Short-eared Elephant Shrews (*Macroscelides proboscideus*, Smith 1829). *Zoology* **102**: 87.

Unger R. 2001. Der um die Ecke schnüffelt Biologie, Haltung und Pflege von Kurzohr-Rüsselspringern. *Rodentia* Nr. 4, November/Dezember, Jahrgang **1**:57-61.

Verhagen et al. 2003. 'Preliminary results on the use of *Cricetomys* rats as indicators of buried explosives in field conditions', GICHD Publication.

Walker E. 1975. Mammals of the World, Third Edition Volume II. Baltimore: Johns Hopkins University Press.

Western P. 2010. Sticky snack for sengis: the Cape rock elephant-shrew, *Elephantulus edwardii* (Macroscelidea) as a pollinator of the Pagoda lily, *Whiteheadia bifolia* (*Hyacinthaceae*) **97**:1107–1112.

Winter G, Hall P. 2011. Attempting to eradicate invasive Gambian Giant Pouched Rats (*Cricetomys gambianus*) in the United States: Lesson learned. Pages 131-134 in *Island invasives. Eradication and management*. IUCN, Gland, Switzerland.

Internetové zdroje:

APOPO.org.2015.

Mozambique mine-free celebration. <https://www.apopo.org/en/latest/2015/9/17/mozambique-mine-free-celebrations> (accessed September 2015).