

Diverzita protist

Aristotelův koncept rozdělení živých organismů na rostliny a živočichy (a člověka) byl obecně akceptován po více než dvě tisíciletí. Získal však vážné trhliny po objevu mikroskopu a mikroskopických organismů. Mnoho z nich totiž nezapadalo ani do jedné kolonky, např. tím, že fotosyntetizovaly jako rostliny a zároveň se pohybovaly jako živočichové nebo (a to byl velký zádrhel) byly jednobuněčné. V 19. století si již situace vynutila řešení, přičemž bylo vyzkoušeno několik různých cest. Z dnešního pohledu bylo absurdní prohlásit tyto „neposlusné“ organismy za rostliny i živočichy současně, což se celkem pochopitelně neuchytilo. Poněkud logičtější bylo pokračovat v dualismu rostliny–živočichové a pokusit se je přece jen „napasovat“ buď na rostliny, nebo živočichy. Ačkoli se ani tento koncept oficiálně neprosadil, zůstává – naneštěstí – hluboce zakoreněn v podvědomí mnoha biologů. Na celé čáře vyhrála myšlenka, podle které nejsou ani živočichové, ani rostliny a představují jinou skupinu nebo skupiny. Nejznámějším protagonistou tohoto směru byl Ernst Haeckel, který v r. 1866 uvedené organismy pojmenoval protista, zavedl pro ně stejnojmennou (třetí) říši, a stal se tak otcem protistologie. Od doby Haeckela se koncept protist dramaticky proměnil, zejména v souvislosti s mnohem pozdějším (1937 a znovu 1962) objevem dualismu prokaryotická–eukaryotická buňka. Protista, z nichž byla vyčleněna prokaryota, se stala standardní součástí eukaryotické domény života. Poté, co byly houby konečně vyřazeny z rostlin (1969), vyvstala definice protist, která vytrvala dodnes, a nezdá se, že by se mělo něco změnit: protista jsou takové eukaryotické organismy, které nepatří do živočichů (Metazoa), vyšších rostlin (Embryophyta) ani hub (Fungi).

Uvedené vymezení protist je jen velmi málo elegantní a připomíná vymezení bezobratlých živočichů („všichni živočichové, co nejsou obratlovci“ – všimněme si, že rozdělení na bezobratlé a obratlovce jde napříč kmenem strunatců – Chordata; podobně absurdní situaci uvidíme u protist, živočichů, rostlin a hub). Nijak z ní neplyne, jak protista vypadají a jaký je vlastně jejich vztah k ostatním eukaryotům. Protože jsou protista definována negativně vymezením proti dobře známým mnohobuněčným skupinám, mohlo by se zdát, že jde výhradně o jednobuněčné organismy. Skutečně platí, že naprostá většina jednobuněčných eukaryot, různí bičíkovci, měňavky, nálevníci, výtrusovci, kokální řasy apod., jsou protista; jednobuněčné houby kvasinky ani živočišné HeLa buňky jimi však nejsou. Je ale také pravda, že mnoho protistních linií „vynalezlo“ mnohobuněčnost nezávisle na rostlinách, živočiších a houbách. Některá mnohobuněčná protista mají velmi složitá makroskopická těla (např. chaluhy, tvořící celé podmořské lesy), jiná podstupují během ontogeneze proces velmi podobný gastrulaci živočichů (zelená řasa váleč – *Volvox*). Známa hlenka *Dictyostelium discoideum* je pozoruhodná tím, že je suchozemská a má v rámci jednoho životního cyklu několik různých mnohobuněčných stadií. Jedno z nich, příhodně zvané slímák, se plazí po podkladu, je světločivné a skládá se z více buněk než někteří živočichové.

Jak protista podkopala koncept eukaryotických říší

Pomocí metod molekulární fylogenetiky a později fylogenomiky bylo zjištěno, že představa protist jako několika samostatných evolučních linií byla silně podhodnocená. Ve skutečnosti totiž tvoří naprostou většinu hlubokých evolučních linií eukaryot. Aktuální představy o hlavních evolučních liniích eukaryot a vztazích mezi nimi odhalených analýzami genomů shrnuje obr. 1; neprotistní linie jsou podtrženy. I bez jakékoli znalosti jmen uvedených na obr. 1 je zjevné, že tři „klasické“ mnohobuněčné říše si navzájem nejsou blíže příbuzné a téměř se ztrácejí v záplavě jiných evolučních linií, jež jsou podle definice složeny jen ze samých protist. „Neprotista“ vlastně obsadila méně než desetinu počtu koncových větví stromu. Navíc aby živočichové a houby vůbec měly své vlastní větve, musela být skupina Opisthokonta zobrazena do větších podrobností než ostatní linie. Všimněme si, že taková skupina Pluriformea, která obsahuje pouze dva popsání druhy a kterou v podstatě žádný biolog nezná, je z hlediska hluboké fylogeneze eukaryot příbuzně na stejné úrovni jako živočichové. Vynechat ji by bylo podobné jako vynechat latimérii, bahňky nebo haterii z úvah o evoluci obratlovců. Aby měla tato část stromu „rozlišení“ jako zbytek, musela by se opistokonta spojit s jedinou větví místo 8 zobrazených. Rázem by to vypadalo,

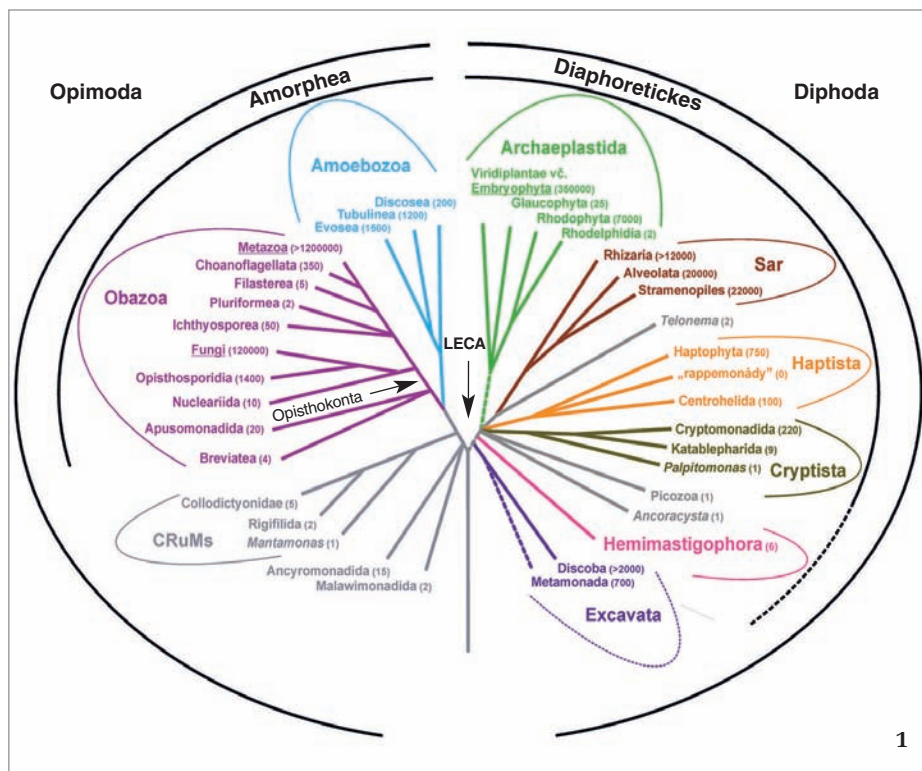
že živočichové a houby jsou blízcí příbuzní, což není ani při nejlepší vůli pravda. Vyšší rostliny, tedy cévnaté rostliny a mechorosty, na obr. 1 takové štěstí jako živočichové a houby z prostorových důvodů neměly a musejí se o větve dělit s celou řadou řasových linií. Aby získaly svou větve, musela by skupina Viridiplantae obsahovat ještě nejméně 6 dalších větví (jsou vyjmenovány níže).

Říše Protista bez problémů fungovala déle než jedno století, než to v ní zaskřípalo – protista jsou zkrátka příliš diverzifikována. Na sklonku jejího života začaly od říše Protista odpadávat části, které dostaly status samostatných říší – Chromista (1981) a Archezoa (1983). Stále více biologů si začalo klást otázku, proč zrovna rostliny, živočichové a houby by měli mít vlastní říše. Pouze z historických důvodů? Nebo proto, že jsou to druhově nejbohatší skupiny? Ani jejich mnohobuněčnost není příliš dobrým argumentem – známe dokonce jeden druh mnohobuněčného nálevníka (*Sorogena stoianovitchae*) – měl by mít samostatnou říši?

Eukaryotické superskupiny

Přežitý systém eukaryotických říší byl asi před 15 lety téměř všeobecně nahrazen konceptem eukaryotických superskupin. Je výrazně „spravedlivější“ k protistům a nenese si s sebou přežití koncepty 19. století. To, zda je nějaká eukaryotická evoluční linie uznána za superskupinu, je arbitrární a dnes už částečně dané historicky. Obecně však platí, že jednotlivé superskupiny jsou monofyletické (nebo alespoň doufáme, že se jejich monofylie v budoucnu prokáže) a hodně inkluzivní, tedy obsahují významnou část „hluboké“ diverzity eukaryot. První systém superskupin (2004, rozpracováno 2005) jich obsahoval 6: Opisthokonta, Amoebozoa, Plantae (Archaeplastida), Chromalveolata, Rhizaria a Excavata. Všechna tato jména jsou dostatečně známa díky tomu, že jsou dodnes propagována různými učebními texty. Počet, názvy i obsah superskupin se však značně změnil a z těch původních „přežila“ jen polovina, totiž Amoebozoa, Archaeplastida a Excavata (poslední navíc v reformované podobě). Nebude proto na škodu shrnout aktuální stav a složení superskupin, i když je jasné, že jen velmi stručně. Více informací lze získat ve volně dostupném článku kanadského biologa Siny M. Adla a početného okruhu jeho spolupracovníků (2019; k proměněným systematickým eukaryot také Živa 2016, 1: 27–30).

● Superskupina Obazoa dostala jméno podle prvních písmen linií, které zahrnuje, což je především velká skupina Opisthokonta, kam patří živočichové, houby a jejich druhově mnohem chudší příbuzní. Z nich nejznámější jsou Microsporidia (hmyzomorky; na obr. 1 jsou součástí větve Opisthosporidia) a Choanoflagellata (trubénky). To, že jsou houby mnohem příbuznější živočichům než rostlinám, do nichž byly po tisíciletí řazeny, je jeden z povedených žertů matky přírody. Zvláště díky tomu, že byla skupina Opisthokonta pojmenována a téměř se s ní nesetkáme, je opistokontie – bičík vybíhající ze zadní části buňky. Zbylé dvě linie obazoi, Breviatea a Apusomonadida, jsou zdánlivě



1 Přehled hlavních evolučních linií eukaryot. Neprotistní linie jsou podtrženy, superskupiny vyznačeny barevně. Uvedeny jsou i taxony nadřazené superskupinám – Diaphoretickes, Amorphea, Opimoda a Diphoda. Orig. I. Čepička

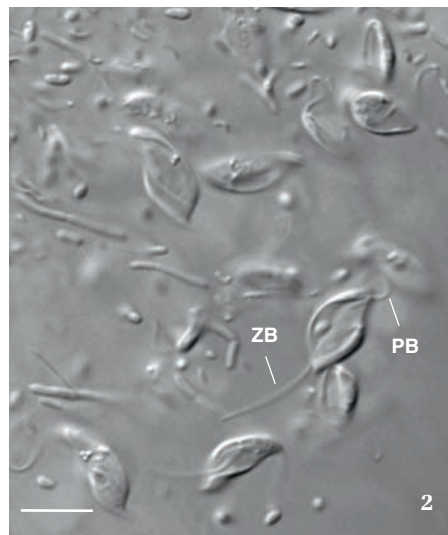
2 Skupina buněk exkavátního bičíkovce *Veludella trypanoides* (Excavata: Discoba: Jakobida). Na buňkách lze dobře vidět podélné exkavátní rýhy. U jedné buňky je označen přední (PB) a zpětný bičík (ZB), oba vycházejí z přední části buňky. Exkavátní rýha je orientována z ventrálního pohledu (tedy vidíme přímo do ní), prochází jí proximální část předního bičíku a obsahuje ulovenou bakterii. Malé protáhlé tyčky na snímku jsou prokaryotické buňky. Diferenciální interferenční kontrast. Měřítko 10 μm. Foto T. Pánek

bezvýznamní bičíkovci (skutečnost je však jiná, viz dále). Obazoím je příbuzná superskupina Amoebozoa, která, jak už název naznačuje, zahrnuje především měňavky a měňavkovité bičíkovce. Patří sem ale i většina hlenek, z nichž některé jsou mnohobuněčné. Název nově (2018) rozeznané superskupiny CRuMs je hříčka – velká písmena reprezentují obsažené skupiny a zároveň crum je zastaralá forma slova crumb, drobek. Jde o narážku na to, že sem patří jen málo organismů – několik bičíkovců a měňavek, o nichž mnoho nevíme (*Mantamonas* skutečně trochu připomíná mantu).

● Archaeplastida (nebo také Plantae, tento název je však matoucí) je zásadní řasovo-rostlinná superskupina, jejíž zástupci mají primární plastidy vzniklé ze sinic. Obsahuje především Rhodophyta (ruduchy) a Viridiplantae (= Chlorobiota, zelené řasy a rostliny) s jejich hlavní linií Embryophyta, vyšší rostliny (podrobněji v Živě 2016, 6: 70–75). Jen pro úplnost, aby rostliny nezůstaly pozadu za živočichy a houby – výše zmíněných 6 větví Viridi-

plantae jiných než vyšší rostliny by bylo reprezentováno liniemi (od nejbližších příbuzných vyšších rostlin k těm méně příbuzným), Žygnematophyceae (spájkivky, 4 000 popsáných druhů), Coleochaetophyceae (37 druhů), Charophyceae (parožnatky, 700 druhů), Klebsormidiophyceae (40 druhů), Chlorokybophyceae/Mesostigmatophyceae (tyto dvě skupiny by sdílely jednu větev, obě mají pouze jeden druh) a konečně Chlorophyta (7 000 druhů). Samostatnou linií Viridiplantae je malá skupina řas Glaucophyta. Objev poslední linie, Rhodelphidia, byl publikován v časopise Nature přesně čtyři dny před odevzdáním rukopisu tohoto článku. Patří sem heterotrofní bičíkovci živící se jinými eukaryoty, což je jev v Archaeplastida jinak nevídaný.

● Následující tři superskupiny jsou pohrobci původní superskupiny (historicky i říše) Chromalveolata (také Chromista; více v Živě 2016, 6: 299–301 a CXXXIII až CXXXVI). Koncept chromist byl velmi elegantní teorií, která skoro dokonale vysvětlila původ a evoluci komplexních



„červených“ (z ruduch vzniklých) plastidů většiny skupin řas. Bohužel se ukázalo, že tato hypotéza nejspíše neplatí a bývalá chromalveoláta se rozpadla do několika superskupin. První z nich, Cryptista, obsahuje především řasovou linii Cryptomonadida (skrytěnky). Tato superskupina je velmi znepokojující – zdá se totiž, že má něco společného se skupinou Archaeplastida, nebo je to dokonce její vnitřní skupina, což právě zničilo koncept chromalveolát. Superskupina Haptista zahrnuje dva zcela rozdílné typy protist, řasy skupiny Haptophyta a část slunivek – Centrohelida. Zřejmě sem patří také enigmatické rapheomonády, linie protist zatím známá pouze z environmentálního sekvenování DNA (viz dále v textu). Superskupina Sar (dříve používalo jako zkratka, dnes již jméno) obsahuje většinu druhů protist a je značně diverzifikovaná. Do Stramenopiles patří mnoho důležitých řasových skupin, např. Bacillariophyceae (rozsivky), Chrysiophyceae (zlativky) a Phaeophyceae (chaluhy), ale i řada heterotrofních linií, z nichž asi nejznámější jsou Oomycota (řasovky) a Opalinata (opalinky a jejich příbuzní). Alveolata zase zahrnují významné skupiny Ciliophora (nálevníci), Apicomplexa (výtrusovci) a řasy Dinoflagellata (obrněnky). A konečně Rhizaria je největší skupinou měňavkovitých organismů a patří sem třeba Foraminifera (dírkonošci), Radiolaria (mrřížovci), Euglyphida (část krytenek; zbytek náleží do amoebozoí) a několik druhů řas. Poslední standardní superskupinou jsou Excavata. Dosud si nejsme jisti, zda jsou si její dvě hlavní linie, Metamonada a Discoba, skutečně příbuzné. Patří sem různí bičíkovci a měňavky včetně významných parazitů, a také po jedné skupině hlenek a řas (Euglenoidea, krásnoočka). Superskupina získala název díky exkavátní morfologii některých svých zástupců, o které ještě bude řeč. Zbývá několik druhově chudých linií eukaryot, z nichž pouze Hemimastigophora byla (letos) prohlášena superskupinou. Důležitá je skupina Malawimonadida. Morfologicky by měla zcela jasně patřit mezi Excavata, zdá se ale, že se odvíjí v blízkosti obazoí a amoebozoí, což má závažné důsledky pro pochopení rané eukaryotické evoluce.

LECA jako protist a jeho dědictví u současných eukaryot

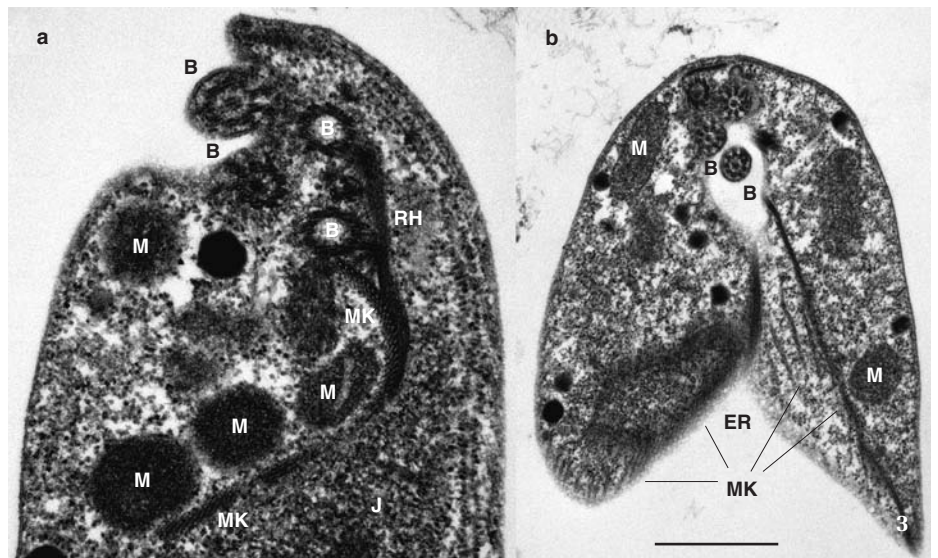
Málokdo pochybuje, že složité eukaryotické buňky vznikly z jednoduchých prokaryotických buněk, i když je možné představit si opak nebo i různé složitější scénáře. Díky nedávnému objevu (Spang a kol. 2015) prokaryotické skupiny Asgard s velkou mírou jistoty víme, že Eukaryota tvoří vnitřní skupinu archeí a že donedávna univerzálně přijímaný koncept tří domén buněčného života (Bacteria–Archaea–Eukaryota) neplatí (bližve v článku na str. 216–219). Eukaryogeneze (vznik eukaryotické buňky) znamenala zásadní novinku v evoluci života, stejně jako např. vznik buněk jako takových nebo vznik mnohobuněčnosti a eusociality. Kdy k ní došlo, jak dlouho trvala a kolik různých prokaryotických buněk se jí účastnilo, na to neexistuje v současnosti jednotný názor a jde o velké nevyřešené problémy současné biologie. Stejně tak nepanuje

shoda, jak vypadal první eukaryotický organismus a zda již měl mitochondrie. Ale o tom, co se dělo později, máme docela jasnou představu.

Protože známé eukaryotické organismy tvoří monofyletickou skupinu, měly by mít posledního společného předka. Tento hypotetický organismus se nazývá LECA (Last Eukaryotic Common Ancestor) a jeho rozrůzněním na samostatné evoluční linie (třeba Opimoda a Diphoda, viz obr. 1) došlo k první radiaci eukaryot. To se událo přibližně před 1,5 miliardou let (míra nejistoty dopředu i zpět v čase je však skoro půl miliardy let; Betts a kol. 2018). Je důležité si uvědomit, že LECA nebyl v žádném případě prvním eukaryotem. Nevíme, kolik času uplynulo od eukaryogeneze, ale je velmi pravděpodobné, že v jeho době existovala na Zemi společnost eukaryot, diverzitou možná srovnatelná se soudobými společenstvy protist. Všechny evoluční linie eukaryot kromě potomků LECA však vymřely nebo dosud nebyly objeveny.

LECA byl nejspíše jednobuněčný protist, což nikoho nepřekvapí. Kdo si ho ale představuje jako nějakou malou kuličku, která toho ještě moc neuměla a sotva přežívala, je na omylu. LECA již měl všechny „vymoženosti“ současných eukaryotických buněk, např. bohatý cytoskelet včetně bičíků a děličního vřeténka, endomembránový systém (jádro, Golgiho aparát, endoplazmatické retikulum, peroxizomy aj.), schopnost fagocytózy, mitózu, meiózu, syngamii (splývání gamet) apod. Také již měl semi-autonomní orgány, konkrétně mitochondrie. Srovnávací analýza napříč diverzitou eukaryot ukázala, že LECA používal složitý systém mikrotubulárního cytoskeletu (Yubuki a Leander 2013), který se, a to bylo překvapivé, nápadně podobal cytoskeletu některých exkavát a malawimonád. Jinými slovy, pravděpodobně měl exkavátní morfologii (obr. 2). Pro ni je charakteristická podélná rýha na těle buňky, kudy probíhá zpětný bičík. Ten svým pohybem vytváří proud vody, který strhává potravu (bakterie) do buněčných úst umístěných v zadní části rýhy. Exkavátní rýha nadržuje tvar sama od sebe, je podložena typickými mikrotubulárními útvary („kořeny“, obr. 3).

U většiny eukaryot už exkavátní rýha zmizela, patrně v souvislosti se změnou stravovacích návyků. Stalo se tak paradoxně i u naproste většiny zástupců superskupiny Excavata, která se podle rýhy jmenuje. Současné exkavátní organismy tvoří několik izolovaných a druhově chudých linií patřících do Malawimonadida, Discoba a Metamonada. Zdá se, že přes své všeobecné rozšíření jsou v přírodě málo početné. Představují cennou ukázkou, jak vypadala eukaryota před více než miliardou let. Jako dědičtí po exkavátních předcích si řada evolučních linií eukaryot zachovala mikrotubulární kořeny, které dříve podpíraly exkavátní rýhu. Nadále slouží k ukotvení bičíkového aparátu do buňky, účastní se vezikulárního transportu a fagocytózy a někdy vyztužují povrch buňky. Tyto kořeny byly ztraceny u většiny měňavkovitých organismů a také u celé skupiny Opisthokonta – ztráta nesouvisí s mnohobuněčností, ale spíše s radikální



přestavbou bičíkového aparátu při přechodu na opisthokontii. Právě proto jsou skupiny Apusomonadida a Breviatea důležité – jsou blízkými příbuznými opisthokont, na rozdíl od nich (od nás) však mají standardní buňku s předními bičíky a zachovanými mikrotubulárními kořeny.

Kolik je druhů protistů?

Aby bylo možné zabývat se počtem druhů protist, je potřeba si vyjasnit, zda má u nich vůbec smysl o kategorii druhu uvažovat a jak ji definovat. Jak bylo zmíněno, LECA již byl schopen pohlavního rozmnožování. Protista jsou tedy primárně sexuální organismy, stejně jako rostliny, živočichové a houby. Protože však mají velmi často mikroskopické rozměry, dokážou se dlouhou dobu rozmnožovat nepohlavně a jejich životní cykly nejsou dostatečně prozkoumány. Není překvapivé, že u mnoha z nich dosud nebyl pohlavní cyklus pozorován. V dřívějších dobách se soudilo, že řada protistních linií pohlavní proces ztratila nebo ho ani nikdy neměla. Když se však tato potenciálně asexuální protista začala zkoumat pomocí genomických a populačně genetických metod, obvykle se zjistilo, že u nich dochází ke genetické rekombinaci, což bývá u eukaryot považováno za dobrý doklad sexuality.

S ohledem na skutečnost, že většina protistů je velmi pravděpodobně sexuální (z prostorových důvodů se zde nebudeme zabývat výjimkami), lze na ně aplikovat koncept biologického druhu (biospecies). Obecně se tedy můžeme k druhům protistů chovat stejně jako k druhům živočichů, rostlin a hub – u prokaryot takové štěstí nemáme. V praxi je ovšem důsledná aplikace biospecies u většiny linií protistů nereálná. Možnost křížení různých genetických linií se tradičně zkoumá u několika snadno kultivovatelných skupin s dobře zdokumentovaným pohlavním cyklem, jako jsou nálevníci, rozsivky, krásivky nebo volvkální řasy. Tyto pokusy s křížením vedly např. v 70. letech 20. století k rozdělení nálevníků druhu *Paramecium aurelia* (trepka luční) na 15 samostatných, dodnes uznávaných druhů. Jmenují se *P. primaurelia*, *P. biaurelia*, *P. triaurelia* atd., jsou morfologicky nerozlišitelné a často žijí sympatricky (na stejném místě). Nejsou však schopny se mezi sebou křížit, a pokud

3 Podélný (obr. a) a příčný (b) průřez přední částí buňky bičíkovce *Pseudoharpagon pertyi* (Excavata: Discoba: Heterolobosea) s částečně zachovanou exkavátní morfologií. Jediný mikrotubulární kořen (MK), rozdělený na několik částí, u skupiny Heterolobosea podpírá celou exkavátní rýhu (ER). M – anaerobní mitochondrie, J – jádro, B – příčné průřezy různých částí bičíků, RH – cytoskeletární struktura rhizoplast. Transmisní elektronová mikroskopie. Měřítko 500 nm (pro obr. a) a 1 μm (pro obr. b). Foto T. Pánek

4 Příklady nálevníků skupiny Metopida – *Tropidoatractus ariella* (a), *Palmarella salina* (b), *T. acuminatus* (c), *Brachonella contorta* (d), *Urostomides bacillatus* (e), *Idiometopus turbo* (f) a *Metopus nasutus* (g).

Skenovací elektronová mikroskopie. Měřítko 25 μm (a, c–g), 10 μm (b). Snímky: J. Rotterová a W. Bourland

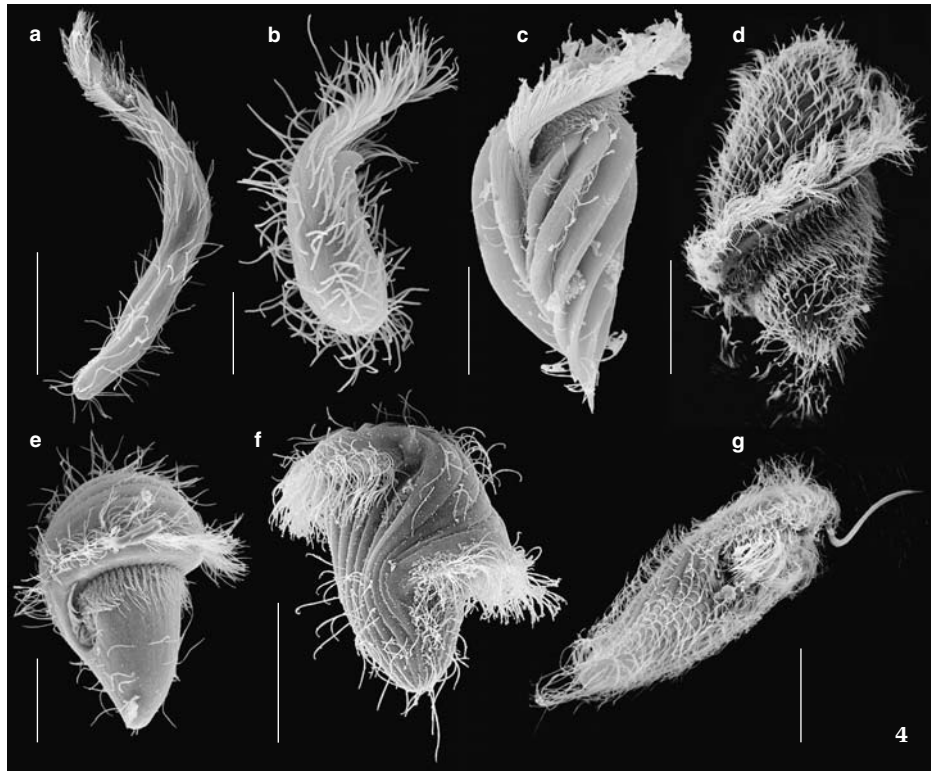
ano, vznikají až na výjimky sterilní hybridy. Efektivnější než hybridizační pokusy je nepřímé odhalení omezeného genového toku mezi populacemi (druhy) s využitím metod populační genetiky. I v tomto případě se však výzkum omezuje na relativně malý počet protistních linií.

V současnosti se pro stanovení hranice mezi jednotlivými druhy protistů nejčastěji používá kombinace morfologické a molekulární charakterizace (typicky pomocí sekvence určitého genu nebo několika genů). V některých skupinách protistů se setkáme se složitými těly (ať už jednobuněčnými, nebo mnohobuněčnými), na kterých se dá nalézt, změřit a porovnat mnoho znaků (ke slovu se dostává i geometrická morfologie) – v takových případech má při odlišení druhů hlavní slovo morfologie. Typickým příkladem jednobuněčných protistů s výraznou morfologií jsou dírkonošci nebo nálevníci, u nichž i geneticky velmi podobné druhy mohou mít výrazně odlišný vzhled (obr. 4). V mnohých jiných protistních skupinách sice nemusejí být rozdíly patrné na první pohled, ale kdo hledá, najde, obzvláště pokud už předem ví, že zkoumané organismy se nápadně liší geneticky. Jsou však i druhově bohaté protistní skupiny s malými

a tvarově jednoduchými buňkami bez výrazných morfologických znaků – jako příklad lze uvést kinetoplastidy (Discoba: Euglenozoa: Kinetoplastea), mikrosporidie (Obazoa: Opisthosporidia; viz např. Živa 2017, 5: 257–261) nebo kokální zelené řasy z třídy Trebouxiophyceae (Viridiplantae: Chlorophyta). V takových skupinách hraje pro určení druhových hranic zásadní roli genetická variabilita.

Stejně jako botanici, zoologové a mykologové, i protistologové se musejí potýkat s existencí kryptické diverzity, kdy morfologicky dobře definovaný druh je natolik geneticky variabilní, že se vši pravděpodobnosti ve skutečnosti jde o komplex několika (i mnoha) biologických druhů. Sice se zdají být morfologicky identické (i když nějaké drobné rozdíly se mezi nimi nakonec často najdou), ale mohou se lišit ekologicky – nároky na teplotu a pH, v případě parazitických druhů hostitelem apod. Na příkladu komplexu trepky luční je však vidět, že někdy jsme schopni kryptické druhy rozlišit skutečně jen geneticky. Kryptické druhy byly doloženy v mnoha protistních liniích a jejich existence samozřejmě zásadně ovlivňuje odhadu druhové diverzity. Problém je, že většinou nemáme jasno, kde vlastně leží hranice vnitrodruhové a mezidruhové genetické variability, což v některých případech vede ke zbytečným popisům druhů („splitterství“) a nadhodnocení diverzity. Příkladem jsou améboflageláti rodu *Naegleria* (Discoba: Heterolobosea). Kromě známého druhu *N. fowleri*, který může u člověka vyvolat smrtelné onemocnění mozku, byla popsána řada dalších druhů, které se podle morfologie cyst sdružují do několika skupin. V rámci těchto skupin jsou jednotlivé druhy morfologicky identické, ale bylo doloženo, že mezi nimi existují poměrně velké genetické rozdíly. Až potud je všechno v pořádku. Problém spočívá v tom, že koncept druhu u naeglerií a příbuzných rodů erodoval natolik, že nakonec stačilo, když se nově izolovaný organismus lišil od již známých druhů jedinou záměnou v oblasti ITS2 (krátká část jaderného genomu mezi dvěma geny kódujícími molekuly ribozomální RNA, konkrétně 5.8S a 28S rRNA). Jednoduše se přestalo počítat s tím, že by v ITS2 mohla u naeglerií být nějaká vnitrodruhová variabilita.

Zatímco na úrovni hlubokých evolučních linií vždy protista naprostou většinu diverzity eukaryot, s počtem známých druhů to už tak slavné není. Dosud bylo popsáno přibližně 80 tisíc platných druhů protist (Pawlowski a kol. 2012). To je mnohem méně než počet známých druhů živočichů nebo rostlin (vlastně to přibližně odpovídá počtu známých druhů brouků nosatců – Curculionidae), ale ne už o tolik méně než druhů hub. Nepoměr je částečně způsoben tím, že protistologů je o několik řádů méně než botaniků nebo zoologů (mykologů také není v porovnání s botaniky a zoologů zrovna mnoho). Jak je to tedy doopravdy? Jsou protista skutečně méně diverzifikovaná než rostliny a živočichové? V současné době na tuto otázku neznáme uspokojivou odpověď, ale máme jasné indicie, že popsané druhy představují jen titěrný zlomek celkové diverzity protist.



S obrovskými počty v odhadech nepopsané diverzity přicházejí tradičně parazitologové. Vycházejí z jednoduchého předpokladu, že někteří široce rozšíření paraziti hmyzu, typicky gregariny (Sar: Alveolata: Apicomplexa), jsou schopni parazitovat výhradně v jednom druhu hostitele, přičemž v jednom druhu hmyzu často parazituje několik druhů gregarin. A dosavadní výsledky jim dávají za pravdu (blíže na str. 264–266). Pokud by skutečně platilo, že každý nebo skoro každý druh hmyzu má „svou“ gregarinu, nebo dokonce několik, staly by se gregariny rázem druhově bohatě přinejmenším jako hmyz. A hmyzu je, jak známo, zdaleka nejvíc.

Výzkum biodiverzity protist je postaven na třech typech metod. Nejstarší by se dala nazvat „protistika“ podle vzoru faunistika a floristika. Jde o zjišťování aktuální diverzity protist v určitém vzorku na základě mikroskopického pozorování. Pozorování a chytání jednotlivých buněk protist prožívá v současnosti renesanci, zejména v souvislosti s rozvojem „single-cell“ přístupů – single-cell genomikou, transkriptomikou a proteomikou (např. Živa 2016, 2: 61–63). Druhou základní metodu, kterou protista sdílí s prokaryoty, představuje kultivační přístup, kdy nás nezajímá, co ve vzorku aktuálně je, ale co z něho můžeme získat v laboratoři. Je samozřejmě, že nám „uteče“ většina druhů protist, ale na druhou stranu je slušná šance, že tímto způsobem odhalíme část druhů, které bychom při mikroskopickém pozorování přehlédli, protože jsou v našem vzorku příliš málo početné nebo právě schované v cystách. Kromě toho jedině díky kultivačnímu přístupu máme dlouhodobě k dispozici živá protista.

Třetí základní metodou je environmentální sekvenování. S rozvojem technik sekvenace DNA dnes není problém získat ze vzorku půdy, vody nebo obsahu střeva statisíce sekvencí předem vybraného genu.

To by mělo teoreticky stačit na detekci celkové genetické diverzity vybrané skupiny organismů ve studovaném vzorku (má to ale svá omezení, zejména u eukaryot). Nejčastěji se pro tyto účely používá jaderný gen kódující molekulu RNA v malé podjednotce ribozomu (SSU rRNA, 18S rRNA), u řas také plastidový gen kódující velkou podjednotku enzymu ribulóza-1,5-bisfosfát karboxylázy/oxygenázy (Rubisco) zapojeného ve fotosyntéze a fotorespiraci. Značnou nevýhodou environmentálního sekvenování je, že neposkytuje žádnou informaci, jak identifikované organismy vypadají a jak žijí. Na druhou stranu právě díky němu byly objeveny některé hluboké evoluční linie, o jejichž existenci neměl nikdo ani tušení, jako výše zmíněné „rappemonády“ nebo různé environmentální linie heterotrofních stramenopil. Na druhové úrovni nabízí environmentální sekvenování velmi silný nástroj. Výmluvný je případ diplomem. Diplonemea představují málo známou skupinu bičíkovců patřící do euglenozoi (a tím i do Discoba). Donedávna bylo známo asi jen 10 druhů Diplonemea a tato skupina byla v přehledech protist uváděna spíše jen do počtu. Environmentální sekvenování mnoha set vzorků mořské vody a analýza více než miliardy získaných sekvencí však přinesly šokující zjištění, že v hloubkách 200 až 1 000 m jsou diplomemidi neuvěřitelně diverzifikovaní – pravděpodobně jich tam žije na 50 tisíc druhů (Flegontova a kol. 2016, blíže Živa 2017, 3: 118–120)! Zbývá všechny tyto druhy pochytat a popsat. I když u ostatních skupin protist k takto dramatickému skoku nedošlo, je jisté, že v objevení jejich diverzity jsme stále na začátku.

Seznam použité literatury uveden na webové stránce Živy.