

MODERNÍ POHLED NA VYŠŠÍ SYSTEMATIKU EUKARYOT

(učební text pro žáky středních škol)

Tomáš Macháček, Vladimír Hampl, Kateřina Mikešová



živa

OBSAH

Úvod	3
Třídění organismů	4
Doména Eukaryota	8
Moderní pohled na vyšší systematiku eukaryot.....	8
Autorské řešení úloh	12
Třídění organismů	12
Doména Eukaryota	12

ÚVOD

I když by se mohlo zdát, že je systematika již dávno mrtvá věda, kterou se zabývá jen pár badatelů v muzejních sbírkách, opak je pravdou. Biologická systematika si v posledních desetiletích osvojila kromě zavedených morfologických a anatomických metod přístupy využívající pokročilé mikroskopické techniky či moderní přístupy založené na srovnávání pořadí nukleotidů v nukleových kyselinách či aminokyselin v proteinech studovaných organismů. Systematikům jsou také dostupné stále se zvětšující soubory těchto dat, jež umožňují testovat nové hypotézy o příbuznosti organismů.

Velmi zajímavou skupinou, která zásadním způsobem zamíchala kartami eukaryotické systematiky, jsou jednobuněčná eukaryota. Tyto organismy, dříve označované např. jako „nižší rostliny“, „nižší živočichové“ či „prvoci“, tvoří nezanedbatelnou část eukaryotické druhové diverzity. V současné době se uvádí, že jich je popsáno něco přes 200 tisíc druhů, což však představuje jen 10 až 15 % jejich odhadované celkové druhové rozmanitosti. Najdeme mezi nimi nepostradatelné primární producenty, ale i smrtelně nebezpečné parazity člověka.

Biologická systematika je věda, jejímž úkolem je pojmenovat, popsat a utřídit biologickou rozmanitost. Tento text by vám měl nejprve pomoci pochopit, jak tato věda funguje, a následně vás provést problematikou současné klasifikace eukaryot, která se poněkud liší od schémat uváděných v běžně dostupných učebnicích středoškolské biologie. Klíčové pojmy jednotlivých kapitol jsou zvýrazněny tučně a pasáže, které považujeme za rozšiřující, jsou po straně označeny vlnovkou. Zajímavosti či doplňující informace jsme zařadili jako poznámky pod čarou.

Přejeme vám, ať vás poznávání rozmanitosti eukaryot a jejich významu pro člověka neomrzí!

Autoři

TŘÍDĚNÍ ORGANISMŮ

Již od pradávna měli lidé potřebu uspořádat a pojmenovávat svět kolem sebe, přírodu nevyjímaje, aby se v něm mohli lépe orientovat¹. Vědecká disciplína, která se zabývá pojmenováváním, popisem a tříděním (klasifikací) organismů a jejich diverzity, se souhrnně nazývá **systematická biologie** a má několik dílčích oborů. Úkolem **taxonomie** je určení a popis organismů a jejich správné zařazení do systému. Pravidla pro pojmenovávání organismů stanovuje **nomenklatura**, jež zaručuje jednoznačnost a správnost tvoření a používání vědeckých jmen. O rekonstrukci historického vývoje jednotlivých linií organismů a rozpoznání jejich vzájemných příbuzenských vztahů se snaží **fylogenetika**.

BIOLOGICKÁ SYSTEMATIKA		
TAXONOMIE = určení, popis a zařazení organismů	NOMENKLATURA = pravidla pro pojmenovávání organismů	FYLOGENETIKA = historický vývoj a vztahy organismů

Historicky první pokusy o klasifikaci organismů můžeme najít u řeckého učenice **Aristotela** (384–322). Ten ve své knize *Historia animalium* navrhl první zoologický systém, jež živočichy členil podle toho, zda mají, či nemají krev². Aristotelovy myšlenky přetrvaly staletí a jeho spisy byly respektovány až do období renesance. Tehdy se díky výpravám badatelů mimo evropský kontinent a celkově díky zvyšujícímu se zájmu lidí o přírodní vědy, včetně biologie, začaly objevovat popisy zcela nových druhů rostlin a zvířat. Vznikaly první vědecké sbírky a herbáře, zpravidla ovšem bez zjevného taxonomického uspořádání.

Významnou osobností, která se zasadila o rozvoj systematické biologie, byl švédský přírodovědec **Carl Linné** (1707–1770). V jeho spisech o systému rostlin³ (*Species plantarum*, 1753) a celkovém třídění přírody (*Systema naturae*, 1758) totiž najdeme **základy binomické nomenklatury**. Podle ní má každý organismus přiřazeno dvouslovné označení sestávající se z rodového a druhového jména, toto pravidlo zůstalo platné dodnes. Linné také jako první zavádí základní **taxonomické kategorie** (říše, třída, řád, rod, druh), do nichž všechny popisované organismy umísťuje.

Historické a evoluční hledisko do systematické biologie vnesl britský přírodovědec **Charles Darwin** (1809–1882). Ten ve své knize *O původu druhů* (1859) představil myšlenku, že příbuznost (a tedy i částečná podobnost) nyní žijících organismů může být vysvětlena tím, že se vyvinuly ze společného předka žijícího v minulosti. Tuto skutečnost dokonce znázornil jednoduchým „stromem života“.

¹ Na přirozený pud člověka pojmenovávat věci kolem něj poukazuje i biblická kniha Genesis (kap. 2, verš 19–20): Když vytvořil Hospodin Bůh ze země všechnu polní zvěř a všechno nebeské ptactvo, přivedl je k člověku, aby viděl, jak je nazve. Každý živý tvor se měl jmenovat podle toho, jak jej nazve. Člověk tedy pojmenoval všechna zvířata a nebeské ptactvo i všechnu polní zvěř.

² Skupina živočichů bez krve se nazývala *Enaima*, ty s krví pojmenoval Aristoteles jako *Anaima*. Jeho rozdělení prakticky kopíruje rozlišení mezi bezobratlé a obratlovce.

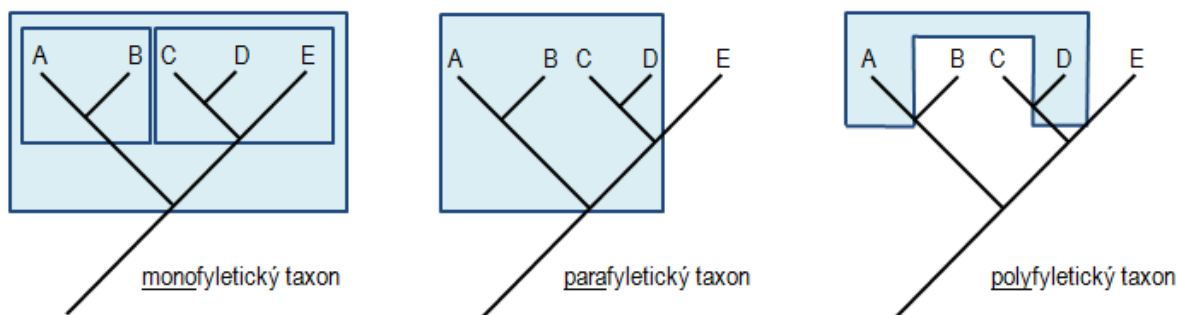
³ Linného botanický systém je založený na třídění rostlin podle počtu, rozložení či srůstání pohlavních orgánů v květu. V prvním vydání knihy popsal necelých 6 tisíc druhů rostlin a jejich celkový počet odhadoval na 10 tisíc.

Ve 20. století na principech klasické linnéovské systematiky a Darwinova evolučního pohledu na věc postupně vznikla **fylogenetická systematika**, zkráceně fylogenetika⁴. Jejím hlavním cílem je odhalit příbuzenské vztahy mezi jednotlivými organismy a skupinami organismů a utřídit je tak, aby takto vzniklé třídění odpovídalo jejich historickému vývoji⁵. Grafickým vyjádřením výsledků fylogenetických studií bývá **fylogenetický strom**.

Základní jednotka, s níž fylogenetici pracují, je **taxon**, tj. skupina organismů, které sdílejí určité **znaky** (morfologické, anatomické, fyziologické, molekulárně biologické aj.) a liší se jimi od organismů jiných. Taxonům bývají obvykle přiřazovány taxonomické kategorie z Linnéova systému – např. taxon *savci* je považovaný za třídu, taxon mechorosty za oddělení. V dnešní době se však od přiřazování taxonomických kategorií každému taxonu spíše ustupuje, obzvlášť u taxonů vyšších úrovní. Jde totiž o umělý proces, který je závislý na subjektivní úvaze badatele.

Fylogenetici rozeznávají tři typy taxonů (viz obrázek). **Monofyletický taxon** je takový, který zahrnuje kompletní fylogenetickou linii, tzn. společného předka a všechny jeho potomky. Tyto taxony jsou uznávané a vhodné pro systematiku. Za monofyletickou skupinu se považují kupříkladu všichni mnohobuněční živočichové. **Parafyletický taxon** obsahuje společného předka, ale ne všechny jeho potomky. Parafyletická by byla například skupina bezobratlých živočichů. Definici splňují také plazi, kteří tradičně nezahrnují skupinu ptáků, ačkoliv jsou ptáci jejich přímými potomky. Jako **polyfyletický taxon** označujeme takovou skupinu, která sdružuje organismy nepříbuzné, bez společného předka a všech potomků. Příkladem mohou být například „červi“, mezi něž bychom zařadili zcela nepříbuzné skupiny živočichů: ploštěnce, hlístice a kroužkovce, a to na základě zdánlivé podobnosti jejich těla.

TYPY TAXONŮ
MONOFYLETICKÝ = společný předek a všichni potomci
PARAFYLETICKÝ = společný předek, <u>ne</u> všichni potomci
POLYFYLETICKÝ = sběrná skupina nepříbuzných linií



⁴ Objevuje se též název **kladistika**. Za zakladatele je považován německý biolog Willi Hennig (1913–1976).

⁵ Historický vývoj určitého organismu, příp. skupiny organismů označujeme pojmem **fylogeneze** (např. fylogeneze dvouděložných rostlin). Naproti tomu termín **ontogeneze** označuje proces individuálního vývoje daného jedince (např. vývoj jabloně od semene po vzrostlý plodící strom).

Biologická systematika je **jednotící věda**, která organizuje rozmanitost (diverzitu) organismů do skupin, se kterými je možné dále pracovat. Je proto nezbytným předpokladem pro komunikaci mezi vědci i laiky. Nashromážděné informace o jednotlivých skupinách a možnost určovat jejich zástupce nám dovolují sledovat změny ve složení přírodních společenstev, jejich vývoj a vliv člověka na ně. Toho je možné využít například v ochraně přírody nebo v boji se škůdci či parazity. Na základě podobnosti mezi příslušníky jednoho taxonu jsou také biologové schopni odhadovat či předvídat vlastnosti nově objevených organismů, včetně nebezpečných virů a bakterií.

Fylogenetika přispěla mimo jiné k vyřešení klíčové otázky, na jaké nejvyšší skupiny je možné rozčlenit živé organismy (nepočítaje viry). Již na konci 70. let 20. století ukázaly fylogenetické analýzy založené na zkoumání podobností a odlišností určitých typů nukleových kyselin, že se organismy na Zemi rozpadají na tři hlavní linie, tzv. **domény života**: Bacteria, Archaea, Eukarya. Jednotlivé domény se mezi sebou liší například vnitřním uspořádáním buněk, organizací genetické informace a mechanismem její exprese.

OTÁZKY A ÚKOLY:

1. Binomická nomenklatura stanovuje, že se názvy organismů sestávají ze dvou slov: rodového a druhového jména. Toto dvouslovné označení je u běžných organismů zpravidla používané i v češtině, nicméně pro všechny organismy musí nutně existovat především jeho latinská varianta. Proč tomu tak je, jaký mají latinské názvy organismů význam?
2. S tříděním a uchováním informací o systematice organismů nám pomáhají nejrůznější databáze, z nichž velká část je dnes dostupná on-line. Asi nejpopulárnější českou databází dostupnou široké veřejnosti je portál www.BioLib.cz. V uvedené databázi vyhledejte následující organismy a doplňte do následující tabulky chybějící údaje.

Organismus	Čeleď	Řád	Třída	Kmen/oddělení ⁶
Štítovka hlížečkatá (<i>Pluteus semibulbosus</i>)				×
Talovín zimní (<i>Eranthis hyemalis</i>)				
Paka nížinná (<i>Cuniculus paca</i>)				

⁶ Kategorie *kmen* se používá v zoologickém systému, kategorie *oddělení* v botanickém systému.

3. Latinské názvy organismů mohou kromě rodového a druhového jména obsahovat ještě další informace. Zjistěte s pomocí literatury či na internetu, jaký organismus nese vědecké jméno *Parus major* Linnaeus, 1758 a jakou informaci nám o něm poskytuje podržená část názvu.
4. Znalost latinských názvů organismů je nezbytná pro vědce, nicméně i nebiologům může být občas prospěšná. Může nám například poodhalit původ triviálních chemických názvů některých látek získávaných z přírodních zdrojů. Pokuste se s využitím literatury či internetu vypátrat, z jakých organismů se získávají tyto látky a jaký mají význam pro člověka:

Název látky	Latinský název organismu	Český název organismu	Význam, využití
Amanitin			
Hirudin			
Kolchicin			
Nikotin			
Penicilin			

DOMÉNA EUKARYOTA

Třetí doménu života na Zemi reprezentují **organismy s eukaryotickým typem buňky**, tzv. eukaryota. Mezi jejich hlavní znaky, které je odlišují od zbylých dvou domén (Bacteria, Archaea) s prokaryotickým typem buňky, patří:

- membránou obalené jádro obsahující genetickou informaci v podobě lineárních chromozomů,
- způsob uspořádání genetické informace a odlišnosti v mechanismu její exprese,
- přítomnost membránami obalených organel obvykle s vlastní genetickou informací (mitochondrie a plastidy).

S eukaryotickými organismy se člověk setkával od nepaměti. Jeho pozornost poutaly především rostliny a živočichové, z nichž mohl mít přímý užitek (zemědělské plodiny a hospodářská zvířata). Nový pohled na svět eukaryot se lidstvu začal otevírat v 17. století, kdy vznikly první mikroskopy. Díky nim badatelé objevili nejrůznější jednobuněčné organismy, mezi nimi i eukaryotické „prvky“.

Tradiční linnéovská klasifikace (18. století) dělila eukaryota na dvě říše, rostlinnou a živočišnou. Klíčovým rozlišovacím znakem byl tedy způsob výživy a možnosti pohybu (**fotoautotrofní nepohyblivé rostliny** × **heterotrofní pohybliví živočichové**). Už v 19. století se objevila myšlenka vyčlenit do samostatné říše „prvky“ pro jejich zřejmou odlišnost (minimálně ve velikosti a uspořádání jejich „těla“) od rostlin a živočichů. Rozřešení problému s jejich umístěním do stromu života však muselo počkat až do začátku 21. století. Poměrně dlouho také trvalo, než byly z říše rostlin vyňaty **houby** a byly ustanoveny jako samostatná skupina – došlo k tomu až v roce 1969!

Významnou osobností, která se zasloužila o posun ve výzkumu systematiky eukaryot, je britský evoluční biolog **Thomas Cavalier-Smith** (*1942). Z jeho přínosů jmenujme především popis nové říše, kterou v roce 1981 nazval **Chromista**. Zařadil do ní hlavně hnědé řasy, které měly fotosyntetické pigmenty lišící se od řas zelených a také jiný typ chloroplastů. Později k nim přidal i několik dalších taxonů původně náležících mezi „prvky“, vedly ho k tomu podobnosti ve vnitřním uspořádání (ultrastruktuře) jejich buněk.

Systém Cavaliera-Smithe, převzatý mnoha současnými učebnicemi středoškolské biologie, člení živé organismy na šest základních říší: **bakterie** (Bacteria), **prvoci** (Protozoa), **chromista** (Chromista), **rostliny** (Plantae), **houby** (Fungi), **živočichové** (Animalia). Zajímavé je, že tento Cavalier-Smithův systém neuznává pojetí tří domén života, skupinu Archaea totiž považuje za součást domény Bacteria. Stejně tak v rámci eukaryot shrnuje organismy nespádající mezi rostliny, houby, živočichy ani chromista do „sběrné“ říše Protozoa, která proto netvoří monofyletický taxon. Nespornou výhodou systému je jeho přehlednost a srozumitelnost, která však ne vždy odpovídá skutečným vztahům mezi organismy.

Moderní pohled na vyšší systematiku eukaryot

V dnešní době se metody moderní fylogenetiky zaměřují hlavně na **studium a srovnávání nukleových kyselin a proteinů** zkoumaných organismů. Základním východiskem těchto postupů je myšlenka, že

čím jsou si organismy příbuznější, tím podobnější si jejich nukleové kyseliny nebo proteiny budou. Porovnáme-li „nový“ systém eukaryot vytvořený na základě této tzv. **molekulární taxonomie** (viz dále) s „tradiční“ klasifikací, najdeme dvě zásadní odlišnosti:

- Za nejvyšší taxonomické kategorie v rámci domény Eukarya nejsou považovány říše, ale tzv. **superskupiny** (angl. *supergroups*), do nichž jsou klasické říše včleněny.
- Zástupci říše Prozotoa, prvoci, se vyskytují ve všech těchto superskupinách.

I když se ve světle nových poznatků, přicházejících prakticky neustále, v některých ohledech tento „nový“ systém mění a aktualizuje, můžeme dnes rozlišit pět velkých superskupin: Opisthokonta, Amoebozoa, Archaeplastida, Excavata, Chromista. Následuje jejich bližší charakteristika a příklady zástupců, hlavní znaky jsou přehledně uvedeny v tabulce v závěru této kapitoly⁷.

Superskupina **Opisthokonta** získala svůj název podle zadního bičíku (z řeckého *opísthios* /zadní/ + *konthós* /hůl, zde ve významu bičík/), který většina zástupců alespoň po část svého životního cyklu má. Tento bičík tlačí buňky kupředu, a slouží jim tedy k pohybu; typickým příkladem takové buňky může být např. spermie obratlovců. Organismy řazené do této skupiny často syntetizují chitin (buněčná stěna hub, oporné struktury živočichů) a využívají jako zásobní látku glykogen. Mezi Opisthokonta se řadí živočichové a houby a jejich jednobuněční příbuzní (např. parazitické plísňovky nebo vodní filtrátoři trubénky).

I pojmenování superskupiny **Amoebozoa** je odvozeno od typického vzhledu jejich zástupců. Jde totiž o amébovité (měňavkovité) organismy s panožkami, které jim slouží k pohybu a příjmu potravy. Panožky mohou být zejména dvou typů (klenuté lobopodie nebo široké/ploché lamelipodie) a jsou vytvářeny pomocí vláken aktinového cytoskeletu. Typickým zástupcem je volně žijící sladkovodní měňavka velká, dále také parazitická měňavka úplavíčná (původce závažného onemocnění střev a jater), nebo akantaméby (původci zánětů rohovky hlavně u osob s nízkou péčí o kontaktní čočky). Do této skupiny se dále řadí i hlenky, jež mohou vytvářet makroskopické struktury. Hlenky můžeme najít i na našem území, a to hlavně v lesích. Často je možné narazit na narůžovělé vlčí mléko či sytě žluté slizovky.

Zástupce superskupiny **Archaeplastida** charakterizuje přítomnost tzv. primárního plastidu obaleného dvěma membránami. Tato organela vznikla tak, že společný předek superskupiny pohltil zhruba před 1,5 miliardou let sinici, kterou však nestrávil, a tak z ní postupem času vznikla samostatná organela sloužící k fotosyntéze. Přeměnu pohlčené volně žijící sinice v buněčnou organelu popisuje endosymbiotická teorie, zpopularizovaná v 70. letech 20. století. V rámci superskupiny rozeznáváme tři vývojové linie: vyšší rostliny a zelené řasy, červené řasy a glaukofyty (malá skupina sladkovodních organismů, jejichž buňky obsahují plastidy, které mají ještě zčásti zachovanou peptidoglykanovou buněčnou stěnu typickou pro sinice).

⁷ Důraz je kladen na představení morfologických či anatomických znaků, např. typických buněčných struktur. U většiny superskupin je možné dohledat i znaky na úrovni sekvencí nukleových kyselin. Analýza a posouzení těchto znaků by však vyžadovaly hlubší znalosti buněčné a molekulární biologie, a tak zde uvedeny nejsou.

Superskupinu **Excavata** tvoří bičíkovci s různým způsobem života. Z volně žijících zmiňme například fotosyntetizující krásnoočka, která však bývala pro svou schopnost přežít i bez přítomnosti světla tradičně považována za skupinu na pomezí rostlinné a živočišné říše. Spadají sem však i závažní lidsí paraziti (trypanozoma spavičná, bičenka poševní, lamblie střevní či neglerie) či neškodní obyvatelé střev hmyzu (brvitky). Jednotlivé skupiny mají typické znaky v uspořádání cytoskeletu.

Superskupina **Chromista** (někdy též označovaná jako Chromalveolata) již v současné době není považovaná za monofyletickou. Byla navržena jako skupina organismů, které dosud mají anebo v minulosti měly plastid s více než dvěma membránami, jenž vznikl pohlcením červené řasy. Z fotosyntetizujících skupin sem bývají řazeny „hnědé řasy“ rozsivky, chaluhy, zlativky, obrněnky, skrytěnky a haptofyty, z ostatních pak například dírkonošci, mřížovci, nálevníci (trepka, vířenka) či výtrusovci (zimníčka – původce malárie).

SUPERSKUPINA	CHARAKTERISTIKA
Opisthokonta	jeden zadní tlačný bičík, syntéza glykogenu (zásobní polysacharid) a chitinu (stavební polysacharid – např. kutikula členovců či buněčné stěny hub)
Amoebozoa	měňavkovité buňky s širokými panožkami, některé druhy mohou vytvářet mnohobuněčné útvary
Archaeplastida	primární plastid získaný pohlcením fotosyntetizující sinice, buněčné stěny z celulózy, zásobní látkou škrob
Excavata	jeden či více bičíků, typické uspořádání cytoskeletu (mikrotubulů), někteří žijí v prostředí chudém na kyslík, a proto mají redukované mitochondrie
Chromista	sekundární plastid původem z červené řasy, u mnoha zástupců však došlo k jeho ztrátě (např. u nálevníků)

Nevýhodou tohoto „nového“ systému (v porovnání s tím „tradičním“) je jistě jeho menší přehlednost a často nepřítomnost konkrétních, snadno představitelných určovacích znaků typických pro jednotlivé superskupiny. Situaci komplikuje i skutečnost, že většina nově ustanovených taxonů postrádá česká jména a že je systém průběžně aktualizován, a tak se pozice některých nižších skupin může v průběhu času měnit. Jeho výhodou naproti tomu je, že neukazuje život jako přehled uměle vytvořených „skalutek“, ale pokouší se organismy uspořádat do systému podle jejich skutečné evoluční historie.

OTÁZKY A ÚKOLY:

1. Významným milníkem ve vývoji biologických věd byl v 17. století objev mikroskopu. Vyhledejte v literatuře či na internetu jména dvou mužů, kteří se o tento vynález zasloužili.
2. Ve dvacátém století byl sestrojen tzv. elektronový mikroskop, který posunul možnosti biologů při studiu struktury buněk. To významným způsobem napomohlo rozvoji systematiky. Zjistěte s pomocí literatury či internetu:
 - a. V čem spočívá hlavní rozdíl mezi světelným a elektronovým mikroskopem (princip vzniku obrazu, možnosti zvětšení)?
 - b. Jaké dva základní typy elektronových mikroskopů se rozlišují? Který z nich je podle vás vhodnější pro studium vnitřní struktury buněk a proč? Jaké znaky díky němu můžeme pozorovat?
3. „Tradiční“ a „nová“ systematika eukaryotických organismů se od sebe na první pohled výrazně liší. Vyjádřete vlastními slovy (s využitím tabulky), v čem jsou tyto přístupy odlišné.

Ke srovnání	Tradiční systematika	Nová systematika
Znaky organismů důležité pro tvorbu taxonů		
Nejvyšší taxonomické kategorie		
Užívání parafyletických taxonů		
Přehlednost, srozumitelnost, stabilita		

AUTORSKÉ ŘEŠENÍ ÚLOH

Třídění organismů

1. Latinský název organismu slouží jako univerzální pojmenování srozumitelné vědcům po celém světě neohledě na jejich mateřský jazyk.

2. Vyplněná tabulka:

Organismus	Čeleď	Řád	Třída	Kmen/oddělení
Štítovka hlížečkatá	štítovkovité	pečárkotvaré	stopkovýtrusé	×
Talovín zimní	pryskyřníkovité	pryskyřníkotvaré	dvouděložné	krytosemenné
Paka nížinná	pakovití	hlodavci	savci	strunatci

3. Název označuje sýkoru modřinku. Podtržená část udává jméno vědce, který tento taxon popsal (v tomto případě jde o latinskou verzi jména Linné), a rok, kdy byl tento popis publikován.

4. Vyplněná tabulka:

Název látky	Latinský název organismu	Český název organismu	Význam, využití
Amanitin	<i>Amanita phalloides</i>	muchomůrka zelená	smrtný jed
Hirudin	<i>Hirudo medicinalis</i>	pijavka lékařská	zabraňuje srážení krve
Kolchicin	<i>Colchicum autumnale</i>	ocún jesenní	mitotický jed
Nikotin	<i>Nicotiana tabacum</i>	tabák virginský	návykový alkaloid
Penicilin	<i>Penicillium chrysogenum</i>	štětičkovec žlutavý	antibiotikum

Doména Eukaryota

1. Byli to především Anthony van Leeuwenhoek a Robert Hook.

2a. U světelného mikroskopu se na tvorbě obrazu podílejí fotony, u elektronového mikroskopu elektrony. Světelný mikroskop standardně dosahuje zvětšení $10^3\times$, elektronový mikroskop až $10^6\times$.

2b. Existují dva základní typy elektronových mikroskopů: transmisní (TEM) a skenovací (SEM). Pro studium vnitřní struktury buněk je vhodnější TEM. S jeho pomocí můžeme zkoumat řezy buňkami a pozorovat vzhled a uspořádání jejich jednotlivých vnitřních struktur a organel, tzv. buněčnou ultrastrukturu. SEM naopak zobrazuje povrch zkoumaných objektů, což je ve srovnání s TEM pro studium buněčné ultrastruktury méně přínosné.

3. Vyplněná tabulka:

Ke srovnání	Tradiční systematika	Nová systematika
Znaky organismů důležité pro tvorbu taxonů	způsob výživy, možnosti pohybu, morfologické a anatomické znaky	buněčná ultrastruktura, sekvence nukleových kyselin a proteinů
Nejvyšší taxonomické kategorie	říše	domény, superskupiny
Užívání parafyletických taxonů	tolerováno	zavrhováno
Přehlednost, srozumitelnost, stabilita	pracuje se známými taxony – větší přehlednost a srozumitelnost, zažitý systém – minimální změny	nově vytvářené taxony s obvykle jen latinskými jmény kladeny do nových vztahů – menší přehlednost a srozumitelnost, ve světle nových poznatků časté změny a aktualizace

**Moderní pohled na vyšší systematiku eukaryot
(učební text pro žáky středních škol)**

Autoři: Mgr. Tomáš Macháček (Katedra parazitologie PŘF UK)
Doc. Mgr. Vladimír Hampl, Ph.D. (Katedra parazitologie PŘF UK)
RNDr. Kateřina Mikešová (Katedra učitelství a didaktiky biologie PŘF UK)

Časopis ŽIVA | Praha, 2016