

Základy systému sinic a řas

Aloisie Poulíčková

Ilustrace Štěpánka Michalíková



Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta

Základy systému sinic a řas

Aloisie Pouličková
Ilustrace Štěpánka Michalíková

Olomouc 2025

Recenzenti:

Mgr. Blažena Brabcová, Ph.D., PdF MU Brno

prof. RNDr. Jiří Neustupa, Ph.D., PŘF UK Praha

prof. Ing. Radovan Kopp, Ph.D., MENDELU Brno

Tato publikace vznikla za finanční podpory projektu Interní grantové agentury UP, grant PrF-2025-001.

Publikace je určena pro studenty učitelství, obor biologie, pro učitele základních a středních škol.

Neoprávněné užití tohoto díla je porušením autorských práv a může zakládat občanskoprávní, správněprávní, popř. trestněprávní odpovědnost.

1. vydání

© Aloisie Pouličková, 2025

© Univerzita Palackého v Olomouci, 2025

Fotografie na obálce: rozsvíčka *Asterionella*

DOI: 10.5507/prf.25.24466279

ISBN 978-80-244-6627-9 (print)

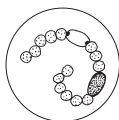
ISBN 978-80-244-6628-6 (online: iPDF)

Obsah

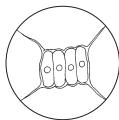
Předmluva	7
1 Sinice a řasy a jejich postavení v systému organismů	9
2 Organizace stélky sinic a řas	14
3 Buňky sinic a řas	19
3.1 Typy buněk	19
3.2 Architektura monád	20
4 Charakteristické buněčné struktury sinic a řas	24
4.1 Buněčné obaly sinic a řas	24
4.2 Jádro a DNA	27
4.3 Plastidy a jejich původ	28
4.3.1 Fotosyntetický aparát sinic a řas	28
4.3.2 Endosymbiotická teorie	30
4.4 Světločivný aparát	35
4.5 Další specifické organely řas	35
5 Rozmnožování a životní cykly sinic a řas	37
5.1 Nepohlavní rozmnožování	37
5.2 Pohlavní rozmnožování	40
5.2.1 Hologamie	40
5.2.2 Merogamie	40
5.3 Životní cykly	43
6 Historický vývoj poznávání sinic a řas	48
7 Stáří sinic a řas	52
8 Ekologie sinic a řas	53

9	Základní charakteristiky a zástupci hlavních skupin sinic a řas	54
9.1	Cyanophyta – Cyanobakterie – sinice	54
9.2	Archaeplastida	58
9.2.1	Glaucophyta	58
9.2.2	Rhodophyta – ruduchy	59
9.2.3	Chloroplastida – zelené řasy (Chlorophyta a Streptophyta)	60
9.2.3.1	Chlorophyta	61
9.2.3.2	Streptophyta	63
9.3	SAR – Stramenopila, Alveolata, Rhizaria	67
9.3.1	Stramenopila – hnědé řasy	67
9.3.2	Alveolata	76
9.3.3	Rhizaria	77
9.4	Excavata	77
9.5	Cryptophyta – skrytěnky	79
9.6	Haptophyta	79
10	Literatura	88
11	Terminologický slovník	92

Vysvětlivky



PROKARYOTA



EUKARYOTA



POZNÁMKA



TIPY A DOPORUČENÍ

Předmluva

„Co je opravdu důležité, je očím neviditelné.“

Antoine de Saint-Exupéry

Od dětských let se učíme vnímat vše kolem sebe i přírodu, která nás obklopuje. Udivuje nás její rozmanitost i složitost a neustále se ptáme: „Proč?“ „Jak?“

V dospělosti máme tendenci oči spíše zavírat a nechat se ukolébat všedností a stereotypem. Vraťme se však na počátek vědění a znovu si začněme klást otázky. Takové otázky, na které jednou budeme odpovídat, jako učitelé žákům a studentům, rodiče svým dětem či sobě jako podklad pro další studium. S touto publikací nezůstaneme na povrchu věcí. Ponoříme se do mikroskopického světa sinic a řas. Ujasníme si základy, na kterých můžeme dále stavět a profesně se rozvíjet.

Vidět pod povrch a přemýšlet nad strukturou a propojeností jevů je svým způsobem dar, který není dán každému. Pílí a pracovitostí však můžeme vytříbit naši schopnost vnímat, rozlišovat a současně s poznatky a zkušenostmi ověřenými učitelskou praxí porozumět základním pojmům, strukturám a funkcím.

Věda se neustále vyvíjí a poznání jde kupředu. Kdo je veden touhou poznávat, určitě neustrne v základech, ale bude se snažit dohlédnout za horizont poznání. Cesta vědeckého putování není rovná. Je hrbolatá, plná zákrut, kamenů. Je náročná a mnohdy si žádá odříkání. Když se však člověk ohlédne za sebe, zjistí, jaký kus cesty ušel. Vidí, co po něm zůstalo, koho ovlivnil nebo kdo bude pokračovat v jeho šlépějích.

Sinice a řasy jsou většinou mikroskopické organizmy, tedy prostému oku neviditelné. Jejich význam je však obrovský. Sinice stály na počátku vzniku kyslíkaté atmosféry, umožnily rozvoj dalších forem života. Spolu s řasami jsou primárními producenty, zejména vodních ekosystémů, a závisí na nich další články potravních řetězců. Drobný fytoplankton oceánů vyprodukuje srovnatelné množství kyslíku jako tropické deštné lesy. Sinice a řasy se významně podílí na koloběhu důležitých prvků jako dusík, fosfor, vápník a křemík. Patří mezi půdotvorné organizmy a produkují řadu sekundárních metabolitů, od toxinů až po biologicky

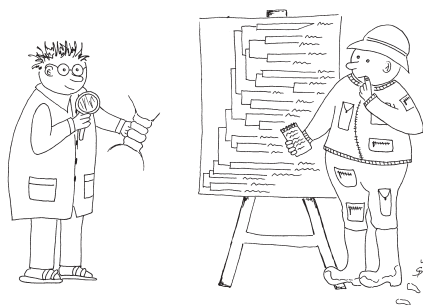
aktivní látky. Mají bohaté využití v potravinářském, farmaceutickém průmyslu i dalších odvětvích.

Přesto se odhaduje, že na rozdíl od makroskopických rostlin a živočichů je podstatná část diverzity mikroorganismů dosud neobjevena. Zobrazovací techniky prošly vývojem od světelné mikroskopie po konfokální a elektronovou, avšak v posledních letech se ukazuje, že morfologická variabilita sinic a řas neodráží vždy jejich obrovskou genetickou různorodost. Hovoříme o skryté diverzitě, tzv. kryptických druzích, a dokonce kryptických rodech. Biologie se začala dělit na vědu „bílou“ a „zelenou“, tedy vědce, kteří v bílých pláštích zkoumají v laboratoři DNA, a klasické terénní biology. Budoucnost vidíme v propojení obou přístupů a komplexním pohledu na rozmanitost přírody, k čemuž bychom rádi nadchli i budoucí učitele.

Alka Pouličková & Štěpánka Michalíková (roz. Pouličková)



Bílá a zelená věda



Komplexní přístup

1

Sinice a řasy a jejich postavení v systému organizmů

Řasy jsou mikroskopické až makroskopické fotosyntetizující organizmy, jejichž tělo není rozlišeno na kořen, stonek a list a je tvořeno stélkou. Kromě eukaryotických skupin řas můžeme k oxyfototrofním primárním producentům v širším pojetí řadit i prokaryotické sinice (Cyanophyta, Cyanobakterie), které fylogeneticky patří k bakteriím. Řasy zkoumá vědní obor fykologie, u nás tradičně nazývaný algologie. Mikroskopické řasy označujeme jako „microalgae“, makroskopické řasy, většinou mořské, jako „seaweed“.

Fotoautotrofní, lépe řečeno oxyfototrofní výživa sinic a řas je závislá na přítomnosti anorganických látek (CO_2 a H_2O), z nichž na světle v procesu fotosyntézy vytváří organické látky a kyslík. Fotosyntéza, jako proces přeměny světelné energie, probíhá v buňce díky přítomnosti fotosyntetických pigmentů (chlorofylů a přídatných pigmentů, **Tab. 1**). Sinice a řasy jsou tedy primárními producenty a počátkem potravních řetězců, zejména vodních ekosystémů. Některé druhy jsou schopny žít v jeskyních a katakombách s nedostatkem světla a mají kombinovanou (mixotrofní) výživu. Řasy jsou schopny přijímat také organické látky (heterotrofní výživa) a vitamíny (auxotrofní výživa). K různým formám kombinované výživy inklinují hlavně bičíkovci (krásnoočka, obrněnky, zlativky), někteří z nich jsou schopni i fagocytózy (pohlcování jiných organizmů). Pro tuto vlastnost byly některé organizmy dříve řazeny do rostlinného i živočišného systému (Euglenophyta vs. Euglenozoa).

Sinice a řasy produkují a ukládají zásobní látky, ve většině případů na bázi škrobu (sinicový škrob, florideový škrob, škrob zelených rostlin). Stramenopila produkují chrysolaminaran a Euglenophyta chrysolaminaranu chemicky podobný paramylon. Některé řasy mohou také produkovat oleje a tuky (rozsvivky). Přehled zásobních látek je v **Tab. 1**. Sinice a řasy produkují i celou řadu sekundárních metabolitů s pozitivními i negativními účinky na jiné organizmy. Mohou to být biologicky aktivní látky antibakteriální, antikarcinogenní, ale i závažné alergenů a toxiny, které mohou být nebezpečné i pro člověka.

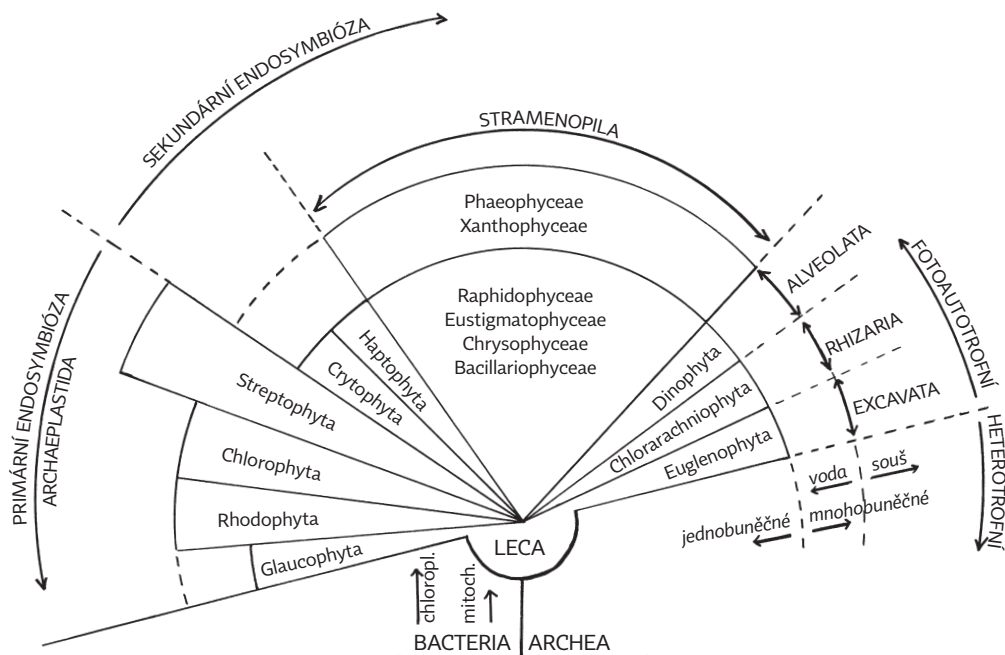
Řasy se liší v celé škále aspektů a jejich zařazení do systému všech organizmů prošlo, nebo spíše stále prochází bouřlivým vývojem. K původním říším Plantae

a Animalia nejdříve přibyla Protista, shromažďující jednobuněčné organizmy. Díky rozvoji zobrazovacích metod došlo k vyčlenění prokaryot do nové říše Monera. Ve druhé polovině 20. století byla vyčleněna pátá říše Fungi. První molekulární metody přinesly poznatky k rozštěpení prokaryot na Eubacteria a Archebacteria. Univerzální strom života tak rozlišoval tři domény (impéria) Archea, Prokarya a Eukarya. V 80. letech 20. stol. zůstávají říše Plantae, Fungi, Animalia, přejmenované skupiny Protozoa (dříve Protista) a Prokaryota (dříve Monera) a přibývá skupina Chromista. Na počátku 21. století se eukaryotické řasy řadí do 4 z 6 skupin organismů – Plantae, Chromalveolata (dříve Chromista), Rhizaria a Excavata. Žádní fotoautotrofové nejsou ve zbývajících dvou skupinách Amoebozoa a Opisthokonta.

Další vývoj poznatků vyvrcholil rozdělením řas do 7 vývojových linií (super-groups), Adl a kol. 2012: **Archaeplastida**, **Stramenopila**, **Alveolata**, **Rhizaria**, **Excavata**, **Haptophyta** a **Cryptophyta**. Stramenopila, Alveolata a Rhizaria se označují zkratkou z počátečních písmen SAR. Do superskupiny (supergroup) Archaeplastida náleží Rhodophyta, Glaucophyta, Chlorophyta a Streptophyta, tedy linie, jejichž plastidy vznikly ze sinic primární endosymbiózou (**Obr. 1**). Chlorophyta a Streptophyta se někdy souhrnně označují Chloroplastida, v následujícím textu jsou společně označovány jako zelené řasy. Stramenopila zahrnují hnědou vývojovou linii (platné i označení Ochrophyta) se skupinami Eustigmatophyceae, Chrysophyceae a Synurophyceae (zlativky), Bacillariophyceae (rozsivky), Raphidophyceae (chloromonády), Phaeophyceae (chaluhy) a Xanthophyceae (růžnobrvky). Do skupiny Alveolata spadají Dinophyta (obrněnky), do Rhizaria patří Chlorarachniophyta a ve skupině Excavata najdeme Euglenophyta (krásnoočka). Haptophyta (vápenatí bičíkovci) a Cryptophyta (skrytěnky) představují samostatné linie (**Obr. 1**).

Koncepce supergroups představovala sumarizaci znalostí o eukaryotech a udržela se velmi dlouho i přes překotný rozvoj molekulárních metod v posledních několika letech. Výhodou bylo také to, že jednotlivé organizmy bylo možno někam zařadit. Koncepce byla komplexní, tedy založená kromě molekulárních dat i na dalších informacích (morfologie, ultrastruktura). Každá ze supergroups (kromě Rhizaria) měla nějakou jedinečnou biologickou vlastnost. V roce 2019 provedli revizi klasifikace protistologové. Zachovali sice hierarchii, ale ignorovali botanický kód a koncovky jednotlivých úrovní. Eukaryota člení na 2 domény a nezařazený zbytek (Adl a kol. 2019).

V nové koncepci, Burki a kol. (2020), dochází k rozpadu a změně organizování dřívějších supergroups. Přibývá izolovaných skupin, zejména díky objevům nových heterotrofních bičíkovců, ubývá propojení skupin na základě morfologie a biologie. Unikátní biologická vlastnost spojuje už jen Archaeplastida



Obr. 1 Zjednodušené schéma postavení fotoautotrofů v systému organizmů

Linie heterotrofních organizmů zde nejsou vyznačeny. Vzhledem k faktu, že poslední koncepce jsou stále ve vývoji a obtížně didakticky uchopitelné, je schéma upraveno hlavně podle dvou zdrojů, Hoek a kol. (1995) a Adl a kol. (2012) a pokouší se o maximální zjednodušení. Porovnání s nejnovějším konceptem uvádí tabulka (**Tab. 2**).

Na bázi je naznačen předek eukaryot – Last Eukaryotic Common Ancestor (LECA) a prokaryotický původ organel (viz kapitola Endosymbiotická teorie). Původ mitochondrií ani jednotlivé mezistupně eukaryogeneze nejsou známy a jsou předmětem hypotéz, stejně jako podíl skupiny Archea na tomto procesu. Posledním společným předkem eukaryot (LECA) myslíme organismus, ke kterému se sbíhají genealogické linie všech dnes žijících eukaryot. Fotoautotrofní eukaryota jsou spojena hlavně s vývojem chloroplastu, který má původ ve fotoautotrofních prokaryotech – sinicích. Výsledkem primární endosymbioly (pohlčení sinice fagotrofním organismem) byla Archaeplastida (Glauco-phyta, Rhodophyta, Chlorophyta, Streptophyta). Vyznačují se dvěma membránami chloroplastu (**Obr. 8**). Další řasy se 3–4 membránami chloroplastu vznikly sekundární endosymbiózou (**Obr. 9**), kde byla dárce chloroplastu ruducha nebo zelená řasa. Samostatnými liniemi jsou Cryptophyta a Haptophyta. Velkou skupinu SAR tvoří Stramenopila, Alveolata a Rhizaria, tedy hnědé řasy, obrněnky a Chlorarachniophyta. Poslední skupinou na pravé straně schématu jsou krásnoočka v rámci linie Excavata. Napravo je rovněž vysvětlení úrovní vymezených kružnicemi. První kružnice rozděluje skupiny na jednobuněčné a mnohobuněčné. Na úrovni jednobuněčnosti ustrnuly skupiny uvnitř tohoto kruhu. K mnohobuněčným formám se dopracovaly ruduchy, zelené řasy, různobrvky a chaluhy. Druhá kružnice znázorňuje přechod na souš, který se týká streptofytních zelených řas s vývojovými vztahy k rostlinám.

s primárními plastidy ze sinic. Nová koncepce je didakticky obtížně uchopitelná, proto se pro výukové účely přidržujeme předchozí koncepcce, rozdíly jsou shrnuty v tabulce (**Tab. 2**). Problematikou zařazení sinic a řas se zabývá i populární článek v časopisu Živa (Jurán a Kaštovský 2016).

Tab. 1 Přehled pigmentů a zásobních látek sinic a řas

Skupina / Chlorofyl	a	b	c	d	Přídavné pigmenty	Zásobní látka
Cyanophyta	+	+	+	+	fykocyanin, fykoerytrin	sinicový škrob
Glaucophyta	+				fykocyanin	polysacharid
Rhodophyta	+				fykocyanin, fykoerytrin	florideový škrob
Chlorophyta	+	+				škrob
Streptophyta	+	+				škrob
Chrysophyceae	+		+		fukoxantin	chrysolaminaran, olej
Bacillariophyceae	+		+		fukoxantin	chrysolaminaran, olej
Phaeophyceae	+		+		fukoxantin	chrysolaminaran, olej
Raphidophyceae	+		+		fukoxantin*	chrysolaminaran, olej
Eustigmatophyceae	+				violaxantin	chrysolaminaran, olej
Xanthophyceae	+		+		vaucheriaxantin	chrysolaminaran
Dinophyta	+		+		peridinin	škrob
Chlorarachniophyta	+	+				paramylon
Euglenophyta	+	+				paramylon
Haptophyta	+		+		fukoxantin	chrysolaminaran
Cryptophyta	+		+		fykocyanin, fykoerytrin	škrob

* jen mořští zástupci

Tab. 2 Zařazení řas do systému organizmů – porovnání dvou koncepcí Adl a kol. (2012) a Burki a kol. (2020)

Koncepce supergroups Adl a kol. (2012)	Burki a kol. (2020)
Archaeplastida	Archaeplastida
Rhodophyta	Rhodophyta + Rhodelphis
Chlorophyta + Streptophyta	Chloroplastida
Glaucophyta	Glaucophyta
SAR	TSAR
	Telonemia
Stramenopila	Stramenopila
Alveolata	Alveolata
Rhizaria	Rhizaria
Excavata	Discoba + Metamonada + Malawimonadida
Cryptophyta	Cryptista (Cryptophyta + Palpitomonas + Katablepharida)
Haptophyta	Haptista (Haptophyta + Centrohelida + Rappemonads)



1. Obsahovou analýzu učiva o řasách v rámcových vzdělávacích programech (RVP) a v učebnicích přírodopisu pro ZŠ a SŠ schválených MŠMT ČR provedly Kaufnerová a Vágnerová (2013) a Brabcová a kol. (2018). Kromě toho, že je řasám s ohledem na význam věnována nedostatečná pozornost, považují za nejhorší odbornou chybu, která se vyskytuje téměř všude, špatné systematické zařazení sinic i řas k rostlinám. Sinice je třeba řadit k bakteriím a pro účely výuky na ZŠ navrhuji zjednodušeně vyučovat 4 skupiny eukaryotických řas: červené, zelené, hnědé a ostatní. Do rostlin lze zahrnout pouze řasy červené a zelené. V rámci skupiny „ostatní“ autorky vybraly krásnoočka a obrněnky, nejen kvůli pokrytí běžných zástupců naší přírody, ale také pro zahrnutí skupin se vztahem k heterotrofii. Pro demonstraci přírodního materiálu doporučuji na ZŠ zejména makroskopické zástupce jednotlivých skupin, nebo takové, které jsou okem viditelné při nahromadění velké biomasy (žabí vlas, mořské ruduchy z destinací, kam jezdí Češi na dovolenou, kameny s hnědým povlakem rozsivek).
2. Pro sinice a řasy není vypracováno české názvosloví ani pravidla pro jejich tvorbu, jako např. pro vyšší rostliny. Pokusy, které se objevily v minulosti, většinou připomínaly vytváření českých slov v době národního obrození, jako pošvořetízek, čiškořáska, šňůrkovlasec apod. (Hansgirk 1889–1892). Většina z nich se neujala a v odborných kruzích si badatelé vystačí s latinou. Jediný důvod pro české názvy je přiblížení mikrosvěta žákům ZŠ. Několik rodových názvů se ujalo a objevuje se v učebnicích (Vodrážková 2024). Protože je tato publikace určena studentům učitelství biologie, jsou zde uvedena nejpoužívanější česká jména spolu s latinskými.
3. Pro zpracování této učebnice byly použity, kromě dalších citovaných zdrojů, zejména tyto učebnice: Ettl (1980), Lund & Lund (1995), Van den Hoek a kol. (1995), South a Whittick (1996), Lee (1999), Pouličková a Jurčák (2001), Kalina a Váňa (2005), Graham a Wilcox (2008) a e-skripta www.sinicearasy/skripta.

2 Organizace stélky sinic a řas

I když morfologie obecně ztratila s rozvojem moderních metod původní význam a dopad na klasifikaci řas, zůstává jednou ze základních charakteristik řas. Typy stélek zahrnují řasy jednobuněčné a mnohobuněčné, v obou skupinách pak mohou být řasy jednojaderné a mnohoaderné (**Obr. 2**). Nejjednodušší jednobuněčnou stélku má bičíkovec a tento typ stélky se vyskytuje u většiny vývojových linií. Na jednobuněčné úrovni ustrnuli zástupci skupin Cryptophyta, Euglenophyta a většina zástupců skupiny Dinophyta. Naproti tomu ke složitým mnohobuněčným stélkám dospěly Rhodophyta, Chlorophyta, Streptophyta a Stramenopila. V poslední době se ukazuje, že cesta od jednobuněčnosti k mnohobuněčnosti nebyla jednoduchá a že různé skupiny řas dospěly k mnohobuněčnosti v evoluci i vícekrát. Můžeme rozlišit 9 základních typů organizace stélky (**Obr. 2, Tab. 3**).

Stélka monadoidní – bičíkovec

Jde o jednobuněčnou, jednojadernou stélku kapkovitého, oválného, kulovitého tvaru. V apikální části jsou umístěny bičíky, díky nimž se mohou bičíkovci pohybovat. Kromě běžných organel rostlinné buňky (jádro, vakuoly, chloroplasty) mají bičíkovci světločivnou skvrnu (stigma) a pulzující vakuoly zodpovědné za osmoregulaci. Bičíkovci mohou být nazí, nebo je jejich povrch opatřen plazmatickou membránou, periplastem, pelikulou, glykoproteinovou membránou nebo neúplnou buněčnou stěnou. Na povrchu mohou být dále celulózní destičky nebo šupiny (křemité, vápenité, organické). Někteří bičíkovci žijí v lorikách. Mohou žít jednotlivě jako *Chlamydomonas* (pláštěnka), nebo v koloniích (*Synura*) a cenobiích jako *Volvox* (váleč). Cenobia jsou kolonie stejně starých buněk. Monáda může představovat volně žijícího bičíkovce (*Chlamydomonas*, *Pyramimonas*), nebo rozmnožovací stadium (zoospory, gamety). Velké procento bičíkovců má kromě fotoautotrofní výživy schopnost přijímat hotové organické látky (mixotrofie), případně vitamíny (auxotrofie). Monadoidní stélka chybí u sinic, ruduch a spájivek. Pouze monadoidní stélku mají Cryptophyta, Euglenophyta a většina zástupců skupiny Dinophyta. Příkladem monadoidní stélky je zelená řasa rodu *Chlamydomonas* (**Obr. 3**).

Stélka rhizopodová – měňavka

Základem jednobuněčné, jednojaderné nebo mnohoaderné stélky je buňka proměnlivého tvaru (měňavka, améba) pokrytá plazmatickou membránou. V plazmě se vyskytují pulzující vakuoly, případně stigma. Jde o volně žijící organizmy i stadia životních cyklů. Tento typ stélky je méně častý, nevyskytuje se u zelených řas. Příkladem je řasa *Myxochloris*, žijící v hyalocystách rašeliníku. Rhizopodovou stélku mají i Chlorarachniophyta.

Stélka kapsální – buňka ve slizu

Jednobuněčná, jednojaderná stélka je obklopena homogenním nebo vrstevnatým slizem. Plazma může obsahovat pulzující vakuoly, stigma. Typické jsou, bičíkům podobné, nepohyblivé útvary – pseudocilie. Zástupci stélky žijí jednotlivě i v koloniích, reprezentují volně žijící organizmy i součásti životního cyklu (tzv. palmeloidní stadia). Ze zástupců kapsální stélky je možné jmenovat rody *Tetraspora*, *Hydrurus*.

Stélka kokální – buňka s pevnou stěnou

Jde o jednobuněčnou, jednojadernou nebo mnohoadernou stélku s pevnou buněčnou stěnou. Rozsivky jsou kryty křemitou schránkou (frustulou), zelené kokální řasy mají polysacharidovou stěnu zpevněnou algenanem. K buněčným stěnám se podrobněji vrátíme později. Jednobuněčné řasy mohou žít jednotlivě, nebo v koloniích a cenobiích. Mnohoaderným buňkám říkáme cenoblasty. Příkladem kokální stélky mohou být zelené kokální řasy (*Chlorella*, *Scenedesmus*, *Desmodesmus*), rozsivky (*Cyclotella*, *Navicula*) a z rozmnožovacích stadií např. zygoty.

Stélka trichální – vlákno

Mnodbuněčná vláknitá stélka je tvořená jednoduchou nebo rozvětvenou řadou stejnocenných buněk. Zatímco u pravých vláken jsou buňky propojeny plazmodezmaty, nepravá vlákna (pseudofilamenta) propojení nemají. Trichální stélka je typická pro řasy jako *Spirogyra*, *Microspora*, *Tribonema*, *Stigeoclonium*.

Stélka heterotrichální

Složitější vláknitou stélku tvoří robustní osní vlákno složené z větších buněk a tenké postranní větévky (*Draparnaldia*, *Batrachospermum*). Rozlišeny mohou být nejen morfologicky, ale i funkčně. Např. u rodu *Trentepohlia* slouží osní vlákna k výživě a vzpřímená vlákna nesou sporangia.

Stélka sifonokladální

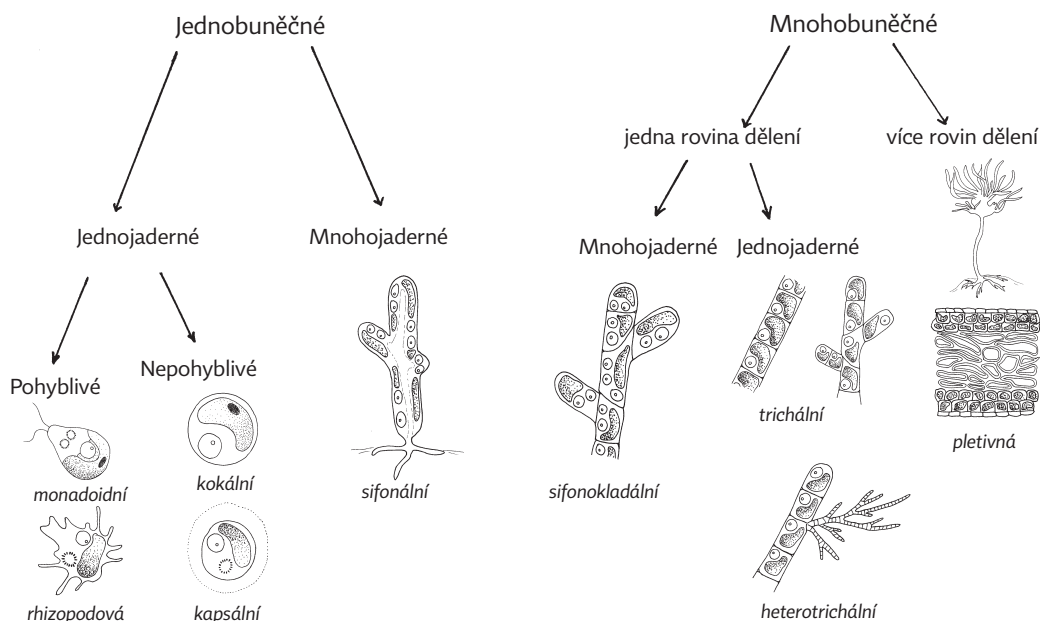
Na první pohled připomíná trichální větvenou stélku, ale jednotlivé buňky jsou mnohoaderné. Kromě sladkovodních zástupců rodu *Cladophora* (žabí vlas) se sifonokladální stélka vyskytuje v životním cyklu některých mořských řas.

Stélka sifonální – trubicová

Trubicová stélka je tvořena jednou mnohoadernou buňkou, která může být jednoduchá, nebo rozvětvená, a může být rozlišena na rhizoid, kauloid a fyloid. Naším nejznámějším zástupcem stélky je rod *Vaucheria*, u mořských řas mohou být části stélky rozlišeny i funkčně (*Caulerpa*).

Stélka pletivná – parenchymatická

Nejsložitější mnohobuněčná stélka připomíná primitivní pletivo. Je odvozena od trichální a heterotrichální stélky a je diferencovaná na rhizoidy, kauloid a fyloidy. Jednotlivé skupiny buněk mají rozděleny funkce (asimilační, krycí, vodivá). Typická je pro makroskopické mořské řasy (*Laminaria*). Makroskopickou vzpřímenou stélku mají i parožnatky.



Obr. 2 Schéma typů stélek

Upraveno podle Ettl (1980) a Rosypal (2003). Stélky jsou rozděleny na jednobuněčné a mnohobuněčné a dále na jednojaderné a mnohoaderné. Popis jednotlivých typů stélky je v textu kapitoly.

Tab. 3 Zastoupení typů stélek a bičíkatých stadií u sinic a řas (upraveno podle Kalina a Váňa 2005 a Pouličková a kol. 2015)

Skupina	Typy stélek										Bičíkatá stadia				
	M	Rh	Kap	Kok	T	HT	P	Sk	S	1	2izo	2hetero	Ps	Hap	
Cyanophyta				+	+							žádná			
Glaucophyta	+			+								+	+		
Rhodophyta				+	+	+	+					žádná			
Chlorophyta	+		+	+	+	+	+	+	+		+			+	
Zygnematophyceae			+	+	+							žádná			
Charophyceae								+			+				
Chrysophyceae & Synurophyceae****	+	+	+	+	+								+		
Bacillariophyceae*				+							+				
Phaeophyceae					+	+	+					+			
Xanthophyceae	+	+	+	+	+	+			+			+			
Eustigmatophyceae**			+	+							+				
Raphidophyceae	+											+			
Dinophyta	+	+	+	+	+							+			
Chlorarachniophyta	+	+									+				
Euglenophyta***	+		+								+				
Haptophyta****	+		+	+	+							+		+	
Cryptophyta	+		+									+			

M – monadoidní, Rh – rhizopodová, Kap – kapsální, Kok – kokální, T – trichální, HT – heterotrichální, P – pletivná, Sk – sifonokladální, S – sifonální, 1 – jeden bičík, 2izo – dva izokontní bičíky, 2hetero – dva heterokontní bičíky, Ps – pseudocilie, Hap – haptonema, * jediné bičíkaté stadium spermatozoid centrických rozsivek, ** druhé bazální tělísko po zakrnělém bičíku, *** druhý bičík zakrnělý, **** u některých druhů jsou bičíky skoro stejně dlouhé



1. K prvotnímu rozlišení materiálu, odebraného v přírodě, je nutné naučit se poznávat jednotlivé stupně organizace stélky a barevnost jednotlivých skupin řas, která odráží složení fotosyntetických pigmentů (**Obr. 18**). Jednoduchý klíč a návodné fotografie obsahuje popularizační příručka Pouličková a kol. 2015. Pozorovatel se musí naučit rozlišovat modrozelenou barvu sinic, trávově zelené zbarvení chloroplastů zelených řas a krásnooček i olivově zelené až hnědé zbarvení chloroplastů rozsivek (**Obr. 18**). Je třeba vědět, že naše ruduchy většinou nejsou červené, ale modrozelené až šedomodré. Spatřit u monád bičíky není jednoduché, protože kmitají tak rychle, že je postřehneme jen na malý okamžik (**Obr. 18d, f; 20a, g**). Bičíkovec se většinou prozradí tím, že se rychle pohybuje.

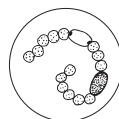


2. U vláknitých řas či kolonií ve tvaru vlákna se nejprve snažíme zjistit pod menším zvětšením (objektiv 10×, 20×), zda se větví, nebo jde o jednoduché řady buněk. U jednoduchých vláken hledáme konec vlákna (**Obr. 19a–d**). Může být zakončeno vidlicovitým zbytkem buněčné stěny ve tvaru písmene H (*Tribonema*, *Microspora*), různě dlouhými ostrými úlomky frustuly rozsivek (*Aulacoseira*), zaoblenou koncovou buňkou (spájkivky). Dále si všímáme, zda je povrch vlákna čistý (spájkivky), nebo pokrytý epifyty (*Cladophora*, *Oedogonium*, **Obr. 19e**), zda jsou u přehrádek límečky (*Oedogonium*, **Obr. 21n**). U větvených vláknitých řas hodnotíme, zda jsou postranní větve stejně široké, nebo výrazně tenčí. Poté se věnujeme počtu, tvaru a uspořádání chloroplastů uvnitř buněk, např. mnoho drobných chloroplastů (*Melosira*, *Tribonema*), jeden velký chloroplast (*Ulothrix*, *Microspora*, *Spirogyra*).

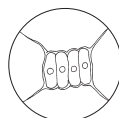
3 Buňky sinic a řas

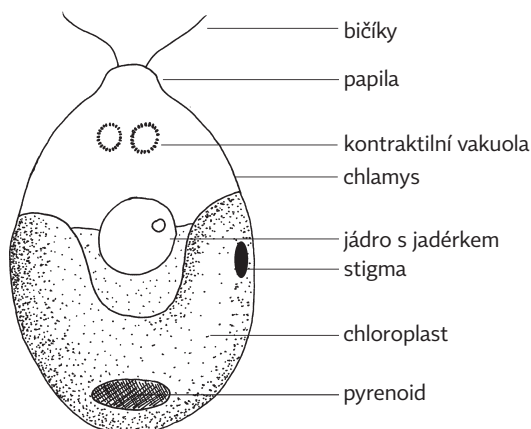
3.1 Typy buněk

Vegetativní buňky sinic jsou prokaryotického typu – tedy nemají organely jako jádro, chloroplast, vakuolu (**Obr. 18**). Uvnitř je někdy možné rozlišit světlejší centroplazmu a sytější zbarvenou chromatoplazmu s tylakoidy. U planktonních sinic pozorujeme silně světlolomná tělíska – aerotopy. Jde o systém měchýřků naplněných směsí plynů rozpustných ve vodě, které jim pomáhají vznášet se ve vodním sloupci a měnit v něm aktivně svoji polohu. Dříve se jim říkalo plynné „vakuoly“, což je vzhledem k prokaryotickému typu buňky označení nesprávné (prokaryot nemá vakuoly). Kromě vegetativních buněk můžeme u některých sinic najít specializované buňky akinety a heterocyty (*Anabaena*, *Nostoc*). Akinety jsou obvykle tlustostěnné, větší než vegetativní buňky, obsahují zásoby živin a slouží k přežití nepříznivých podmínek. Heterocyty jsou tlustostěnné a slouží k fixaci vzdušného dusíku. Protože jde o energeticky náročný proces, dochází k fixaci pouze v podmínkách deficitu dusíku v prostředí.



Vegetativní buňky eukaryotických řas obsahují jádro, jadérko, chloroplast, pyrenoid, vakuoly a další běžné organely rostlinné buňky (**Obr. 18d–k**). Monády jsou opatřeny bičíky, stigmatem a pulzujícími vakuolami (**Obr. 3; 18d, f, g**). Tvar, velikost a vnitřní organizace buněk je různá u různých skupin, druhů a organizačních stupňů eukaryotických řas. Rovněž u eukaryotických řas můžeme najít specializované buňky pro rozmnožování a přežívání nepříznivých podmínek. Ty si popíšeme v kapitole o rozmnožování. Buňky se často sdružují do kolonií, případně cenobií. Cenobium je zvláštní případ kolonie (nebo primitivního mnohobuněčného rostlinného těla), v níž jsou všechny buňky stejně staré. Obvykle mají ustálený počet a uspořádání buněk (*Scenedesmus*, *Pediastrum*, *Volvox*).





Obr. 3 Zjednodušené schéma eukaryotické řasové buňky

Jako model slouží bičíkovec (např. *Chlamydomonas*) s charakteristickými organelami. Řasy mají samozřejmě i ostatní organely rostlinné eukaryotické buňky, které zde nejsou vyobrazeny (vakuoly, mitochondrie). Modelový bičíkovec je charakteristický kapkovitým tvarem těla s dvěma stejně dlouhými bičíky, svírajícími ostrý úhel. Buňka je pokryta pláštěm (chlamys), v apikální části ztlustlým v papilu. Nápadný je hrncovitý chloroplast, na jehož bázi je pyrenoid obklopený zásobními látkami. Součástí chloroplastu je i světločivná skvrna (stigma). V centru buňky se nachází jádro s jadérkem a v apikální části kontraktilní vakuoly.



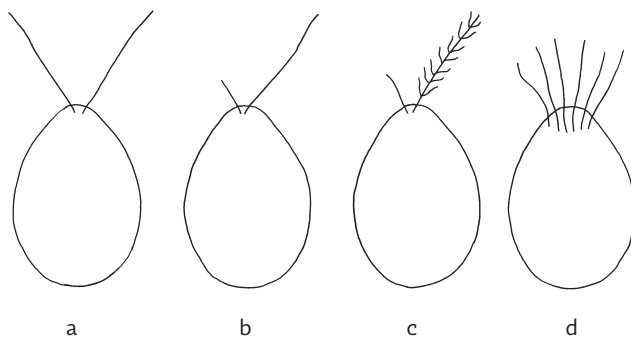
K tomuto základu o stavbě buněk sinic a řas je třeba doplnit z literatury, jak vypadají další modeloví zástupci: *Euglena*, *Peridinium*, *Spirogyra*, *Cladophora*, *Batrachospermum* (Kalina a Váňa 2005, www.sinicearasy.cz/skripta). Dále je dobré umět schematicky načrtnout penátní a centrickou rozsivku. Povinné to je pro všechny studenty, i když v praxi to nejvíce ocení učitelé. Jako pomůcku do cvičení doporučuji vyobrazení našich důležitých zástupců sinic a řas (Pouličková a Jurčák 2001, Pouličková a kol. 2015, Kubín a Wipplingerová 2024) a k přesnějšímu určování do rodů a druhů poslouží atlasy Kaštovský a kol. (2018a, b).

3.2 Architektura monád

V minulosti, kdy si algologové představovali vývoj řas v jednotlivých odděleních jako sled organizačních stupňů stélky od morfologicky nejjednodušších bičíkovců k mnohobuněčným stélkám (tzv. Pascherova teorie), sehrávaly monády velmi důležitou roli. Předpokládalo se, že jako primitivní a starobylé formy si

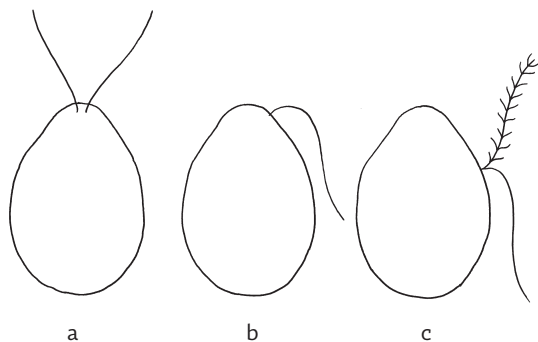
uchovaly celou řadu konzervativních znaků. Proto byla pozornost věnována stavbě a ultrastruktuře bičíkovců a bičíků. Původní morfologický koncept byl nejdříve nahrazen klasifikací podle ultrastruktury a v posledních letech klasifikací fylogenetickou. Ukazuje se však, že přechod od jednobuněčnosti k mnohobuněčnosti se odehrál v evoluci vícekrát. Nelze říci, že by fylogenetika předchozí klasifikaci zcela vyvrátila, mnohé závěry byly potvrzeny a některé vztahy zatím nejsou vyjasněny, např. vztahy mezi polyfyletickými liniemi.

Bičíkatá stadia chybí u Cyanophyta, Rhodophyta a Zygnematophyceae. Monády jednotlivých skupin řas se liší počtem bičíků, délkou a umístěním. Počet bičíků u různých skupin řas je většinou 1–4 (výjimečně 8). Vícečetné bičíky, konkrétně věnec 40 párů bičíků, mají stefanokontní zoospory u čapkoblanky (*Oedogonium*). Stejně dlouhé bičíky (izokontní) jsou typické pro zelené řasy a mohou mít koordinovaný pohyb (bičíky homodynamické). Heterokontní bičíky (různá délka, povrch i funkce) má hnědá vývojová linie (**Obr. 4**). Nestejně dlouhé bičíky označujeme jako anizokontní. Bičíky mohou být umístěny na buňce apikálně, subapikálně a laterálně (**Obr. 5**).



Obr. 4 Bičíky u řas

a – stejně dlouhé (izokontní), b – různě dlouhé (anizokontní), c – různě dlouhé, různého vzhledu i funkce (heterokontní), d – věnec brv (stefanokontní)



Obr. 5 Umístění bičíků na buňce

a – na vrcholu (apikálně),
b – pod vrcholem (subapikálně),
c – na boku (laterálně)

Bičík je chráněn plazmatickou membránou a může být na povrchu hladký nebo pěřitý. Pěřitý bičík je pokryt jednoduchým (netubulárním) nebo tubulárním vlášením (mastigonematy). Na povrchu bičíků mohou být také drobné šupiny.

Eukaryotický bičík se výrazně liší od bičíku bakterií a má také odlišný evoluční původ. Bakteriální bičík je jednoduchá dutá trubička, tvořená proteinem flagelinem. Jeho tloušťka je cca 20 nm, tedy zhruba na úrovni jednoho mikrotubulu eukaryotického bičíku, a je k buňce uchycena háčkem. Naproti tomu bičík eukaryot má složitou vnitřní stavbu, je robustní a umožňuje i komplexnější, vícesměrný pohyb. V buňce je eukaryotický bičík ukotven bazálním tělískem a mikrotubulárními kořeny. Při pohledu od vrcholu buňky jsou bazální tělíska a mikrotubulární kořeny uspořádány proti sobě (DO – orientace), posunuty ve směru hodinových ručiček (CW – orientace) nebo proti směru hodinových ručiček (CCW – orientace). Tato tzv. absolutní orientace bičíkových bází a mikrotubulárních kořenů byla ještě donedávna klíčovým znakem v klasifikaci řas.

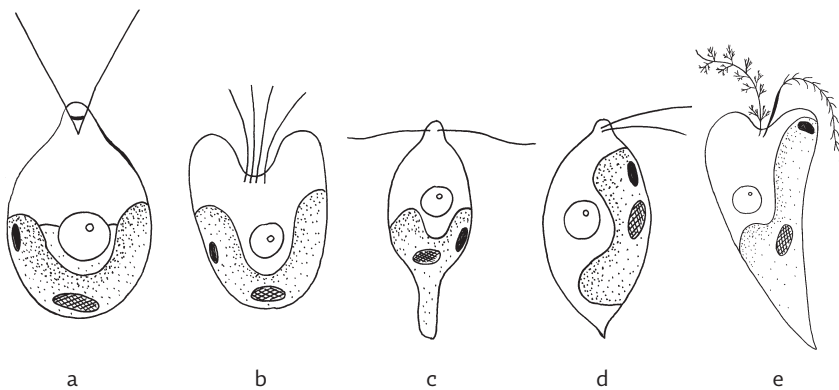
Volná část eukaryotického bičíku (axonema) se na příčném řezu skládá z 9 párů obvodových mikrotubulů a dvou středových mikrotubulů, tzv. stavba 9+2. V bazálním tělisku přechází struktura 9+2 na uspořádání mikrotubulů do 9 tripletů. Existují pouze tři výjimky ze stavby bičíku 9+2, a to jsou organely haptonema, pseudocilie a bičík spermatozoidu centrických rozsivek. Pseudociliím chybí vnitřní pár mikrotubulů a neslouží k pohybu. Stavbu 9+0 mají i bičíky samčích gamet centrických rozsivek. Haptonema má několik mikrotubulů uložených v dřeni, neslouží k pohybu a je schopna pouze kontrakcí.



Další strukturální detaily bazálního tělíska, přechodové oblasti (rozhraní mezi axonemou a bazálním tělískem) a bičíkových kořenů, důležité zejména u zelených řas, jsou popsány v literatuře (Kalina a Váňa 2005). Doporučuje se studentům odborného studia.

Pro zelené řasy jsou typické 2–4 izokontní bičíky a rozlišují se 4 typy architektury: typ *Chlamydomonas*, *Pyramimonas*, *Acrosiphonia*, *Chaetosphaeridium* (**Obr. 6**). První dva jsou reprezentovány vegetativními stadii, *Acrosiphonia* je gameta a *Chaetosphaeridium* je zoospora. Bazální tělíska bičíků rodu *Chlamydomonas* svírají ostrý úhel a jsou spojena příčně pruhovanou vazbou (oba se pohybují koordinovaně, tzv. homodynamické bičíky). U rodu *Pyramimonas* jsou bazální tělíska uložena rovnoběžně, u gamety *Acrosiphonia* svírají 180°. *Chaetosphaeridium* má bičíky umístěny subapikálně, jednostranně (**Obr. 6**). Heterokontní bičíky jsou typické pro hnědou vývojovou větev a vzorem architektury je rod

Ochromonas. Delší bičík je pokryt mastigonematy, je namířen kupředu a slouží k plavání. Druhý, kratší bičík je pasivně vlečen a na bázi nese fotoreceptor (ztlustlinu), případně slouží k nahánění potravy u mixotrofů (**Obr. 6e**).

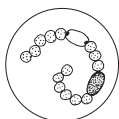


Obr. 6 Typy architektury monád

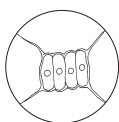
U zelených řas jsou bičíky izokontní a rozlišujeme: a – typ *Chlamydomonas*, b – typ *Pyramimonas*, c – typ *Acrosiphonia*, d – typ *Chaetosphaeridium*. Liší se hlavně uložením bazálních tělísek bičíků. U typu *Chlamydomonas* svírají ostrý úhel ve tvaru písmene V a jsou spojené příčně pruhovanou vazbou. U typu *Pyramimonas* jsou uloženy rovnoběžně. U typu *Acrosiphonia* svírají 180° a u typu *Chaetosphaeridium* vycházejí subapikálně na jednu stranu. Hnědou vývojovou větev reprezentuje: e – typ *Ochromonas* s heterokontními bičíky, které mají různou délku, vzhled i funkci. Schematické znázornění organel dle **Obr. 3**.

4 Charakteristické buněčné struktury sinic a řas

4.1 Buněčné obaly sinic a řas



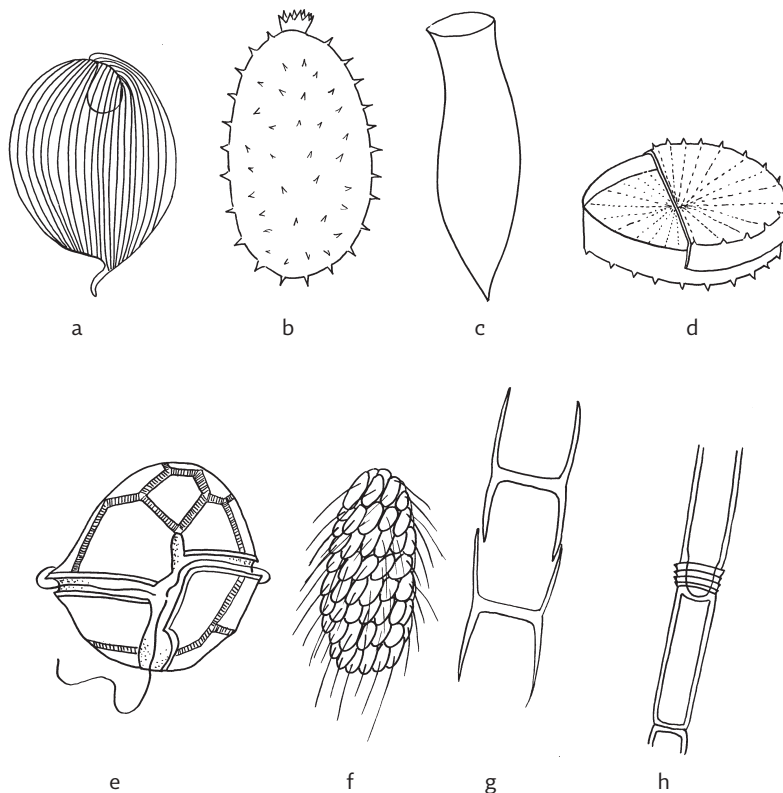
Protoplast sinic je chráněn několika vrstvami obalů, počínaje cytoplazmatickou membránou, několikavrstevnou buněčnou stěnou s obsahem mureinu a vnější slizovou vrstvou z lipopolysacharidů. Sliz může nabývat podoby průhledného až výrazně zbarveného, jednoduchého až vrstevnatého obalu kolem buněk jednobuněčných sinic, nebo pochvy u vláknitých sinic (**Obr. 18b; 19f**). Sliz chrání sinice před nepříznivými vlivy prostředí, např. vysycháním, umožňuje klouzavý pohyb nebo přichycení k substrátu. Přítomnost slizu je možno prokázat barvením, např. v preparátu s přídavkem černé tuše (**Obr. 17k**, Pouličková a kol. 2015).



Velmi rozdílné jsou buněčné obaly eukaryotických řas nejen ve srovnání se sinicemi, ale i mezi sebou (**Obr. 7a–h**). To může působit problémy při použití metod, kde je zapotřebí dostat se do buňky a nezničit přitom její obsah (flow cytometrie, izolace DNA).

Nejzranitelnější jsou nazí bičíkovci bez buněčné stěny (*Gonyostomum*), kde protoplast chrání pouze plazmatická membrána, případně sliz. Kromě vegetativních buněk se mohou nahé formy vyskytovat v průběhu životního cyklu řas (zoospory, gamety). Nahá stadia mohou být flexibilní a schopné améboidního pohybu. I přes absenci buněčné stěny mohou být vně plazmatické membrány přítomny proteiny nebo polysacharidy (sliz jako ochrana při rozmnožování rozsivek např. *Pinnularia*, **Obr. 17k**). U bičíkovců se mohou na povrchu nacházet orgány vystřelující sliz (mukocysty, diskobolocysty) nebo vymrštitelná tělíska (trichocysty, **Obr. 18d**).

Obaly jako pelikula, periplast a schránka (téka) jsou modifikace, které se obvykle utváří pod plazmalemou (plazmatickou membránou). U kryptomonád je periplast doplněn hexagonálními nebo rektangulárními destičkami bílkovinné povahy, mezi nimiž se nachází vymrštitelná tělíska trichocysty. Pod plazmalemou krásnooček je uložena spirálně konstruovaná pelikula složená z proteinových



Obr. 7 Vybrané modifikace buněčných obalů eukaryotických řas

a – pelikula u krásnooček, b – lorika u krásnooček *Trachelomonas*, c – lorika u zlativek *Dinobryon*, d – frustula u rozsivek, e – pancíř u obrněnek, f – křemité šupiny u zlativek (*Mallomonas*), g – buněčná stěna složená z H-kusů u různobrvků a zelených řas, h – límečky u *Oedogonia*.

proužků (**Obr. 7a**). Pelikuly různých druhů krásnooček se liší pružností. Pružnější pelikula umožňuje bičíkovci měnit tvar těla (většina zástupců rodu *Euglena*), zatímco tužší, ornamentovaná pelikula zaručuje stálý tvar (např. zástupci rodu *Phacus*). Krásnoočka rodu *Trachelomonas* tento typ pelikuly nemají, ale žijí v kulaté či oválné schránce (lorice) s apikálním otvorem, někdy opatřeným krčkem (**Obr. 7b; 19i, j**). Slizovitá (polysacharidová) lorika trachelomonád bývá inkrustována železem a manganem a podle jejich dostupnosti ve vodě je s různou intenzitou zbarvena do hněda. Bičíkovec je v lorice volný, může se v ní dělit a dceřinné buňky ji mohou opustit a syntetizovat si loriku novou. V preparátu často loriky praskají a nahého bičíkovce můžeme pozorovat (**Obr. 19k**). Jiný typ loriky, z celulózy či chitinu, obývají některé zlativky (*Dinobryon*, **Obr. 7c; 21k, l**). Také tento typ obalu je volný, není spojen s plazmatickou membránou a organizmy jej mohou opustit. Pancíř obrněnek (amfiesma, téka, **Obr. 7e**) má základ

v plochých měchýřcích pod plazmatickou membránou. Měchýřky mohou obsahovat celulózní destičky, jejichž počet, tvar a poloha jsou druhově specifické. Obrněnky s měchýřky bez destiček označujeme jako nahé (*Gymnodinium*, *Noctiluca*). Destičky vytváří dvě části pancíře – epikon a hypokon. Destičky obsahují také sporopoleninu podobnou látku dinosporin.

Na povrchu plazmalemy jsou u některých řas uloženy různé druhy šupin – organické, vápenité a křemité. Organickými šupinami je pokryto tělo a bičíky Prasinophyceae. Haptophyta produkují polysacharidové šupiny, které u některých druhů vápenatí v kokolity (*Emiliana*). Šupinaté zlativky mají na povrchu křemité šupiny (*Mallomonas*, **Obr. 7f**; *Synura*, **Obr. 18f**). Na jedné buňce zlativek se nachází různé typy šupin a jejich tvar i ornamentace mají taxonomický význam. Dokonce bylo zjištěno, že submikroskopická stavba šupin je v souladu s fylogenetickými vztahy, zjištěnými molekulárními metodami.

Rozsivky tvoří křemité schránky (frustuly, **Obr. 7d**) pokryté organickým materiálem. Stupeň zkřemenění je u rozsivek různý. Minimální je zkřemenění u mořské rozsivky *Phaeodactylum tricornutum*. Slabě jsou zkřemenělé auxospory (zygoty) rozsivek a lehké planktonní druhy. Silně inkrustovány jsou těžké benticke rozsivky. Frustuly jsou složeny ze dvou ték – menší hypotéky a větší epitéky, které do sebe zapadají jako víko a spodek krabíčky (podrobněji viz kapitola Bacillariophyceae). Určování rozsivek je založeno na morfologii a morfometrii vy-preparovaných schránek (zbavených živého obsahu). Charakter pevných schránek ovlivňuje životní cykly rozsivek a komplikuje práci badatelů s rozsivkovým materiálem, zejména použití molekulárních metod. Na druhou stranu je velmi výhodný při herbarizaci typových materiálů. Větší podrobnosti o stavbě a vzniku schránek lze najít v literatuře (Kalina a Váňa 2005, South a Whittick 1996).

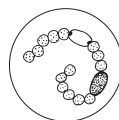
Povrch zelených řas je různý, od bičíkovců pokrytých plazmatickou membránou (*Dunaliella*), přes bičíkovce s glykoproteinovým pláštěm (chlamys, *Chlamydomonas*), až po celulózní stěnu vláknitých řas. Buněčná stěna je tvořena vně plazmalemy, podobně jako u vyšších rostlin.

Pravou buněčnou stěnu, srovnatelnou s vyššími rostlinami, mají zejména ruduchy, chaluhy, různobrvky a zelené řasy. Skládá se ze dvou komponent – mikrofibrilární sítě a amorfního materiálu. Také mohou být přítomny zpevňující látky jako křemík, uhličitán vápenatý, sporopolenin či algenan. Přítomnost sporopoleninu/algenanu v buněčné stěně některých zelených kokálních řas umožňuje jejich snadnou fosilizaci (*Scenedesmus*, *Pediastrum*). Ruduchy mají mikrofibrilární síť tvořenu xylanem, mannanem a celulózou, amorfní část tvoří komerčně zajímavé látky jako agar a karagen. Některé typy kalcifikují a podílí se na tvorbě korálových útesů. Póry v příčných přehrádkách u ruduch jsou vyplněny proteiny, lipidy a polysacharidy. Mikrofibrilární skelet chaluh je tvořen celulózou, amorfní

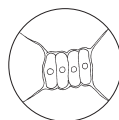
část je tvořena algináty, které se rovněž využívají v potravinářství. Celulózní buněčná stěna vláknitých různobrvků (*Tribonema*) a některých zelených řas (*Microspora*) je tvořena překrývajícími se částmi ve tvaru písmene H, tzv. H-kusy (**Obr. 7g; 19b**). Tato struktura buněčné stěny se u obou skupin vyvinula paralelně. U zelených řas existuje řada modifikací buněčné stěny. Často se skládá ze dvou vrstev, celulózní a amorfni (sliz). Spájkivky jsou díky slizu na omak slizké a nebývají porostlé epifyty. Naproti tomu chomáče žabího vlasu (*Cladophora*) jsou na omak drsné, jako chomáč vlasů, a silně porostlé epifyty. Někteří autoři rozdělují buněčné stěny podle poměru celulózní a amorfni složky do kategorií. V první převládají celulózní mikrofibrily (některé *Cladophorales*), v druhé převažuje amorfni složka (některé krásivky) a třetí není založena na celulóze (např. *Volvocales*). Sifonální formy zelených řas mají v buněčné stěně obsaženy i polymery xylózy (*Caulerpa*) nebo mannózy (*Acetabularia*) a některé mohou kalcifikovat. Byla potvrzena i přítomnost chitinu. Buněčná stěna řasy *Oedogonium* je typická tvorbou prstencovitých útvarů, tzv. límečků. Jejich vznik souvisí s jaderným a buněčným dělením a je podrobně vysvětlen v literatuře (Kalina a Váňa 2005). Můžeme je najít zejména u starších buněk poblíž příčné přehrádky (**Obr. 7h; 21n**). Charophyceae mají celulózní stěnu mnohdy silně kalcifikovanou.

4.2 Jádro a DNA

DNA se u sinic nachází v centroplozme (nukleoplazmatické oblasti) spolu s cytoplazmou a ribozomy. Má podobu velké kruhové molekuly DNA (podobně jako u bakterií) a může být v buňce v několika kopiích. Nachází se tam i malé kruhové molekuly DNA (plazmidy). Ribozomy sinic jsou bakteriálního typu, malá subjednotka obsahuje 16S rRNA, velká subjednotka 23S rRNA.



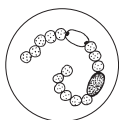
Eukaryotické řasy mají DNA uloženu v jádře, chloroplastech, mitochondriích, případně nukleomorfu a bazálním tělísku bičíku. Jádro je organela s dvojitou membránou přerušovanou póry. DNA je v jádru uložena v chromozomech a jádra mohou být haploidní nebo diploidní. Haploidní počet chromozomů má gametofyt (např. gamety), diploidní počet chromozomů obsahuje sporofyt (např. zygota). Podle výskytu haploidních a diploidních jader v životním cyklu řas rozlišujeme 3 typy životního cyklu řas: haploidní, diploidní a sporický (viz kapitola Rozmnožování). Kromě chromozomů obsahuje jádro jedno nebo několik jadérek. Obrněnky mají nápadně velké jádro s dobře viditelnými chromozomy. Neobsahuje histony a nazýváme jej dinokaryon (**Obr. 18h**). Kondenzované chromozomy obsahuje i jádro u krásnooček (**Obr. 18g**). Kromě jader najdeme u skupin Cryptophyta



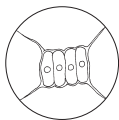
a Chlorarachniophyta nukleomorf, který představuje silně redukované jádro endosymbionta (viz kapitola Endosymbiotická teorie). Ribozomy eukaryotního typu obsahují 18S rRNA v menší podjednotce, 28S rRNA ve větší podjednotce.

4.3 Plastidy a jejich původ

4.3.1 Fotosyntetický aparát sinic a řas



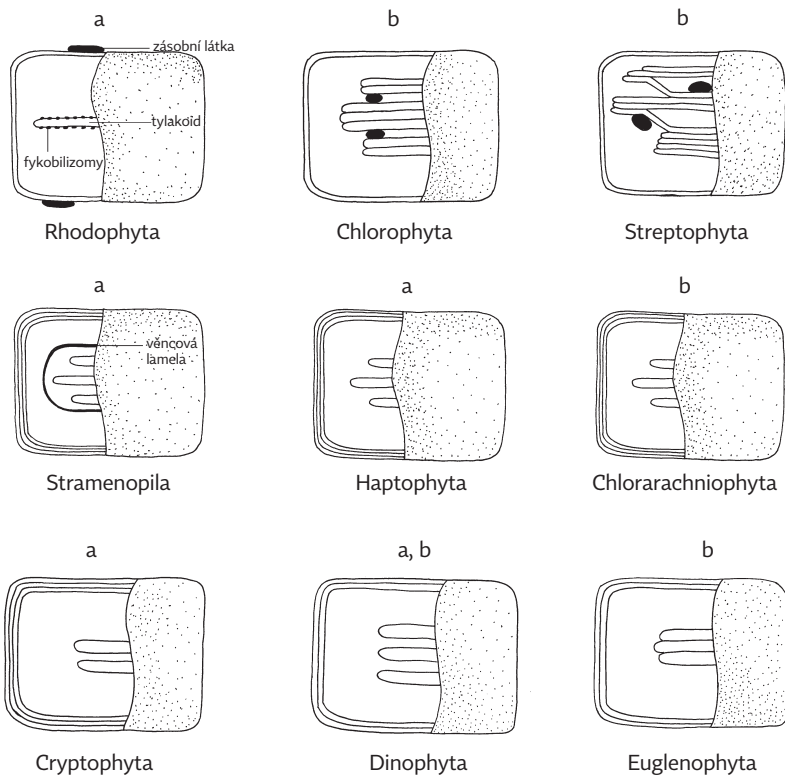
Prokaryotické sinice nemají plastidy, fotosyntetické pigmenty jsou v tylakoidech. Primitivní fotosyntetický aparát má *Gloeobacter violaceus*, kterému chybí tylakoidy a pigmenty jsou součástí plazmatické membrány. Všechny sinice obsahují chlorofyl-*a*. Některé sinice obsahují ještě další typy chlorofylů (**Tab. 1**). Na tylakoidech jsou dále váčky (fykobilizomy), obsahující speciální přídatné pigmenty bílkovinného charakteru fykobiliny (allofykocyanin, fykocyanin a fykoerytrin). Fykobilizomy chybí sinicím *Prochloron*, *Prochlorococcus*, *Prochlorothrix* a *Acaryochloris* (dříve *Prochlorophyta*) a pigmenty jsou u nich uloženy přímo v tylakoidech. Na rozdíl od ostatních sinic jsou u těchto rodů tylakoidy srostlé, podobně jako je tomu u zelených řas, a některé mají i chlorofyl-*b* (typický pro zelené řasy). Proto se považují za předka chloroplastu zelených řas. Změnami poměrů modrého fykocyaninu a červeného fykoerytrinu jsou sinice schopny reagovat na změny spektrálního složení světla, tzv. chromatické adaptace. To jim pomáhá zefektivnit fotosyntézu na místech s nedostatkem světla.



U eukaryotických řas se setkáváme s chloroplasty, leukoplasty a ojediněle i amyloplasty. Eukaryotické řasy se liší počtem chloroplastů (od jednoho po mnohočetné), tvarem chloroplastů (jednoduchý až komplexní s mnoha laloky) i jejich vnitřní stavbou (počet obalů a uložení tylakoidů, **Obr. 8**) a složením pigmentů. Plastidy obsahují plastidovou DNA a mohou obsahovat nukleomorf.

Vývojové linie řas mají rozdílný počet obalů chloroplastu a uložení tylakoidů (**Obr. 8**). Chlorophyta a Streptophyta mají dvě obalné membrány chloroplastu, tylakoidy se sdružují do lamel a gran a škrob je uvnitř chloroplastu. Dvě membrány mají také chloroplasty skupiny Rhodophyta, kde jsou však tylakoidy s fykobilizomy uloženy jednotlivě a zásobní látky jsou mimo chloroplast. Tři membrány obalují plastidy krásnooček a některých zástupců obrněnek. Obrněnky se vyznačují velkou diverzitou chloroplastů co do stavby i obsahu pigmentů (viz kapitola Endosymbiotická teorie). Plastidy se 4 membránami mají Stramenopila, Cryptophyta, Haptophyta, Chlorarachniophyta a některé obrněnky. Některé hnědé řasy mají navíc ještě věncovou lamelu, která je vytvořena z obvodových tylakoidů

(Obr. 8). Tento svazek tylakoidů probíhá pod povrchem chloroplastu a pod ním je uložen kruhový nukleoid s chloroplastovou DNA. Chloroplasty často obsahují pyrenoid, bílkovinné tělísko s enzymem Rubisko, který bývá obklopen škrobovými zrny. Součástí některých chloroplastů je stigma (světločivná skvrna).



Obr. 8 Schematický řez chloroplastem řas

Podle podobnosti složení fotosyntetických pigmentů jsou chloroplasty zařazeny do skupin a, b (viz kapitola Endosymbiotická teorie). Upraveno podle Ettl (1980). Primární chloroplast ruduch (Rhodophyta) má dvě obalné membrány, tylakoidy s fykobilizomy uloženy jednotlivě a zásobní látka je mimo chloroplast. Chloroplast zelených řas (Chlorophyta, Streptophyta) je rovněž produktem primární endosymbiózy. Chlorophyta mají dvě obalné membrány, tylakoidy srostlé v lamelách a škrob uvnitř chloroplastu. Streptophyta se liší pouze uspořádáním tylakoidů do gran. Sekundární chloroplasty hnědé vývojové linie Stramenopila mají 4 membrány, věncovou lamelu a tylakoidy seskupené po třech. Věncová lamela není přítomna u Xanthophyceae. Haptophyta mají stejnou stavbu jako Stramenopila, chybí jim pouze věncová lamela. Chlorarachniophyta mají 4 membrány a tylakoidy seskupené po třech. Mohou obsahovat nukleomorf (nevyznačeno). Cryptophyta mají 4 membrány a tylakoidy po dvou. Mohou obsahovat nukleomorf (nevyznačeno). Dinophyta mají několik typů chloroplastů (viz kapitola Endosymbiotická teorie). Vývojově odvozené obrněnky mají tři membrány a tylakoidy seskupené po třech. Euglenophyta mají tři membrány a tylakoidy srostlé po 3.

Jednotlivé skupiny řas se liší také složením fotosyntetických pigmentů (**Tab. 1**). Zatímco chlorofyl-*a* mají všechny skupiny eukaryotických řas, chlorofyl-*b* mají pouze zelené řasy, krásnoočka a Chlorarachniophyta. Chlorofyl-*c* je charakteristický pro linie Stramenopila, Cryptophyta, Haptophyta a některé Dinophyta. Chlorofyl-*d* byl uváděn u některých ruduch, ale ukázalo se, že tento chlorofyl obsahuje sinice *Acaryochloris*, která žije na ruduchách epifyticky. Důležitým doprovodným pigmentem jsou fykobiliny, které se kromě již zmíněných prokaryot vyskytují u eukaryotických skupin Glaucophyta, Rhodophyta, Cryptophyta a Dinophyta. V plastidech řas byly identifikovány i xantofyly. Charakteristický pigment fukoxantin způsobuje žlutohnědou barvu hnědých řas a se skupinou Stramenopila (mimo Xanthophyceae) jej sdílí i Haptophyta. Peridinin je charakteristickým pigmentem některých vývojově odvozených obrněnek s třemi membránami chloroplastu. Speciální funkce mají i další přítomné pigmenty, např. ochranu před UV zářením (karoteny).

Složení fotosyntetických pigmentů se částečně odráží ve zbarvení řas, i když se na to nelze zcela spoléhat. Roli mohou hrát i další okolnosti jako hromadění některých látek (např. železa), ochrana před přezářením např. u sněžných řas (karoteny). V ideálním případě mají sinice modrozelenou (dříve sinou) barvu (**Obr. 18a, b**). Aerofytické sinice mohou mít slizové obaly zbarveny až do černa. Mořské ruduchy jsou červené, sladkovodní spíše šedomodré, zčervenají až po fixáži. Chloroplastida a Euglenophyta jsou trávově zelené (**Obr. 18g, k**), loriky krásnooček rodu *Trachelomonas* jsou zbarveny hnědě až černě inkrustacemi železa a manganu (**Obr. 19i, j**). Zlativky jsou zlatavě hnědé (**Obr. 18f**) a rozsivky hnědé (**Obr. 18i, j**) až olivově zelené.

4.3.2 Endosymbiotická teorie

Původně se badatelé domnívali, že organely eukaryotických buněk vznikly bez vnějšího zásahu (autogenně), vchlipováním plazmalemy, od čehož současná věda upustila.

Heterotrofní výživa některý řas, vlastní DNA v chloroplastech, mitochondriích a bazálním tělísku bičíků, rozdíl ve stavbě chloroplastů a složení fotosyntetických pigmentů vedly k úvahám o endosymbiotickém původu chloroplastu i dalších organel eukaryot. Vývoj poznání a časový sled klíčových vědeckých poznatků ukazuje **Tab. 4**. Problematika je rozebrána i v populárních článcích (Hampel a kol. 2012, Kaštovský a Juráň 2016).

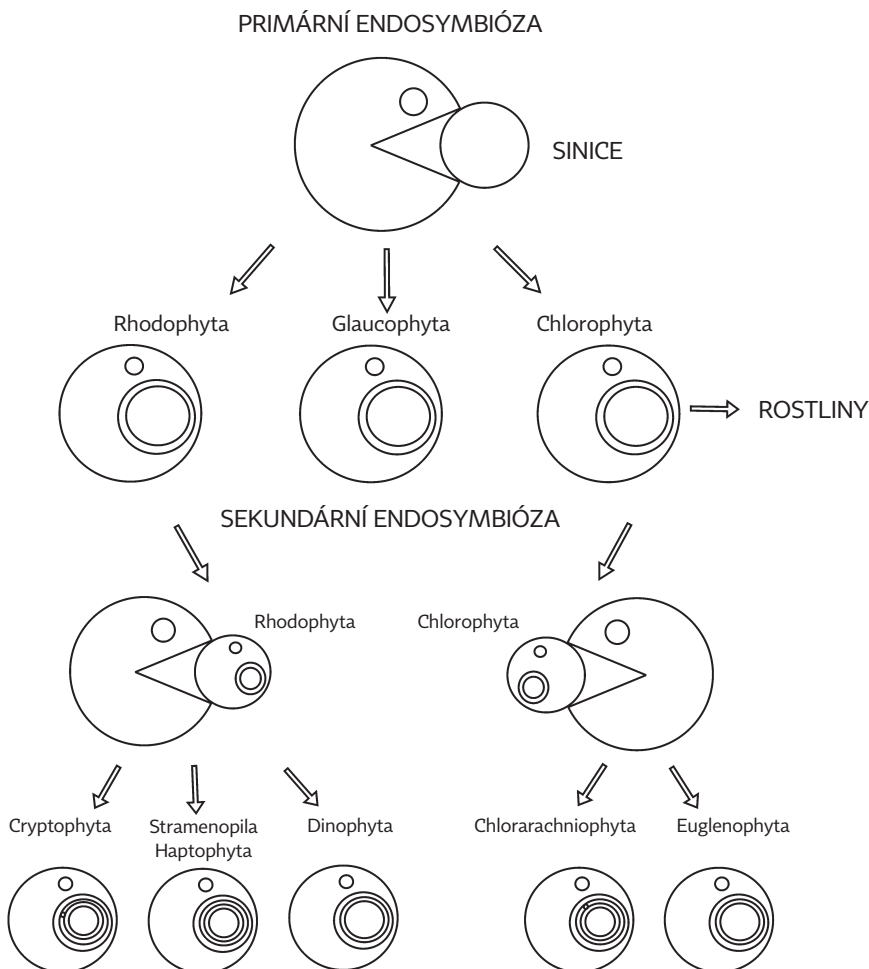
Hypotéza endosymbiotického původu organel předpokládá pohlcení primitivních prokaryot (bakterií, sinic) fagotrofním eukaryotním organizmem, který

kořist nestrávil, ale ponechal si ji pro její unikátní vlastnosti. Ukořistěný prokaryot časem ztratil část genomu a samostatnost a přeměnil se v organelu (mitochondrii, chloroplast).

Mitochondrie vznikla pravděpodobně jedinou evoluční událostí a nejbližšími žijícími příbuznými mitochondrií jsou alfa-proteobakterie. Genom endosymbionta prošel výraznou redukcí, část genů se ztratila, část byla přenesena do jádra hostitele. Ukořistěním mitochondrie se organizmus stal aerobním a byl schopen přežít v kyslíkaté atmosféře. Procesu přeměny „First Eukaryotic Common Ancestor“ (FECA) na „Last Eukaryotic Common Ancestor“ (LECA) říkáme eukaryogeneze. Neznáme její mezistupně, ale předpokládáme, že předek „LECA“ již měl mitochondrie, bičík a cytoskelet, endomembránový systém, lineární chromozomy, mitózu a pohlavní rozmnožování.

Podobně jako mitochondrie vznikl podle endosymbiotické teorie i chloroplast, a to pohlcením sinice. Již na počátku 20. století prohlásil K. S. Mereschowsky, že plastidy jsou „malí zelení otroci, kteří vyrábí hostitelské buňce potravu ze slunce“. Protože existují různé typy plastidů, domníval se Mereschowsky, že došlo k několika nezávislým endosymbiózám (polyfyletický původ plastidů). Jeho teorie na několik desítek let zapadla a byla oprášena L. Margulisovou (tehdy Sagánovou) v druhé polovině 20. století (Sagan 1967). V současné době převládá názor, že většina typů chloroplastů vznikla primární nebo sekundární endosymbiózou (Graham a Wilcox 2008). Primární a sekundární plastidy se liší počtem obalných membrán. Membrány primárních plastidů jsou prokaryotického původu a pocházejí z cytoplazmatické membrány endosymbionta. Vnější obaly sekundárního plastidu jsou eukaryotického původu a pocházejí z fagocytického váčku hostitele a cytoplazmatické membrány endosymbionta. Teorie je znázorněna na **Obr. 9**.

Primární endosymbiózou sinice vznikla skupina Archaeplastida, tedy řasy s dvojitou membránou chloroplastu Rhodophyta, Chlorophyta + Streptophyta, Glaucophyta. Endosymbiotickou teorii podporují některá zjištění. Skupiny Rhodophyta a Glaucophyta sdílejí se sinicemi přídatné pigmenty fykocyanin a fykoerytrin, ruduchy je dokonce mají ve fykobilizomech, stejně jako sinice. Glaucophyta jsou skupinou, kde jsou ukořistěné sinice v podobě cyanel, tedy sinic na půl cesty k chloroplastu. Ztratily již značnou část genomu a nemohou žít bez hostitele, ale nejsou ještě pravým plastidem. Cyanely obsahuje i kořenožec *Paulinella chromatophora* (**Obr. 18c**), který však není příbuzný se skupinou Glaucophyta a získal cyanely nezávislou primární endosymbiózou. Paralelní vývoj zelených řas a ruduch je možné pozorovat i na morfologické podobnosti stélky. Původ chloroplastů s chlorofylem-b byl záhadou do doby, než byla objevena prokaryota s chlorofylem-b a na základě molekulárních analýz zařazena do sinic (dříve Prochlorophyta). Jde o rody *Prochlorothrix*, *Prochlorococcus*, *Prochloron*,



Obr. 9 Schematické znázornění vzniku chloroplastu

Nejdříve pohltit heterotrofní eukaryot sinice (oxyfototrofního prokaryota), která se stala donorem chloroplastu pro skupiny Rhodophyta, Glaucophyta, Chlorophyta a Streptophyta. Tyto primární plastidy mají dvě obalné membrány. V procesu sekundární endosymbiomy byla pohlcena ruducha a vznikají sekundární plastidy hnědé vývojové linie Stramenopila, Cryptophyta, Haptophyta se 4 obalnými membránami a část obrněnek (Dinophyta) se 3 membránami. Pohlcením zelené řasy vznikají plastidy skupin Chlorarachniophyta se 4 membránami a Euglenophyta se 3 membránami. U krásnooček a obrněnek se předpokládá dodatečná ztráta čtvrté membrány. U některých skupin sekundární plastidy obsahují pozůstatek jádra endosymbionta – nukleomorf (Cryptophyta, Chlorarachniophyta), který je umístěn mezi dvěma páry obalných membrán (malá tečka).

které jsou v molekulárních analýzách promíchány se sinicemi, a tedy netvoří žádnou samostatnou linii, jak se původně předpokládalo.

Ostatní skupiny řas (Euglenophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Haptophyta, Stramenopila) se od primárních endosymbiontů liší nejen pigmenty, ale i počtem obalných membrán chloroplastu, které jsou tři až čtyři. To vedlo k teorii, že v jejich případě došlo k sekundární endosymbióze, kde byl dárcem chloroplastu produkt primární endosymbiózy – zelená řasa či ruducha (tedy již fotosyntetizující eukaryot). Ukořistěním ruduchy vznikly plastidy Cryptophyta, Haptophyta a hnědých řas (Stramenopila). Plastid skrytěnek (Cryptophyta) má dva páry obalů, mezi nimiž je tzv. periplastidální oblast. V ní je uložen pozůstatek jádra endosymbionta (nukleomorf). S ruduchami sdílí skrytěnky přídatné pigmenty fykobiliny, které jsou uloženy volně v tylakoidech. Zelený endosymbiont pak dal vzniknout skupinám Euglenophyta a Chlorarachniophyta. Rovněž u skupiny Chlorarachniophyta byl pozorován nukleomorf. Výjimečné postavení mají obrněnky, u nichž se uvažuje o terciální či opakované endosymbióze. Polovina obrněnek nemá plastidy a živí se dravě požíráním jiných eukaryot, např. skrytěnek. Obrněnky s chloroplastem mají plastidy (kleptoplastidy) různé stavby a složení pigmentů, odpovídající zelenému, hnědému nebo modrozelenému endosymbiontu (uvádí se až 8 typů).

Endosymbiotickou teorii dále podporuje několik indicií. Chloroplast, mitochondrie i bazální tělísko bičíku mají vlastní DNA. Molekulární metody potvrdily shodu mezi bakteriemi a mitochondriemi, sinicemi a chloroplasty. Cyanely skupiny Glacophyta se nápadně podobají sinicím. Nukleomorf je důkazem, že chloroplasty skupin Cryptophyta a Chlorarachniophyta vznikly endosymbiózou eukaryotní buňky (ruduchy, zelené řasy). Endosymbionti existují u různých skupin organismů (endosymbiotické sinice u rozsivek). *Geosiphon pyriforme* je příkladem volného endosymbiotického soužití houby a sinice (obě mohou existovat odděleně). Bičíkovec *Hatena arenicola* si chloroplast musí ukořistit v průběhu životního cyklu, protože při buněčném dělení obdrží celý chloroplast jen jedna dceřinná buňka, druhá jej získává endosymbiózou. Endosymbiotický původ bičíku není zatím uspokojivě vysvětlen, existují sice prokaryotické spirochety, které mají mikrotubuly, ale jejich uspořádání neodpovídá uspořádání mikrotubulů bičíku. V **Tab. 4** jsou shrnuty významné vědecké poznatky, které podpořily endosymbiotický původ chloroplastu.

Tab. 4 Vybrané historické vědecké poznatky, které jsou v souladu s dnešní představou o endosymbiotickém vzniku chloroplastu. Některé poznatky byly objeveny více badateli nezávisle na sobě, tato tabulka neřeší prioritu, pouze ilustruje historický vývoj poznání. Kompilováno z více zdrojů, např. Bhattacharya a Medlin (1995), www.algaebase.org, Hampl a kol. (2012).

Poznatek	Autor
Rostlinné plastidy se dělí nezávisle na buňce	Schimper 1883
Plastidy jsou malí zelení otroci, kteří vyrábí hostitelské buňce potravu ze slunce	Mereschkowsky 1905
Polyfyletický původ chloroplastu – více nezávislých endosymbióz	Mereschkowsky 1910
Popis organismu <i>Cyanophora paradoxa</i>	Korshikov 1924
Popis organismu <i>Chlorarachnion reptans</i>	Geitler 1930
Ztráta chloroplastů vlivem antibiotik u rodu <i>Euglena</i>	Provasoli 1948, Jírovec 1949
DNA prokázána v chloroplastu	Stocking a Gifford 1959
	Ris a Plaut 1962
Porovnání fykobilinů v eukaryotech s fykobiliny sinic	Gantt a Conti 1966
Revitalizace zapomenuté endosymbiotické teorie	Sagan 1967 (Margulisová)
Endosymbiózy se účastnily 3 typy prokaryot	Raven 1970
Prokázané – sinice s chlorofylem-a a fykobiliny	
Hypotetické – zelený prokaryot s chlorofylem-b, žlutý prokaryot s chlorofylem-c?	
Porovnání DNA plastidu <i>Euglena</i> a sinice	Pigott a Carr 1972
Termín nukleomorf	Greenwood cca 1974
Porovnání podobnosti genů v plastidu <i>Porphyra</i> se sinicemi	Bonen a Doolittle 1975
Plastid je redukována sinice	Schwartz a Dayhoff 1978
Plastid u rodu <i>Euglena</i> byl odvozen od zelené řasy	Gibbs 1978
Fosilie podobné sinicím, stromatolity	Lowe 1980, Walter 1980
Genom plastidu jätrovky sekvenován	Ohyama a kol. 1986
Popis organismu <i>Prochloron</i>	Lewin 1977
Popis organismu <i>Prochlorothrix</i>	Burger-Wiersma a kol. 1989
Popis organismu <i>Prochlorococcus</i>	Chisholm a kol. 1992
Sekundární plastid Cryptophyta	Douglas a Turner 1991
	Douglas 1992
Genom plastidu řasy <i>Porphyra</i> má jen 200 genů	Reith a Mulholland 1993
Kompletní genom <i>Synechocystis</i> má přes 3 000 genů	Kaneko a kol. 1996
Terciární plastid obrněnky z rozsivky	Chesnick a kol. 1996
Důkaz přenosu genů z nukleomorfu do jádra	Deane a kol. 2000
Nezávislá primární endosymbióza u <i>Paulinella</i>	Marin a kol. 2005

4.4 Světločivný aparát

Světločivný aparát má většina monád, bičíkaté vegetativní buňky, zoospory a gamety. První částí je světločivná skvrna (stigma). Druhou částí je fotoreceptor, kterým může být oblast na plazmalemě (např. *Chlamydomonas*) nebo ztlustlina či vychlípenina na bičíku (např. hnědé řasy) nebo paraflagerální lišta v bičíku (Euglenophyta).

Samotné stigma může mít podobu jednoduchého shluku kapének bez membrány, u dokonalejších typů je obalena membránou. Nejdokonalejší stigma, kterému říkáme ocellus, mají obrněnky rodu *Warnovia*. Vniřní struktura ocellu je analogická oku mnohobuněčných organismů. Obsahuje strukturu připomínající čočku, sítnici zastupuje retinoid a mezi nimi je komůrka vyplněná vodou připomínající sklivec.

Řasy mohou s pomocí světločivného aparátu vykazovat pozitivní a negativní fototaxi (pohyb za světlem nebo od světla), fotofobickou odpověď (únik od zdroje přezáření) a fotokinezi (změnu rychlosti pohybu vlivem světla). Při těchto procesech hraje roli způsob pohybu bičíkovců. Bičíkovci většinou vykazují spirální pohyb kolem podélné osy. Při něm je fotoreceptor (např. ztlustlina na bičíku) střídavě zastíněn stigmatem. Světlo indukuje změny membránového potenciálu na plazmatické membráně, ionty vápníku proudí do buňky a ovlivní směr jejího pohybu.

Rozlišujeme tedy tři typy světločivného aparátu. U prvního typu je stigma uvnitř chloroplastu (Chlorophyceae, Prasinophyceae, některé Chrysophyceae) a fotoreceptor není propojen s bičíkem. U druhého typu je stigma rovněž součástí chloroplastu, ale fotoreceptor je spojen s bičíkem (Cryptophyceae, Xanthophyceae a reprodukční buňky některých Phaeophyceae). V případě třetího typu je stigma mimo chloroplast a je spojeno s bičíkem (Euglenophyceae, Eustigmatophyceae).

4.5 Další specifické orgány řas

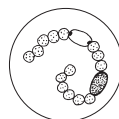
Sladkovodní řasy žijí v prostředí s nižším obsahem iontů (hypotonické) a mají tendenci nabírat vodu. Ta se shromažďuje v kontraktilní vakuole a po jejím naplnění je vypuzena mimo buňku. Tato organela je běžná u bičíkovců. Kontraktilní (pulzující) vakuoly mohou být i dvě, v tom případě se v naplňování a vyprazdňování střídají. Naopak *Dunaliella* si v hypertonickém prostředí mrtvého moře pomáhá se ztrátou vody produkcí glycerolu. Obrněnky mají nekontraktilní

vychlípeniny pusuly, které zřejmě souvisí se schopností fagocytózy, případně osmoregulace. Bičíkovci mají rovněž celou škálu organel, které slouží k lapení kořisti nebo zastrašení nepřítele. Tyto organely mohou vystřelovat vlákno (ejektomy), sliz (trichocysty, discobolocysty). Bezbarvá krásnoočka (Euglenozoa) mají faryngeální aparát k nabodávání kořisti. Skrytěnky mají Maupasova tělíska, jejichž účel není uspokojivě vysvětlen, mohou být ekvivalentem lysozomů.

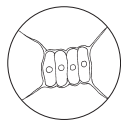
5 Rozmnožování a životní cykly sinic a řas

5.1 Nepohlavní rozmnožování

Prokaryotické sinice se rozmnožují hlavně binárním dělením buněk, které je bakteriálního typu. Při buněčném dělení sinic vzniká buněčná přehrádka vchlipováním cytoplazmatické membrány od obvodu ke středu buňky. Za ní se vchlipuje i buněčná stěna, ale povrchový slizový obal se procesu neúčastní. V jedné buňce může probíhat i více dělení najednou, což je dobře viditelné např. na velkých vláknitých sinicích rodu *Oscillatoria*. Buněčná přehrádka uprostřed je již téměř dokončená, zatímco obě vznikající dceřinné buňky se již také začínají dělit. Dalšími způsoby nepohlavního rozmnožování jsou exocyty, baeocyty a hormogonie. Kyjovité buňky rodu *Chamaesiphon* přisedají bazální částí k podkladu a na opačném konci odškrcejí kulovité exocyty. Po uvolnění se exocyt usadí na substrát a vytváří novou kyjovitou buňku. U některých sinic dochází k vícenásobnému dělení mateřské buňky za vzniku drobných kulovitých buněk – baeocytů. Vláknité sinice typu *Oscillatoria* se pomocí nekrotických buněk rozpadají na několikabuněčné úseky – hormogonie. Ty přezimují a vyklíčí v nová vlákna. Nepříznivé podmínky přežívají některé nostokální sinice (*Anabaena*) také v podobě specializovaných buněk akinet. Obsahují zásobní látky a jsou chráněny tlustými obaly.



Nejčastější chybou, se kterou se setkáme i ve většině učebnic, je termín endospory spojovaný se sinicemi. Endospory se však vyskytují jen u bakterií, u sinic jde o exocyty (nevznikají uvnitř, ale vně buněčné stěny), což bylo prokázáno elektronovou mikroskopií. Rovněž nesprávné je označení exospory, neboť nejde o spory. Ve starších učebnicích se také setkáme s pojmy „plynné vakuoly“ (správně aerotopy) a „heterocysty“ (správně heterocyty). Tyto mýty vyvracel náš největší odborník na sinice prof. Jiří Komárek. Je zakladatelem moderního přístupu k taxonomii sinic.



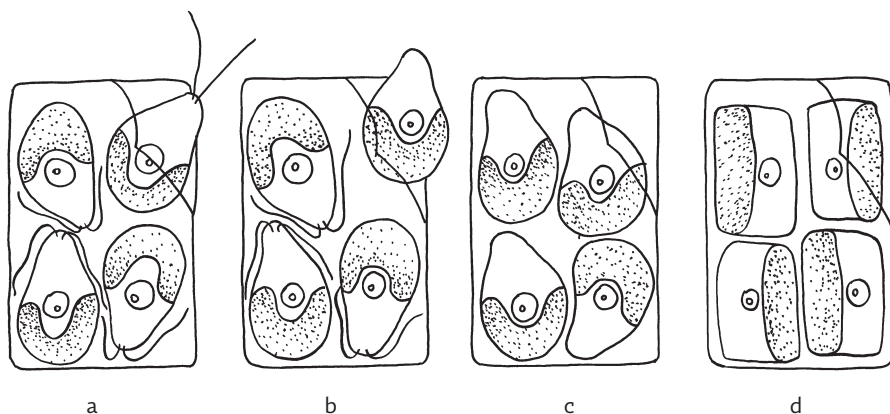
Nejprimitivnější eukaryotické řasy se rozmnožují prostým dělením buněk na dvě buňky dceřinné tzv. schizotomií (**Obr. 20 b, c, h**). Dělení buněk předchází dělení jádra a ostatních organel. Schizotomie je typická pro jednobuněčné řasy. Mnozí bičíkovci při dělení vytvářejí nepohyblivá „palmeloidní“ stadia, v nichž jsou buňky uloženy ve slizu. Buněčné dělení rozsivek komplikuje přítomnost pevné dvoudílné schránky s větší epitékou a menší hypotékou (**Obr. 21 g**). Dceřinná buňka, která obdrží menší část schránky si k ní dotvoří hypotéku, a to má za následek zmenšování velikosti buněk u části populace. Původní velikost je obvykle po čase obnovena pohlavním rozmnožováním (**Obr. 17 e–i; 21 a–f, h–j**), při němž jsou odvrženy obě části schránky a procesem auxosporulace je vytvořena iniciální buňka o maximální velikosti. U krásivek (dvojčatkovitých řas) při dělení vzniká nový jedinec, jehož dvě poloviny nejsou stejně staré. Po oddálení dvou polovin mateřské buňky doroste ke každé z nich nová, mladší polovina buňky. U řas jako *Volvox*, které tvoří cenobia, dochází ke vzniku dceřiných cenobií (**Obr. 21q**). Tento zvláštní typ kolonie je tvořen buňkami, které vznikly dělením jedné buňky. Vznikající cenobium má nejdřív bičíky orientované dovnitř, nakonec se převrátí naruby a bičíky se dostanou na vnější stranu cenobia.

Z hlediska vývojových vztahů k vyšším rostlinám je u řas důležitý průběh buněčného dělení, tedy typ mitózy a cytokineze. Zjednodušeně řečeno, mitóza může být uzavřená, částečně uzavřená a otevřená. U uzavřené mitózy zůstává zachován jaderný obal během jaderného dělení, u otevřené jaderný obal mizí. Při částečně uzavřené mitóze zůstávají v jaderném obalu polární okénka. Centrioly se mohou nacházet na pólech dělicího vřeténka (ortomitóza), nebo vzácněji v ekvatoriální rovině jádra (metacentrická). Cytokineze pak může probíhat za účasti fykoplastu, fragmoplastu a bez tvorby těchto mikrotubulárních systémů. Fykoplast a fragmoplast jsou mikrotubulární systémy, oddělující dceřinné buňky při dělení. Primitivnější fykoplast se vyskytuje u skupiny Chlorophyta a není odvozen od mitotického vřeténka. Naproti tomu fragmoplast využívá mikrotubuly mitotického vřeténka a je vyvinut u streptophytí linie (řasy, mechorosty, cévnaté rostliny).



Průběh mitózy a cytokineze sehrál v systematice některých skupin řas velmi důležitou roli. O probádanost v této oblasti se zasloužil zejména australský algolog J. D. Pickett-Heaps, který vytvořil atlas submikroskopických struktur zelených řas. Podrobněji se s problematikou můžeme seznámit v učebnici Kalina a Váňa (2005), doporučuje se studentům odborného studia a těm, kteří pracují na kvalifikačních pracech ze zelených řas.

Dalším typem nepohlavního rozmnožování je tvorba spor při tzv. vícenásobném dělení. Při něm dojde k několika dělením za sebou, přičemž produkty dělení nedorůstají do původní velikosti a dají vznik různému typu spor. Pohyblivé spory nazýváme planospory a mohou mít podobu zoospor, modifikovaných améboidních zoospor, hemizospor a synzoospor. Zoospory vypadají jako bičíkovec (případně améba), hemizospory po opuštění sporangia ztrácí bičíky (**Obr. 10b**). U synzoospor nedochází k rozdělení obsahu a mnohojaderná spora je pokryta četnými bičíkovými páry (*Vaucheria*). Zvláštností u některých chaluh je tvorba dvojího typu zoospor, z haploidních vyrůstají gametofyty, z diploidních pak sporofyty. Mezi nepohyblivé spory (aplanospory) patří autospory a hemiautospory. Autospory jsou zmenšené kopie mateřské buňky, hemiautospory mají některé znaky bičíkovců, ale nemají bičíky (**Obr. 10c**). Cytotomie je dělení vegetativních buněk vláknitých řas.



Obr. 10 Nepohlavní rozmnožování formou vícenásobného dělení

a – pohyblivé zoospory, b – hemizospory (po opuštění sporangia ztrácí bičíky), c – hemiautospory (vypadají jako monády bez bičíků), d – autospory (zmenšené kopie mateřské buňky).

Mezi nepohlavní způsoby rozmnožování patří i rozpad stélky, cenobií a kolonií a vznik modifikovaných vegetativních buněk se ztlustlou buněčnou stěnou (akinet). Hypnospory a hypnozygoty mají rovněž ztlustlou stěnu, ale vznikají de novo (nikoliv přeměnou vegetativních buněk). Zůstávají životaschopné desítky let. Odpočívající spory figurují i v životním cyklu mořských rozsivek. Zlativky mají schopnost tvořit křemité statocysty (**Obr. 21k, l**), mnohdy po některém z typů pohlavního procesu. Specifické rozmnožovací útvary vznikají u ruduch, kde se gametofyt může množit nepohlavně monosporami, zatímco na sporofytu vznikají redukčním dělením čtveřice haploidních tetraspor. Chary se mohou

vegetativně šířit způsobem, který připomíná odnožování, případně hlízkami na rhizoidech. Zoospory se u parožnatek netvoří. U některých řas se mohou partenogeneticky vytvořit partenospory.

5.2 Pohlavní rozmnožování

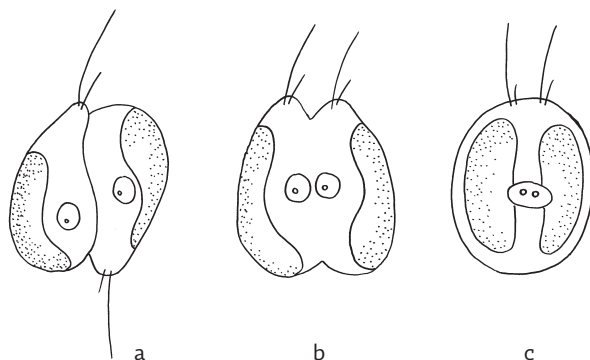
Pohlavní rozmnožování chybí nebo je nejisté u skupin Cyanophyta, Eustigmato-phyceae, Raphidophyceae, Cryptophyta a Eulenophyta. Ačkoliv u eukaryotických skupin můžeme očekávat nové objevy, protože funkční geny spojené s pohlavním procesem již byly prokázány.

5.2.1 Hologamie

Primitivním způsobem pohlavního rozmnožování, při němž nedochází k tvorbě specializovaných gamet, je splývání vegetativních protoplastů – hologamie (**Obr. 11**). Hologamie je typická pro zlativky, kde po ní může následovat tvorba statocyst (*Dinobryon*, **Obr. 21k, l**). K hologamii v nejširším slova smyslu můžeme zařadit i spájení (konjugaci) u skupiny Zygnematophyceae (Ettl 1980). V literatuře se lze setkat i s interpretací, že jde o izogamii améboidních gamet. V každém případě spájkvy neprodukují žádná bičíkatá stadia. U vláknitých druhů splývají buďto protoplasty sousedních buněk v jednom vlákně (laterální konjugace), nebo protoplasty buněk dvou vláken k sobě přiložených (žebříčková konjugace, **Obr. 20e, f**). Mezi buňkami se vytváří kopulační kanálky (**Obr. 20e**), jimiž se přesouvají protoplasty améboidním pohybem. Průběh spájení je důležitým diagnostickým znakem na druhové úrovni, sterilní vláknité spájkvy prakticky nelze zařadit do druhu. Kokální spájkvy se při pohlavním rozmnožování obklopují slizem a protoplasty se pohybují uvnitř slizového obalu.

5.2.2 Merogamie

U složitější merogamie dochází k diferenciaci specializovaných pohlavních buněk (gamet), které se poté účastní pohlavního rozmnožování (Ettl 1980). Gamety vznikají v gametangiích, u oogamie pak rozlišujeme samičí gametangia (oogonia) a samčí gametangia (anteridia). Pohlavní rozmnožování zahrnuje dva procesy. Prvním je proces syngamie, zahrnující fúzi gamet (plazmogamie) a jader (karyogamie). Druhým je meioza, zajišťující výměnu genetické informace a rozdělení chromozomů do výsledných buněk.



Obr. 11 Hologamie – splývání vegetativních protoplastů

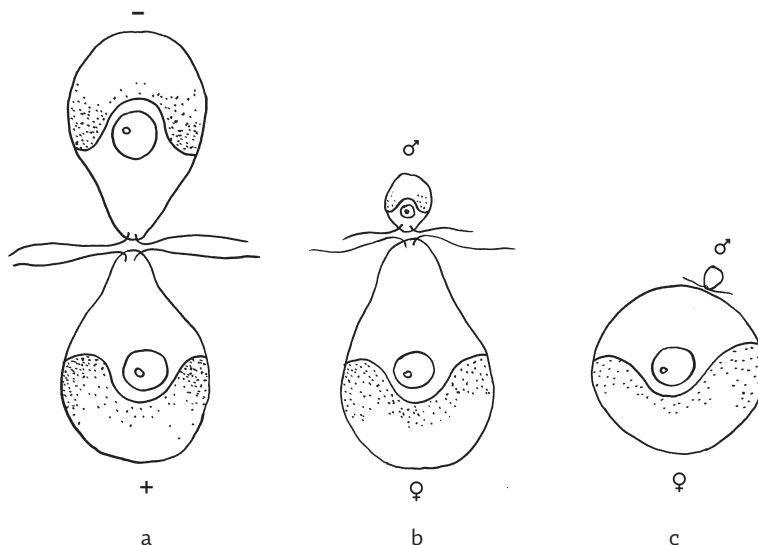
a – přiblížení, b – planozygota před karyogamií, c – splývání jader.

Při syngamii mohou splývat:

1. gamety morfologicky identické – izogamie
2. jedna gameta menší a pohyblivější (samčí) s větší a méně pohyblivou (samičí) – anizogamie
3. nepohyblivá, velká samičí buňka vaječná (oosféra) s malou, pohyblivou samčí buňkou spermatickou (spermatozoid) – oogamie

Výsledkem pohlavního procesu je zygota (zygospóra, oospóra, auxospóra). Při izogamii jsou stejně vypadající gamety rozlišeny fyziologicky na párovací typy (+ a –), typickým příkladem jsou některé druhy rodu *Chlamydomonas* nebo penátní rozsivky. Gamety obou párovacích typů mohou vznikat v jedné buňce (homotalický druh) nebo ve dvou odlišných buňkách (heterotalický druh). Někdy se mohou morfologicky stejné gamety lišit svým chováním (behaviorální anizogamie), jedna se nepohybuje a může produkovat feromony, druhou aktivní pak tradičně považujeme za samčí (penátní rozsivky, např. *Sellaphora*, **Obr. 17e–i**). Anizogamie je udávána u některých chaluhy a některých druhů rodu *Chlamydomonas* (Ettl 1980). K nejdokonalejší diferenciaci gamet na nepohyblivou buňku vaječnou a bičíkatou buňku spermatickou dochází při oogamii (centrické rozsivky, chaluhy, ruduchy, *Volvox*, *Vaucheria*, **Obr. 12; 21j, m, o, p**). Výjimku tvoří ruduchy, kde nahé spermacie nejsou opatřeny bičíkem a během fertilizace se přichytí na vlasovitý útvar (trichogyn), vytvořený v apikální části oogonia (karpogonia). Výsledkem procesu jsou u ruduch diploidní karpospory. Z karpospor vyrůstají diploidní tetrasporofyty, na nichž vznikají haploidní tetraspory. Velmi často je oogamie spojena i s feromony, které jsou obvykle produkovány samičími jedinci. Při oogamii u centrických rozsivek se procesu účastní nepohyblivá buňka

vaječná a jednobíčíkatý spermatozoid. Po oplodnění se zygota zvaná auxospora zvětšuje všemi směry do tvaru koule (**Obr. 21j**). Uvnitř se tvoří iniciální buňka maximální velikosti daného druhu. U penátních rozsivek je princip stejný, ale pohlavním procesem je izogamie a auxospora expanduje pouze dvěma směry, což zajišťuje struktura zvaná perizonium (**Obr. 16; 17a–d**).



Obr. 12 Merogamie – splývání gamet

a – izogamie (morfologicky stejné gamety fyziologicky rozlišené na + a –), b – anizogamie (větší samičí a menší samčí gameta), c – oogamie (buňka vaječná a spermatická). Upraveno podle Ettl 1980.



Pozor, velmi často se pletou termíny autospora a auxospora. Zatímco autospora je nepohyblivá nepohlavní spora (vícenásobné dělení např. u zelených kokálních řas), auxospora je produkt pohlavního rozmnožování rozsivek.

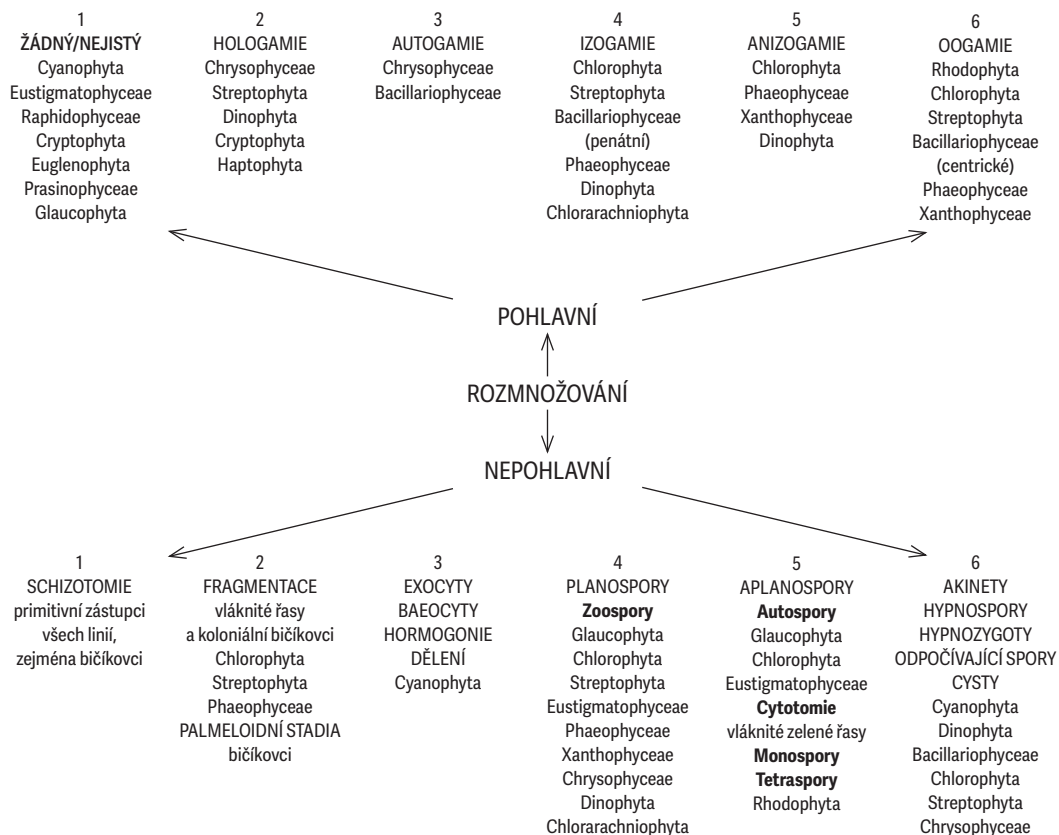
Oogamie probíhá také u chaluhy, např. rodu *Laminaria* (**Obr. 15**) a *Fucus*. U chaluhy rodu *Fucus* došlo k potlačení gametofytu jako samostatné rostlinky. Mají jedinou volně žijící rostlinku, která je diploidní. Gametofytní fáze je redukována na dutinky, které jsou součástí sporofytu. V dutinkách zvaných konceptakula se tvoří anteridia a oogonia, mezi nimiž jsou sterilní parafýzy. Druhy mohou být jednodomé i dvoudomé. U některých rodů může být situace složitější, více detailů najdeme v South a Whittick (1996), avšak životní cykly mnoha ruduch a chaluhy jsou zatím málo prozkoumané.

Velmi komplexní je pohlavní rozmnožování Charophyceae. V paždí bočních větévek se vyvíjí zelená oogonia a oranžová anteridia, některé druhy jsou jednodomé, jiné dvoudomé. Anteridia produkují spirálovité, dvoubíčíkaté spermatozoidy. Oogonium je opatřeno obalem ze sterilních buněk ukončeným korunkou. Stavba korunky je taxonomickým znakem. Po oplození vzniklá zygota/zygospora přezimuje a na jaře z něj vyklíčí prochara.

U řas se může vyskytnout i automixie (např. penátní rozsivky), při níž dojde k pohlavnímu procesu v rámci jediné buňky. Může mít podobu pedogamie, kdy se v jedné buňce vytvoří dvě haploidní gamety a ty následně splynou (*Neidium*). Druhou možností je autogamie, při níž dojde pouze k rozdělení jader (bez rozdělení protoplastu) a haploidní jádra následně splynou (*Pinnularia*). U některých řas může dojít rovněž k partenogenezi a vzniku partenospor (*Ulva*). Zjednodušený přehled způsobů rozmnožování přináší **Obr. 13**.

5.3 Životní cykly

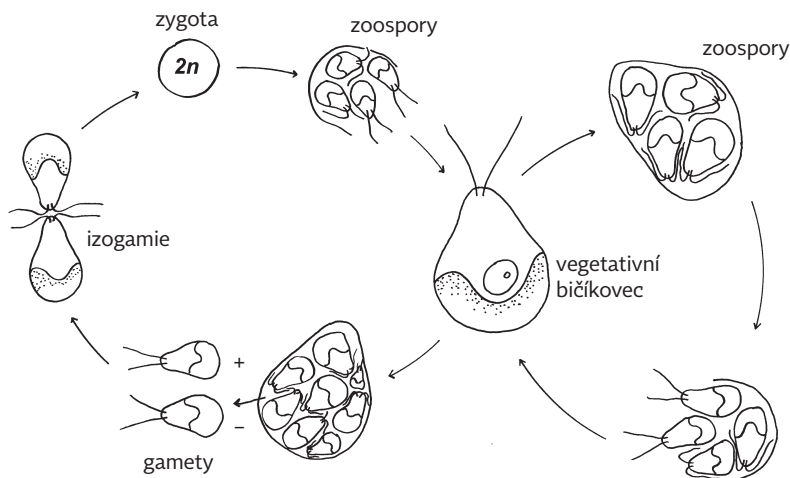
Rozmnožování řas zahrnuje celou škálu způsobů nepohlavního i pohlavního rozmnožování, jejichž kombinace je specifická na rodové, popřípadě druhové úrovni. Životní cykly řas můžeme rozdělit do tří základních. Nejrozšířenějším životním cyklem je cyklus zygotický (haploidní) a je typický pro primitivní jednobuněčné řasy. Řasa je celý život haploidní, pouze stadium zygoty je diploidní. Příkladem zygotického cyklu je řasa *Chlamydomonas* (**Obr. 14**). Sporický cyklus (haplo-diploidní) zahrnuje střídání haploidní fáze (gametofytu) a diploidní fáze (sporofytu), kterému říkáme rodozměna. Rodozměna může být izomorfická a heteromorfická a vyskytuje se hlavně u ruduch a chaluh. Při izomorfické rodozměně je gametofyt morfologicky podobný sporofytu (*Ectocarpus*). Makroskopický sporofyt a mikroskopický gametofyt se vyskytuje při heteromorfické rodozměně (*Laminaria*, **Obr. 15**). Řasy, které vytváří morfologicky odlišná stadia, nelišící se chromozomovou výbavou, označujeme jako pleiomorfní. Třetím typem je cyklus gametický (diploidní) a řasy s tímto cyklem jsou celý život diploidní, pouze gamety jsou haploidní. Takový cyklus je u řas vzácný a vyskytuje se např. u rodu *Noctiluca*, některých chaluh a u všech rozsivek (**Obr. 16**). Zcela výjimečně se u řas vyskytuje somatický životní cyklus, kde je část haploidní a diploidní součástí jedné stélky (někteří zástupci rodu *Prasiola* a ruduch).



Obr. 13 Zjednodušený přehled způsobů rozmnožování sinic a řas

U jednotlivých způsobů jsou vypsané skupiny řas, kde se s nimi můžeme setkat.

Způsoby jsou rozděleny na nepohlavní a pohlavní, i když zařazení některých stadií může být předmětem diskuse. Takovým příkladem mohou být tetraspory ruduch, které Ettl (1980) zařazuje do nepohlavního rozmnožování, i když si je vědom toho, že vznikají na tetrasporofytu redukčním dělením a jsou haploidní (meiospory). Jejich klíčením pak začíná nový cyklus. Naproti tomu monospory vznikají na gametofytu ruduch mitózou (mitospory). Jejich společným znakem je to, že jde o bezbičíkaté spory. Haploidní gametofyt ruduch produkuje i bezbičíkaté spermacie. Monospory jsou větší než spermacie a mají chloroplast. Tetraspory ruduch jsou taky větší než spermacie, ale rozlišení tetraspor od monospor může být obtížnější. U některých chaluh může sporofyt produkovat morfologicky podobné haploidní i diploidní zoospory, z nichž pak klíčí nové gametofyty a sporofyty. Haploidní zoospory jsou výsledkem redukčního dělení. Některé cysty a odpočívající stadia (zařazené ve schématu do nepohlavního rozmnožování) mohou být rovněž výsledkem pohlavního procesu. Jednotlivé typy pohlavního rozmnožování jsou vysvětleny v textu, kategorie 1 zahrnuje skupiny, u nichž zatím nebyl zjištěn žádný pohlavní proces, případně jde o jedinou zmínku v literatuře, která nebyla později ověřena jiným pozorováním (Cryptophyta, Prasinophyceae).

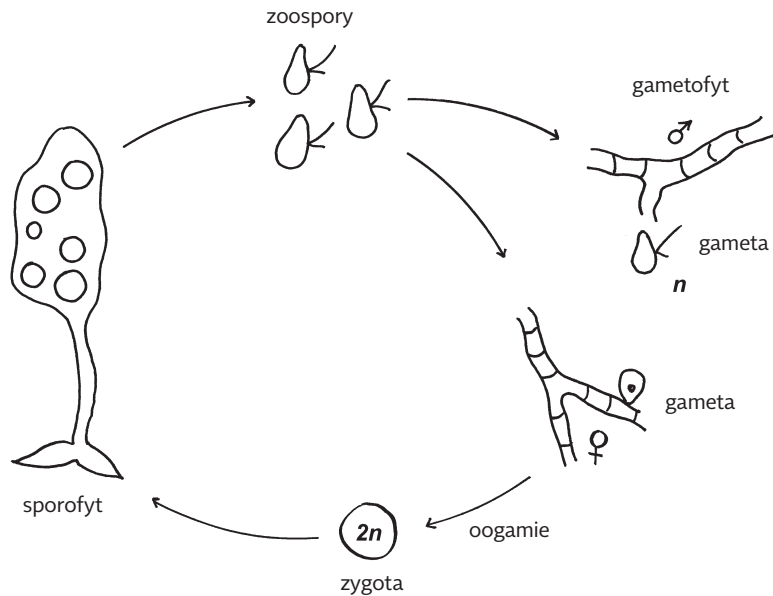


Obr. 14 Životní cykly řas. Cyklus zygotický (haploidní), *Chlamydomonas*

Jediným diploidním stadiem je zygota, zbytek cyklu je řasa haploidní. Zygota vytvoří pevné obaly a ve stadiu zygosporu několik týdnů odpočívá. Pak z ní po redukčním dělení vyvejí čtyři haploidní zoospory. Také vegetativní bičíkovec vytváří zoospory v procesu nepohlavního rozmnožování (pravá část obrázku). Při pohlavním procesu (levá část obrázku) vznikají izogamety, morfologicky stejné, ale fyziologicky rozlišené na + a -. Kompatibilní gamety mohou pocházet z jednoho jedince (druh homotalický), nebo ze dvou jedinců (druh heterotalický), tedy podobně jako „jednodomý a dvoudomý“. Gamety vyvejí, ošukávají se bičíky a kompatibilní jedinci se párují. Při izogamii dojde nejdříve k rozrušení chlamys v oblasti papily, pomocí autolyzinů, a spojení protoplastů v oblasti papil. Pak postupně fúzuje celý obsah až do vytvoření planozygoty a později mladé zygoty. Zygota se obalí primární a sekundární stěnou a teprve potom dojde ke karyogamii. Výsledkem je opět zygospora.

Tab. 5 Přehled životních cyklů u řas

Cyklus	Výskyt
Žádný/neznámý/neprozkoumaný	Cyanophyta, Chlorarachniophyta, Cryptophyta
Zygotický (haploidní)	Chlorophyta, Streptophyta, Chrysophyceae, Xanthophyceae, Dinophyta,
Gametický (diploidní)	Bacillariophyceae, Phaeophyceae, Dinophyta, Chlorophyta
Sporický (haplo-diploidní)	Rhodophyta, Chlorophyta, Phaeophyceae
Sporický izomorfický	Rhodophyta, Xanthophyceae, Phaeophyceae, Chlorophyta
Sporický heteromorfický	Rhodophyta, Phaeophyceae, Chlorophyta
Somatický	Rhodophyta, Chlorophyta (<i>Prasiola</i>)

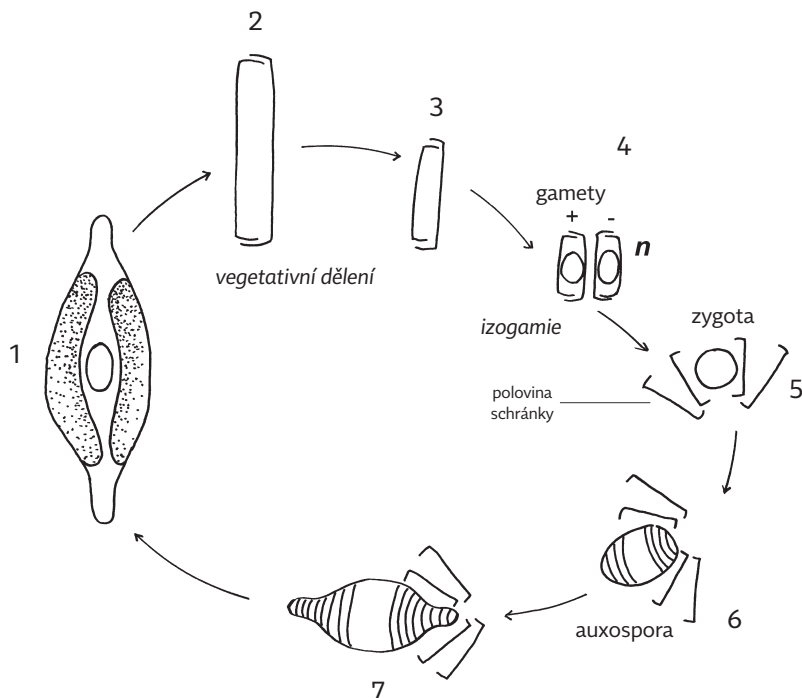


Obr. 15 Životní cykly řas. Cyklus sporický (haplo-diploidní) – rodozměna, *Laminaria*

Rodozměna je v tomto případě heteromorfická, protože sporofyt a gametofyt se liší morfologicky. Z diploidní zygoty ($2n$) vyrůstá diploidní makroskopický sporofyt. Na něm se ve sporangíích (kolečka na sporofytu) po redukčním dělení tvoří haploidní zoospory s laterálně umístěnými bičíky, typickými pro chaluhy. Ze zoospor vyrůstají mikroskopické haploidní gametofyty (samčí a samičí) a na nich se tvoří haploidní gamety (buňky spermatické a vaječné). Buňka vaječná je nepohyblivá a láká feromony pohyblivé buňky spermatické. Dojde k oogamii, jejímž výsledkem je diploidní zygota.



Jako doplněk k těmto základům si studenti nastudují několik modelových životních cyklů řas z literatury (Kalina a Váňa 2005). Měli by chápat a umět vysvětlit názorné obrázky životních cyklů u řas *Porphyra* (Rhodophyta), *Chlamydomonas*, *Ulothrix* (Chlorophyta), *Ectocarpus*, *Laminaria*, *Fucus* (Phaeophyceae). Povinné pro studenty odborného i učitelského studia.



Obr. 16 Životní cykly řas. Cyklus gametický (diploidní), *Navicula*

Rozsivky jsou celý život diploidní, jenom gamety jsou haploidní (n). Při vegetativním dělení dochází ke zmenšování části populace, díky tomu, že jedna dceřinná buňka získá menší část schránky (hypotéku) a dotvoří si opět hypotéku; 1 – pohled na vegetativní buňku shora (valvární), po stranách dva podélné chloroplasty, uprostřed jádro; 2, 3 – schematické znázornění bočního (pleurálního) pohledu na schránku rozsivky, naznačující zmenšování v průběhu vegetativního dělení. Po dosažení prahové velikosti (druhově specifické) jsou buňky schopny pohlavního rozmnožování. Pokud se jim podaří najít kompatibilního partnera, dojde k izogamii. Pokud nedojde k pohlavnímu rozmnožování a buňky se dalším vegetativním dělením zmenší příliš, tato část populace odumře. Při pohlavním rozmnožování se párují buňky opačně pohlavně laděné; redukčním dělením se vytvoří v každé buňce (nyní gametangiu) jedna gameta (počet gamet je opět druhově specifický). 4 – schematické znázornění schránek s gametou uvnitř; 5 – obě izogamety splynou za vzniku zygoty. Vzniklá zygota je stále obklopena polovinami prázdných schránek mateřské buňky. Cílem pohlavního rozmnožování (mimo výměny genetického materiálu) je zvětšení na původní velikost druhu. To zajišťuje expanze zygoty, dále nazývané auxospora. Procesu zvětšování říkáme auxosporulace. U penátních rozsivek auxospora expanduje ve dvou směrech (bipolárně) a vytváří tak tvar penátní rozsivky. To umožňuje pevný obal (perizonium, 6, 7), který se tvoří postupně v procesu auxosporulace (**Obr. 17a**). Nejdříve se vytvoří širší středový pás, na který v průběhu expanze navazují další užší pásy, až dosáhne auxospora maximální velikosti. Uvnitř perizonia se vytvoří velká (iniciální) buňka a opustí obal po jeho protržení. Dalším dělením již vznikají vegetativní buňky, které se postupně zmenšují (1). U centrických rozsivek probíhá vše podobně s tím rozdílem, že pohlavním procesem je oogamie a auxospora expanduje všemi směry do tvaru koule (místo perizonia může auxosporu chránit pro-perizonium, nebo jemně zkrmenělé šupiny). Některé rozsivky mohou vytvořit zygotu pouze za účasti jedné rodičovské buňky autogamií nebo pedogamií (**obr. 21a–f**).

6

Historický vývoj poznávání sinic a řas

Přestože jsou mikroorganismy starší než makroorganismy, jejich prozkoumanost za nimi značně zaostává. Odhaduje se, že více než polovina diverzity protist nebyla dosud popsána a podobná situace je u sinic a řas. Obor fykologie se vyvíjel současně s mikrobiologií a posunout se mohl teprve s vynálezem mikroskopu. První zmínky o jevech, o nichž dnes víme, že je způsobují sinice a řasy, jsou známy z deníků mořeplavců. Kapitán Cook popsal hnědý zákal těžko odlišitelný od zrádných mělčin, který pravděpodobně způsobila sinice *Trichodesmium*. Kolumbus zase popsal porosty chaluhy *Sargassum* a světélkování obrněnky *Noctiluca*. O barevném sněhu, způsobeném sněžnými řasami, se zmiňuje již Aristoteles ve své *Meteorologie*. Charles Darwin si při přechodu Kordiller všiml, že stopy mezků ve sněhu jsou červené. Červenání sněhu se považovalo za boží varování nebo jako indikace výchozů rudných žil. Teprve německý botanik F. A. Bauer v r. 1819 vložil vzorek barevného sněhu do mikroskopu a popsal organismus *Uredo nivalis* (nyní *Chlamydomonas nivalis*).

Národy obývající břehy jezer či pobřeží moří znali zejména makroskopické řasy a používali je jako potravu, krmivo i léčivo (*Nostoc*, *Hydrodictyon*, *Laminaria*). Zobrazení makroskopických řas nacházíme ve spisu Adama Zalužanského ze Zalužan *Methodi herbariae libri tres* z konce 16. století. Antoni van Leeuwenhoek popsal koncem 17. století první mikroskopický organismus *Euglena*, díky primitivnímu mikroskopu, který sám sestrojil. První zmínky o mikrořasách spadají do období 1703–1820. Mikroskop tehdy vlastnilo jen několik nadšenců, k nám se dostal až mnohem později. Rozsivku *Tabellaria* popisuje anonymní amatér v dopise vědecké společnosti včetně nákresu cik-cak kolonie. Carl Linné v polovině 18. století již popsal 108 druhů řas, hlavně mořských (*Fucus*, *Ulva*, *Conferva*). Zlatou érou rostlinné systematiky bylo 19. století, zejména díky zámořským plavbám. Počátkem 19. století uvádí F. M. Opiz v seznamu vyšších a nižších rostlin 87 druhů řas. Jean V. Felix-Lamouroux studoval mořské řasy, jejich ekologii, rozšíření a sukcesi. Rozlišoval řasy zelené, hnědé a ruduchy.

Raná taxonomie (1820–1860) se opírala o morfologické znaky. Popisy rozsivek se zabýval např. F. T. Kützing, typové materiály jsou uloženy v muzeu

v Londýně. Kresby jsou velmi drobné (několik milimetrů) a neobsahují mnoho detailů. Mikroorganismy i mikrofosiliemi se zabýval Ch. G. Ehrenberg, popsal množství rozsivek, mřížovců, ale i nové druhy rodu *Euglena*, *Paramecium*. Trvalé preparáty v muzeu v Berlíně na terčících ze slídy jsou vzorně uloženy v dobových zásuvkách a doloženy detailními kresbami na ručně vyrobeném papíru. Muzeum je zpřístupňuje na svých stránkách digitalizované. Rozmnožováním zelených řas se zabýval J. P. Vaucher, pozoroval klíčení zygospor *Spirogyra*. Řasy karlovarských vřidel studovali C. A. Agardh a A. C. J. Corda v letech 1835–1840. V díle *Systema algarum* C. A. Agardh definuje 6 skupin: rozsivky a krásivky, sinice, dvě skupiny zelených řas, chaluhy a ruduchy. Jeho syn J. G. Agardh se věnoval rozmnožování mořských řas.

V tomto období začínají diskuse o druzích a jejich původu, zpočátku ovlivněné tehdejšími dogmatem, že druh byl stvořen. Proto se neuznávala variabilita ani nižší, infraspecifické taxony. Taxonomie byla navíc značně limitovaná technickými možnostmi prvních mikroskopů a úrovní chápání pozorovaného. Příkladem je objev a chybná interpretace rozmnožování rozsivek, u nichž byly v polovině 19. století velké (iniciální) buňky považovány za sporangia, nepochybně díky zkušenostem botaniků s vyššími rostlinami (G. H. K. Thwaites, W. Smith). Badatelé začínají chápat, že je třeba porovnávat více jedinců z jedné lokality a začínají si všímat variability (L. Rabenhorst, M. Gregory). V letech 1860–1880 dochází k přelomovým zjištěním. Charles Darwin publikuje teorii o původu druhů a např. u rozsivek E. Pfitzer objasnil princip zmenšování populací vlivem vegetativního dělení. Eduard A. Strasburger popsal jaderné mitotické dělení a průběh oplození u chaluhy *Fucus*. Albert Grunow začíná popisovat variety.

Počátky modernismu v taxonomii klademe do období 1880–1930. Objevují se spisy o řasách a kapitoly v knihách autorů G. B. de Toni, A. Engler, K. Prantl. Vlákniťm sinicím se věnovali E. Bornet a C. Flahault. Důkladnou studii o řasových chloroplastech (dříve chromatoforech) předložil F. Schmitz. Na řase *Spirogyra* prokázal T. W. Engelmann, že fotosyntéza probíhá právě na chromatoforech, protože bakterie se shlukovaly nad osvětlenými chloroplasty, které produkovaly bublinky kyslíku. Velkou osobností tohoto období je H. Van Heurck, který pochopil, že mezi druhy existují přechody a nejsou pravidla pro zařazení do jednoho nebo druhého druhu. Všiml si, že žádná charakteristika není použitelná univerzálně, všechny vykazují variabilitu. Proto je třeba studovat populace, ne jedince. Jeho klasifikace se opírala o malý počet „základních“ druhů a velký počet variet, které mohou být později povýšeny na druhy. Období se vyznačuje množstvím expedic a floristických průzkumů, popisem velkého množství variet a forem (H. a M. Peragallo). Nejzávažnějším soupisem řas z našeho území je *Prodromus českých řas sladkovodních*, v němž A. Hansgirg na přelomu 19. a 20. století udává

1156 druhů. Kniha vyšla v českém a německém vydání, která nejsou totožná, v německém je více lokalit. Obsahuje popisy, vyobrazení, ekologické poznámky, lokality a v českém vydání i česká rodová jména. Valná většina z nich se však nepoužívá, jen některá se ujala.

Protože badatelé vzorky často sdíleli, byly některé řasy popsány různými taxonomy jako různé druhy. Velkým počinem byla série určovacích klíčů A. Paschera, které díky vyobrazením dosud popsaných druhů mohly takovým duplikacím zabránit. Pascher rozlišoval 7 oddělení: Chrysophyta, Phaeophyta, Pyrrhophyta, Euglenophyta, Chlorophyta, Charophyta a Rhodophyta. Předpokládal, že jejich vývoj byl nezávislý a souběžný. Všechny řasy (s výjimkou sinic a ruduch) odvodil od bičíkovců a předpokládal vývoj zdokonalováním organizace stélky. Sinice s odlišnou stavbou zařadil s bakteriemi do Plantae holoplastidae. Svým dílem položil základy moderní taxonomie.

V letech 1930–1990 hovoříme o moderní taxonomii. Badatelé již lépe porozuměli životním cyklům řas a fenotypické plasticitě, Felix E. Fritsch publikuje v roce 1935 práci o struktuře a reprodukci řas. Shromáždil sbírku vyobrazení všech sladkovodních řas, která byla později spravována a doplňována J. W. G. Lundem. *The Fritsch Collection of Illustrations of Freshwater Algae* byla umístěna na limnologické stanici ve Windermere v Anglii. V období modernismu se rovněž zdokonaluje zobrazovací technika – světelná mikroskopie, transmisní a skenovací elektronová mikroskopie. Mořskému mikroplanktonu se věnuje J. Müller. Zvyšuje se kvalita vědeckých publikací, začínají se brát na vědomí ekologické charakteristiky, sjednocuje se nomenklatura. Ke sjednocování nomenklatury přispěl např. S. L. VanLandingham, který soustředil všechna synonyma rozsivek v 8 svazcích katalogu rozsivkových jmen vydaném v letech 1964–1979. Katalog obsahuje jen seznam jmen všech druhů a variet s jejich synonymy na 4654 stranách. Jeden svazek je věnován jen rodu *Navicula*.

Z dalších rysů moderního přístupu je třeba vyzdvihnout snahu o syntézu poznatků a nepochybně přínos genetických analýz. Významnou osobností v polovině 20. století byl L. Geitler, profesor na Univerzitě ve Vídni. Geitler byl cytolog a věnoval se barvení jader. V jeho publikacích jsou detailní vyobrazení sinic a rozmnožování rozsivek, včetně detailů souvisejících s jaderným dělením rozsivek. Jeho barvené preparáty je možno studovat ve sbírce ve Vídni. Dalším velkým počinem bylo zavedení kultivace řas, průkopníky byli M. V. Beijerinck, R. Chodat, H. Bold a S. P. Chu. V Praze vznikla sbírka kultur řas díky E. G. Pringsheimovi, který posléze založil i sbírky v Cambridge a Göttingenu. Kultivace umožnila studium životních cyklů, rozmnožování, a tím i popisy řas, jejichž morfologie ve vegetativním stavu neposkytuje dostatek záchytných bodů (malé zelené kuličky).

Centrem algologického výzkumu u nás byla UK Praha, kde působili J. Vilhelm, K. Cejp, Z. Cyrus, B. Fott a fyziolog S. Prát. Za zakladatele naší současné algologie se považuje prof. B. Fott, jehož učebnice *Sinice a řasy* byla přeložena do několika jazyků. Vychoval algologickou školu specialistů na různé skupiny řas, kteří působili v akademii věd a na aplikovaných pracovištích v Praze, Brně a Třeboni, jako H. Ettl (zelení bičíkovci), J. Růžička (krásivky), J. Sulek (elektronová mikroskopie), O. Lhotský (krásivky), F. Hindák (sinice, zelené řasy), J. Komárek (sinice), P. Marvan (rozsivky, bioindikace), A. Sládečková (aplikovaná algologie), T. Kalina (elektronová mikroskopie). Část sbírky řas se posléze přestěhovala do AV ČR v Třeboni, která se v druhé polovině 20. stol. stala významným algologickým pracovištěm Československa. Teprve po sametové revoluci vznikají další algologická pracoviště na Jihočeské univerzitě v Českých Budějovicích a na Přírodovědecké fakultě UP v Olomouci.

V posledních desetiletích se hovoří o molekulární éře a tzv. polyfázickém přístupu k taxonomii řas. Spočívá v syntéze všech poznatků o daném organizmu od morfologie, ultrastruktury, ekologie, rozmnožování (pokud je přítomno pohlavní rozmnožování, hovoří se o biologickém konceptu druhu, např. rozsivky) po aplikaci molekulárních metod. Zejména díky molekulárním metodám se ukazuje, že existuje pravděpodobně mnohonásobně více druhů, než kolik jich jsme schopni rozlišit morfologicky. Hovoříme o tzv. kryptické diverzitě. Mnohé rody jsou polyfyletické a důsledkem toho je překotné popisování nových druhů a rodů. K odhalování nové diverzity přispívá i bádání v dosud opomíjených oblastech a habitatech – tropy, polární ekosystémy, aerofytické řasy, epipelon atd.

Na stáří jednotlivých linií organismů můžeme usuzovat z fosilních nálezů. Největší potenciál pro uchování (fosilizaci) mají zpevněné buněčné stěny a zejména různé typy schránek, šupin a cyst. Celá řada skupin tzv. „soft algae“ nemá žádné fosilní nálezy, např. nazí bičíkovci. Datování nálezů a událostí se v literatuře liší, a proto následující text, který je kompilací z více zdrojů (např. sinicearasy.cz/ skripta, Kalina a Váňa 2005), je třeba chápat jako přibližný odhad.

Jestliže se stáří Země odhaduje na 4,5 mld. let, bakterie a sinice se mohly objevit před 3,5 mld. let. Zhruba v období před 2,5–0,6 mld. let probíhalo intenzivní budování kyslíkaté atmosféry sinicemi, aby se první eukaryota mohla objevit před 2 mld. let. Primární endosymbióza mohla probíhat před 1,6–1,5 mld. let a sekundární endosymbióza následovala před cca 1,3 mld. let. Fosilní pozůstatky ruduch jsou datovány před 1,25 mld. let až 750 mil. let, zatímco zelené řasy před 1,5 mld. let až 700 mil. let. Pozůstatky Prasinophyceae se možná dochovaly ze siluru a fosilní pozůstatky podobné zelené řase *Cladophora* jsou datovány před 800–700 mil. let. Krásivky se zřejmě dochovaly z období před 380 mil. let a chary z pozdního siluru. Organismy připomínající skupinu Euglenophyta pochází z období před 410–460 mil. let, ale dnešním rodům podobné nálezy jsou mladší (60 mil. let). Přejít rostlin na souš mohl probíhat před 476–432 mil. let. Nejstarší nález, připomínající Xanthophyceae, tedy patřící do hnědé vývojové linie, se odhaduje na 900 mil. let. Obrněnky mohly vegetovat před 600 mil. let, některé fosilní nálezy jsou datovány před 400 mil. let a cysty obrněnek až před 200 mil. let. Nejstarší nálezy podobné chaluham jsou datovány z období před 450 mil. let. Z období před 220 mil. let pochází i fosilie skupiny Haptophyta. Centrické rozsivky se dochovaly z období před 120 mil. let, mladší penátní z období před 70 mil. let. Pozůstatky křemitých bičíkovců jsou známy z období před 120 mil. let a stomatocysty Chrysophyceae před 80 mil. let.

8

Ekologie sinic a řas

Sinice a řasy jsou primárními producenty všech vodních ekosystémů, obývají stojaté i tekoucí vody. Žijí ve sladkých, brakických i mořských vodách, volně se vznášejí ve vodním sloupci, přichycují se různých podkladů. Mohou žít i ve vlhké půdě, na skalách a stavbách, na rostlinách a kůře stromů. Diverzita aerofytických řas se zvyšuje se zvyšující se vlhkostí vzduchu, tedy největší je v tropickém pásu. Kromě vody potřebují řasy ke svému fungování světlo, ale některé nenáročné sinice se spokojí i s nízkými intenzitami osvětlení v jeskyních a katakombách. Pokrývají rovněž celou škálu pH od kyselých kráterových jezer, rašelinišť až po vápencové vývěry a minerální vody. Snáší i široký gradient teploty od řas obývajících sněh a led po sinice termálních pramenů. Svojí činností sinice a řasy ovlivňují okolní prostředí, produkují kyslík, fixují vzdušný dusík, ovlivňují koloběhy prvků mezi vodou a sedimenty, podílejí se na tvorbě hornin a korálových útesů. Nároky jednotlivých skupin sinic a řas na charakteristiky prostředí nelze zobecňovat, mohou být až rodově nebo druhově specifické. Toho lze využít k bioindikaci charakteristik vodních ekosystémů. Ekologií sinic a řas se zabývá podrobněji příručka *Základy ekologie sinic a řas* (Poulíčková 2011).

9 Základní charakteristiky a zástupci hlavních skupin sinic a řas

9.1 Cyanophyta – Cyanobakterie – sinice

Sinice jsou prokaryota, v podstatě gramnegativní bakterie s oxyfototrofní výživou. Podílely se na vzniku kyslíkaté atmosféry, svojí činností vytvořily sedimentární útvary stromatolity. Nejstarší fosilie připomínají dnešní drkalky. K sinicím patří i prokaryota dříve zařazovaná jako Prochlorophyta – *Prochlorococcus*, *Prochlorothrix*, *Prochloron* a *Acaryochloris*. Tyto rody žijí volně jako součást mořského pikoplanktonu nebo v symbióze se sumkami.

Stélka sinic je kokální nebo trichální, nemají žádná bičíkatá stadia. Kokální sinice mohou být obklopeny slizem (*Chroococcus*, **Obr. 18b**) a mohou tvořit kolonie. Vlákna mohou být izopolární (stejně oba konce, *Komvophoron*, **Obr. 18a**) nebo heteropolární (na jednom konci zúžené). U vláknitých sinic je často řada buněk (trichom) uložena v průhledné nebo nápadně zbarvené slizové pochvě (*Petalonema*, **Obr. 19f**). Vlákňité sinice se mohou větvit. Právě větvení je dáno změnou roviny dělení (*Stigonema*). Při nepravém větvení část vlákna narazí na překážku v růstu (např. heterocyt, nekrotickou buňku), protrhne slizovou pochvu a pokračuje v růstu (*Tolypothrix*). Názorná zobrazení jsou na www.sinicearasy.cz/skripta.

Na povrchu sinic je plazmatická membrána a vícevrstevná buněčná stěna, která obsahuje murein (bakteriální znak). Nejsvrchnější vrstvou povrchu sinic je slizový obal. Buňky obsahují chromatoplazmu s volně uloženými tylakoidy, centroplazmu s kruhovými molekulami DNA bez histonů a ribozómy prokaryotického typu. Fotosyntetický aparát sinic tvoří obvykle tylakoidy s fykobilizomy, v nichž jsou uloženy fotosyntetické pigmenty (**Obr. 8**). Výjimkou je *Gloeobacter* s pigmenty na plazmatické membráně (bez tylakoidů) a bývalá skupina Prochlorophyta s tylakoidy bez fykobilizomů, srostlými do lamel. Uspořádání tylakoidů u sinic je pomocným taxonomickým znakem, rozlišujeme např. parietální, radiální, nepravidelné (Mareš a kol. 2019).

U sinic jako celku (včetně bývalých prochlorofyt) se vyskytují všechny známé chlorofyly – *a*, *b*, *c*, *d*, *f*. Hlavním pigmentem většiny sinic je chlorofyl-*a*, ostatní

chlorofyly jsou přítomny jen u některých zástupců. Základní pigmenty jsou doplněny fykobiliny/fykobiliproteiny uloženými ve fykobilizomech (modré pigmenty fykocyanin a allofykocyanin, červený fykoerytrin). Fykobiliny jsou bílkovinné povahy a tvoří přídatnou světlosběrnou anténu. Umožňují fotosyntetickou aktivitu při nízké hladině osvětlení a ve vlnových délkách, které jiné řasy nemohou využít. Sinice mohou poměr pigmentů aktivně měnit podle okolních podmínek (chromatické adaptace). Zásobní látkou sinic je sinicový škrob, cyanofycinová zrnka a polyfosfátové granule (zásobárna N a P). Karboxyzómy obsahují enzym Rubisko, důležitý v temné fázi fotosyntézy. Zásobní látkou dřívějších prochlorofyt je polysacharid podobný škrobu.

Unikátními buňkami některých sinic jsou akinety a heterocyty (např. *Anabaena*, *Nostoc*). Akinety jsou tlustostěnné buňky a mají zrnitý obsah. V sedimentech vodních nádrží přečkají zimu a vyklíčí v nová vlákna. Heterocyty mají pevné obaly a průhledný obsah, na obou koncích můžeme vidět polární nody. Heterocyty chrání před kyslíkem enzymatický aparát (nitrogenázový komplex), který je schopen fixace vzdušného dusíku. Získaný dusík je rozváděn do dalších buněk vlákna prostřednictvím polárních nodů a ve vegetativních buňkách se ukládá do cyanofycinových granulí. Fixace dusíku jsou schopny i některé sinice bez heterocytů, ty oddělují fixaci od fotosyntézy časově (probíhá v noci, *Lyngbya*). Aerotopy jsou měchýřky naplněné plyny rozpustnými ve vodě, které pozorujeme u planktonních sinic jako tmavé tečky (*Dolichospermum*). Naplňování a vyprazdňování aerotopů a tím i stoupání či klesání sinic ve vodním sloupci je řízeno intenzitou fotosyntézy. Na světle sinice fotosyntetizují, v buňce roste vnitřní tlak a aerotopy se vyprazdňují. Sinice klesá ke dnu, tam fotosyntéza ustává, tlak klesá, aerotopy se naplňují a sinice stoupá k hladině.

Sinice se rozmnožují prostým dělením buněk (*Chroococcus*), odškrcováním exocytů (*Chamaesiphon*), několikanásobným dělením mateřské buňky (baecocyty) a kousky vláken (hormogonie, *Oscillatoria*). Přežití nepříznivých podmínek umožňují sinicím akinety. Bakteriální typ buněčného dělení spočívá v prstenovitém vzniku přehrádky od obvodu do nitra buňky. Dělením buněk v jedné rovině vznikají kolonie ploché jako tabulka čokolády (*Merismopedia*), dělením ve 3 rovinách vznikají nepravidelné, prostorové kolonie (*Microcystis*). Sinice nemají pohlavní rozmnožování, pouze rekombinaci a přenos genů jako bakterie.

Sinice jsou nejstarší oxyfototrofové na Zemi a jsou přítomny ve všech vodních i mimovodních biotopech. Jsou schopny pohybu, např. drkový pohyb rodu *Oscillatoria*. Snášejí extrémní pH, teploty, chemismus, nízké osvětlení, vyschnutí. Můžeme je najít na ledovci, v horkých vřídlech, jeskyních, pouštích, uvnitř kamenů (endolitické), na srsti ledních medvědů. Svojí činností se podílejí na vzniku travertínů. V půdě tvoří s řasami fytoedafon, prokysličují půdu, fixují vzdušný

dusík a slepují částčky půdy svým slizem. Sliz je chrání před vysycháním a na různé typy osvětlení reagují chromatickými adaptacemi. Vstupují do symbiózy s houbami (lišejníky) či rostlinami (*Azola*). Planktonní sinice (*Microcystis*, *Dolichospermum*, *Planktothrix*) při přemnožení vytvářejí „vodní květ“. K přemnožení sinic v povrchových vodách dochází v důsledku eutrofizace (zatížení živinami). Při odumírání a rozkladu velké biomasy vodního květu může v nádrži dojít k deficitu kyslíku a úhynu ryb. Některé sinice produkují alergeny a toxiny.

Taxonomie sinic je ve fázi neustálých změn a přechodu od morfologie k využití molekulárních metod. Protože tento stav bude ještě několik let trvat, rozdělíme si zjednodušeně, bez ohledu na fylogenetiku, sinice do tří skupin: kokální, jednoduché vláknité sinice a sinice s heterocyty. K jednobuněčným sinicím zařadíme Chroococcales, Chroococcidiopsidales, Gloeobacterales, Pleurocapsales a Synechococcales. K jednoduchým vláknitým přiřadíme Oscillatoriales, Synechococcales a Spirulinales. Poslední skupinu spojuje přítomnost heterocytů – Nostocales.

Pravděpodobně nejprimitivnější sinicí je *Gloeobacter*. Ke kokálním sinicím dále patří *Chroococcus* (sinivka, **Obr. 18b**) s buňkami po dvojicích až čtveřicích opatřenými slizem. Najdeme ji např. v rašeliništích. V planktonu eutrofních nádrží tvoří často vodní květ *Microcystis*. Její kolonie jsou prostorové a v buňkách jsou patrné aerotopy. Produkuje toxin microcystin. V rybnících jsou časté ploché kolonie připomínající tabulku čokolády – *Merismopedia*. *Chamaesiphon* najdeme v čistých potocích. Kyjovité buňky jsou jedním koncem přichyceny ke kamenům nebo rostlinám. Z vláknitých sinic jsou nejznámější rody *Oscillatoria* (drkalka, **Obr. 19d**) a *Phormidium* (morfologicky podobné drkalce, ale mívají vytvořenu pochvu). Oba rody se vyskytují v nárostech tekoucích a stojatých vod. Do této skupiny patří i planktonní zástupce s aerotopy *Planktothrix*, která tvoří vodní květy v nádržích silně zatížených živinami. Ze skupiny s heterocyty jsou časté *Nostoc* (jednořadka), *Anabaena* (růžencovka) a velmi podobné planktonní sinice s aerotopy (*Dolichospermum*). Poslední tři jmenované rody připomínají šňůru korálků nebo růženec. Podobná je i *Nodularia*, ale vyskytuje se ve slaných vodách a tvoří vodní květ v Baltském moři. V nádržích středně zatížených živinami tvoří vodní květ *Aphanizomenon*. Jeho snopečkovité kolonie velké asi 1 cm jsou ve vodě viditelné pouhým okem a vypadají, jako by do vody někdo vysypal jehličí. Byla hojná v 70.–80. letech, pak u nás téměř vymizela a v současnosti se opět začíná objevovat. Občas se vyskytne varieta s menšími koloniemi cca 0,5 cm.



1. Kromě termínu „vodní květ“ rozlišujeme vegetační zákal, kterým tradičně označujeme přemnožení ostatních eukaryotických řas. V zahraniční literatuře však tyto jevy nejsou rozlišovány a vše je označováno jako „bloom“.
2. Zástupci rodu *Dolichospermum* dříve patřili do rodu *Anabaena*. Sdružuje planktonní druhy s aerotopy, zatímco v rodu *Anabaena* zůstali zástupci bez aerotopů.
3. Zatížení povrchových vod živinami označujeme pojmem trofie a její zvyšování nazýváme eutrofizace. Trofii hodnotíme na stupnici od nejnižší po nejvyšší: oligotrofie, mezotrofie, eutrofie a hypertrofie. Jednotlivé stupně trofie jsou vymezeny množstvím celkového fosforu ve vodách. Každý z trofických stupňů má své charakteristické zástupce sinic a řas. Oligotrofní vody obývají např. zlativky a rozsivky. Pro mezotrofní vody jsou charakteristické obrněnky a ze sinic *Aphanizomenon*. V eutrofních vodách tvoří vodní květy *Microcystis* a *Dolichospermum*, které v hypertrofních vodách nahrazuje *Planktothrix*.



1. Veřejná koupaliště a zdroje pitné vody jsou pravidelně kontrolovány na výskyt sinic Státním zdravotním ústavem (SZU) z důvodu rizika produkce alergenů a toxinů. Zákazy koupání, vydané SZU, je třeba dodržovat (www.koupacivody.cz). Toxiny sinic zahrnují neurotoxiny, hepatotoxiny i embryotoxiny, které do těla pronikají i pokožkou. Proto je nutné se po koupání v přírodních vodách s možností výskytu sinic co nejdříve osprchovat čistou vodou.
2. Orientační zkoušku na přítomnost nadměrného množství sinic si může každý udělat sám. Naberete-li vodu z nádrže či domácího bazénu do velké průhledné PET lahve a necháte několik hodin stát na světle, sinice vytvoří modrozelenou vrstvičku na hladině, zatímco ostatní eukaryotické řasy sedimentují na dno.
3. Názorné obrázky ke stavbě sinic jsou v literatuře (www.sinicearasy.cz/skripta, Kaštovský a kol. 2018). Detaily k taxonomii sinic je možno dostudovat z Komárek a kol. (2014) a Strunecký a kol. (2023). Doporučuje se studentům, kteří se sinicemi zabývají v rámci kvalifikačních prací.



4. Pro ukázkou sinic ve výuce můžeme použít roztlak stélky lišejníku, případně kapradiny *Azola*, kterou najdeme na hladině jezírek, např. ve sklenících botanických zahrad. Koncem léta na návětrné straně většiny eutrofizovaných nádrží najdeme biomasu vodního květu, který připomíná hrachovou polévku. Na povrchu bahna částečně vyschlých kaluží najdeme modrozelený povlak, většinou tvořený sinicemi podobnými drkalce.

9.2 Archaeplastida

Společným znakem skupiny je primární plastid se dvěma membránami. Patří sem Glaucophyta, Rhodophyta (ruduchy), Chlorophyta a Streptophyta (zelené řasy).

9.2.1 Glaucophyta

Skupina Glaucophyta představuje umělou skupinu organismů, kterou spojuje přítomnost ekvivalentu chloroplastů (cyanel). Jde o směs eukaryotických organismů, převážně sladkovodních bičíkvců s anizokontními bičíky (*Cyanophora*). Někteří zástupci jsou obklopeni slizem a mají pseudocilie (*Gloeochaete*). Fotosyntézu zajišťují cyanely, tedy struktury na přechodu mezi volně žijící sinicí a chloroplastem. Cyanely mají peptidoglykanový obal podobný buněčné stěně sinic a koncentrické tylakoidy s fykobilizomy. Z fotosyntetických pigmentů obsahují chlorofyl-*a* a fykobiliny (mimo fykoerytrin). Zásobní látkou skupiny je sacharid/polysacharid. Nepohlavní rozmnožování probíhá dvoubičíkatými zoosporami (*Gloeochaete*) nebo dceřinými buňkami, připomínajícími autospory (*Glaucocystis*). Glaucophyta žijí vzácně ve sladkých vodách (*Cyanophora paradoxa*), v tůních s nižším pH (*Glaucocystis nostochinearum*).



V jemných sedimentech stojatých vod se můžeme setkat s kořenonožcem *Paulinella chromatophora* (**Obr. 18c**), která nepatří do Glaucophyta a její cyanely vznikly nezávislou primární endosymbiózou.

9.2.2 Rhodophyta – ruduchy

Ruduchy jsou eukaryotické řasy s kokální až pletivnou stélkou, bez bičíkatých stadií. Chloroplasty mají dvě membrány a tylakoidy s fykobilizomy jsou v nich uloženy jednotlivě (**Obr. 8**). Obsahují chlorofyl-a a fykobiliny (podobně jako sinice). Mořské ruduchy jsou červené (převaha fykoerytrinu), ale většina sladkovodních má barvu šedomodrou, šedozelenou. Zásobní látkou je florideový škrob a je uložen mimo chloroplast.

Buněčná stěna je složena z fibrilární (celulózní) kostry a vnější vrstvy amorfních galaktanů (agar a karagen). Stélky produkují množství slizu, kterým se přichycují k substrátu, nebo který má funkci při rozmnožování. Některé druhy kalcifikují a podílejí se na tvorbě korálových útesů. U vláknitých typů jsou buňky propojeny póry, které jsou uzavřeny bílkovinnými zátkami.

Primitivnější ruduchy se rozmnožují nepohlavně dělením (*Porphyridium*). Složitější mají sporický cyklus s rodozměnou. Příkladem může být mořská ruducha *Porphyra*, která má heteromorrickou rodozměnu s oogamií. Makroskopický gametofyt se může šířit nepohlavně sporami, které vznikají mitózou ve sporangiiích v počtu jedna na sporangium (monospory). Pohlavního procesu se účastní nepohyblivé samčí i samičí buňky (spermacie a karpogony) za vzniku diploidních karpospor. Mikroskopický sporofyt (tetrasporofyt) uvolňuje po meiotickém dělení haploidní tetraspory (po čtyřech ve sporangiu). Přehled reprodukčních buněk ruduch a nákres cyklu je v literatuře (Kalina a Váňa 2005).

Ruduchy můžeme rozdělit na dvě skupiny, Bangiophycidae a Florideophycidae. První skupina zahrnuje jednodušší, jednobuněčné a vláknité typy a vyznačuje se jedním chloroplastem s velkým pyrenoidem. Patří sem jednobuněčné ruduchy rodu *Porphyridium*, *Cyanidium* a *Galdieria*, poslední dva žijí na extrémních stanovištích, tj. v kyselých a horkých pramenech. Sladkovodní, vláknitá ruducha *Compsopogon* se díky akvaristice rozšířila z tropů i k nám. Pravidelně se vyskytuje nejen v akváriích, ale i v oteplených vodách Dyje pod elektrárnou Dukovany. Jediným zástupcem se složitější stélkou je mořský rod *Porphyra*. Zatímco jeho mikroskopický, vláknitý sporofyt je nenápadný, ploše listovité gametofyty mohou dosahovat velikosti až 1 metru a jsou konzumovány jako nori.

Mladší linie Florideophycidae má makroskopické stélky a v buňkách několik chloroplastů bez pyrenoidu. Patří sem heterotrichální ruducha *Batrachospermum* (potěrka, žabí símě), kterou najdeme ve studánkách a rašeliništích (např. v Hrubém Jeseníku). V proudnici čistých zastíněných potoků můžeme najít i ruduchu *Lemanea*, jejíž trsy na kamenech připomínají koňský ocas. V zastíněných studánkách a akváriích u „vzduchování“ často vlají větvené stélky *Chantransia*/

Audouinella. Červené skvrny na kamenech v čistých potocích vytváří korovitá stélka *Hildenbrandia rivularis*.

Nejvíce ruduch žije v mořích. Pronikají i do velkých hloubek, protože fykobiliny jim umožňují využívat části světelného spektra pro jiné řasy nedostupné. Přichycují se k substrátu, žijí epifyticky, některé dokonce paraziticky. Některé druhy mají hospodářský význam jako potrovina, krmivo a získává se z nich agar a karagen. Na dně moří vytvářejí kalcifikované útvary zvané rhodolity. Sladkovodní ruduchy jsou vzácné a vyskytují se především v čistých vodách.



Pro ukázkou ruduch ve výuce můžete v prodejnách zdravé výživy zakoupit nori a kousek jí nechat nabobtnat ve vodě.

9.2.3 Chloroplastida – zelené řasy (Chlorophyta a Streptophyta)

Zelené řasy jsou přirozená skupina a zahrnují dvě sesterské linie Chlorophyta a Streptophyta. Vývojová linie Streptophyta obsahuje kromě řas i vývojové větve vyšších rostlin (mechorosty a cévnaté rostliny), jimi se ovšem zabývat nebudeme.

Obě linie (Chlorophyta, Streptophyta) se liší uspořádáním cytoskeletu a průběhem cytokineze. Najdeme zde všechny typy stélek kromě rhizopodové. Za rhizopodová stadia by bylo možno eventuálně považovat protoplasty Zygnematophyceae při konjugaci. Bičíkovci mají nejčastěji 2–4 izokontní bičíky a dosud známe 4 typy jejich stavby (**Obr. 6**). Osmoregulaci zabezpečují kontraktilní vakuoly, stigma je součástí chloroplastu. Chloroplast má dvě membrány, tylakoidy tvoří lamely, pseudograna a grana (**Obr. 8**). Obsahují chlorofyl-*a*, *b'* xantofyly, karotenoidy včetně beta-karotenů a jejich derivátů (astaxantin). Zásobní látkou je škrob rostlinného typu (amylosa a amylopektin) a je uvnitř chloroplastu (**Obr. 8**). Často se ukládá kolem pyrenoidu, u některých mořských sifonálních řas do amyloplastů. Buňku z vnějšku chrání polysacharidové šupiny, glykoproteinový obal nebo buněčná stěna obsahující celulózu, xylan a mannan. Při dělení buněk se tvoří fykoplást (Chlorophyta) nebo fragmoplást (Streptophyta). Existuje několik typů průběhu mitózy, ale nejčastější je ortomitóza (podrobněji viz Kalina a Váňa 2005).

Rozmnožování zahrnuje všechny typy nepohlavního rozmnožování. Bičíkovci se dělí schizotomicky, pro zelené kokální řasy je obzvlášť typická tvorba

autospor. Dalšími způsoby je tvorba dceřiných cenobií (*Volvox*) a u vláknitých typů zoospor a cytotomie. Pohlavní rozmnožování je zastoupeno rovněž celou škálou procesů od spájení až po oogamii.

9.2.3.1 Chlorophyta

Tradiční klasifikace zelených řas sledovala morfologický koncept: monadoidní (Volvocales), kokální (Chlorococcales), vláknité (Ulotrichales), sifonokladální (Cladophorales). Tato koncepce měla jednu nespornou výhodu, byla didakticky snadno uchopitelná. V moderní systematice jsou hodnoceny, kromě morfologie stélky, další důležité znaky jako způsob rozmnožování, absolutní orientace bičíkovýchází, sekvence SSU rDNA. Když nepočítáme malou skupinu hlubokomořských řas (Palmophyllales), můžeme Chlorophyta rozdělit na primitivní prasinofytní řasy (Prasinophyceae) a třídy Chlorophyceae, Ulvophyceae, Trebouxiophyceae.

Prasinophyceae

Prasinophyceae je původní polyfyletická skupina primitivních bičíkovců. Jsou sladkovodní i mořští a mají vztahy k Charophyceae. Mají tělo kryto organickými šupinami a mezi nimi jsou trichocysty. Bičíky v počtu 1–4(16) vyrůstají z jamky. Chloroplast bývá jeden, přítomen je i pyrenoid a stigma. Některé mají specifický přídatný pigment prasinoxantin. Rozmnožují se schizotomií a izogamií. Skupina není významná počtem zástupců, ale fylogeneticky. Je velmi stará, heterogenní a představuje nejprimitivnější zelené řasy. Ze zástupců je nejvýznamnější rod *Pyramimonas* (**Obr. 6b**) s několika desítkami zástupců mořských, brakických i sladkovodních.

Chlorophyceae

Jde o řasy monadoidní, kokální, trichální až heterotrichální a mohou tvořit cenobia a kolonie. Modelovým bičíkovcem je *Chlamydomonas*, chrání jej glykoproteinový plášť (chlamys). Bičíky vyrůstají z papily, typický je hrncovitý chloroplast s pyrenoidem a stigmatem (**Obr. 3; 6a**). Někteří zástupci jsou nazí. Kokální a vláknité zelené řasy mají pevnou buněčnou stěnu, někdy opatřenou alganem. V chloroplastu se často nachází pyrenoid. Zástupci třídy se rozmnožují dceřinými cenobii, zoosporami, autosporami, izogamií, anizogamií i oogamií. Při rozmnožování se uplatňují autolyziny – látky rozpouštějící chlamys. Někdy se rozmnožování odehrává v palmeloidním stavu.

Zelené řasy s monadoidní stélkou reprezentují rody *Dunaliella*, *Chlamydomonas*, *Volvox*. Ve velmi slaných vodách dokáže žít *Dunaliella salina*, díky produkci glycerolu. Rod *Chlamydomonas* (pláštěnka) je běžnou součástí planktonu, některé druhy nalezneme také na extrémních stanovištích, např. na sněhových polích (*Ch. nivalis*), nebo v extrémně kyselých vodách (*Ch. acidophila*). Největším světovým expertem na rod *Chlamydomonas* byl dr. Hanuš Ettl, který v okolí svého bydliště na Svitavsku popsal kolem 300 nových druhů pro vědu. *Haematococcus* (**Obr. 20g, h, i**) je nápadný kumulací karotenů a svými červenými odpočívajícími stadii, které na podzim zbarvují vodu v zahradních nádobách na zalévání. Koloniální *Volvox* (váleč) vytváří cenobia velká jako špendlíková hlavička. Je to vlastně slizová koule s četnými bičíkovci na obvodu. Dceřinná cenobia vznikají několikanásobným dělením jedné buňky a dozrávají uvnitř mateřského cenobia, které pak opustí po jeho protržení (**Obr. 21q**). Morfologicky mohou být cenobia diferencovaná na buňky somatické a reproduktivní, pohlavně se váleč rozmnožuje oogamií (**Obr. 21o, p**). Nejčastěji uváděný *Volvox globator* (váleč koulivý) je ve skutečnosti vzácný a daleko častěji můžeme potkat druh *Volvox aureus*. Zástupcem kapsální stélky je *Tetraspora*, jejíž buňky obalené slizem jsou opatřeny pseudociliemi. Kokální rody *Scenedesmus* a *Desmodesmus* (řetízovka) tvoří 2, 4, 8 buněčná cenobia, buňky mají výrazný pyrenoid a v buněčné stěně algenan. Hvězdicovitá plochá cenobia tvoří hvězdonožka (*Pediastrum*) a makroskopickou sítku tvoří *Hydrodictyon* (tenatěnka). *Microspora* (**Obr. 19b**) je vláknitá a žije v čistých tekoucích vodách. Buněčná stěna je složena z H-kusů a od podobně tvořených vláken různobrvky *Tribonema* se pozná díky přítomnosti jednoho velkého chloroplastu. Z vláknitých typů je běžná i epifytická vláknitá řasa *Oedogonium* (čapkoblanka), která se vyznačuje přítomností tzv. límečků (**Obr. 7h; 21n**), které můžeme pozorovat jako průhledné prstence poblíž buněčné přehrádky. Rozmnožuje se stefanokontními zoosporami a oogamií (**Obr. 21m, n**). Najdeme ji na ponořených částech vodních rostlin, např. leknínů. V čistých tekoucích vodách najdeme řasu *Draparnaldia* s heterotrichální stélkou.

Ulvophyceae

Jsou to vláknité až sifonální řasy, rozmnožují se zoosporami, izogamií a anizogamií, častá je rodozměna. Zástupci žijí hlavně v teplých mořích, stélky mohou kalcifikovat. Sladkovodní zástupce *Ulothrix* (kadeřnatka) je jednoduchá nevětvená vláknitka s jedním korýtkovitým chloroplastem v každé buňce. Kadeřnatka se rozmnožuje zoosporami. *Cladophora* (žabí vlas) je jediným naším zástupcem sifonokladální stélky, rod zahrnuje sladkovodní i mořské druhy. Chuchvalce žabího vlasu jsou na omak drsné jako vlasy, na rozdíl od slizkých spájivek. Pod mikroskopem je patrné typické větvení, bývá hustě porostlá epifyty (např. rozsivkami).

V mořské vodě najdeme makroskopickou řasu *Ulva* (porost locikový), jejíž ploše listovitá stélka se podobá listu zahradního salátu. Součástí tohoto rodu by podle nových výzkumů měla být i trubicovitá řasa, dříve známá jako *Enteromorpha* (střevotvarka), žijící v brakických vodách Baltu a slaných vodách Lednických rybníků. Z mořských sifonálních řas nemůžeme opomenout invazivní a toxický druh *Caulerpa taxifolia* (lazucha). Unikla z akvária v Monaku a šíří se vegetativně po celém Středozezemním moři (díky lodní dopravě). Nahrazuje původní porosty mořské trávy, které byly bohatě osídleny epifyty a bezobratlými živočichy. *Caulerpa* však díky toxicitě nehostí žádná doprovodná společenstva, což má za následek snížení diverzity porostů. V moři najdeme i sympatickou řasu *Acetabularia*, která v závěrečné fázi rozmnožování připomíná deštníček. *Trentepohlia* žije subaericky mimo vodní prostředí a tvoří červené až červenohnědé povlaky na skalách a kmenech stromů.

Trebouxiophyceae

Třída byla vymezena pomocí molekulární fylogenetiky. Patří sem jednobuněčná řasa *Chlorella* (zelenivka), často využívaná jako modelový organizmus. Snadno se kultivuje a byla použita k pokusům i v kosmu. *Botryococcus* se vznáší ve vodním sloupci díky produkci oleje. Rod *Trebouxia* je typická řasa povrchu skal, často žije v symbióze s houbami a tvoří fykobionta v lišejnících. Na kůře stromů se velmi často vyskytuje zeleně zbarvená aerofytická řasa zrněnka (*Apatococcus*). Na vlhké půdě najdeme povlaky rodu *Prasiola*.

9.2.3.2 Streptophyta

Bazální skupiny řas, patřících do streptofytní linie, jsou bez fragmoplastu. Možná nejpůvodnější a nejstarší rostlina je *Mesostigma viride*. Dále k bazálním skupinám patří půdní *Chlorokybus athmophyticus* či vláknitá řasa *Klebsormidium*, která je nejčastější aero-terestrickou řasou. Pokročilé skupiny (Zygnematoephyceae, Coleochaetophyceae, Charophyceae) mají fragmoplast a nejpokročilejší mají spirální spermatické buňky (Charophyceae).

Coleochaetophyceae

Coleochaete (štětinatka) tvoří plochou terčíkovitou stélku, buňky jsou opatřeny štětinou. Nepohlavně se rozmnožuje zoosporami pokrytými polysacharidovými šupinami. Pohlavně se rozmnožuje oogamií, po níž se zygota obalí jalovými vlákny a vytvoří přezimující sporokarp.

Charophyceae

Chary jsou makroskopické řasy se vzpřímenou, pletivnou stélkou, s vrcholovým růstem a diferenciací na nody a internody. Internody rostou prodlužovacím růstem, z nodů vyrůstají přesleny bočních větévek, gametangia a další elementy. Stélku tvoří rhizoid, kauloid a fyloidy. Buňky mají vícevrstevnou celulózní stěnu s kutikulou, tenkou vrstvou cytoplasmy a centrální vakuolu. Mladé buňky jsou jednojaderné, později se stávají mnohoadernými. Vnější vrstva cytoplazmy (ektoplazma) obsahuje chloroplasty bez pyrenoidů a nepohybuje se, vnitřní endoplazma proudí. Buněčná stěna může kalcifikovat.

Nepohlavně se rozmnožují fragmentací a odnožováním. Pohlavní rozmnožování je oogamie. Oogonium je útvar obalený sterilními buňkami a ukončený korunkou. Kulovité anteridium je oranžové, na povrchu opatřené štítky. Pohlavního procesu se účastní šroubovitě vinuté spermatozoidy se 2 laterálními bičíky, které jsou kryty šupinami, připomínajícími šupiny Prasinophyceae. Výsledkem oogamie je zygospóra (sporokarp), který na jaře vyklíčí v procharu. Prochara vytváří dvě vlákna, jedno je pozitivně geotropické (rhizoid), druhé nese vrcholovou buňku (negativně geotropické).

Jako většina Streptophyt jsou chary primárně sladkovodní, občas se vyskytnou v brakické vodě. Kalcifikují a podílejí se na tvorbě travertinů. Fosilní zygospory (gyrogonity) jsou součástí jezerních sedimentů a mají využití v paleoekologii. Chary jsou zastoupeny rody *Chara*, *Tolypella* a *Nitella*. Najdeme je např. v prameništích, velmi často se objeví první rok po revitalizaci tůní vybagrováním (pozorováno v Litovelském Pomoraví).

Zygnematophyceae

Spájkivky jsou zastoupeny kokálními a vláknitými typy. Nemají žádná bičíkatá stadia, u vláknitých se tvoří fragmoplast.

Kokální spájkivky se nazývají dvojčátkovité řasy nebo krásivky. Krásivky se pohybují klouzavým pohybem díky vylučování slizu. Buňka se skládá ze dvou polovin (semicel) oddělených zářezem (isthmus). Při nepohlavním dělení se od sebe semicely oddálí a každé polovině doroste nová semicela. Každý jedinec se tedy skládá ze dvou různě starých polovin. Při pohlavním rozmnožování vyloučí obě zúčastněné buňky kolem sebe společný slizový obal a nahé protoplasty se při konjugaci pohybují améboidním pohybem uvnitř tohoto slizu. Zřídka je možno přímo pozorovat pohlavní rozmnožování splýváním protoplastů dvou jedinců. Častěji můžeme najít výsledek takového procesu, vzniklá zygospóra je obvykle obklopena prázdnými buněčnými stěnami 4 rodičovských semicel. Dosud nejsou známy podmínky nebo spouštěče pohlavního rozmnožování u krásivek. Vyvolat

toto chování v laboratoři se v minulosti podařilo pouze několika badatelům, jiní neuspěli, přestože publikované experimenty opakovali do nejmenších detailů.

Vláknité spájkvy se odlišují tvarem chloroplastu a rozeznáváme rody *Spirogyra* (šroubatka, **Obr. 20d–f**) se spirálním chloroplastem, *Zygnema* (jařmatka) s hvězdovitým chloroplastem a *Mougeotia* (deskovka) s deskovitým chloroplastem. Nepohlavně se množí dělením buněk ve vláknu a rozpadem dlouhých vláken. Pohlavním rozmnožováním je opět spájení (konjugace). Mezi buňkami se vytvoří kopulační kanálky, které umožní spojení dvou protoplastů (**Obr. 20e**). V takto vymezeném prostoru se protoplasty pohybují jako améby. Kopulační kanálky se tvoří mezi buňkami dvou k sobě přiložených vláken (**Obr. 20e, f**), takové uskupení vypadá jako žebřík (konjugace žebříčková), případně mezi sousedními buňkami téhož vlákna (konjugace laterální). Zygota, později zygospora, se vytvoří buď v jedné z kopulujících buněk, nebo v kanálku. Tyto charakteristiky pohlavního rozmnožování jsou důležité pro zařazení spájkvek do druhu. Zygota je jedinou diploidní buňkou, proto je životní cyklus klasifikován jako zygotický. K redukčnímu dělení dojde před klíčením zygospor v nové vlákno. Ke konjugaci dochází obvykle v době, kdy kaluže a mělké tůně, v nichž spájkvy žijí, začínají vysychat. Chomáče řas v konjugaci plavou na hladině a jsou zbarveny do žluta. Spájkvy mohou tvořit také partenospory a aplanospory.

Z kokálních spájkvek jsou časté rody *Cosmarium*, *Closterium* a *Micrasterias*, které najdeme v rašeliníštích, některé druhy i v planktonu stojatých vod. Taxonomií krásivek se zabýval český algolog dr. J. Růžička, který je autorem několika určovacích klíčů. Z vláknitých spájkvek jsme již jmenovali rody *Spirogyra*, *Zygnema*, *Mougeotia*, ty najdeme v mělkých kalužích a v porostech vodních rostlin v litorálu rybníků. Jsou na omak slizké, na rozdíl od drsných chomáčů žabího vlasu (*Cladophora*), nebo různobrvky *Vaucheria*, které můžeme najít na podobných místech.



1. Umístěte do akvária podložní sklíčko, nejlépe zavěšené nebo zapíchnuté jedním koncem do korkové zátky tak, aby zátko plávala na hladině a sklíčko bylo ponořené ve vodě. Po cca třech týdnech sklíčko opatrně vytáhněte a ze spodní strany otřete hadříkem. Na horní stranu umístěte ještě za mokra krycí sklíčko tak, aby přilnulo bez vzduchových bublin, a vytvoříte tím preparát. Zbytek podložního sklíčka, kde není krycí sklíčko, můžete otřít, abyste neznečistili objektiv mikroskopu. Preparát pozorujte v mikroskopu, bude porostlý řasami a při troše štěstí můžete narazit na terčovité stélky *Coleochaete*. Pokud máte akvárium málo osvětlené, budou na sklíčku spíše rozsivky.



2. Úpravou světelných podmínek můžete regulovat zarůstání akvária i zahradních nádrží řasami. Pokud zarůstají zelenými řasami, stačí je zastínit. V provozech, kde je růst řas nežádoucí, se používá natření oken modrou barvou (změna spektra dopadajícího světla).
3. Ke sběru krásivek používáme postup označovaný jako „výtlaky z mechů“. Z příkopu či jezírka odebereme hrst mokrého porostu rašeliníku a důkladně jej vyždímáme do lahvičky.
4. Na krásivce *Closterium* (vřetenovka) můžeme demonstrovat tzv. Brownův neuspořádaný pohyb částic. Jde o poměrně velkou zelenou řasu tvaru ohnutého rohlíku, která má na obou koncích terminální vakuolu (**Obr. 19l–n**). V ní jsou krystalky, jejichž neuspořádaný pohyb je možno pozorovat i ve školním mikroskopu.
5. Deskovitý chloroplast *Mougeotia* se natáčí za světlem, v některých buňkách vyplňuje jako obdélník celou buňku, v jiných tvoří uprostřed tenký pásek (představte si to jako boční pohled na desku, **Obr. 19c**). Někde může být přeroucený se širokou i úzkou částí v jedné buňce. Protože jde o velké buňky, pozorování je možné i ve školním mikroskopu, stačí vědět, co hledáme.
6. Když ponecháte spájivky ve vodě na větší ploché misce na okně, voda se bude pozvolna odpařovat (řádově ve dnech). Vysychající spájivky se začnou rozmnožovat. V jednoduchém školním mikroskopu budete moci pozorovat žebříčkovou nebo laterální konjugaci. Pokud není proces vysychání moc rychlý (vodu můžeme dolévat), stačí se vytvořit i zygospor, které klesnou ke dnu misky. Přidáte-li pak k materiálu ze dna misky jednoduchý živný roztok z květinářství (NPK hnojivo), můžete pozorovat klíčení zygospor. Pro kultivaci použijte severní okno, kde nebude přímé sluneční světlo a miska se nebude přehřívat.
7. Když se vám podaří z přírody přinést chomáček spájivek nebo žabího vlasu (případně koupíte tzv. řasokouli) a tento materiál umístíte i s vodou z lokality v úzkém laboratorním válci (např. 200 ml) na okno, začnou se v chomáči tvořit bublinky (kyslík produkovaný fotosyntézou). Po několika hodinách chomáček nadnášený bublinkami vystoupá k hladině. V noci opět klesne



ke dnu, neboť ve tmě je kyslík biomasou prodýchán a fotosyntéza neprobíhá. Místo vody z lokality je možné použít i jednoduchý živný roztok (NPK hnojivo).

9.3 SAR – Stramenopila, Alveolata, Rhizaria

9.3.1 Stramenopila – hnědé řasy

Hnědá vývojová větev Stramenopila je označována také jako Ochrophyta, Heterokontophyta, dříve také Chromophyta. Zahrnuje zlativky (Synurophyceae, Chrysophyceae), rozsivky (Bacillariophyceae), Eustigmatophyceae, chaluhy (Phaeophyceae), různobrvky (Xanthophyceae) a chloromonády (Raphidophyceae). Dříve se sem řadila i Haptophyta, ta jsou však samostatnou linií. Společným znakem hnědé vývojové linie jsou 2 heterokontní bičíky, z nichž delší je opatřen mastigonematy a slouží k pohybu. Krátký je pasivně vlečen a nese fotoreceptor (typ *Ochromonas*, **Obr. 6**). Chloroplasty mají 4 membrány, tylakoidy jsou po třech a u většiny je přítomna rovněž věncová lamela (**Obr. 8**). U bičíkovců je přítomno stigma. Pigmenty tvoří chlorofyl-*a*, *c*, karoteny a xantofyly, u většiny skupin je přítomen hnědý fukoxantin (kromě Xanthophyceae, Eustigmatophyceae a sladkovodních Raphidophyceae, **Tab. 1**). Přítomnost fukoxantinu prozrazuje hnědé, zlaté nebo olivově zelené zbarvení řas této skupiny. Zásobní látkou je chrysolaminaran a olej (**Tab. 1**).

Chrysophyceae a Synurophyceae – zlativky

Zlativky jsou monadoidní, rhizopodové, kapsální a kokální eukaryotické řasy se sklonem k mixotrofii a auxotrofii. Jejich zlatavou barvu způsobuje přítomný fukoxantin (**Obr. 18f**). Část zástupců (*Synura*, *Mallomonas*) je na povrchu kryta křemitými šupinami, které buňku pokrývají jako tašky na střeše. Část žije v lorikách (*Dinobryon*, **Obr. 21k, l**) a mořští křemití bičíkovci mají vnitřní křemitou kostru. Nepohlavně se množí dělením, cyklus je zygotický, pohlavním procesem je hologamie. Výsledkem pohlavního procesu je statocysta (**Obr. 21l**). Cysty jsou křemité, lahvovitého tvaru a jsou opatřeny organickou zátkou. Klíčení cyst není indukováno faktory prostředí, zdá se, že jsou pod vnitřní kontrolou organismu. Šupiny i cysty jsou fosilizovány a slouží jako bioindikátory v paleolimnologii, která studuje procesy jako acidifikace, eutrofizace a změny klimatu.

Ze zástupců Synurophyceae jsou nejčastější *Mallomonas*, *Synura* (**Obr. 18f**). Tyto planktonní zlativky jsou typické pro acidifikovaná jezera, např. tatranská plesa. Jsou tolerantní k nedostatku fosforu, protože si fosfor ukládají do zásoby. Neumí však využívat bikarbonáty, potřebují volný CO_2 . Bičíkovci putují v průběhu dne a noci vertikálně ve vodním sloupci (diurnální vertikální migrace) za světlem a za živinami. V nádržích na pitnou vodu mohou způsobovat zápach po rybině. Mezi Chrysophyceae patří keříčkovité kolonie *Dinobryon*. *Hydrurus* s kapsální stélkou můžeme najít v čistých potocích na kamenech. *Chromulina* vytváří za bezvětří zlatavý povlak na rybnících, tzv. neustonickou blanku. Zlativky tvoří nanoplankton a pikoplankton oceánů. Mořští křemítí bičíkovci (Dictyochophyceae) se významně podílí na globálním cyklu křemíku.

Eustigmatophyceae

Dříve byly tyto primitivní jednobuněčné organizmy řazeny ke Xanthophyceae. Zoospory mají jeden bičík a bazální tělísko jako pozůstatek druhého bičíku. Unikátní světločivný aparát se skládá ze stigmatu, které je mimo chloroplast (podobně jako u krásnooček), a peruťovité vychlípeniny jediného bičíku. V chloroplastu je přítomen pyrenoid, ale chybí věncová lamela. Fotosyntetickým pigmentem je chlorofyl-*a*. Složení zásobní látky není známo. Rozmnožování je pouze nepohlavní (zoosporami a autosporami). Jde o malou skupinu druhů, žijících hlavně v půdě a rašeliništích (*Chlorobotrys*, *Eustigmatos*, *Vischeria*). Komerčně se pěstuje *Nannochloropsis* pro zajímavé látky, využitelné ve farmacii a kosmetice.

Raphidophyceae – chloromonády

Chloromonády jsou velcí nazí bičíkovci, citliví na změny prostředí, při nichž praskají. Na povrchu buňky jsou přítomny trichocysty (**Obr. 18d**) a mukocysty. Mají dva subapikálně inzerované bičíky, vyrůstající z vychlípeniny na břišní straně. Chybí stigma i fotoreceptor, drobné chloroplasty jsou hustě nahloučeny (**Obr. 18e**). Obsahují chlorofyl-*a*, *c*. Fukoxantin a pyrenoid mají jen hnědě zbarvené mořské druhy. Sladkovodní bez fukoxantinu jsou zbarveny zeleně (**Obr. 18d**). Zásobní látkou je olej. Rozmnožují se jen dělením. V rašeliništích žije *Gonyostomum* (**Obr. 18d, e**), mořská *Chattonella* při přemnožení vytváří toxické rudé přílivy u japonského pobřeží.

Xanthophyceae – různobrvky

U různobrvků můžeme najít téměř všechny organizační stupně stélky. Vlákňité typy (*Tribonema*) mají buněčnou stěnu složenou z H-kusů podobně jako zelená řasa *Microspora*. Jde o tzv. paralelismus ve tvaru stélky. Dalšími dvojicemi morfologicky podobných řas jsou kokální různobrvky *Tetraëdriella*, *Characiopsis*

vs zelené řasy *Tetraëdron*, *Characium*. Zástupce obou linií odlišíme pomocí zkoušky na škrob (u různobrvěk negativní). Navíc se dvojice podobných řas obvykle liší ekologií – *Tribonema* se objevuje v půdě a drobných kalužích, *Microspora* žije v tekoucí vodě. Četné drobné chloroplasty rodu *Tribonema* mají zelenou barvu díky absenci fukoxantinu. Fotosyntetickými pigmenty jsou chlorofyl-a, c. Zásobní látkou je olej, chrysolaminaran. Bičíkatá stadia různobrvěk sdílejí znaky ostatních hnědých řas s drobnými odchylkami (modelový bičíkovec – zoospora rodu *Tribonema*). Rozmnožují se dělením, aplanosporami a zoosporami. Zástupce rhizopodové stélky *Myxochloris sphagnicola* žije v hyalocytech rašeliníku a vytváří exogenní cysty. *Characiopsis* (**Obr. 19e**) se často vyskytuje epifyticky na vláknitých řasách. *Vaucheria* (posypanka) je zástupcem sifonální stélky a rozmnožuje se synzoosporami a pohlavně oogamií. Najdeme ji na vlhké půdě a v mělkých tůních, je na omak drsná.

Bacillariophyceae – rozsivky

Rozsivky jsou vždy kokální, mohou tvořit kolonie z buněk slepených slizem. Některé kolonie mohou tvarem připomínat vlákna (*Melosira*, *Aulacoseira*, **Obr. 19a; 21i**) a pro začátečníka může být obtížné je odlišit od vláknitých řas. Je velmi důležité vypořádat barevnost rozsivek, která nikdy není trávově zelená, a geometrickou přesnost buněk v kolonii. Jedinou bičíkatou formou rozsivek jsou samčí gamety u centrických rozsivek. Mají pouze jeden bičík, jehož vnitřní struktura mikrotubulů je 9+0.

Buňku kryje křemitá schránka frustula, vytvořená z oxidu křemíku (strukturou se podobá opálu) a potažená vrstvou polysacharidu (diatopem). Frustula se skládá ze dvou částí – menší hypotéky a větší epitéky, které do sebe zapadají jako spodek a víčko krabičky. Každou část schránky (téku) tvoří miska (valva) a boční pás (pleura) a rozlišujeme tedy pohled valvární a pleurální (čelní a boční). Boční pohled na schránku je obvykle ve tvaru čtverce či obdélníku, výjimečně lichoběžníku, a až na výjimky nelze rozsivky z bočního pohledu určovat. Valvy jsou z čelního pohledu souměrné bilaterálně (penátní rozsivky) nebo radiálně (centrické rozsivky). Penátní rozsivky se podle přítomnosti štěrbin (raphe) dělí na rozsivky bez raphe (*Diatoma*), s raphe na jedné misce (*Achnanthes*), s raphe na obou miskách (*Navicula*, člunovka). Kromě štěrbinové raphe jsou u některých rozsivek kanálková raphe (*Surirella*) nebo zkrácená raphe (*Eunotia*). Misky jsou dále opatřeny perforacemi, komůrkami, póry, ostny a tato komplexní ornamentace slouží k identifikaci druhů. Ve světelném mikroskopu se struktura schránky jeví jako žebra a pro jejich pozorování a počítání jejich hustoty je třeba rozsivky usmrtit a schránky zbavit vnitřního živého obsahu. Proto se rozsivky připravují silnými oxidačními činidly (např. H_2O_2) a frustuly se zalévají

do pryskyřice. Čistě frustuly je možné pozorovat i v elektronovém mikroskopu, kde se zobrazí všechny detailní struktury schránky, pro které existuje v literatuře speciální terminologie. Dalšími znaky jsou tvar, délka a šířka schránek, případně průměr misky u kulatých centrických rozsivek (Kaštovský a kol. 2018a).

Penátní rozsivky jsou schopny klouzavého pohybu po podkladu díky proudění cytoplazmy ve štěrbině a díky vylučování slizu ze speciálních pórů. Sliz slouží i ke spojování buněk do kolonií a přilepování k podkladu, dále má funkci při rozmnožování. Rozsivky různých rodů se liší i tvarem a počtem chloroplastů, čehož si všiml už Mereschowsky. Na rodové úrovni by bylo možné cytologie využít k určování rozsivek zaživa, o to se pokusila dr. E. Cox, ale preciznost a spolehlivost určování z trvalých preparátů zvítězila (Cox 1996). Fotosyntetickými pigmenty jsou chlorofyl-*a*, *c* a fukoxantin. Zásobní látkou je chrysolaminaran a olej.

Životní cyklus rozsivek je gametický. Při vegetativním dělení se téky mírně oddálí a po rozdělení vnitřního obsahu si každá dceřinná buňka k vnější téce získané od rodičovské buňky syntetizuje menší hypotéku. Dceřinné buňky zůstanou spolu, dokud nejsou nové hypotéky plně zkřemenělé (**Obr. 21g**, šipka). Tím, že si buňky vytváří vždy menší téku, dochází ke zmenšování části populace a původní velikost je obnovena v průběhu pohlavního rozmnožování (viz kapitola Rozmnožování a životní cykly, **Obr. 16; 21**). Rozsivky jsou homotalické i heterotalické. Pohlavním rozmnožováním je izogamie nebo oogamie, některé rozsivky jsou schopné i autogamie a pedogamie (vznik zygoty z jednoho rodiče).

Penátní rozsivky se rozmnožují izogamií. Buňky opačně pohlavně laděné se přiloží těsně k sobě a proběhnou v nich dvě meiotická dělení (**Obr. 17l, m**). Výsledkem jsou haploidní gamety. Kolem párujících se buněk se často tvoří slizový obal (**Obr. 17k**), poloviny schránek rodičovských buněk se oddálí a ve vzniklém prostoru chráněném slizem splývají nahé, opačně laděné izogamety za vzniku zygoty. U některých druhů jsou izogamety schopné améboidního pohybu. U párujících se buněk rodu *Sellaphora* zůstává jedna gameta ve svém gametangiu a druhá z páru se k ní přemísť přes mezeru mezi pleurami. Aktivnější (přemísťující se) gametu pak označujeme jako samčí. Ze samčího gametangia vzniká zygota, schránka samčího gametangia zůstane prázdná (**Obr. 17e–i**). U centrických rozsivek je pohlavní proces oogamický (**Obr. 21i, j**). Účastní se ho nepohyblivá buňka vaječná a jednobíčíkatá buňka spermatická za vzniku zygoty. U rozsivek byla zjištěna produkce feromonů.

Zygota rozsivek (auxospora) se několikanásobně zvětší a uvnitř se vytvoří iniciální buňka o maximální velikosti daného druhu (**Obr. 21e**). V průběhu zvětšování auxospory (auxosporulace) se vytváří různé podpůrné elementy, které slouží k ochraně citlivých stadií a získání výsledného tvaru centrické či penátní rozsivky. Tyto podpůrné elementy mohou být i slabě zkřemenělé. Kulovité auxospory

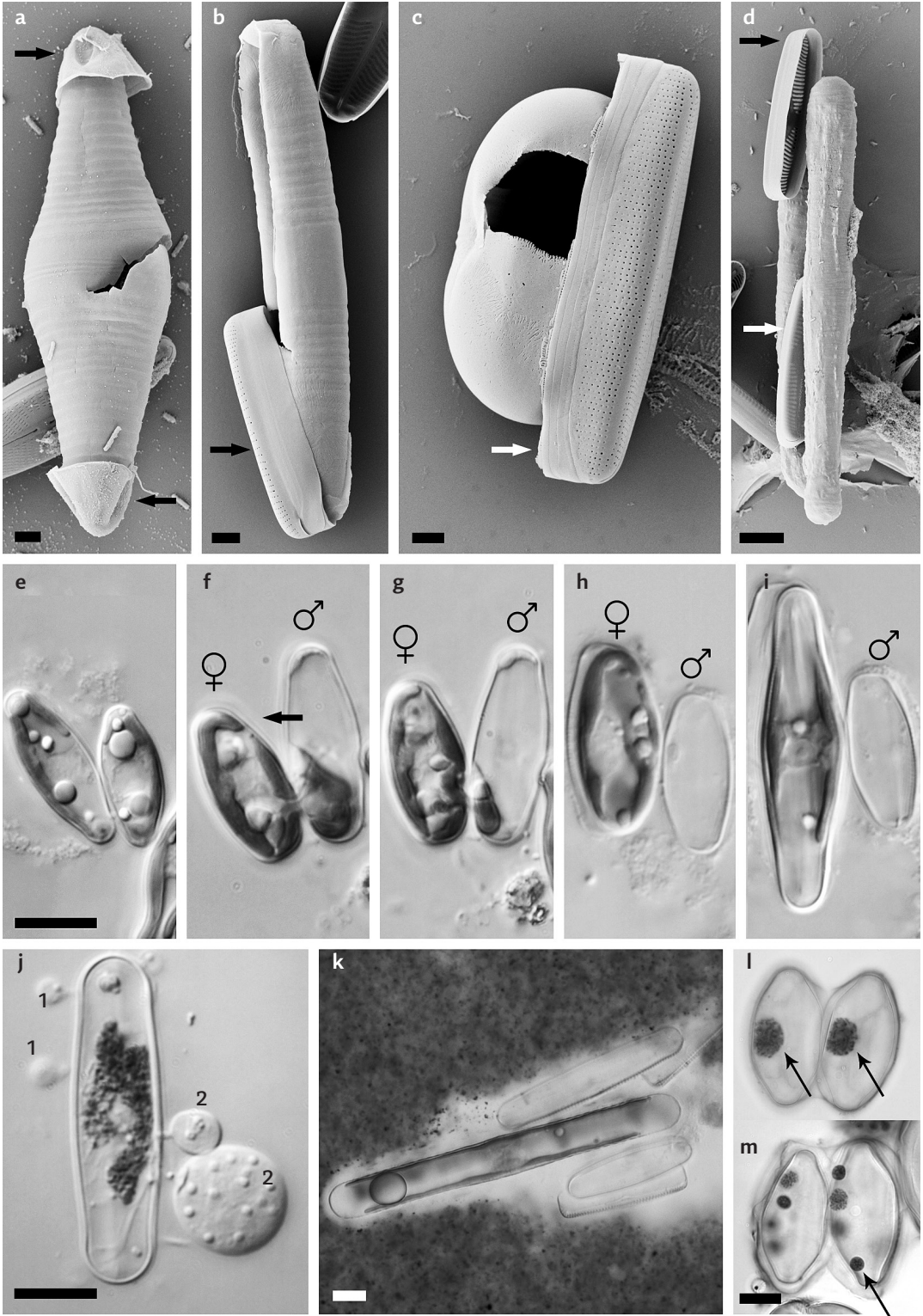
centrických rozsivek (**Obr. 21j**) expandují všemi směry a jsou chráněny jemnými šupinkami, některé mořské druhy chrání struktura properizonium. Auxospora penátních rozsivek je v průběhu zvětšování postupně svazována opasky, které nakonec vytvoří obal (perizonium, **Obr. 16; 17a, b, d; 21c–e**). Perizonium umožňuje auxospore expanzi pouze bipolárně, tedy do dvou směrů, čímž se vytvoří tvar penátní rozsivky. Opasky jsou na břišní straně přerušeny (jako prstýnek z pouti, který lze velikostně upravit roztažením). Tím se na břišní straně vytváří tzv. šev, kterým se zralá iniciální buňka dostane ven z perizonia. V posledních letech byl u některých rodů objeven další podpůrný element nazvaný povijan (incunabula, **Obr. 17c**, Poulíčková 2018).

Zatímco vegetativní dělení a zmenšování schránek probíhá v přírodních populacích i několik let, k pohlavnímu rozmnožování dochází jedenkrát za několik let a může trvat pouze několik dní. Proto jsou životní cykly rozsivek málo prozkoumané a většina znalostí pochází z laboratorních podmínek, nikoliv z přírodních populací. Rozmnožováním přírodních populací se zabýval prof. L. Geitler z Univerzity ve Vídni. Jeho práce později ověřil a v laboratorních podmínkách prohloubil znalosti o pohlavním procesu penátních rozsivek zejména prof. D. G. Mann a jeho žáci (Poulíčková a Mann 2019).

Rozsivky jsou velmi významnou skupinou s velkým množstvím druhů, vyskytují se v široké škále ekologických podmínek po celém světě. Udává se, že produkují 20 % kyslíku na Zemi a významně ovlivňují koloběh křemíku. Díky specializaci na konkrétní ekologické faktory slouží rozsivky jako bioindikátory pH, obsahu živin, obsahu organických látek a teploty (acidifikace, eutrofizace, saprobity, globálního oteplování). V oblasti bioindikace rozsivek se proslavil moravský diatomolog dr. Petr Marvan, který znal výborně naši algoflóru a jako skvělý matematik se zasloužil o matematickou úpravu indexu saprobity. Bioindikace slouží k monitoringu recentních povrchových vod i k paleolimnologickým rekonstrukcím ekologických podmínek v minulosti. Usazené schránky rozsivek se těží jako křemelina (diatomit) a mají bohaté využití ve stavebnictví, jako abraziva do zubních past, k filtrování piva a vína.

Prozkoumanost rozsivek pomocí molekulárních metod značně pokulhává za ostatními „měkkými řasami“ (soft algae). Je to dnes už téměř poslední skupina řas, u níž se toleruje popis nového druhu pro vědu bez použití molekulárních metod. Místo toho je ovšem povinná ultrastruktura v elektronovém mikroskopu.

Z vývojově starších centrických rozsivek se vyvinuly rozsivky penátní, což potvrzují nejen paleontologická a molekulární data, ale i detaily pozorované v ontogenezi některých rozsivek. Systém je však stále hodně poplatný morfologii schránek, zejména díky silné diatomologické škole prof. H. Lange-Bertallota z Frankfurtu, který je editorem nové řady určovacích klíčů *Diatoms of Europe*.



◀ Obr. 17 Rozsivky

Různé typy obalu auxospor (a–d), technika SEM (skenovací elektronová mikroskopie). Pohlavní proces u rodu *Sellaphora* (e–i), fotografie různých dvojic v patřičné fázi procesu. Parazité rozsivek (j); tvorba slizu (k), technika barvení černou tuší; meiotické dělení jader (l–m), technika barvení acetokarmínem.

a – perizonium rodu *Navicula*, na obou koncích perizonia jsou patrné čepičky (šípky), které představují zbytky roztrženého prvotního obalu zygoty; b – perizonium *Sellaphora*, šipka ukazuje polovinu schránky rodičovské buňky, c – *Neidium*, prvotní obal velmi mladé zygoty (povijan neboli incunabula, část chybí) v polovině schránky rodičovské buňky (šipka); d – *Pinnularia*, dvě velké auxospory v částečném zákrytu a dvě poloviny schránky z rodičovských buněk (šípky); e – párující se buňky; f, g – protoplast samčího gametangia se přemísťuje do samičího ve směru šipky; h – přesun protoplastu dokončen, samčí gametangium je prázdné; i – bipolárně rostoucí auxospora vedle prázdného samčího gametangia; j – rozsivka napadená houbovými parazity, vnitřní obsah buněk je již stráven a na povrchu jsou patrné přisedlé zoospor (1) a sporangia (2) parazita; k – pohlavní rozmnožování u rodu *Pinnularia* se odehrává ve slizu, na obrázku je auxospora a prázdné rodičovské schránky uprostřed světlejšího nepravidelného prostoru (tj. sliz), přítomnost slizu se prokáže přidáním černé tuše k preparátu s řasami, protože tuš do slizu nedokáže proniknout; l, m – párující se buňky rodu *Placoneis* se přemění v gametangia a projdou dvěma meiotickými děleními; l – jádra (šipka) v prvním meiotickém dělení; m – gametangia po dvojím meiotickém dělení, v každém jsou 4 jádra, dvě tmavší později zaniknou (šipka) a zůstávají dvě haploidní jádra budoucích gamet. Měřítka = 2 μm (a, b, c) a 10 μm (d–m).

Rozlišujeme tradičně rozsivky centrické a penátní, které pak dělíme podle přítomnosti a druhu raphe (viz výše). Centrické rozsivky žijí většinou v planktonu, tvoří jarní a podzimní maxima v čistých nádržích (*Cyclotella*, *Aulacoseira*) a v eutrofních rybnících (*Stephanodiscus*). Velké diverzity dosahují centrické rozsivky v mořích (*Chaetoceros*, *Skeletonema*). Penátní rozsivky jsou součástí nárostů na různých substrátech ve stojatých i tekoucích vodách (*Navicula*, *Gomphonema*, *Cymbella*). K substrátu se přichycují slizem a slizovými stopkami. Občas je najdeme v aerofytických podmínkách, např. v jeskyních (*Luticola*). Mezi invazní druhy se počítá *Didymosphenia geminata*, která se šíří v čistých studených vodách, kde vytváří mohutné slizové nárosty a nepříznivě ovlivňuje potravní nabídku pro ryby (u nás v potocích Hrubého Jeseníku). *Pseudo-nitzschia* je mořská rozsivka produkující neurotoxin.



Vzhledem k tomu, že délka a šířka buněk/schránek je v určovacích klíčích jedním z druhových znaků, je třeba mít na paměti, že velikost buněk, zejména délka, je variabilní v průběhu životního cyklu (zmenšování dělením a obnovení velikosti pohlavním rozmnožováním). Údaje v klíči jsou závislé na množství proměřených populací a nemusí být úplné. Šířka kolísá v menším rozpětí a je tedy lepším určovacím znakem než délka buněk.

Phaeophyceae – chaluhy

Chaluhy jsou mikroskopické až makroskopické řasy. Většinou jde o mnohobuněčné, pletivé stélky diferencované na rhizoidy, kauloidy a fyloidy. Mají dělivou část (stichomeristém) schopnou podélného, příčného i tangenciálního dělení. Jednotlivé části stélky se mohou specializovat na funkci krycí, asimilační, mechanickou, vodivou. Vzplývání velkých stélek ve vodním sloupci umožňují plynové měchýře. Monadoidní jsou pouze rozmnožovací stadia. Monády mají dva heterokontní bičíky umístěné laterálně, přítomen je i typický fotoreceptor na kratším bičíku. Plastidy obsahují chlorofyl-*a*, *c* a přídatný pigment fukoxantin, který způsobuje hnědou barvu. Dále mohou mít pyrenoid. Zásobní látkou je chrysolaminaran, manitol a tuk. Na povrchu je plstěná síť celulózních mikrofibril, amorfni vrstvu tvoří algináty. Chaluhy obsahují jód a produkují látku fukosan, která odpuzuje herbivory.

Nepohlavně se rozmnožují fragmentací stélky (*Sargassum*) a zoosporami. Většina chaluh má sporický životní cyklus. Izomorfickou rodozměnou s izogamií se vyznačuje rod *Ectocarpus*. Gametofyt produkuje izogamety, po jejichž kopulaci vzniká zygota a z ní vyrůstá morfologicky podobný sporofyt. Ten produkuje diploidní i haploidní zoospory, z nichž vyrůstají sporofyty a gametofyty. *Laminaria* je charakteristická heteromorfickou rodozměnou s oogamií. Mikroskopické gametofyty produkují buňky vaječné a spermatické a po splynutí gamet vzniká zygota, z níž vyrůstá makroskopický sporofyt. Ten poté produkuje zoospory (**Obr. 15**). Postupným vývojem dospěly chaluhy až k redukci gametofytu. U rodu *Fucus* má gametofyt podobu dutinek (konceptákulí) na sporofytu (gametofyt není samostatnou rostlinkou). V dutinkách se tvoří buňky vaječné a spermatické a k oplodnění dochází ve vodním prostředí. Většina chaluh produkuje feromony, které přilákají spermatické buňky k buňkám vaječným a pohlavní proces usnadní.

Chaluhy jsou náročné na světlo, žijí v příbřežní zóně moří. Větší diverzity a ekologického významu dosahují v chladných mořích. Kromě rodů *Ectocarpus*, *Laminaria* (čepelatka), *Fucus* (chaluha) a *Sargassum* (hroznovice) je komerčně významný *Macrocystis* (bobulák, kelp). Sladkovodních zástupců je málo, např. *Bodanella* v Bodamském jezeře.



1. Získání rozsivek k pozorování je snadné. Stačí oškrabat starým kartáčkem na zuby kámen vytažený z řeky (horní stranu exponovanou na světle) nebo stéblo rákosu, které bylo pod hladinou. Nárosty rozsivek se prozradí hnědým zbarvením ponořených předmětů. Takto připravený materiál můžete pozorovat zaživa, rozsivky mají chloroplasty olivově zelené až hnědé a některé se v preparátu pohybují (*Navicula*).
2. Můžete si připravit i vypálené schránky rozsivek. Kapku vzorku na sklíčku odpaříme opatrně nad lihovým kahanem. Se sklíčkem nad plamenem pohybujeme podélně, aby nám neprasklo. Sklíčko držíme dřevěným kolíčkem na prádlo, aby nás nepálilo. Po schladnutí přikápneme 30 % H_2O_2 na zaschlou kapku s rozsivkovým materiálem a opatrně odpaříme. Pozor, aby peroxid neprskal, mohlo by dojít k popálení pokožky nebo oblečení. Žihání v peroxidu zopakujeme 3×. Po schladnutí přikápneme vodu a přikryjeme krycím sklíčkem. Vypálené schránky rozsivek můžeme pozorovat v mikroskopu. Takový preparát vypálených rozsivek sice obsahuje mnoho krystalků, nečistot a bublin, ale jako důkaz, že jsou rozsivky obdařeny schránkou, postačí.
3. Příprava kvalitnějšího trvalého preparátu rozsivek je už složitější. Rozsivky vypálené peroxidem (viz výše) se uzavrou do pryskyřice Naphrax. Ten už ale není tak snadno dostupný a musí se s ním pracovat v digestoři, protože se při zahřívání uvolňuje toluen. Naphrax lze sice objednat na internetu ze zahraničí, ale je dodán v tuhé formě, která se musí dle přiloženého návodu rozpustit v toluenu, což vyžaduje zkušenosti a vybavení chemika (digestoř). Dříve se používal Pleurax, který se nedá koupit, ale musí se uvařit (Hindák ed. 1978), opět jen v dobře vybavené chemické laboratoři. Rozpouštědlem je tentokrát aceton, takže používání Pleuraxu je pak méně nebezpečné. Navařený Pleurax vydrží desítky let, stačí udržovat správnou viskozitu občasným přidáním rozpouštědla.
4. Vyobrazení modelových životních cyklů *Ectocarpus*, *Laminaria*, *Fucus* jsou v učebnici Kalina a Váňa 2005 a v e-skriptech www.sinicearasy.cz/skripta.

9.3.2 Alveolata

Charakteristickým znakem, který se odráží v názvu skupiny Alveolata, je přítomnost měchýřků pod plazmatickou membránou (alveolární vezikuly). V případě většiny obrněnek jsou vyplněny celulózními destičkami, které tvoří pancíř. Kromě obrněnek (Dinophyta) sem patří další nefotosyntetizující organizmy jako např. nálevníci a výtrusovci.

Dinophyta – obrněnky

Obrněnky jsou většinou bičíkovci opatření pancířem (amphiesma, téka). Pancíř většiny obrněnek se skládá ze dvou částí, epikonu a hypokonu, oddělených ekvatoriální rýhou. Na břišní straně je ještě rýha podélná. V místě setkání obou rýh jsou ukotveny dva heterokontní bičíky, jeden slouží k pohybu, druhý kratší je složen v ekvatoriální rýze a slouží k nahánění potravy. Kratší bičík je opatřen kontraktilní paraflagelární lištou. U některých rodů vyrůstají bičíky na předním konci buňky. Vlášení bičíků je jemnější, ve srovnání s mastigonematy hnědých řas. Každá část pancíře se skládá z celulózních destiček (kromě nahých, viz kapitola Buněčné obaly), jejichž počet a umístění jsou druhově specifické. Mezi nimi jsou umístěny trichocysty nebo mukocysty. Buňky mohou pancíř svlékat (ekdy-sis). Specifickou organelou nejasné funkce jsou pusuly. Část zástupců se živí heterotrofně a postrádá chloroplasty. Chloroplasty fotoautotrofních obrněnek vznikly pravděpodobně z různých endosymbiontů, čemuž odpovídá variabilita v počtu membrán a ve složení fotosyntetických pigmentů. Vývojově odvozené obrněnky mají 3 membrány, tylakoidy po 3 a specifický pigment peridinin. Z fotosyntetických pigmentů obsahují chlorofyl-a, c a fykobiliny. Zásobní látkou je škrob. Nápadně velké jádro nazýváme dinokaryon (**Obr. 18h**). Stigma může být na různém stupni vývoje, nejdokonalejší označujeme jako ocellus a najdeme je u rodu *Warnovia*.

Obrněnky se rozmnožují dělením, zoosporami, hologamií, izogamií a anizogamií. Součástí životních cyklů jsou i hypnozygoty. Životní cykly jsou velmi složité a málo probádané. Některá stadia životních cyklů obrněnek byla v rámci protist popsána jako samostatné organizmy (např. améby, slunivky). Studium životních cyklů obrněnek se proslavil český vědec doc. Jiří Popovský. Některé obrněnky světélkují (bioluminiscence), např. rod *Noctiluca* (svítilka). Některé mořské obrněnky produkují toxiny a jejich přemnožení při pobřeží se označuje jako rudý příliv (red tide). Obrněnky se mohou přemnožit a zbarvit vodu červeně i v jezerech (*Tovellia* v jezeře Lago di Tovel), sladkovodní však nejsou toxické. Většina obrněnek žije volně, ale jsou mezi nimi i symbionti (žijící jako zooxantely

mořských korálů) a paraziti. Naši nejběžnější zástupci patří do rodu *Peridinium* a *Ceratium* (trojrožec/rohatka).

9.3.3 Rhizaria

Morfologicky i ekologicky rozmanitá skupina Rhizaria zahrnuje jedinou fotoautotrofní podskupinu Chlorarachniophyta.

Chlorarachniophyta

Skupina není významná počtem zástupců, ale evolučně. Jde o eukaryotické améboidní řasy (stélka rhizopodová), tvořící plazmodia, nově byl popsán i bičíkovec. Chloroplasty mají 4 membrány, pyrenoid, tylakoidy po 3 a obsahují nukleomorf. Složení fotosyntetických pigmentů odpovídá endosymbiotickému původu chloroplastu ze zelených řas – chlorofyl-*a*, *b*. Skupina se rozmnožuje zoosporami bez fotoreceptoru, s jedním subapikálně umístěným bičíkem, opatřeným jemným vlášením. Zástupce *Chlorarachnion reptans* byl popsán už prof. L. Geitlerem v roce 1930, domníval se však, že jde o různobrvku.

9.4 Excavata

U většiny zástupců skupiny Excavata najdeme dutinu (cavum), kterou u krásnooček (Euglenophyta) reprezentuje vchlípenina na předním konci buňky (ampula). Část krásnooček je primárně heterotrofní, zástupci jsou bezbarví a nemají chloroplasty. Někdy jsou označováni jako Euglenozoa.

Euglenophyta – krásnoočka

Krásnoočka jsou ovální nebo vřetenovité bičíkovci, většinou s 1 bičíkem, který vyrůstá z lahvovité dutiny (ampuly). Primitivnější zástupci mají 2 bičíky, jeden je obvykle velmi krátký či zcela redukovaný. Hlavní bičík nese jednu řadu vlášení. Do ampuly se vyprazdňují kontraktilní vakuoly, sloužící k osmoregulaci. Heterotrofní zástupci mají v ampule faryngeální aparát, jehož funkce (nabodávání kořisti) souvisí s fagocytózou. Na povrchu je pod plazmatickou membránou pelikula, složená ze spirálně stočených bílkovinných pásků (**Obr. 7**), často pod ní mají mukocysty. Rod *Euglena* se vyznačuje pružnou pelikulou a může měnit tvar těla, rod *Phacus* má pelikulu pevnou, tvar těla je neměnný, dorziventrálně zploštělý. Rod *Trachelomonas* je chráněn slizovou lorikou inkrustovanou železem

a manganem (**Obr. 19i, j, k**). Stigma není součástí chloroplastu, ale je samostatnou a dobře viditelnou organelou v blízkosti ampuly. Nápadná světločivná skvrna dala skupině jméno (krásnoočka) a je tvořena pigmentovými kapénkami jednotlivě opatřenými membránami. Druhou částí fotoreceptoru je vláknitý útvar na bičíku (paraflagelární lišta). Vícečetné, drobné chloroplasty mají 3 membrány, pyrenoid, tylakoidy po třech a obsahují chlorofyl-*a*, *b*. Část zástupců je heterotrofních a nemá chloroplasty. Zásobní látkou je paramylon, chemicky příbuzný s chrysolaminaranem hnědých řas. V plazmě jsou často přítomna nápadná paramylonová zrna. Jádru je výrazné s viditelnými chromozomy a jadérkem (**Obr. 18g**). Rozmnožují se podélným dělením (**Obr. 20b, c**), často v palmeloidním stavu (nepohyblivé stadium obalené slizem). Krásnoočka žijí ve znečištěných vodách, návesních rybnících s kachnami a jejich přítomnost indikuje organické znečištění. Za bezvětrí mohou vytvářet červenou neustonickou blanku. Vypadá to, jako by se na hladinu rozlila červená barva. Jev je způsoben přemnožením některých druhů krásnooček (*Euglena sanguinea*, *E. hemichromata*), které se při pobytu u hladiny chrání před přezářením červenými pigmenty. Jiné druhy rodu *Euglena* mohou vytvářet i zelenou neustonickou blanku. Nejběžnějšími zástupci jsou rody *Euglena*, *Phacus* a *Trachelomonas*. Přisedle na vodních bezobratlých živočiších žije rod *Colacium*, který na rozdíl od ostatních krásnooček nemá bičík. Pohyblivé formy vytváří jen pro přenos na nového hostitele.



1. Organismy neustonické blanky využívají povrchového napětí na rozhraní voda-vzduch. Zlatavou neustonickou blanku mohou vytvořit zlativky, červenou obrněnky či krásnoočka, zelenou krásnoočka.
2. Fotoautotrofní krásnoočka pěstovaná ve tmě na organickém živném médiu se odbarví a ztratí tylakoidy. Na světle tyto struktury regenerují a krásnoočka se opět zazelenají. Antibiotika způsobují nevratnou ztrátu tylakoidů a schopnosti fotosyntézy.

9.5 Cryptophyta – skrytěnky

Skrytěnky jsou eukaryotní bičíkovci se 2 heterokontními, péřitými bičíky (s mastigonematy). Rozdíl v délce bičíků může být velmi malý. Ukotvení bičíků a jejich submikroskopická stavba je pro tuto skupinu specifická, v detailech dokonce druhově specifická. Buňka je dorziventrálně zploštělá, na břišní straně je patrný jícen s ejektozomy. Na povrchu je periplast s hexagonálními destičkami a trichocystami. Dále obsahuje 1–2 podélně uložené chloroplasty chráněné čtyřmi obaly. Obě dvojice obalů jsou odděleny periplastidální oblastí, v níž je uložen nukleomorf. Tylakoidy jsou v párech, může být přítomen pyrenoid. Fotosyntetické pigmenty tvoří chlorofyl-*a*, *c* a fykobiliny uložené v tylakoidech. Specifický pigment alloxantin slouží k detekci přítomnosti skrytěnek. Zásobní látkou je škrob, tvořící zrnka v cytoplasmě. Stigma často chybí. Kromě kontraktálních vakuol jsou přítomna Maupasova tělíška, jejichž funkce není přesně vysvětlena. Usuzuje se, že může být podobná jako u lysozomů. Jádro je velké s nápadným jadérkem a má vysoký počet chromozomů. Ojedinělý způsob mitózy potvrzuje izolované postavení kryptomonád v systému organizmů. Skrytěnky se rozmnožují dělením, v literatuře byl popsán jeden případ hologamie (někdy se uvádí izogamie), ale stále chybí ověření a detaily procesu. Proto se pohlavní rozmnožování této skupiny považuje zatím za nejisté. Molekulárními metodami byly zjištěny vztahy k ruduchám. Skrytěnky jsou sladkovodní i mořské, v mírném pásu se vyskytují v menších stojatých vodách (tůních kolem řeky Lužnice, Moravy, Odry), zejména na jaře, někdy i v zimě pod ledem. Známé jsou svými diurnálními vertikálními migracemi. Zástupci se liší barvou chloroplastů a nejnámější jsou rody *Cryptomonas*, *Chroomonas*, *Rhodomonas*, případně bezbarvý *Chilomonas*.

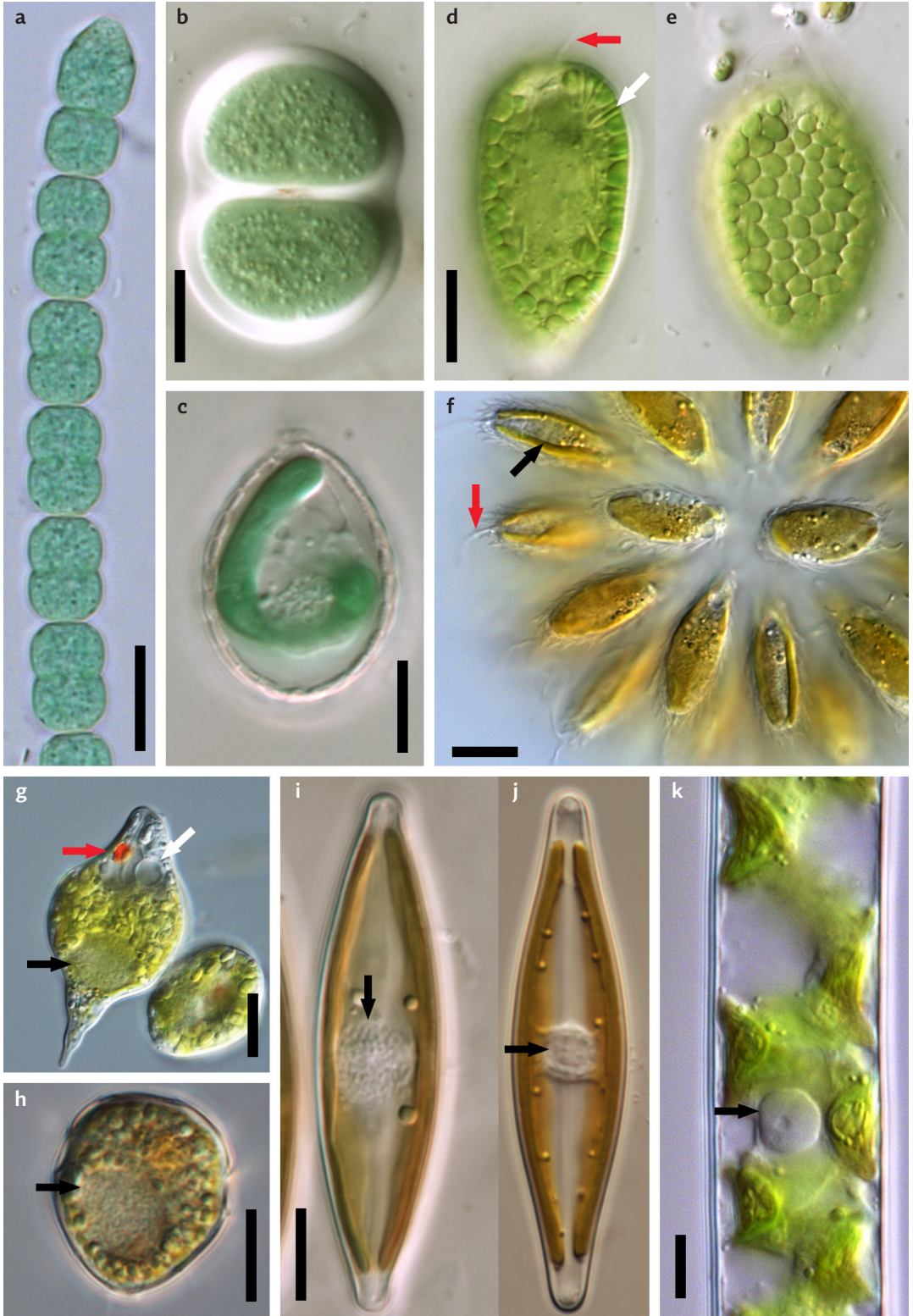
9.6 Haptophyta

Jde o bičíkovce se dvěma bičíky bez mastigonemat, mezi nimiž je útvar zvaný haptonema. Haptonema nemá ultrastrukturu eukaryotického bičíku a je schopno pouze kontrakcí. Patrně pomáhá buňce s fagocytózou. Hodně charakteristik mají tito bičíkovci společných s hnědými řasami, kam byla skupina původně řazena. Chloroplast má 4 membrány (bez věncové lamely), pyrenoid, tylakoidy po 3 a obsahuje chlorofyl-*a*, *c* a fukoxantin. Zásobními látkami jsou chrysolaminaran a olej. Povrch kryjí organické šupiny u některých rodů inkrustované vápníkem (kokolity). Fotoreceptor je nekompletní, nemají ztlustlinu na bičíku. Rozmnožují se dělením. Některé mohou být i toxické (*Prymnesium*). Samostatná linie

Haptophyta zahrnuje hlavně mořské bičíkovce, jejichž biogeochemický význam spočívá v zásadním podílu na koloběhu uhlíku a vápníku v oceánech. Při přemnožení rodů s kokolity (kokolitek) se vytváří shluky, které se z družic jeví jako bílé skvrny (white water). Jsou velmi drobní, proto se jejich detekce neprovádí v mikroskopu, ale analýzou specifického pigmentu. Nejdůležitějším zástupcem kokolitek je mořská *Emiliana huxleyi*, původce „white water“. U nás se v rybnících vyskytuje sladkovodní *Chrysochromulina parva*.

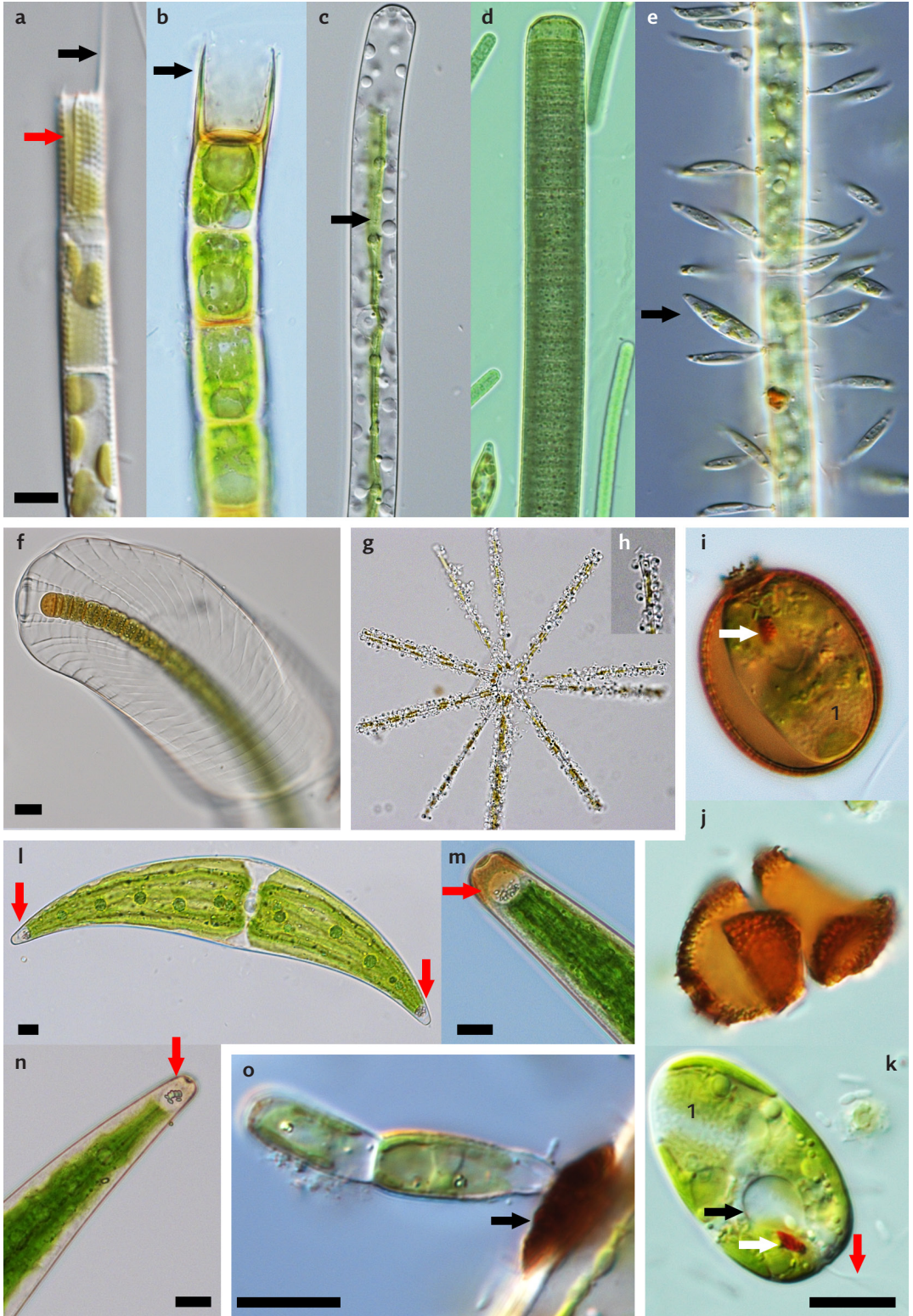
► **Obr. 18** Barvy a struktury sinic a řas

Na této obrazové tabuli můžeme porovnat barevnost sinic a řas různých skupin: modrozelená barva sinic (a – *Komvophoron*, b – *Chroococcus*) a cyanel u kořenonožce *Paulinella* (c) kontrastuje s trávově zelenou barvou zelených řas (k – *Spirogyra*) a krásnooček (g – *Euglena*). Zástupci hnědé vývojové linie jsou obvykle zbarveni do hněda, např. zlatavě hnědé zlativky (f – *Synura*) nebo hnědé rozsivky (i, j – *Navicula*) a obrněnky (h). Výjimku tvoří pouze zástupci hnědých řas bez fukoxantinu jako *Gonyostomum* (d, e), kteří jsou zelení, protože právě fukoxantin je odpovědný za hnědé zbarvení. Dále zde můžeme porovnat prokaryotický typ buněk sinic, jejichž buněčný obsah je víceméně homogenní (a, b), a eukaryotických řas, které obsahují řadu organel jako jádro, stigma, kontraktilní vakuoly, chloroplasty (d–k). d, e – *Gonyostomum* (stejná buňka zaostřena ve dvou různých rovinách) má bičíky (červená šipka), trichocysty (čárkovitá struktura označená bílou šipkou) a drobné diskovité chloroplasty (e); f – *Synura* tvoří kolonie a pohybuje se bičíky (červená šipka), každý bičíkovec v kolonii má dva podélné chloroplasty (černá šipka); g – krásnoočka mají velká jádra s kondenzovanými chromozomy, viditelnými i mezi děleními (černá šipka), stigma (červená šipka) a kontraktilní vakuolu (bílá šipka); h – obrněnky mají rovněž velké jádro dinokaryon s kondenzovanými chromozomy (černá šipka), srovnej s jádrem rozsivky na počátku jaderného dělení (i, šipka), kdy chromozomy kondenzují. Mezi buněčnými děleními, v interfázi, je jádro většiny řas (kromě krásnooček a obrněnek) menší a kompaktní (j, k, černé šipky). Měřítko = 10 µm.



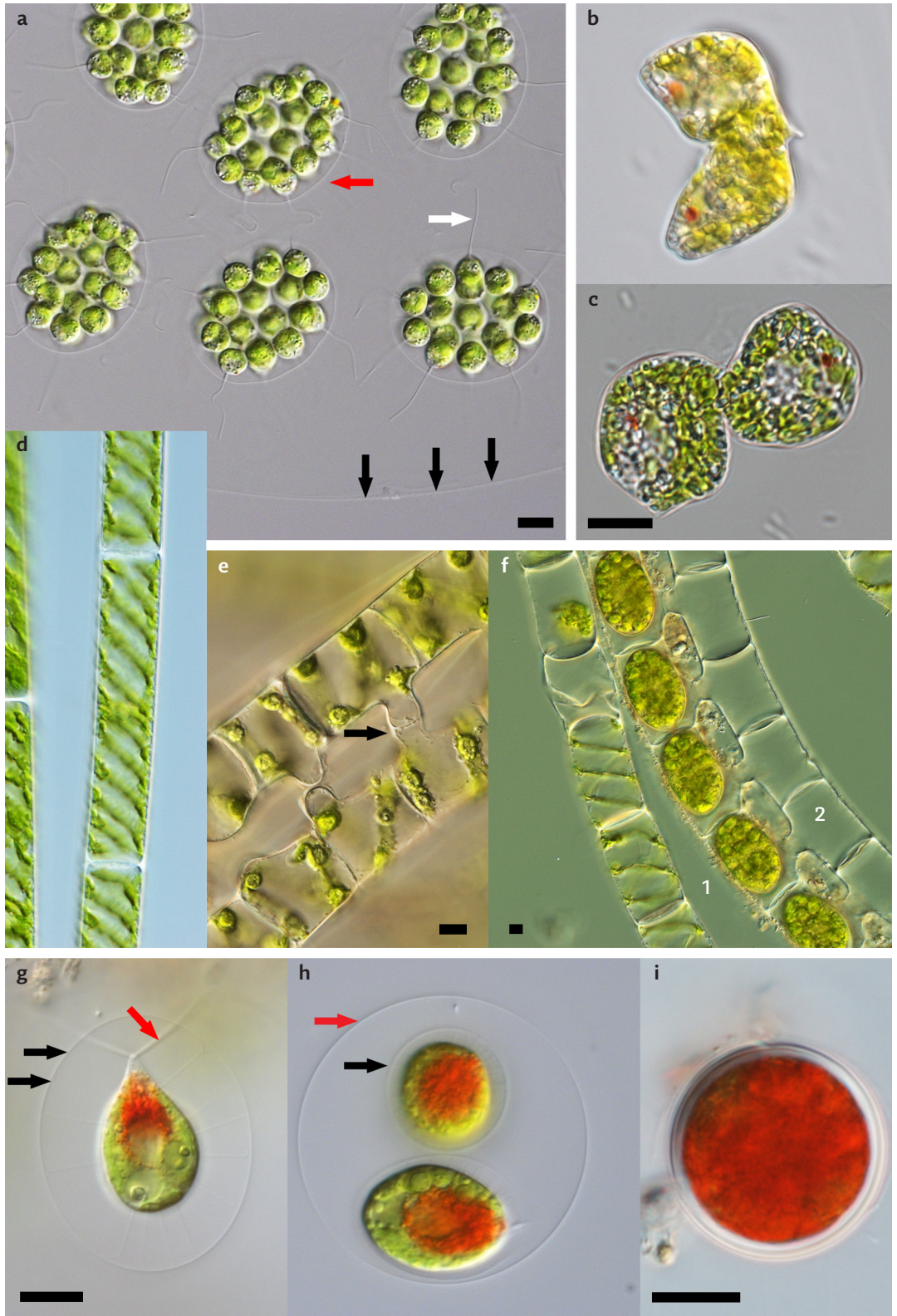
► **Obr. 19** Sinice, řasy a jejich struktury

a – kolonie centrické rozsivky *Aulacoseira* připomíná vlákno a laik si ji může splést s vláknitými řasami; na koncových buňkách bývají nepravidelné ostré úlomky schránky (černá šipka), které se vyštíply z jiné buňky v místě zlomu kolonie; podobně kus schránky chybí na jiném místě (červená šipka); b – vidlicovitý zbytek buněčné stěny ve tvaru písmene H u zelené řasy *Microspora*, tzv. H-kusy; c – zaoblený konec vlákna u spájkivky *Mougeotia*, její deskovitý chloroplast (šipka) je natočen úzkou stranou; bezbarvé kulovité struktury do zdravé buňky nepatří, může jít o parazita; d – zaoblený konec vlákna u sinice *Oscillatoria*; e – vláknitá řasa porostlá jednobuněčnými epifytickými řasami (šipka), může jít o *Characiopsis*, ale na fotografii už nelze ověřit některé znaky (viz kapitola Xanthophyceae); f – sinice *Petalonema* s dekorativním slizovým obalem; g, h – rozsivka *Asterionella* masivně napadená houbovými parazity, celkový pohled (g) a detail (h); i, j, k – *Trachelomonas* je krásnoočko, žijící volně v lorici, může ji opustit otvorem na předí a syntetizovat si novou; j – zbytky loriky rozbité tlakem sklíčka; k – nahý bičíkovec, kterému se rozbila lorika; i, k – patrné jsou orgány jako pulzující vakuola (černá šipka), stigma (bílá šipka), bičík (červená šipka) a velké jádro, zaujímající téměř třetinu buňky (jemně zrnitá oblast označená uprostřed číslem 1); l, m, n – krásivka *Closterium* (různé druhy) s koncovými vakuolami, na nichž lze demonstrovat Brownův pohyb; l – celý organizmus s vakuolami na koncích (šipky); m, n – detail konce s vakuolou a krystalky; o – počáteční stadium řasy *Oedogonium* přichycené terčíkem na jiné řase (šipka). Měřítka = 10 μm .



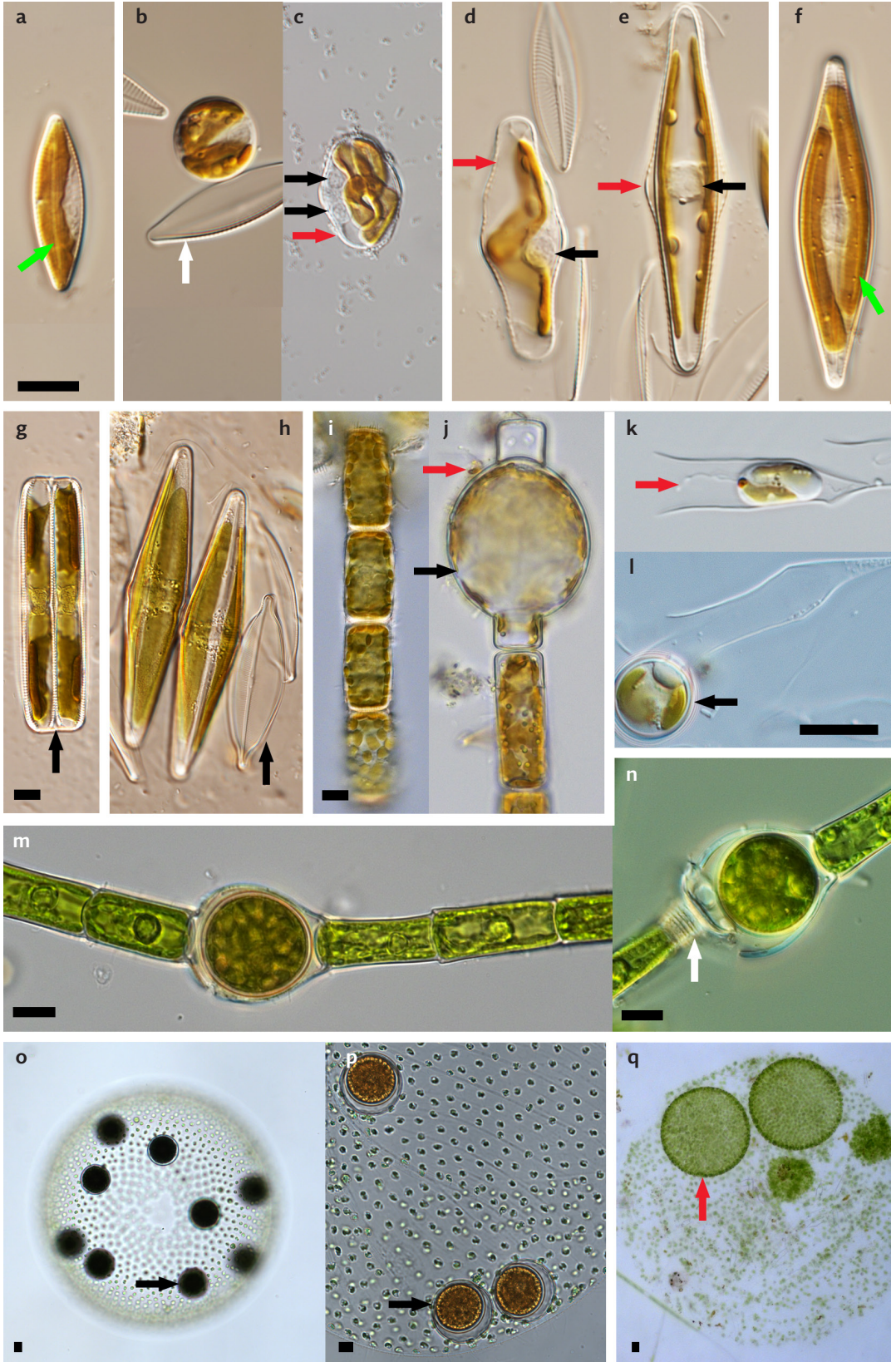
► **Obr. 20** Rozmnožování řas

a – dceřinná cenobia koloniálních bičíkovců *Eudorina* ještě uvnitř rodičovského slizu (černé šipky), každé cenobium má svůj vlastní slizový obal (červená šipka) a buňky mají bičíky (bílá šipka); b, c – dělící se krásnoočko, různí jedinci; d, e, f – *Spirogyra*; d – vegetativní vlákna, e – dvě vlákna tvoří kopulační kanálky (šipka) a chystají se na žebříčkovou konjugaci; f – spájení proběhlo a ve vláknu č. 1 jsou zygospory, vlákno č. 2 je prázdné, tj. jeho protoplasty se améboidním pohybem přemístily do vlákna č. 1; g, h, i – *Haematococcus*; g – vegetativní bičíkovec s bičíky (červená šipka) a oddálenou buněčnou stěnou (černá šipka); h – dva jedinci po rozdělení, každý s vlastní buněčnou stěnou (černá šipka), oba v původní stěně rodičovské buňky (červená šipka), i – odpočívající spora se zásobou červených pigmentů. Měřítko = 10 μm .



► **Obr. 21** Rozmnožování řas

a, b, c, d, e, f – pedogamie u penátní rozsivky *Navicula trivialis*; a – v jediné rodičovské buňce se vytvoří dvě gamety a vzápětí splynou v kulovitou zygotu (b), prázdné poloviny schránky rodiče jsou stále poblíž zygoty (bílá šipka); c, d – zygota (auxospóra) se zvětšuje a protahuje ve dvou směrech díky postupné tvorbě obalu (perizonium, červená šipka), černé šipky ukazují na jádra; e – uvnitř zralé auxospory se utvoří iniciální buňka, stále je viditelná rozšířená část perizonia uprostřed (červená šipka), černá šipka ukazuje jádro; f – po opuštění perizonia se může největší exemplář rozsivky tohoto druhu dále vegetativně dělit a zmenšovat na úroveň sexualizované buňky (a), zelené šipky (a, f) ukazují chloroplasty se světlejší tyčinkovitou strukturou uprostřed (pyrenoid); g – boční pohled na dvě dceřinné buňky penátní rozsivky těsně po vegetativním dělení, zůstávají pohromadě, dokud nejsou nově vytvořené hypotéky zcela vyvinuté (šipka); h – dvě velké iniciální buňky rozsivky *Stauroneis* v doprovodu prázdných polovin schránky jednoho z rodičů (šipka); i, j – *Melosira*; i – vláknitá kolonie centrické rozsivky před zahájením reprodukce, buňky se protahují, jádra se připravují k meiotickému dělení; j – jedna buňka v kolonii prošla oogamií za vzniku kulovité auxospory (černá šipka), vně auxospory je patrná drobná spermatická buňka (červená šipka); k, l – *Dinobryon*; k – lorika s bičíkovcem uvnitř, šipka ukazuje bičíky; l – prázdná lorika s cystou (šipka), která vznikla splynutím dvou bičíkovců; m, n – vlákno *Oedogonium* s kulovitou zygosporou, šipka ukazuje límečky, zralá zygospora má hnědé zbarvení (m); o, p, q – různá rozmnožovací stadia koloniálního bičíkovce *Volvox*; o, p – pohlavní rozmnožování, cenobium s oosporami (šipka), q – část rozpadlého cenobia s dvěma živými dceřinými cenobii (červená šipka) a zbytky dvou odumřelých dceřiných cenobií. Měřítko = 10 µm.



10 Literatura

- Adl S. M., Simpson A. G. B., Lane Ch. E., Lukeš J. a kol. (2012): The revised classification of Eukaryotes. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 59: 429–514.
- Adl S. M., Bass D., Lane Ch. E., Lukeš J. a kol. (2019): Revisions to the classification, nomenclature, and diversity of eukaryotes. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 66: 4–119.
- Bhattacharya D. & Medlin L. (1995): The phylogeny of plastids: a review based on comparisons of small-subunit ribosomal RNA coding regions. *Journal of Phycology* 31: 489–498.
- Bonen L. & Doolittle W. F. (1975): On the prokaryotic nature of red algal chloroplasts. *PNAS* 72: 2310–2314.
- Brabcová B., Vodová L. & Hvězdová K. (2018): Analýza tématu Řasy ve vybraných učebnicích přírodopisu. *Scientia in educatione* 9: 4–36.
- Burger-Wiersma T., Stal L. J. & Mur L. R. (1989): *Prochlorothrix hollandica* gen. nov., sp. nov., a filamentous oxygenic photoautotrophic procaryote containing chlorophylls *a* and *b*: assignment to Prochlorotrichaceae fam. nov. and order Prochlorales Florenzano, Balloni, and Materassi 1986, with emendation of the ordinal description. *International Journal of Systematic Bacteriology* 39: 250–257.
- Burki F., Roger A. J., Brown M. W. & Simpson A. G. B. (2020): The new tree of Eukaryaotes. *Trends in Ecology & Evolution* 35: 43–55.
- Cox E. J. (1996): *Identification of Freshwater diatoms from live material*. Chapman & Hall, 155 s.
- Deane J. A., Fraunholz M., Su V. a kol. (2000): Evidence for nucleomorph to host nucleus gene transfer: Light-harvesting complex proteins from Cryptomonads and Chlorarachniophytes. *Protist* 151: 239–252.
- Douglas S. E. (1992): Eukaryote-eukaryote endosymbioses: insights from studies of a cryptomonad alga. *Biosystems* 28: 57–68.
- Douglas S. E., Turner S. J. (1991): Molecular evidence for the origin of plastids from a cyanobacterium-like ancestor. *Molecular Evolution* 33: 267–73.
- Ettl H. (1980): *Grundriß der allgemeinen Algologie*. VEB Gustav Fischer Verlag Jena, 549 s.
- Gantt E. & Conti S. F. (1966): Phycobilliprotein localization in algae. *Brookhaven Symposium in Biology* 19: 393–405.
- Geitler L. (1930): Ein grünes Filarplasmodium und andere neue Protisten. *Archiv für Protistenkunde* 69: 615–636.

- Gibbs S. P. (1978): The chloroplasts of *Euglena* may have evolved from symbiotic green algae. *Canadian Journal of Botany* 56: 2883–2889.
- Graham L. E. & Wilcox L. W. (2008): *Algae*. Prentice Hall, 640 s.
- Hámpel V. a kol. (2012): Endosymbióza. Některé významné milníky endosymbiotické teorie. *Vesmír* 91. <http://vesmir.cz>
- Hansgirg, A. (1889–1892): *Prodromus českých řas sladkovodních*. Tiskem Dr. Edv. Grégra. Praha, 629.
- Hindák F. ed. (1978): *Sladkovodné riasy*. SPN Bratislava, 724 s.
- Chesnick J. M., Morden C. W. & Schmiege A. M. (1996): Identity of the endosymbiont of *Peridinium foliaceum* (Pyrrophyta): analysis of the *rbcL*S operon. *Journal of Phycology* 32: 850–857.
- Chisholm S. W., Frankel S. L., Goericke R. a kol. (1992): *Prochlorococcus marinus* nov. gen. nov. sp.: an oxyphototrophic marine prokaryote containing divinyl chlorophyll *a* and *b*. *Archives of Microbiology* 157: 297–300.
- Jírovec O. (1949): Der Einfluss des Streptomycins und Patulins auf einige Protozoen. *Experientia* 5: 74–79.
- Juráň J. & Kaštovský J. (2016): Nový pohled na systém řas a jak ho učit? *Živa* 6: 299–301.
- Kalina T. & Váňa J. (2005): *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. UK Praha, Nakladatelství Karolinum, 606 s.
- Kaneko T., Sato S., Kotani H. a kol. (1996): Sequence analysis of the genome of the unicellular cyanobacterium *Synechocystis* sp. strain PCC6803. II. Sequence determination of the entire genome and assignment of potential protein-coding regions. *DNA Research* 30: 109–136.
- Kaštovský J., Hauer T., Geriš R., Chattová B. a kol. (2018 a): *Atlas sinic a řas ČR 1*. Powerprint Praha, 384 s.
- Kaštovský J., Hauer T., Geriš R., Chattová B. a kol. (2018 b): *Atlas sinic a řas ČR 2*. Powerprint Praha, 480 s.
- Kaštovský J. & Juráň J. (2016): Evoluce sinic a řas v moderním pojetí. *Živa* 6: 133–136.
- Kaufnerová, V. & Vágnerová P. (2013): Sinice a řasy v učebnicích pro základní a střední školy. *Arnica* 1–2: 9–18.
- Komárek J., Kaštovský J., Mareš J. & Johansen J. R. (2014): Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach. *Preslia* 86: 295–335.
- Korshikov A. A. (1924). Protistologičeskiye zametki [Protistological notes]. *Russkii Arkhiv Protistologii* 3: 57–74.
- Kubín J. & Wippligenová M. (2024): *Základní přehled našich důležitých skupin a běžných taxonů sinic a řas*. Algologická laboratoř PŘF Jihočeské Univerzity Č. Budějovice, 23 p. (www.sinicerasy.cz).
- Lee R. E. (1999): *Phycology*. Cambridge University Press, 614 s.

- Lewin R. A. (1977): *Prochloron*, type genus of the Prochlorophyta. *Phycologia* 16: 217.
- Lowe D. R. (1980): Stromatolites 3,400 M.Y. old from the Archaean of Western Australia. *Nature* 284: 441–443.
- Lund H. C. & Lund J. W. G. (1995): *Freshwater algae their microscopic world explored*. Biopress Limited, 360 s.
- Mareš J., Strunecký O., Bučinská L., Wiedermannová J. (2019): Evolutionary patterns of thylakoid architecture in cyanobacteria. *Frontiers in Microbiology* 10: 277.
- Marin B., Nowack E. C. M. & Melkonian M. A. (2005): Plastid in the making: Evidence for a second primary endosymbiosis. *Protist* 156: 425–432.
- Mereschkowsky K. (1905): Über Natur und Ursprung der Chromatophoren im Pflanzenreiche. *Biologisches Centralblatt*, s. 593–604.
- Mereschkowsky K. (1910): Theorie der zwei Plasmaarten als Grundlage der Symbiogenesis, einer neuen Lehre von der Entstehung der Organismen. *Biologisches Centralblatt*, s. 353–367.
- Ohyama K., Fukuzawa H., Kohchi T., Shirai H., Sano T., Sano S., Umesono K., Shiki Y., Takeuchi M., Chang Z., Inokuchi H. & Ozeki H. (1986): Complete nucleotide sequence of liverwort *Marchantia polymorpha* chloroplast DNA. *Plant Molecular Biology Reporter* 4: 148–175.
- Pigott G. H. & Carr N. G. (1972): Homology between nucleic acids of blue-green algae and chloroplasts of *Euglena gracilis*. *Science* 175: 1254–1261.
- Pouličková A. (2011): *Základy ekologie sinic a řas*. Univerzita Palackého v Olomouci, 90 s.
- Pouličková A. (2018): Život ve skleníku aneb Rozsívky v akci. *Živa* 2: 63–65.
- Pouličková A., Dvořák P. & Hašler P. (2015): *Průvodce mikrosvětlem sinic a řas*. Univerzita Palackého v Olomouci, 46 s.
- Pouličková A. & Jurčák J. (2001): *Malý obrazový atlas našich sinic a řas*. Univerzita Palackého v Olomouci, 81 s.
- Pouličková A. & Mann D. G. (2019): *Diatom sexual reproduction and life cycles*. In: Seckbach J. & Gordon R. (eds) *Diatoms: Fundamentals and Applications*. Scrivener Publishing, s. 245–272.
- Provasoli L., Hutner S. H. & Schatz A. (1948): Streptomycin-induced chlorophyll-less races of *Euglena*. *Proceedings of the Society for Experimental Biology & Medicine* 69: 279–282.
- Raven P. H. (1970): A multiple origin for plastids and mitochondria: Many independent symbiotic events may have been involved in the origin of these cellular organelles. *Science* 169: 641–646.
- Reith M. & Mulholland J. (1993): A high resolution gene map of the chloroplast genome of the red alga *Porphyra purpurea*. *Plant Cell* 5: 465–475.
- Ris H. & Plaut W. (1962): Ultrastructure of DNA – containing areas in the chloroplast of *Chlamydomonas*. *Journal of Cell Biology* 13: 383–391.
- Rosypal S. (2003): *Nový přehled biologie*. Scientia, 797 s.

- Sagan L. (1967): On the origin of mitosing cells. *Journal of Theoretical Biology* 14: 225–274.
- Schimper, A. F. W. (1883): Über die Entwicklung der Chlorophyllkörner und Farbkörper. *Botanische Zeitung* 41: 105–153.
- Schwartz R. M. & Dayhoff M. O. (1978): Origins of prokaryotes, eukaryotes, mitochondria and chloroplasts. *Science* 199: 395–403.
- South G. R. & Whittick A. (1996): *Introduction to Phycology*. Blackwell scientific publications, 341 s.
- Stocking C. R. & Gifford E. M. (1959): Incorporation of thymidine into chloroplasts of *Spirogyra*. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 1: 159–164.
- Strunecký O., Ivanova A. P. & Mareš J. (2023): An updated classification of cyanobacterial orders and families based on phylogenomic and polyphasic analysis. *Journal of Phycology* 59: 12–51
- Van den Hoek C., Mann D. G. & Jahns H. M. (1995): *Algae an introduction to phycology*. Cambridge University Press, 623 s.
- Vodrážková A. (2024): *Tvorba českých jmen pro vybrané sinice a řasy a jejich použití ve výuce biologie*. Diplomová práce, PŘF Univerzita Hradec Králové, 73 s.
- Walter, M. R. (1980): Archean stromatolites: the history of the Earth's earliest benthos. In: A Symposium: Interdisciplinary Study of the Origin and Evolution of Earth's Earliest Biosphere, U.C.L.A., Los Angeles, CA, Abstracts, s. 10–11.

Internetové zdroje:

- <https://www.algaebase.org/>
- <https://www.sinicearasy.cz/skripta>
- <https://www.koupacivody.cz>

11 Terminologický slovník

A

Aerofyta – organizmy žijící mimo vodní prostředí

Aerotopy – systém plyných měchýřků, které umožňují nadnášení planktonních sinic

Absolutní orientace bičíkovýchází a mikrotubulárních kořenů – označuje jejich sub-mikroskopické uspořádání; rozeznáváme tři typy: přímo protilehlá (DO – directly opposed), po směru hodinových ručiček (CW – clockwise) a proti směru hodinových ručiček (CCW – counter-clockwise)

Agar – amorfni materiál buněčné stěny ruduch, který má využití v potravinářství a mikrobiologii

Akinety – odpočívající stadia sinic a některých řas, tlustostěnné buňky, sloužící k přežití nepříznivých podmínek; odlišují se morfologicky od vegetativních buněk, mají zrnitý obsah a jsou v nich uloženy zásobní látky

Algenan – odolná složka buněčných stěn některých řas (*Scenedesmus*, *Pediastrum*)

Algináty – látky, které tvoří amorfni vrstvu buněčné stěny chaluhy

Allofykocyanin – modrý přídatný pigment bílkovinného charakteru (sinice)

Alveolární vezikuly – měchýřky pod plazmatickou membránou obrněnek

Amfiesma – buněčný obal obrněnek, jinak téka nebo pancíř

Ampula – lahovitá vchlípenina u krásnooček, v níž jsou uloženy báze bičíků, faryngeální aparát a vyprazdňují se do ní pulzující vakuoly

Anizogamie – pohlavní rozmnožování s morfologicky rozlišenými gametami různé velikosti

Anizokontní bičíky – nestejně dlouhé bičíky

Anteridium – samčí gametangium

Apikální – umístěný na vrcholu

Aplanospory – nepohlavní bezbičíkaté spory

Architektura monád – stavba monád (**Obr. 6**)

Autogamie – způsob rozmnožování v rámci jediné rodičovské buňky, kde proběhne dělení jádra a následná fúze obou jader (např. penátní rozsivky)

Autoliziny – enzymy, které rozpouští glykoproteinovou buněčnou stěnu (*Chlamydomonas*)
Automixie – pohlavní proces v rámci jedné buňky (patří sem autogamie, pedogamie)
Autospory – zmenšené kopie mateřské buňky, typ nepohlavních a nepohyblivých spor
Auxospora – zygota rozsivek
Auxosporulace – proces expanze auxospor u rozsivek
Auxotrofní výživa – kromě fotosyntézy je řasa schopna přijímat vitamíny
Axonema – tělo bičíku složené z mikrotubulů submikroskopického uspořádání 9+2

B

Baeocyty – drobné buňky, které vznikají mnohonásobným dělením mateřské buňky, slouží k nepohlavnímu rozmnožování u sinic
Bazální tělísko – struktura, která ukotvuje bičík v buňce
Behaviorální anizogamie – obě gamety vypadají stejně, ale jedna je aktivnější (označujeme jako samčí, rozsivky rodu *Sellaphora*)
Bioindikace – využití organismů (bioindikátorů) k hodnocení parametrů prostředí (např. pH vody)

C

Cenobium – zvláštní typ kolonie, kde jsou všechny buňky stejně staré
Cenoblast – mnohojaderná buňka řas
Centrická rozsivka – skupina rozsivek s radiální souměrností schránky
Centroplazma – oblast plazmy sinic, která obsahuje DNA
Cyanela – endosymbiotizovaná sinice, která slouží hostiteli jako chloroplast
Cyanofycinová zrnka – zásobárna dusíku u sinic
Cysty – odpočívající stadia např. u zlativek
Cytotomie – dělení buněk u vláknitých řas

D

Diatomit – hornina tvořená schránkami mrtvých rozsivek (křemelina)
Diatotepin – polysacharidová vrstva, která pokrývá schránky rozsivek
Dinokaryon – jádro obrněnek
Dinosporin – odolná složka buněčných obalů obrněnek
Diskobolocysty – vymrštělná tělíska na povrchu některých řas, většinou bičíkovců

E

Ejektozomy – vymrštitelná vlákna např. v jícnu skrytěnek

Ekdysis – svlékání pancíře u obrněnek

Endosymbióza – stav, kdy jeden organizmus žije uvnitř buňky jiného organismu

Endosymbiotická teorie – teorie vzniku organel pohlčením primitivních prokaryot

Endolitická sinice – pronikající do kamene

Epifytický – žijící přisedle na rostlině

Epikon – horní část pancíře obrněnek

Epitéka – větší část schránky rozsivek

Eukaryotní buňka – buňka obsahující membránové struktury, orgány (jádro, chloroplast...)

Eutrofizace – vzrůstající zatěžování povrchových vod živinami (zejména fosforem a dusíkem)

Exocyty – vně odškrabované buňky u sinic (*Chamaesiphon*)

F

Fagocytóza – schopnost buňky pohlcovat jiné organismy či částice

Faryngeální aparát – struktura dravých krásnooček k nabodávání kořisti

FECA – First Eukaryotic Common Ancestor (hypotetický předek eukaryot)

Fotoautotrofní výživa – rostlinný typ výživy za přítomnosti světla

Fotofobická odpověď – rychlý únik z místa přezáření

Fotoreceptor – součást světločivného aparátu, většinou umístěn na bičíku, nebo na plazmatické membráně

Fotokineze – změna rychlosti pohybu ovlivněná světlem

Fototaxe – pohyb za nebo od světla (pozitivní, negativní)

Frustula – křemitá schránka rozsivek

Fragmoplast – mikrotubulární systém při buněčném dělení (Streptophyta)

Fukosan – fenolická látka chaluh k odpuzení herbivorů

Fukoxantin – specifický pigment hnědých řas

Fykobiliny – přídatné fotosyntetické pigmenty bílkovinného charakteru (např. u sinic)

Fykobilizomy – váčky, v nichž jsou uloženy fykobiliny

Fykocyanin – modrý fykobilin

Fykoerytrin – červený fykobilin

Fykoplast – mikrotubulární systém při buněčném dělení (Chlorophyta)

Fyloid – část pletivné stélky řas s funkcí fotosyntézy, podobně jako list cévnatých rostlin

Fytoedafon – řasy v půdě

G

Gametický (diploidní) životní cyklus – vegetativní buňky jsou diploidní, pouze gamety jsou haploidní (rozsivky, *Noctiluca*)

Gyrogony – fosilní zygosporý parožnatek

H

Haptonema – bičíku podobná organela umístěná mezi dvěma bičíky skupiny Haptophyta; nemá strukturu 9+2 a neslouží k pohybu

Hemiautosporý – nepohyblivé spory, které vypadají jako bičíkovci bez bičíků (kapkovitý tvar těla, stigma, pulzující vakuola)

Hemizoosporý – zoosporý, které po opuštění sporangia ztrácí bičíky

Heterocyty – specializované buňky k fixaci vzdušného dusíku u sinic

Heterokontní bičíky – bičíky různě dlouhé, liší se funkcí a povrchovou strukturou (typické pro hnědé řasy)

Heteromorrická rodozměna – gametofyt a sporofyt jsou morfologicky rozlišitelné

Heteropolární sinice – oba konce vlákna nejsou stejně silné, jeden se zužuje

Heterotalický druh – podobný význam jako dvoudomý, gamety opačného pohlavního ladění se tvoří v různých stélkách/buňkách

Heterotrichální stélka – vláknitou stélku tvoří robustnější osní vlákno, z něhož vyrůstají jemnější postranní větve (*Batrachospermum*, *Draparnaldia*)

Heterotrofní – živící se organizmy nebo hotovými organickými látkami

Hexagonální destičky – struktury pod plazmatickou membránou na povrchu skrytinek

H-kusy – dvoudílná stavba buněčné stěny u různobrvků a zelených řas (*Tribonema* vs *Microspora*) v podobě písmene H

Hologamie – splývání vegetativních protoplastů (**Obr. 11**)

Homodynamické bičíky – bičíky koordinované v pohybu (*Chlamydomonas*)

Homotalický druh – opačně pohlavně laděné gamety se tvoří v téže stélce/buňce; významově podobná situace, jako když hovoříme o jednodomých rostlinách

Hormogonie – kousky vláken, sloužící k rozmnožování u vláknitých sinic (*Oscillatoria*)

Hypnosporý – odpočívající spory

Hypnozygoty – odpočívající zygoty

Hypokon – dolní část pancíře obrněnek
Hypotéka – menší část schránky rozsivek

Ch

Chlamys – glykoproteinový obal u některých zelených řas (*Chlamydomonas*)
Chromatické adaptace – schopnost přizpůsobit složení pigmentů dopadajícímu světlu (u sinic a ruduch)
Chromatoplazma – oblast plazmy s obsahem tylakoidů u sinic
Chloroplast – organela obsahující fotosyntetické pigmenty a zodpovědná za fotosyntézu
Chrysolaminaran – zásobní látka hnědých řas

I

Incunabula – povijan, počáteční obal mladé zygoty u rozsivek
Iniciální buňka – první buňka po pohlavním rozmnožování rozsivek, vzniká uvnitř auxospor a její velikost je pro daný druh maximální
Internody – stélka parožnatek se skládá z krátkých nodů a delších internodů, z nodů vyrůstají boční větévky
Isthmus – zářez, který odděluje dvě semicely (poloviny buněk) u krásivek
Izogamie – gamety jsou morfologicky nerozlišitelné, pouze fyziologicky laděné (+ a –)
Izokontní bičíky – stejně dlouhé bičíky (typické pro zelené řasy)
Izomorfická rodozměna – gametofyt a sporofyt jsou morfologicky nerozlišitelné
Izopolární sinice – oba konce vlákna stejně široké

K

Kapsální stélka – jednobuněčná stélka ve slizu, obsahuje pulzující vakuolu, stigma, pseudocilie a ostatní orgány rostlinné buňky (*Tetraspora*, *Hydrurus*)
Karagen – látka, která se získává z ruduch
Karboxyzomy – tělíska v cytoplazmě sinic, která obsahují Rubisko
Karpogonium – samičí gametangium ruduch
Karpospora – diploidní spora ruduch
Karyogamie – splynutí jader v zygotě
Kauloid – část pletivné stélky řas s funkcí obdobnou stonku rostlin
Kleptoplastidy – chloroplasty získané fagocytózou (u obrněnek)
Kokolity – zvápenatělé šupiny u kokolitek (Haptophyta, vápenatí bičíkovci)

Kokální stélka – jednobuněčná stélka, může tvořit kolonie a cenobia (některé sinice, *Scenedesmus*, *Navicula*, *Cosmarium*, *Closterium*)

Konceptakula – dutinky obsahující gametangia (u chaluh)

Konjugace – pohlavní rozmnožování u spájivek (*Zygnematophyceae*)

Kontraktilní vakuoly – stažitelné vakuoly s funkcí vyrovnávání osmotického tlaku mezi buňkou a prostředím

Kopulační kanálky – spojení dvou buněk při spájení (*Spirogyra*)

Kryptická diverzita – skrytá diverzita, viz kryptické druhy

Kryptické druhy, rody – taxony popsané na základě genetické odlišnosti, které nelze rozlišit morfologicky

L

Laterální konjugace – pohlavní proces u spájivek, kdy konjugují protoplasty sousedních buněk téhož vlákna

LECA – *Last Eukaryotic Common Ancestor* – poslední společný předek eukaryot

Límečky – prstencovité útvary buněčné stěny u čapkoblanek (*Oedogonium*), najdeme je poblíž buněčné přehrádky

Lorika – schránka některých řas (*Trachelomonas*, *Dinobryon*)

M

Mastigonemata – tubulární vlášení na bičíku (hnědé řasy)

Maupasova tělíska – buněčná struktura nejasné funkce u skrytěnek

Merogamie – splývání specializovaných buněk, gamet

Mikrotubulární kořeny – struktury fixující bičík v buňce

Mixotrofní – kombinovaná výživa – kromě autotrofní výživy je řasa schopna přijímat hotové organické látky; k mixotrofii inklinují zejména bičíkovci

Monáda – bičíkovec je u všech skupin fotoautotrofů s výjimkou sinic, ruduch a spájivek; může představovat vegetativní buňku nebo rozmnožovací stadium

Monadoidní stélka – primitivní jednobuněčná stélka, jejímž základem je monáda (bičíkovec), má bičíky, stigma, pulzující vakuolu a ostatními organely rostlinné buňky; žijí jednotlivě, nebo v cenobiích a koloniích (*Chlamydomonas*, *Cryptomonas*, *Mallomonas*, *Euglena*, *Peridinium*, *Volvox*, *Synura*)

Monospory – nepohyblivé, nepohlavní spory ruduch

Mukocysty – vymrštitelná tělíska na povrchu některých řas (obvykle bičíkovců) s produkcí slizu

Murein – složka buněčné stěny prokaryot

N

Nanoplankton – drobný plankton o velikosti 10–50 μm

Nekrotická buňka – odumřelá buňka ve vláknu sinice

Nepravé větvení – u sinic, vybočení vlákna, které narazí na překážku (heterocyt, nekrotickou buňku)

Neuston – společenstvo povrchové blanky stojatých vod

Nitrogenázový komplex – enzymatický aparát, který umožňuje fixovat vzdušný dusík

Nody – uzliny, místa větvení stélky u parožnatek

Nukleoid – chloroplastová DNA

Nukleomorf – redukované jádro endosymbionta např. u skrytěnek

O

Ocellus – nejdokonalejší stigma u obrněnek rodu *Warnowia*

Oogamie – pohlavní rozmnožování s gametami diferencovanými na větší buňku vaječnou a drobnou, pohyblivou buňku spermatickou

Oogonium – samičí gametangium

Oospora – spora, která vzniká z oosféry po oplození

Oxyfototrofní – autotrofní výživa s produkcí kyslíku (nikoli síry jako u sírných bakterií)

P

Palmeloidní stadium – nepohyblivé stadium ve slizu

Pancíř – buněčný obal obrněnky (téka, amphiesma)

Papila – hrbolky v apikální části bičíkovce, z něhož vyrůstají bičíky

Paraflagelární lišta – výztuha bičíku u obrněnek a krásnooček, která má u krásnooček funkci fotoreceptoru

Paramylon – zásobní látka krásnooček

Parenchymatická stélka – pletivná stélka (např. chaluhy)

Partenospora – spora vzniklá partenogeneticky

Pedogamie – způsob vytvoření auxospory z jedné rodičovské buňky u rozsivek; v buňce se vytvoří gamety a ty následně splynou a vytvoří zygotu

Pelikula – buněčný povrch krásnooček

Penátní rozsivka – rozsivka s bilatelární souměrností schránky

Peridinin – specifický pigment (xantofyl) odvozených obrněnek (*Peridinium*)

Periplast – buněčný povrch bičíkovců (skrytěnek)

Periplastidální oblast – prostor mezi obaly chloroplastu, v níž je uložen nukleomorf (u skrytěnek)

Perizonium – obal auxospor (zygoty) rozsivek

Pikoplankton – drobný plankton menší než 2 μm

Planospora – pohyblivá spora (např. zoospora)

Planozygota – pohyblivá zygota

Plazmid – lineární nebo kruhová molekula DNA

Plazmodezmata – propojení mezi buňkami v pravém vláknu, která slouží k transportu a komunikaci mezi buňkami přes jejich buněčné stěny

Plazmogamie – splynutí plazmy v zygotě

Pleiomorfní – morfologicky odlišná stadia s totožnou chromozomovou výbavou

Pletivná stélka – složitá stélka připomínající primitivní pletiva; jednotlivé skupiny buněk mají rozděleny funkce (krycí, asimilační, vodivá; *Laminaria*, *Porphyra*)

Pleura – boční část schránky rozsivek

Plynové měchýře – útvary k nadnášení stélek chaluh

Polyfázický přístup – zkoumání taxonů s využitím všech dostupných metod (morfologie, ekologie, molekulární metody)

Polyfosfátové granule – zásobárna fosforu u sinic

Pravé větvení – u sinic, vzniká změnou roviny dělení

Prochara – mladá rostlinka parožnatky

Prokaryotní buňka – bakteriální typ buňky bez membránových organel

Pseudocilie – nepohyblivé, bičíkům podobné útvary, jejichž vnitřní struktura mikrotubulů není shodná s eukaryotickými bičíky (chybí vnitřní pár mikrotubulů)

Pseudofilamenta – nepravé vlákno (buňky nejsou propojeny plazmodezmaty)

Pulzující vakuoly – viz kontraktilní

Pusuly – nestažitelné rozvětvené dutinky obrněnek, pravděpodobně mají funkci při fagocytóze nebo osmoregulaci

Pyrenoid – bílkovinné tělísko v chloroplastu, obsahující Rubisko, obvykle obklopeno škrobovými zrny (např. u zelených řas)

R

Raphe – štěrbina ve schránce rozsivek, umožňující pohyb po podkladu

Red tide – přemnožení obrněnek, v příbřežní zóně často způsobí rudé zbarvení moře; může být tvořeno toxickými druhy obrněnek

Rhizoid – část pletivné stélky řas zodpovědná za uchycení k podkladu (funkce kořene)

Rhizopodová stélka – jednobuněčná stélka, jejímž základem je měňavka, má pulzující vakuolu, stigma a ostatní orgány rostlinné buňky; stélka rhizopodová chybí u zelených řas; zástupce *Myxochloris*

Rhodolity – útvary vzniklé činností ruduch

Rodozměna – střídání gametofytu a sporofytu v životním cyklu

S

Semicely – poloviny buněk krásivek, oddělené zářezem (isthmus)

Schizotomie – prosté dělení buňky na dvě buňky dceřinné

Sifonální stélka (trubicová) – jednobuněčná, mnohoaderná stélka, která vypadá jako trubice bez přehrádek; může být rozlišena na rhizoid, kauloid a fyloid (*Vaucheria*, *Caulerpa*)

Sifonokladální stélka – vláknitá, větvená stélka s mnohoadernými buňkami, zástupce *Cladophora*

Sporický (haplodiploidní) životní cyklus – střídání gametofytu a sporofytu (rodozměna)

Sporokarp – útvar analogický plodu u parožnatek, vzniká srůstem zygosporu a obalných buněk

Statocysty (stomatocysty) – lahvovité křemité cysty uzavřené organickou zátkou (zlativky)

Stefanokontní bičíky – věnec apikálních bičíků u zoosporu (*Oedogonium*)

Stigma – světločivná skvrna, součást světločivného aparátu; stigma může být součástí chloroplastu (*Chlamydomonas*), nebo samostatnou organelou (*Euglena*); nejdokonalejší stigma se nazývá ocellus (*Warnowia*)

Stichomeristém – dělivé pletivo u chaluh

Stromatolity – sedimentární útvary vzniklé činností mikroorganismů, zejména sinic

Subapikální – umístěný pod vrcholem

Světločivný aparát – skládá se ze stigmatu a fotoreceptoru, slouží k vnímání světla u bičíkovců

Syngamie – splynutí gamet

Synzoospora – zvláštní typ zoosporu u posypanky (*Vaucheria*); na povrchu nese četné dvojice bičíků; základem útvaru je pravděpodobně velké množství dvoubičíkatých zoospor, které se neosamostatnily

T

Téka – pancíř u obrněnek, část schránky u rozsivek (epitéka, hypotéka)

Tetraspory – haploidní spory ruduch, které vznikají v počtu 4 na tetrasporofytu redukčním dělením

Trichální stélka – buňky jsou spojeny do vlákna, které může být nevětvené (*Spirogyra*, *Microspora*, *Tribonema*) nebo větvené (*Stigeoclonium*)

Trichocysty – vymrštitelná tělíška typická pro bičíkovce, obvykle s funkcí zastrašit predátora nebo chytit kořist; mohou mít různou strukturu, např. vymrštitelné vlákno (ejektozomy), vymrštitelný sliz (mukocysty, diskobolocysty)

Trichogyn – výrůstek karpogonu u ruduch, slouží k zachycení spermacie

Trubicová stélka – viz sifonální

Tylakoid – struktura, obsahující fotosyntetické pigmenty, uložená v chromatoplazmě sinic nebo v chloroplastu eukaryotických řas

V

Valva (miska) – horní část schránky rozsivek (čelní pohled); může být radiálně souměrná (u centrických rozsivek) nebo bilaterálně souměrná (u penátních rozsivek)

Věncová lamela – svazek obvodových tylakoidů pod povrchem chloroplastu (některé třídy Stramenopila); tylakoidy u hnědých řas jsou seskupeny po třech a celý soubor tylakoidů je obklopen věncovou lamelou; pod věncovou lamelou leží kruhový nukleoid, v němž je uložena chloroplastová DNA

Vícenásobné dělení – probíhá několik dělení buňky za sebou a výsledkem jsou spory (planospory a aplanospory)

White water – jev, kdy jsou v moři z družicových snímků viditelné bílé shluky, tvořené vápenatými bičíkovci (Haptophyta); vápenaté šupiny (kokolity) odrážejí světlo a způsobují tento efekt

Vodní květ – přemnožení planktonních sinic

Z

Zygospora – zygota opatřená obaly, později vyklíčí v nového jedince

Zygotický (haploidní) životní cyklus – pouze zygota je diploidní, ostatní fáze haploidní (primitivní řasy např. *Chlamydomonas*)

Zoospory – pohyblivé nepohlavní spory

Ž

Žebříčková konjugace – pohlavní proces mezi buňkami dvou přiložených vláken

prof. RNDr. Aloisie Pouličková, CSc.

ZÁKLADY SYSTÉMU SINIC A ŘAS

Odpovědný redaktor Mgr. Jiří Slavík, Ph.D.

Jazyková korektura Mgr. Štěpánka Michalíková, Mgr. Jiří Slavík, Ph.D.

Návrh obálky a layout Mgr. Lenka Wünschová

Sazba Jitka Bednaříková

Ilustrace podle návrhu autorky Mgr. Štěpánka Michalíková

Mikrofotografie ze světelného a elektronového mikroskopu

prof. RNDr. Aloisie Pouličková, CSc.

Vydala a vytiskla Univerzita Palackého v Olomouci,

Křížkovského 8, 779 00 Olomouc

vydavatelstvi.upol.cz

vupshop.cz

1. vydání

Olomouc 2025

DOI: 10.5507/prf.25.24466279

ISBN 978-80-244-6627-9 (print)

ISBN 978-80-244-6628-6 (online: iPDF)

VUP 2025/0033 (print)

VUP 2025/0034 (online: iPDF)

Neprodejná publikace