

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra botaniky



**TVORBA INFORMAČNÍHO A VÝUKOVÉHO MATERIÁLU
S TÉMATEM „ROZMNOŽOVÁNÍ HUB“**

Diplomová práce

Bc. Klára Křížková

Studijní program: Fyzika
Studijní obor: Fyzika – Biologie
Forma studia: prezenční

Olomouc 2017

Vedoucí práce: doc. RNDr. Barbora Mieslerová, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně za odborného vedení doc. RNDr. Barbory Mieslerové, Ph.D. Použité literární zdroje jsem citovala a jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Olomouci dne

.....

Klára Křížková

Poděkování

Děkuji své vedoucí diplomové práce doc. RNDr. Barboře Mieslerové, Ph.D. z Katedry botaniky PřF UP za trpělivost, odborné vedení, všestrannou pomoc a cenné rady při práci na předložené diplomové práci.

Rovněž děkuji Tomášovi a své rodině, která mi byla velkou oporou během celého mého vysokoškolského studia.

Tato diplomová práce byla podporována vnitřním grantem Univerzity Palackého v Olomouci IGA PřF-2017-001.

Bibliografická identifikace:

Jméno a příjmení autora:	Klára Křížková
Název práce:	Tvorba informačního a výukového materiálu „Rozmnožování hub“
Typ práce:	Diplomová práce
Pracoviště:	Katedra botaniky PřF UP v Olomouci
Vedoucí práce:	doc. RNDr. Barbora Mieslerová, Ph.D.
Rok obhajoby práce:	2017

Abstrakt: Hlavním tématem předložené diplomové práce je vytvoření informačního a výukového materiálu „Rozmnožování hub“. Součástí teoretické části je literární rešerše, kde je zpracován obecný úvod do problematiky, taxonomické členění, morfologie a ekologie hub a houbových organismů. Podrobněji je zde popsána kapitola o rozmnožování hub a houbám podobných organismů, která je doplněna o přehledně zpracované životní cykly s ohledem na jejich didaktické využití a názornost. Životní cykly jsou doplněny perokresbovými obrázky nejdůležitějších reprodukčních struktur hub, kde jsou zdůrazněna místa ploidie a meiózy, jakožto základního procesu umožňujícího pohlavní rozmnožování.

Praktická část diplomové práce obsahuje výukové materiály vytvořené v powerpointových prezentacích s animačními schémata vysvětlující rozmnožování hub. Dále jsou zpracovány výukové materiály v programu ActivInspire pro interaktivní tabule, které v poslední době představují možnosti využití nejmodernějších výukových technologií a rozšiřují možnosti prezentace probírané látky nejen na středních školách. Tato práce je doplněna i o pracovní listy sloužící k ucelení a ověření nabytých znalostí z dané problematiky. Výukové materiály vytvořené pro interaktivní systémy a pracovní listy vznikly s edukačním cílem zkvalitnění výuky na středních školách, a to zejména v oblasti rozmnožování hub a houbám podobných organismů.

Klíčová slova: Excavata, Amoebozoa, Rhizaria, Stramenopila, Opisthokonta, reprodukční struktury, životní cykly, meióza, ploidie, pohlavní rozmnožování, biologie pro střední školy

Počet stran: 70

Počet příloh: 3

Jazyk: Čeština

Bibliographic identification:

Autor's first name and surname: Klára Křížková

Title: Creation of informational and educational material on the topic „Reproduction of fungi“

Type of thesis: Master thesis

Workplace: Department of Botany, Faculty of Science, Palacký University in Olomouc

Supervisor: assoc. prof. Barbora Mieslerová, Ph.D.

The year of the presentation: 2017

Abstract: The main topic of this Master thesis is a creation of informational and educational material on the topic „Reproduction of fungi“. In the literature review the attention is focused, on general introduction to the problems, taxonomic structure, morphology and ecology of Fungi and Fungi - like organisms; the reproduction of Fungi and Fungi - like organisms is described in more details and it is supplemented by a well arranged life cycles with regard to their didactic use and illustrative purposes. Life cycles are supplemented with pen-and-ink images of the most important reproductive structures of the fungi, where the places of ploidy and meiosis are emphasized as the basic processes of sexual reproduction.

The practical part of the master thesis contains educational materials created in powerpoint presentations with animation schemes explaining the reproduction of fungi. Further educational materials are processed in computer programme ActivInspire for interactive whiteboards, which have recently been used to exploit state-of-the-art teaching technologies and extend the possibility of presentation of the discussed subject not only at secondary schools. This work is supplemented by worksheets for the purpose of clarification and verifying the acquired knowledge from the given topic. Educational materials created for interactive systems and worksheets have been developed with the educational goal of improving the quality of teaching at secondary schools, especially in the field of Fungi and Fungi - like organisms.

Keywords: Excavata, Amoebozoa, Rhizaria, Stramenopila, Opisthokonta, reproductive structures, life cycle, ploidy, meiosis, sexual reproduction, biology in secondary schools

Number of pages: 70

Number of appendices: 3

Language: Czech

Obsah

1	ÚVOD.....	8
2	CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE.....	9
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED	10
3.1	Obecná charakteristika houbových organismů.....	10
3.2	Taxonomické členění hub a houbových organismů	12
3.2.1	Říše: Protozoa.....	15
3.2.1.1	Oddělení: Acrasiomycota (buněčné hlenky).....	15
3.2.1.2	Oddělení: Myxomycota (hlenky)	16
3.2.1.3	Oddělení: Plasmodiophoromycota (nádorovky)	16
3.2.2	Říše: Chromista	17
3.2.2.1	Oddělení: Labyrinthulomycota	17
3.2.2.2	Oddělení: Oomycota	17
3.2.2.3	Oddělení: Hyphochytriomycota	18
3.2.3	Říše: Fungi.....	18
3.2.3.1	Oddělení: Chytridiomycota	18
3.2.3.2	Oddělení: Microsporidiomycota	19
3.2.3.3	Oddělení: Zygomycota	19
3.2.3.4	Oddělení: Glomeromycota	19
3.2.3.5	Oddělení: Ascomycota	20
3.2.3.6	Oddělení: Basidiomycota	20
3.3	Ekologické a trofické skupiny hub	21
3.4	Stavba stélek hub	24
3.4.1	Specializované typy hyf.....	25
3.4.2	Podhoubí.....	26
3.4.3	Plodnice hub	26
3.4.3.1	Plodnice hub vřeckovýtrusných	27
3.4.3.2	Plodnice hub stopkovýtrusných	28
3.4.3.3	Vývoj plodnic hub a typy hymenoforu	29
3.4.4	Výtrusy	31
3.5	Rozmnožování hub a houbám podobných organismů.....	33
3.5.1	Nepohlavní rozmnožování.....	33
3.5.2	Pohlavní rozmnožování	35
3.5.3	Životní cykly hub	37
3.5.4	Původ genetické variability u hub	38
3.5.4.1	Nepohlavní variabilita	38
3.5.4.2	Pohlavní variabilita	39

3.5.5	Rozmnožování hub a houbám podobných organismů v rámci jednotlivých taxonomických skupin.....	40
3.5.5.1	Říše: Protozoa	40
3.5.5.1.1	Oddělení: Acrasiomycota – buněčné hlenky (Excavata).....	40
3.5.5.1.2	Oddělení: Myxomycota – hlenky (Amoebozoa)	41
3.5.5.1.3	Oddělení: Plasmodiophoromycota – nádorovky (Rhizaria)	42
3.5.5.2	Říše: Chromista (Stramenopila).....	44
3.5.5.2.1	Oddělení: Labyrinthulomycota	44
3.5.5.2.2	Oddělení: Oomycota – houby vaječné.....	44
3.5.5.2.3	Oddělení: Hyphochytriomycota.....	46
3.5.5.3	Říše: Fungi – houby (Opisthokonta)	47
3.5.5.3.1	Oddělení: Chytridiomycota – houby buněkotvaré.....	47
3.5.5.3.2	Oddělení: Microsporidiomycota - mikrosporidie	48
3.5.5.3.3	Oddělení: Zygomycota – houby spájkivé	49
3.5.5.3.4	Oddělení: Glomeromycota.....	51
3.5.5.3.5	Oddělení: Ascomycota – vřeckovýtrusé houby.....	51
3.5.5.3.6	Oddělení: Basidiomycota – stopkovýtrusé houby	55
4	Materiál a metody.....	60
4.1	Koncepce prezentace v PowerPointu, ActivInspire a pracovních listech	60
5	Výsledky.....	61
6	Diskuse	62
7	Závěr.....	65
8	Literatura	66
9	Seznam příloh.....	70

1 ÚVOD

Houby patří mezi nejpočetnější, nejvýznamnější a rovněž nejznámější skupinu eukaryotických heterotrofních organismů, považovaných donedávna v rámci klasického pojetí za rostliny a většinou probíraných v rámci botaniky (Kalina, Váňa, 2005). Základní biologickou schopností všech hub je rozmnožování, kdy vznikají jedinci téhož druhu. V rámci rozmnožování se uplatňuje princip dědičnosti zajišťující kontinuitu celé skupiny. U hub se vyskytuje pohlavní i nepohlavní rozmnožování, které je fylogeneticky starší (Klán, 1989). Období, kdy se houba rozmnožuje nepohlavně, se nazývá anamorfa (mitosporická houba). Pohlavní stadium nazýváme teleomorfa (meiosporická houba). Holomorfa je potom celý jedinec s jeho reprodukčním vybavením, tzn. anamorfou i teleomorfou (Kalina, Váňa, 2005). Střídání způsobů rozmnožování ovlivňuje řada faktorů, které nejsou vždy známe. Patrný vliv má změna prostředí, např. výživa, teplota, vlhkost, světlo (Klán, 1989).

Nepohlavní rozmnožování probíhá formou dělení buněk, fragmentací hyf či stélky, nejčastěji však tvorbou nepohlavních spor. Spory vznikají buď uvnitř sporangií (sporangiospory), dále pak mohou vznikat exogenně na nosičích zvaných konidiofory. Takové spory označujeme jako konidie. Mohou se vytvářet buď jednotlivé konidiofory, nebo jejich seskupení, které souhrnně označujeme jako konidiomata (Kalina, Váňa, 2005).

U pohlavního rozmnožování je důležitá změna ploidie. Nejprve musí dojít k plazmogamii (splývání cytoplazem dvou buněk), karyogamii (splynutí jader) a nakonec k meióze (redukční dělení). Zajímavostí, kterou najdeme u většiny hub, je časově i prostorově oddálená plazmogamie a karyogamie, a vznik různě dlouhé dikaryofáze (Kalina, Váňa, 2005). K přenosu pohlavně rozdílných jader se někdy tvoří specializované orgány – gametangia (Mieslerová et al., 2015). S pohlavním rozmnožováním se pojí i tvorba plodnic, které se vytváří za vhodných podmínek (Kalina, Váňa, 2005).

V rámci své diplomové práce se zabývám tématem rozmnožování hub a houbám podobných organismů. Toto, žáky a mnohdy i pedagogy, nepříliš oblíbené téma probírané na středních školách v rámci mykologie, jsem se snažila zpracovat přehledně a s maximální využitelností pro pedagogickou praxi. Pro tvorbu informačního a výukového materiálů byly využity moderní možnosti v oblasti výuky na středních školách, jako jsou powerpointové prezentace s jednoduchými animacemi, interaktivní tabule - významná novinka v oblasti výukových technologií a pracovní listy.

2 CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE

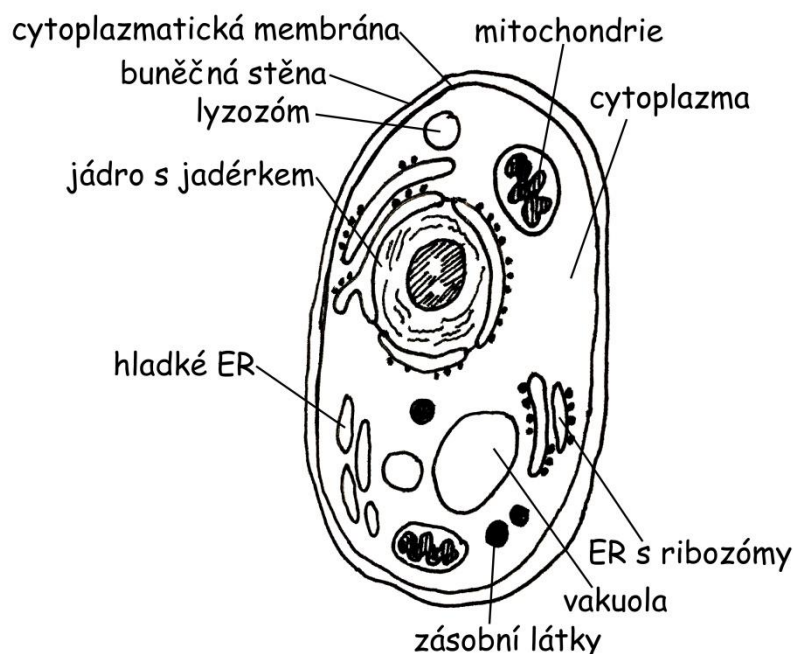
Cílem mé diplomové práce bylo vytvoření informačního a výukového materiálu se zaměřením na rozmnožování hub. Cílem teoretické části bylo zpracování literární rešerše o charakteristice, rozdělení a fylogenetických vztazích hub a houbových organismů. Větší důraz při zpracování literárního přehledu je v souvislosti s tématem diplomové práce kladen na charakteristické typy rozmnožování jednotlivých skupin hub a houbových organismů.

V praktické části bylo cílem vytvoření perokresbové sbírky nejdůležitějších reprodukčních struktur hub. Dále pak realizace animačních schémat přibližujících rozmnožování hub jednak formou prezentace, tak i formou interaktivních metod – interaktivní tabule. Součástí diplomové práce je i tvorba pracovních a výukových listů.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Obecná charakteristika houbových organismů

Houby můžeme charakterizovat jednak z hlediska morfologického, tak i z hlediska ekologického. Po morfologické stránce definujeme houby jako eukaryotické, stélkaté, jednobuněčné a mnohobuněčné organismy. Houby se řadí do eukaryotických organismů, protože mají buňky s jádrem a jadernou membránou (obrázek č. 1). Na rozdíl od bakterií a sinic, kde jaderná membrána chybí (Klán, 1989). Dalším znakem, který mají houby společné s živočichy (na rozdíl od rostlin), je zásobní látka glykogen a tuky (tabulka č. 1). U rostlin je zásobní látkou škrob. Obdobně je tomu i v případě lyzozómů, které najdeme v buňkách hub, stejně tak i v buňkách živočichů, avšak v buňkách rostlin zpravidla chybí (Váňa, 2001).



Obrázek č. 1: Stavba buňky hub (překresleno dle Jelínek, Zicháček, 2007, autor perokresby Klára Křížková)

Charakteristickou složkou buněčné stěny stélky hub je chitin. Chitin však nenajdeme u všech houbových organismů, někdy bývá nahrazen celulózou (říše Chromista), popř. manany. Stélka hub má jednoduchou stavbu a je většinou tvořena protáhlými buňkami, které tvoří vlákna (hyfy). Hyfy mohou růst volně v substrátu nebo vytvářet pletiva (plektenchym) (Mieslerová et al., 2015). Soubor volně propletených hyf tvoří podhoubí (mycelium), na kterém vyrůstají za daných podmínek plodnice. Existují i formy jednobuněčné nebo takové, jež vytvářejí nepravé

podhoubí (pseudomycelium) (Baier, Váňa, 1993). Nižší taxonomické skupiny mohou mít hyfy bez přehrádek nebo být rozděleny pórovitými přepážkami (septy). Stélka se člení na část vegetativní (mycelium) a část generativní. Generativní část tvoří hyfy nesoucí rozmnožovací orgány (konidiofory, sporangiofory s nepohlavními spory) nebo plodnice. Hyfy mohou být, podle způsobu vedení živin, různě modifikovány, např. haustorium u parazitujících hub. Plodnice jsou specializované útvary, které u nižších hub většinou chybí, ale u většiny vřeckovýtrusných a stopkovýtrusných jsou určeny k tvorbě pohlavně vzniklých výtrusů (Mieslerová et al., 2015). Pomocí výtrusů, vznikajících pohlavním i nepohlavním způsobem, se houby rozmnožují. Výtrusy u hub jsou zcela odlišné od semen rostlin, protože nemají embryo (Klán, 1989).

Tabulka č. 1: Porovnání živočišné, rostlinné a houbové buňky (dle Kalina, Váňa, 2005).

	Živočišná buňka	Rostlinná buňka	Buňka hub
Buněčná stěna	ne	ano (z celulózy, hemicelulózy a pektinu)	z chitinu
Zásobní látka	glykogen a tuk	škrob	glykogen a tuk
Plastidy	ne	ano	ne
Vakuoly	drobné, nejsou metabolicky aktivní	jsou metabolicky aktivní	ano
Lyzozómy	ano	ne	ne
Centrozom	ano	pouze nižší rostliny	ne
Výživa	heterotrofní	autotrofní (fotosyntézou)	heterotrofní

Z ekologického hlediska houby patří mezi heterotrofní organismy (Klán, 1989). Jsou to organismy, které neobsahují chlorofyl a jsou tedy odkázány na příjem uhlíkatých organických látek (Grünertovi, 1995). Živiny můžou získávat tím, že pomocí enzymů rozkládají organické látky na anorganické. V přírodě mají tedy funkci reducentů. Podle způsobu výživy můžeme houby rozdělit na saprofyty, symbionty (mykorhiza, lichenismus, endofytismus) a parazity (obligátní, fakultativní) (Mieslerová et al., 2015). Většina hub patří k saprofytům, organické látky získávají z odumřelých těl rostlin nebo živočichů. V symbióze s autotrofními rostlinami

žije část vřeckovýtrusných i stopkovýtrusných hub, i hub z oddělení Glomeromycota. Pokud probíhá symbióza s cévnatými rostlinami, jedná se o mykorhizu. Lichenismus je potom symbióza houbových organismů s řasami či sinicemi. U zástupců z řad houbových organismů se vyskytuje i parazitismus, přičemž parazité získávají živiny přímo z živých buněk rostlin, živočichů nebo jiných druhů hub (Kalina, 2001). Pro houbové organismy je typická biochemická specializace s rychlým metabolismem a regenerací (Klán, 1989).

Na celé zeměkouli houby nepřesahují počtem svých druhů počet rostlin ani živočichů. Na menším areálu je však bohatství jejich druhů daleko vyšší než u rostlin (Klán, 1989). Na počátku 90. let se předpokládalo, že existuje na Zemi 1,5 milionu druhů hub, avšak popsáno bylo pouze 70 000 druhů. Pro mnohé byl dřívější odhad podnětem k dalšímu hledání neznámých hub. Prostředí zahrnující půdu, vodu a organismy vede k velké variabilitě, proto na základě posledních odhadů, které jsou založeny na vysoce výkonných sekvenčních metodách, byla naznačena existence až 5,1 milionu druhů hub (Blackwell, 2011).

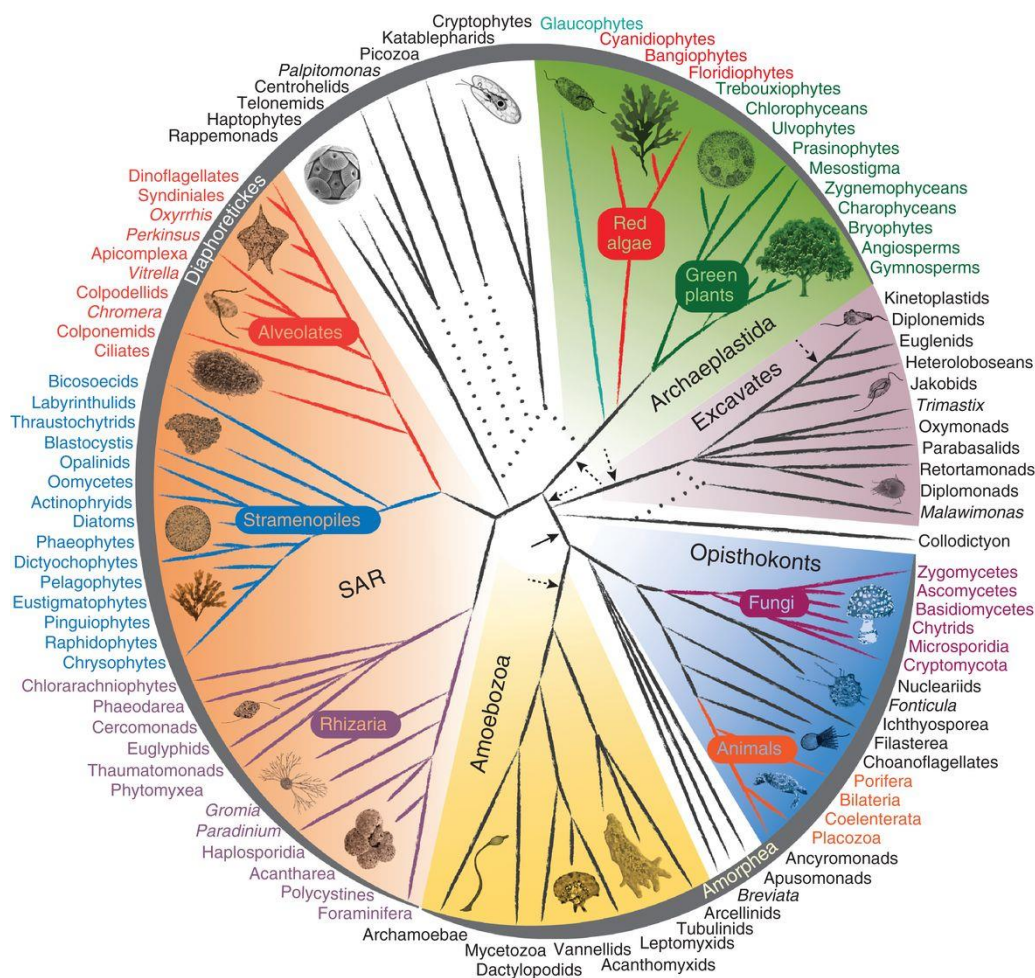
3.2 Taxonomické členění hub a houbových organismů

V současnosti se na naší planetě uznávají tři velké skupiny (domény) živých organismů: archebakterie (Archea), eubakterie (Eubacteria) a eukaryota (Eukarya). Spolu s živočichy a rostlinami patří houby mezi eukaryotické organismy (Kout, 2014). Od rostlin a živočichů se však houby odlišují. Již v první polovině 19. století švédský mykolog Fries vyčlenil houbové organismy jako tzv. „třetí říši“. Toto klasické pojetí říše hub dnes nepředstavuje jedinou samostatnou říši heterotrofních organismů (Váňa, 2001). V samostatné říši se houby poprvé ocitly v roce 1969, a to v systematickém uspořádání pěti říší od R. Whittakera (Monera, Protista, Animalia, Plantae, Fungi). Podle nejnovějších systematických uspořádání patří houby do stejnojmenné říše Fungi a jsou spojovány ve společné vývojové linii s živočichy ve skupině Opisthokonta (obrázek č. 2) (Kout, 2014).

Houbám podobné organismy byly dříve řazeny do dvou říší – Protozoa (akrázie, hlenky, nádorovky) a Chromista (oomycety). Po rozpadu heterogenní říše Protozoa došlo k novému zařazení těchto organismů. Akrázie byly řazeny do říše Excavata, hlenky do říše Amoebozoa a nádorovky do říše Rhizaria. Nádorovky a oomycety se v nejnovější literatuře někdy zařazují do rozsáhlé, ale přirozené fylogenetické větve SAR (Stramenopila, Alveolata, Rhizaria) (Mieslerová et al., 2015). V současnosti máme dva nejznámější paralelní systémy hub a houbových organismů. Systém podle Cavalier-Smith (1998) houby a houbám podobné organismy řadí do tří říší – Protozoa (prvoci), Chromista a Fungi (houby). Adl et al. (2005) dělí

eukaryotické organismy na Amoebozoa, Opisthokonta, Excavata, SAR (Chromalveolata a Rhizaria) a Archaeplastida (tabulka č. 2).

Původní říše Protozoa zahrnovala převážně jednobuněčné organismy, které jsou většinou sdružené v koloniích nebo plazmodiích, bez buněčných stěn v trofické fázi (Váňa, 2001). Zástupci houbám podobných organismů z říše Protozoa jsou dnes rozřazováni do tří existujících říší – Amoebozoa, Rhizaria a Excavata (Moore et al., 2011).















Obrázek č. 2: Fylogenetický strom eukaryot (Burki, 2014)

Říše Chromista (rovněž Chromalveolata nebo Stramenopila) je dnes řazena spolu s organismy říše Rhizaria do přirozené fylogenetické větve SAR (Mieslerová et al., 2015). Tato říše zahrnuje jednobuněčné nebo vláknité organismy, jejichž společným znakem je buněčná stěna tvořená celulórou a dalšími polysacharidy, dále pak mitochondrie s tubulárními prepážkami. Pokud jsou přítomna bičíkatá stádia, mají minimálně jeden bičík s tuhým tubulárním vlášením (tzv. mastigonemata). Z houbám podobných organismů můžeme zařadit do této říše tři skupiny organismů – Labyrinthulomycota, Oomycota a Hyphochytriomycota

(Váňa, 2001). Nejvýznamnější skupinou jsou Oomycota, houby vaječné, zahrnující mikroskopické zástupce. Z těchto zástupců potom pocházejí nejzávažnější původci chorob rostlin, např. vřetenatka révová nebo plíseň bramborová (Mieslerová et al., 2015).

Tabulka č. 2: V současnosti dva nejznámější systémy hub a houbám podobných organismů a jejich porovnání (upraveno dle Kalina, Váňa, 2005).

Systém podle Cavalier-Smith (1998) Říše	Obecná charakteristika	Oddělení	Systém podle Adl et al. (2005) Říše
PROTOZOA (prvoci)	Převážně jednobuněčné organismy, které jsou většinou sdružené v koloniích nebo plazmodiích, bez buněčných stěn v trofické fázi.	ACRASIOMYCOTA 	EXCAVATA
		MYXOMYCOTA (hlenky) 	AMOEBOZOA
		PLASMODIOPHOROMYCOTA (nádorovky) 	RHIZARIA
CHROMISTA (syn. STRAMENOPILA)	Jednobuněčné nebo vláknité organismy, jejichž společným znakem je buněčná stěna tvořená celulózou a dalšími polysacharidy. Mají mitochondrie s tubulárními přepážkami. Pokud jsou přítomna bičíkatá stádia, mají minimálně jeden bičík s tuhým tubulárním vlášením.	LABYRINTHULOMYCOTA 	CHROMALVEOLATA
		OOMYCOTA (syn. PERONOSPOROMYCOTA) 	
		HYPHOCHYTRIOMYCOTA 	
FUNGI (houby)	Jednobuněčné nebo vláknité organismy, pro které jsou charakteristické spory s bičíky (přítomné pouze u Chytridiomycota), které nemají vlášení. Buněčné stěny těchto organismů jsou tvořeny převážně chitinem.	CHYTRIDIOMYCOTA 	OPISTHOKONTA
		MICROSPORIDIOMYCOTA 	
		ZYGOMYCOTA 	
		GLOMEROMYCOTA 	
		ASCOMYCOTA 	
		BASIDIOMYCOTA 	

Kompaktní říše hub (Fungi) je tvořena jednobuněčnými nebo vláknitými organismy, pro které jsou charakteristické spory s bičíky (přítomné pouze u Chytridiomycota), které nemají vlášení. Buněčné stěny těchto organismů jsou tvořeny převážně chitinem (Váňa, 2001). Říše

Fungi se v současné době dělí do několika oddělení. V taxonomickém pojetí jednotlivých skupin však stále probíhají změny (Mieslerová et al., 2015).

System říše Fungi můžeme rozdělit na šest oddělení:

říše: Fungi (houby)

oddělení: Chytridiomycota (Chytridiomycety)

oddělení: Microsporidiomycota (Mikrosporidie)

oddělení: Zygomycota (Houby spájivé)

oddělení: Glomeromycota

oddělení: Ascomycota (Houby vřeckovýtrusné)

oddělení: Basidiomycota (Houby stopkovýtrusné).

Toto rozdělení má základ v Fungal Families of the World (Cannon, Kirk, 2007) a je upravené s použitím učebnice Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii (Kalina, Váňa, 2005).

V některé starší literatuře se může ještě objevit umělá taxonomická skupina Deuteromycota (Fungi imperfecti), do níž byly zařazeny zejména nepohlavně se rozmnožující houby. S rozvojem molekulárně genetických metod se v současnosti zástupci skupiny Deuteromycota rozdělily do stávajících skupin (převážně do Ascomycota, zřídka potom do Basidiomycota). Tato skupina tak ztratila svůj taxonomický význam (Mieslerová et al., 2015).

3.2.1 Říše: Protozoa

Původní říše Protozoa obsahuje především organismy řazené k živočichům, řasám a houbám podobným organismům. Rovněž do této říše přináležely i některé skupiny bezbarvých organismů, které se pro své morfologické podobnosti převážně objevovaly v systému hub či v systému řas (Kalina, Váňa, 2005). Konkrétněji patří do říše Protozoa převážně jednobuněčné a plazmodiální organismy, v trofické fázi bez buněčných stěn. Pokud mají přítomné bičíky, tak bez tuhých tubulárních mastigonemat (Váňa, 2001). Houbám podobné organismy z původní říše Protozoa jsou dnes řazené do tří říší: Excavata, Amoebozoa, Rhizaria.

3.2.1.1 Oddělení: Acrasiomycota (buněčné hlenky)

Acrasiomycota mají stélku tvořenou pohyblivými haploidními myxamébami shlukujícími se pod vlivem specifické chemické látky akrasinu. Těsné shluky myxaméb tvoří pseudoplasmodium, v němž jednotlivé buňky nesplyvají a zároveň neztrácejí svojí individualitu (Kalina, Váňa, 2005). Z pseudoplasmodia vzniká jednoduchý útvar sorokarp, skládající se

ze soroforu (stopky), který nese na vrcholu sorogen, kde později vznikají spory (buněčná stěna spor není celulózni) (Rosypal et al., 2003). Pseudopodia (panožky) myxaméb jsou lalokovitá. Bičíkatá stádia, myxomonády, u většiny druhů chybí. Zástupce této skupiny najdeme zejména na tlejících rostlinných zbytcích, hnoji a dalších substrátech, ale i na borce stromů a v půdě. Acrasiomycota původně patřící k říši Protozoa jsou dnes řazeny do říše Excavata. Zástupce představují druhy tří rodů: *Acrasis* (*A. rosea*), *Guttulina* (*G. flagellata*) a *Guttulinopsis* (Kalina, Váňa, 2005).

3.2.1.2 Oddělení: Myxomycota (hlenky)

Mezi hlenky patří protozoální organismy houbového charakteru nevytvářející mycelium (podhoubí), ale jejich vegetativní stadium představují měňavkovité myxaméby nebo myxomonády většinou se dvěma hladkými bičíky. Myxaméby ani myxomonády nemají buněčnou stěnu, ta je nahrazena proteinovým periplastem. Výživa probíhá pohlcováním drobných organismů (bakterií nebo kvasinek). Po čase se myxaméby nebo myxomonády začnou shlukovat, navzájem splývat a vytvářet mnohojaderné, slizovité, pohyblivé, pouhým okem viditelné a barevné plasmodium nebo pseudoplasmodium (těsný shluk améb) (Rosypal et al., 2003). V reprodukční fázi se za příznivých podmínek vytvářejí plodničky – sorokarpy (můžou se tvořit na pseudoplasmodiích) nebo sporokarpy (přeměněné plasmodium). Za nepříznivých podmínek se vytváří klidová stadia mikrocysty, sférocysty nebo sklerocia. Od buněčných hlenek se hlenky liší několika typickými znaky, a to například přítomností celulózy ve strukturách s buněčnou stěnou, plochých myxaméb vytvářejících vláknitá pseudopodia se subpseudopodiemi nebo kontraktálních vakuol (Kalina, Váňa, 2005). Hlenky jsou celosvětově rozšířené organismy, mezi zástupce z našich lesů patří vlčí mléko obecné (*Lycogala epidendrum*) či slizovka práškovitá (*Fuligo septica*) (Rosypal et al., 2003). Myxomycota původně náležely k říši Protozoa, dnes jsou však řazeny do říše Amoebozoa.

3.2.1.3 Oddělení: Plasmodiophoromycota (nádorovky)

Plasmodiophoromycota jsou dnes řazeny do říše Rhizaria, namísto původní říše Protozoa. Nádorovky jsou značně specializované, obligátně endoparazitické organismy. V buňkách hostitelských organismů (hnědé řasy, parožnatky, oomycety a cévnaté rostliny) tvoří nádorovky paraplasmodium - beztvářá, nahá, mnohojaderná masa protoplasmy uvnitř buněk hostitele (Kalina, Váňa, 2005). Nádorovky se od hlenek odlišují několika dalšími znaky. Hlavní složkou buněčných stěn spor je chitin (chybí celulóza), nedochází k tvorbě sporokarpů (možná adaptace na parazitický způsob života), postrádají myxaméby a vyživují se osmotrofně (Váňa, 2001). Plasmodiophoromycota z původní říše Protozoa jsou dnes řazeny do říše Rhizaria. Ač

jsou nádorovky relativně malou skupinou, jejich fytopatologický význam je nesporný, zejména u druhů parazitujících na zemědělsky významných plodinách, např. nádorovka kapustová (*Plasmodiophora brassicae*), původce prašné strupovitosti bramborových hlíz (*Spongospora subterranea*) (Rosypal et al., 2003).

3.2.2 Říše: Chromista

Rozsáhlá a různorodá říše Chromista (syn. Stramenopila) zahrnuje autotrofní skupiny a heterotrofní organismy s převážně celulózní buněčnou stěnou. Tato skupina organismů získala chloroplasty sekundární endosymbiózou, kdy dárcem této organely byla jednobuněčná ruducha. Pokud jsou přítomny bičíky, alespoň jeden by měl mít tuhé bičíkové vlášení (mastigonemata) (Crous et al., 2009).

3.2.2.1 Oddělení: Labyrinthulomycota

Primárně se jedná o skupiny organismů vyskytujících se převážně v mořských biotopech, kde jsou saprofyté nebo parazité mořských řas. Trofickou fázi tvoří buď pohyblivé buňky, nebo nepohyblivé většinou kulovité stélky (Váňa, 2001). Charakteristickým znakem jsou ektoplazmatické výběžky spojující se v síťové útvary filoplasmodia. Bezblanné ektoplazmatické výběžky neobsahují organely a jsou produkovány specifickými organelami na povrchu buněk tzv. botrosomy (sagenogeny). V případě nepohlavního rozmnožování dochází ke tvorbě sporangií, z nichž vznikají buď zoospory, nebo bezbičíkaté aplanospory. Izogamické pohlavní rozmnožování bylo pozorováno pouze u jednoho druhu. Mezi zástupce patří rody *Labyrinthula* nebo *Thraustochytrium* (Kalina, Váňa, 2005).

3.2.2.2 Oddělení: Oomycota

Skupina Oomycot je typická svou neobyčejnou přizpůsobivostí k nejrozmanitějším ekologickým podmínkám. Mezi Oomycota najdeme organismy suchozemské i vodní, saprotrofní i fakultativně nebo obligátně parazitické. S tím souvisí značná různorodost, která je vykazována vegetativním stadiem i způsoby rozmnožování (Rosypal et al., 2003). Stélky primitivních, obligátně parazitických druhů jsou endobiotické (uvnitř protoplastu hostitele) – intercelulární (v mezibuněčných prostorech) nebo intracelulární (přímo v buňce hostitele), eukarpní (část stélky se přemění v rozmnožovací strukturu), monocentrické (ze stélky vzniká jediné sporangium) a ojedinele i holokarpní (v rozmnožovací strukturu se přemění celá stélka) (Kalina, Váňa, 2005). U většiny druhů je stélka tvořena vláknitým, větveným a nepřehrádkovaným myceliem s celulózními stěnami, z něhož dále vznikají rozmnožovací struktury. V případě parazitických druhů se na myceliu vytvářejí haustoria, která pronikají do

buněčných stěn hostitele. U některých druhů může být mycelium přerušováno nepravými přehradkami. Zásobní látkou je ve vodě rozpustný mykolaminaran (Crous et al., 2009). Zástupci dvou větších řádů: Pythiales (*Phytophthora infestans*) a Peronosporales (*Plasmopara viticola*, *Pseudoperonospora cubensis*, *Bremia lactucae*) jsou významnými parazity rostlin (Váňa, 2001).

3.2.2.3 Oddělení: Hyphochytriomycota

Organismy z nepříliš početného oddělení Hyphochytriomycota jsou morfologicky podobné organismům ze skupiny Chytridiomycota, ale biochemicky a ultrastrukturálně spíše se skupinou Oomycota (Kalina, Váňa, 2005). Dvouvrstevné buněčné stěny stélek obsahují ve vnější vrstvě celulózu a ve vnitřní vrstvě chitin. Zástupci tohoto oddělení mají stélky holokarpické a u odvozenějších skupin najdeme stélky eukarpní (vytváří větvený systém – rhizomycelium), monocentrické (jediné zoosporangium) a polycentrické (vzniká více sporangií). Do oddělení Hyphochytriomycota patří zástupci tří čeledí Anisolpidiaceae (*Anisolpidium*), Rhizidiomycetaceae (*Rhizidiomyces parasiticus*) a Hyphochytriaceae (*Hyphochytrium infestans*), které jsou rozděleny na základě morfologie stélky (Mehrotra, Aggarwal, 2003).

3.2.3 Říše: Fungi

Houby jsou eukaryotické heterotrofní organismy, které přijímají potravu absorpcí a zásobní látkou je glykogen. Jsou to převážně saprofyty a parazité, ale organické látky mohou získávat i symbioticky (mykorhiza, lichenismus). Obvykle mají vláknité hyfy (mycelium) nebo pseudomycelium. Buněčné stěny obsahují převážně chitin a β -glukan. Bičíky nemají mastigonemata a nalezneme je pouze u zástupců ze skupiny Chytridiomycot. Houby jsou všudypřítomně rozšířeny po celém povrchu země a tvoří důležitou složku mořských a sladkovodních ekosystémů (Cannon, Kirk, 2007).

3.2.3.1 Oddělení: Chytridiomycota

Chytridiomycota jsou považovány za velmi starobylou odnož říše Fungi. Mezi Chytridiomycota patří početná skupina heterotrofních organismů s absorpčním způsobem výživy a velkou adaptabilitou k různým ekologickým podmínkám (primárně jsou považovány za vodní organismy, ale najít je můžeme i v půdě). Jsou to saprofyty a obligátní parazité na rostlinách, řasách, houbách i bezobratlých, kteří umí rozložit chitin, keratin i celulózu. Ti nejjednodušší mají holokarpní stélku, u odvozenějších najdeme stélku eukarpní (větví se a vytváří rhizomycelium) nebo stélku cenocytickou. V některých stélkách se můžou vytvářet

perforované přehrádky z jiných látek než je buněčná stěna, tzv. pseudosepta (Esser et al., 2001). Buněčná stěna obsahuje chitin a polyglukany. Zoospory mají na zadním konci jeden hladký bičík, čímž se také liší od ostatních skupin říše Fungi. U pohlavního rozmnožování je značná variabilita, může probíhat několika způsoby – izogamie, anizogamie, pravá oogamie (Rosypal et al., 2003). Mezi zástupce patří například rakovinec bramborový (*Synchytrium endobioticum*), který působí ekonomicky významné škody na pěstovaných rostlinách (Kalina, Váňa, 2005).

3.2.3.2 Oddělení: Microsporidiomycota

K mikrosporidiím patří nemyceliální, jednobuněčné a druhotně zjednodušené organismy, které jsou vysoce přizpůsobeny vnitrobuněčnému a parazitickému způsobu života. Až na základě molekulárně-biologických poznatků byla zjištěna příslušnost k říši Fungi, dříve byla skupina řazena mezi prvoky (Gryndler, Němcová, 2013). Do hostitelské buňky se dostanou spory, které se zde množí a následně vytvářejí spory s chitinózní stěnou. Některé spory jsou schopné přežít mimo hostitelskou buňku, a to zejména díky specifické organelle, tzv. pólovému vláknu. Pólové vlákno není známé u jiných organismů (Rosypal et al., 2003). Zástupci jsou převážně parazité hmyzu (např. *Nosema apis* – hmyzomorka včelí), ryb, ale i obratlovců včetně člověka (Gryndler, Němcová, 2013).

3.2.3.3 Oddělení: Zygomycota

Zygomycota, houby spájkivé, jsou polyfyletickou skupinou organismů, pro kterou je charakteristický typ pohlavního rozmnožování (výsledkem je zygosporangium) a vznik rozsáhlého, většinou nepřehrádkovaného mycelia (Gryndler, Němcová, 2013). Vícevrstevná buněčná stěna obsahuje chitin a chitosan. Houby spájkivé jsou většinou saprofyty vyskytující se v půdách a organických materiálech (Esser et al., 2001). Často je také najdeme na substrátech bohatých na cukry (například ovoce), některé druhy jsou koprofilní (*Mucor mucedo* – plíseň hlavičková) nebo entomofágní (*Entomophthora* – muší mor). *Rhizopus stolonifer* - kropidlovec černavý se může objevit na špatně uskladněných potravinách (Rosypal et al., 2003).

3.2.3.4 Oddělení: Glomeromycota

Glomeromycota jsou v současné době zastoupeny mykorhizními houbami a houbami či plísněmi žijícími v symbióze s řasami nebo cévnatými rostlinami (Oehl et al., 2001). Mají mycelium pronikající do rostlinných buněk, kde vytváří keříčkovité útvary arbuskuly nebo zásobní měchýřky vezikuly. Taková výměna látek slouží k růstu i výživě hostitele. Typickým příkladem je rod *Glomus* či rod *Gigaspora* vytvářející arbuskulární mykorhizu s kořeny cévnatých rostlin (Gryndler, Němcová, 2013).

3.2.3.5 Oddělení: Ascomycota

Ascomycota jsou největším oddělením hub a spolu s oddělením Basidiomycota se řadí k tzv. vyšším houbám. Hlavním znakem je tvorba specializovaného sporangia – vřečka (askus), což dalo této skupině označení houby vřečkovýtusné. Vřečka se mohou tvořit v plodnicích (askomatech) a obsahují nejčastěji osm askospor. Ve vřečku, diploidní buňce, dochází k meióze a následné tvorbě askospor, jako haploidních endospor (Mehrotra, Aggarwal, 2003). Mycelium je tvořeno mnohobuněčnými hyfami, přičemž v přehrádkách mají jednoduchý pór, který umožňuje vstup cytoplasmy i jader (Kislinger et al., 2004). Ascomycota se rozděluje do tří pododdělení: Saccharomycotina, Taphrinomycotina a Pezizomycotina. Ze zástupců můžeme uvést například: kvasinka pивní (*Saccharomyces cerevisicae*), kadeřavka broskvoňová (*Taphrina deformans*), štětčkovec (*Penicillium notatum*), padlí čekankové (*Golovinomyces cichoracearum*) nebo smrž obecný (*Morchella esculenta*) (Kalina, Váňa, 2005).

3.2.3.6 Oddělení: Basidiomycota

Houby z oddělení Basidiomycota (stopkovýtusné houby) jsou pojmenované podle charakteristické struktury kyjovitého tvaru – bazidie, ve které probíhá karyogamie a následná meióza. U většiny zástupců této skupiny vznikají haploidní bazidiospory vně bazidií na stopečkách (sterigmatech). Tímto se bazidie liší od vřeček (u Ascomycota; askospory vznikají uvnitř vřečka), ale funkčně jsou tyto struktury identické (Raven, Johnson, 2001). Buněčná stěna je tvořena chitinem a polyglukany. Mycelium je přehrádkované, přehrádky jsou soudkovitě ztloustlé s pórem (dolioporus) (Kislinger et al., 2004). Primární mycelium u Basidiomycot je tvořeno monokaryotickou hyfou. Výsledkem pohlavního procesu (somatogamie) je dikaryotické sekundární mycelium, na kterém se za příhodných podmínek vytváří plodnice (bazidiomata) s výtrusorodou vrstvou (hymenium) (Rosypal et al., 2003). Odhaduje se, že houba s kloboukem o průměru 7,5 cm velkým vyprodukuje nejméně 40 milionů spor za hodinu. Basidiomycota se rozděluje na tři třídy: Urediniomycetes (rzi a jejich příbuzní), Ustilaginomycetes (sněti) a Agaricomycetes (synonymum Basidiomycetes). K zástupcům patří například hřibovité houby (např. *Boletus edulis* – hřib smrkový), muchomůrky (např. *Amanita muscaria* – muchomůrka červená), pýchavky (např. *Lycoperdon perlatum* – pýchavka obecná), Ucho Jidášovo (*Hirneola auricula-judae*), choroši (např. *Polyporus squamosus*), rostlinné patogeny - sněti (např. *Tilletia caries* – mazlavá sněť pšeničná) nebo rzi (např. *Puccinia graminis* – rez travní) (Raven, Johnson, 2001).

3.3 Ekologické a trofické skupiny hub

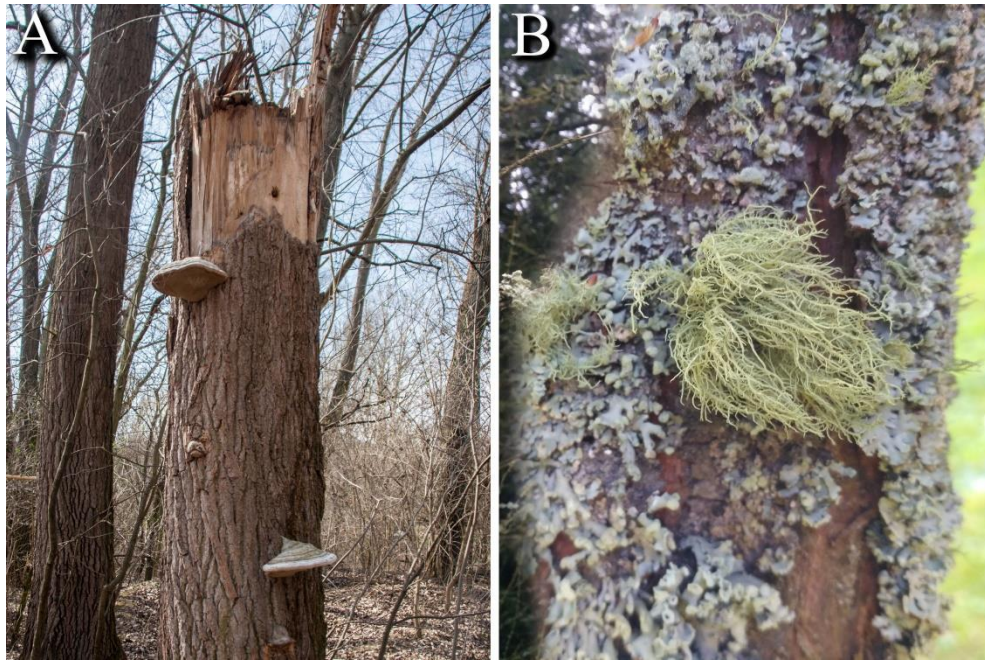
Houby jsou heterotrofní organismy, které dělíme podle způsobu získávání živin do dvou velkých ekologických skupin – saprotrofové a symbionti (Klán, 1989). Saprotrofní houby získávají živiny enzymatickým rozkladem odumřelých částic rostlinného (dřevo, opadané listí, jehličí) či živočišného původu. Houby jsou bohatě vybaveny enzymy štěpícími zejména lignin a celulózu ve stěně rostlinných buněk. Tato rozkladná činnost hub má za následek vznik humusu (Holec, Beran, 2012). Symbiotické houby získávají živiny z živých organismů. Symbiotický vztah může být buď parazitický (vztah je jednostranný ve prospěch houby), nebo mutualistický (oboustranně prospěšný vztah). V parazitické symbióze mají prospěch pouze parazité, kteří veškeré potřebné živiny získávají na úkor hostitele, v němž nebo na němž žijí. Příkladem mutualistické symbiózy je lichenismus (symbióza se zelenými řasami nebo sinicemi) nebo mykorrhiza (symbióza s cévnatými rostlinami) (Klán, 1989). Méně známá je skupina tzv. endofytických hub, které žijí uvnitř těl svých hostitelů, nijak je nepoškozují, ba naopak jim někdy dokonce prospívají (Holec, Beran, 2012). Fyziologický stav a podmínky prostředí jsou faktory, které ovlivňují prolínání partnerských organismů mezi danými skupinami, jejichž hranice není jasně vymezená (Mieslerová et al., 2015).

Parazitické houby získávají organické látky z živých buněk organismů, některé buňky nejdříve svými toxiny zahubí a až poté z nich čerpají živiny (Holec, Beran, 2012). Tuto skupinu hub můžeme rozdělit do dvou skupin – na obligátní (závazné) a na fakultativní (příležitostné) parazity. K fakultativním parazitům patří převážně rychle rostoucí druhy, jejichž schopností je vytvářet extracelulární enzymy narušující buněčnou stěnu hostitele. Takovými příklady jsou saproparazité či perthotrofové (Klán, 1989). Saproparazité jsou schopni žít dále i na mrtvém hostiteli, např. na padlém kmeni stromu. Jako perthofyty označujeme houby, jež rozkládají mrtvé části dosud živého hostitele, takovým příkladem jsou druhy rostoucí na mrtvých větvích v korunách stromů i většina chorošů. Choroši napadají dřevo uvnitř starších stromů, které je tvořeno mrtvými buňkami, tím se oslabí pevnost kmene a větev se za větru nebo pod tíhou sněhu zlomí (obrázek č. 3A). Rovněž může dojít i k interakci mezi fakultativním patogenem a rostlinou (u stromů, keřů, bylin i mechorostů), a to především u velkých hub. Převážně napadají jen rostliny oslabené suchem, hmyzem či jiným poraněním (Holec, Beran, 2012).

Obligátní parazité jsou svému hostiteli zcela přizpůsobeni. Mohou žít a rozmnožovat se výhradně na živé rostlině či v jejích živých pletivech, jedná se tak o biotrofii. Se zánikem hostitele zanikají, pletiva přímo neusmrcují, ale přispívají k jeho odumírání nebo odumírání některých částí hostitele. Můžou vyvolávat deformace orgánů či částí rostlin (jejich zvětšení). K typickým představitelům obligátních parazitů můžeme řadit organismy ze skupin

Peronosporales, Taphrinales, padlí, rzi nebo sněti. Biotrofní organismy ovlivňují fyziologické pochody uvnitř buněk i v pletivech hostitele. Dochází ke zvýšenému příjmu živin do napadených buněk, ke zvýšení oxidativního metabolismu, při rozkladu cukrů k uvolňování energie a rovněž ke zvyšování teploty v buňkách. Transpirace nebývá ovlivněna do doby, než dojde při sporulaci parazita k protržení epidermis v místech ložisek, potom nastává vadnutí rostlin (ztrátou vody). I přes drobná poškození hostitele (rozrušení pletiva při pronikání buněk), je velkou snahou biotrofních parazitů škodit hostiteli co nejméně. Jsou známy případy, kdy si biotrofní organismy udržují svého hostitele tím, že oddalují po dobu sporulace stárnutí rostlinných buněk napadených rzi (Hrouda, 2010). Pokud houba porůstá pouze povrch rostliny a haustoria vysílá do buněk epidermis (popř. i mezofylu), hovoříme o ektoparazitismu. Mechanické pronikání hyfy kutinem je usnadňováno pomocí extracelulárního enzymu kutináza, který rozrušuje kutin a umožňuje průnik hyfy. Příkladem ektoparazitů jsou zástupci padlí (Erysiphales). Endoparazité používají stejné způsoby průniku do hostitele jako ektoparazité, avšak jejich mycelium se rozrůstá dále uvnitř živých rostlinných pletiv. Hyfy se nejčastěji rozrůstají mezibuněčnými prostory pletiva, kde jsou haustoria vysílány dále do buněk. Tento způsob využívají větrenatky, rzi i některé skupiny padlí. Mezi endobiotické parazity rozrůstající se intracelulárně (přímo do buněk hostitele) patří například *Synchytrium endobioticum* (původce rakoviny brambor) či *Olpidium brassicae* (původce padání klíčnicích rostlin). Houba svou činností podněcuje množení buněk i zvětšování celého orgánu (napadené buňky nejsou usmrceny ani v tomto případě) (Klán, 1989).

Lichenismus je příkladem symbiotického soužití mezi houbou (mykobiontem) a fotosyntetizujícím mikroorganismem (fotobiontem), kterým může být zelená řasa i sinice (obrázek č. 3B) (Gryndler, 2013). Nově vzniká komplexní organismus – lišejník, který je na povrchu pokryt korovou vrstvou, tvořenou houbovým pseudoparenchymatickým pletivem. Pod touto vrstvou je řídké plektenchymatické pletivo houby s buňkami zelené řasy nebo sinice (řasová vrstva). Rovněž bývá přítomna nejtlustší vrstva, která je tvořena pouze houbovými hyfami (dřeň). Lišejník je k substrátu přirostlý houbovými vlákny – rhizoidy (Klán, 1989). Lišejník, jako nově vzniklý podvojný organismus, je schopen žít na takových místech, kde by žádný z jednotlivých partnerů nemohl žít samostatně (na holých skálách). Fotobiont fotosyntézou vytváří cukry a jiné organické látky (pokud je v roli fotobionta sinice, je uplatněna její schopnost fixovat vzdušný dusík), houba potom dodává vodu i minerální živiny získané naleptáváním hornin. Symbióza obou komponentů se projevuje i v nepohlavním rozmnožování, kdy se tvoří rozmnožovací orgány složené z mykobionta a fotobionta (Gryndler, 2013). Lišejníky jsou považovány za významné bioindikátory znečištění ovzduší (Klán, 1989).



Obrázek č. 3: (A) troudnatec kopytovitý (*Fomes fometarius*) jako příklad nekrotrofně parazitické a saprofytické houby; (B) provazovka srstnatá (*Usnea hirta*) a terčovka bublinatá (*Hypogymnia physodes*) jako příklad lichenismu. Foto: K. Křížková

Mykorhizní houby žijí v symbióze se stromy a bylinami včetně trav. Propojení podhoubí a kořenového systému napomáhá houbě získávat od rostliny hotové organické látky a naopak rostlina od houby získává zejména dusík, fosfor i vodu. Mykorhizní symbióza zlepšuje houbám výživu a podporuje růst plodnic (Holec, Beran, 2012). V základu se mykorhiza rozděluje na ektomykorhizu a endomykorhizu. Ektomykorhizu můžeme pozorovat i bez mikroskopu (na rozdíl od endomykorhizy). Houbové hyfy nejsou pouze na povrchu kořene, ale umí pronikat i do mezibuněčných prostorů korové vrstvy kořene a rovněž vytvářejí Hartigovu síť kolem jednotlivých buněk (Klán, 1989). Příkladem jsou hlavně zástupci Basidiomycota - holubinky, ryzce, hříbovité houby či muchomůrky. Na ektomykorhizním vztahu jsou závislé téměř všechny lesy (dřeviny mírného pásma). Naproti tomu u endomykorhizy pronikají houbová vlákna až dovnitř buněk kořínků. Endomykorhizu nalezneme např. u zástupců oddělení Ascomycota s vřesovcotvarými rostlinami (erikoidní mykorhiza) či u *Basidiomycota* se vstavačovitými rostlinami (orchideoidní endomykorhiza) (Holec, Beran, 2012), ale hlavně u skupiny Glomeromycota (tvoří mykothizu až s 80% čeledí cévnatých rostlin) (Gryndler, 2005).

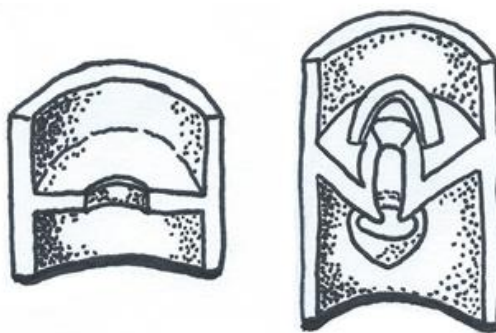
Saprofytické houby rostou na mrtvých tělech rostlin, živočichů, ale i na zbytcích organického původu, který může být v určitém stadiu rozkladu. Saprofyté jsou tedy heterotrofní organismy získávající živiny z odumřelých částic organického původu. K tomuto způsobu životní strategie mají potřebnou enzymatickou výbavu. Saprofity můžeme rozdělit na úplné

(holosaprofity) a příležitostné (hemisaprofity). Příkladem saprofytických organismů z houbové říše jsou houby dřevokazné rozkládající odumírající či odumřelé dřevo, např. kornatec okrouhlý (*Basidiaradulum radula*) nebo václavka smrková (*Armillaria ostoyae*). Nejrozloženější substrát využívají houby koprofilní, které v přírodě můžeme nalézt i na různých exkrementech živočichů, např. hovník otrubičnatý (*Ascobolus furfuraceus*) či sametovka pýřitá (*Conocybe pubescens*) (Antonín et al., 2013).

Houbové organismy lze rozdělit i podle nároků na výživu do tří skupin – biotrofové, nekrotrofové a saprotrofové. Tyto kategorie se částečně překrývají i s ekologickými skupinami. Biotrofové živiny získávají z živých těl rostlin, hub i živočichů. Zatímco nekrotrofové, kteří se vyskytují na živých organismech, usmrcují pomocí toxinů živé buňky, a tím z nich získávají živiny. Třetí kategorií jsou saprotrofové živící se organickými zbytky. V přírodě jsou však organismy, které by přesně zapadaly do těchto daných kategorií, vzácnější, častější jsou potom různé přechodné formy (Mieslerová et al., 2015).

3.4 Stavba stélek hub

Stélka (thallus) je obecný název pro vegetativní tělo jednobuněčných i mnohobuněčných organismů. Stélka hub má v porovnání s cévnatými rostlinami jednodušší stavbu, není členěna na kořen, stonk a listy a chybí jí diferenciaci na pravá pletiva. Kořen, stonk, list je funkčně nahrazen tvorbou orgánů – rhizoidy, kauloid a fylloidy. Většinou chybí i spojení mezi buňkami pomocí plasmodesmat (Gryndler, Němcová, 2013). Stélku hub představuje buď jedna jednoduchá buňka (př. kvasinky), nebo je složena z mnoha buněk, které mohou být větvené až vláknité (př. plísně), rovněž může tvořit dlouhá vlákna (hyfy), jež se volně splétají a vytváří mycelium, dále může být stélka z buněk kulovitého nebo válcovitého tvaru, skládající buď celou plodnici či její části (Veselý et al., 1968).



Obrázek č. 4: Typy pórů v přehrádce mycelia u Ascomycota a Basidiomycota (překresleno dle Rosypal et al., 2003, autor perokresby K. Křížková)

Druhotným seskupením a srůstem houbových vláken vznikají nepravá pletiva – plektenchymy, které jsou tvořeny protáhlými buňkami (např. hřib). Pokud hyfy srůstají, a na průřezu jsou patrné izodiametrické buňky, vzniká pseudoparenchym (např. holubinka) (Kalina, Váňa, 2005). Hyfy mohou být přehrádkované (rozděleny septy) nebo bez přehrádek (tzv. cénocytické). Nepřehrádkované hyfy jsou charakteristické pro nižší taxonomické skupiny houbových organismů. Buněčné přepážky mají v sobě póry, čímž je umožněn transport pouze cytoplazmy (tzv. parentozóm - póry s čepičkou, u Basidiomycota) nebo jádra a dalších organel (jednoduché póry u Ascomycota) z jedné buňky do druhé (obrázek č. 4). Dále dochází k diferenciaci hyf na dvě části – vegetativní a generativní. Část vegetativní je zastoupena myceliem a část generativní nese rozmnožovací orgány (konidiofory, sporangiofory s nepohlavními spory) nebo plodnice (Mieslerová et al., 2015).

3.4.1 Specializované typy hyf

Některé hyfy mohou být v závislosti na způsobu života a získávání živin různě modifikovány. Nejjednodušší modifikací jsou jakési kořínky (rhizoidy) pozorované u kropidlovce černavého (*Rhizopus stolonifer*). Rhizoidy slouží nejen k získávání živin, ale mají i upevňovací funkci (Klán, 1989). Houby parazitující na rostlinách vytváří na jejich povrchu terček (apresorium), kterým do rostlinné buňky pronikne tenká průniková (penetrační) hyfa. Penetrační hyfa se uvnitř hostitelské buňky začne větvit na tenká vlákna a vzniká tzv. haustorium, sloužící jako čerpadlo živin, např. u padlí (Mieslerová et al., 2015).

Václavky (*Armillaria* spp.) vytváří vysoce specializované černé, provazcovitě větvené útvary (rhizomorfy). Síťovitě uspořádané rhizomorfy rostou pouze na čepičce s apikálním meristémem a dosahují délky až několik metrů. Na apikálním meristému rhizomorfy můžeme rozlišit tři zóny – vrcholovou čepičku, prodlužovací zónu a zónu vstřebávací (vstřebávání živin) (Klán, 1989).

Tvrdá až kulovitá sklerocia mají jednodušší stavbu a najdeme je u některých druhů hub, například u námele paličkovice nachové (*Claviceps purpurea*). Tato sklerocia mají růžkovitý tvar, vyrůstají v květenství některých trav a obsahují alkaloidy i další látky (Kalina, Váňa, 2005). U sklerocií najdeme tukové zásobní látky sloužící zejména k přečkání stavů dormance (odpočinkové útvary pro přečkávání nepříznivých podmínek) (Socha, Jegorov, 2014).

U skupiny vřekovýtrusných hub najdeme charakteristické černé bochníčkovité útvary, tzv. stromata. Stromata slouží jako mechanická ochrana drobných plodnic (perithecií), které jsou v nich zanořeny (Mieslerová et al., 2015).

Mezi specializované typy hyf můžeme zařadit i thalorhizy, syrociium a ozonium. Thalorhizy jsou myceliální provazce, jež jsou tvořeny základními, zpevňovacími a vodivými hyfami, a jejichž funkcí je vedení živin na velké vzdálenosti či rozšiřování druhu. Rostou ve dřevě i v půdě, jsou charakteristické např. pro dřevomorku domácí (*Serpula lacrymans*) či hadovku smrdutou (*Phallus impudicus*). Syrociium je blanitý útvar, který může srůstat z mycelia chorošů (např. troudnatce kopytovitého – *Fomes fomentarius*). Posledním zmíněným útvarem je ozonium. Ozonium je mycelium prorůstající substrátem nebo častěji dřevem na bázi plodnic hnojníků, bílé až žlutorezavé barvy (Klán, 1989).

3.4.2 Podhoubí

Volně propletené hyfy vytvářejí podhoubí (mycelium) (Mieslerová et al., 2015). Podhoubí čerpá svou velikou plochou živiny z prorůstajícího substrátu (Rosypal et al., 2003). To vede k nepřetržité interakci metabolicky aktivní houby s půdou, dřevem, nebo jiným materiálem, kterým mycelium prorůstá (Raven, Johnson, 2001). Podhoubí můžeme pozorovat po odkrytí svrchní vrstvičky půdy pod plodnicí, kde můžeme pozorovat bílá pavučinová vlákna (Klán, 1989). U většiny zástupců z oddělení Basidiomycota rozlišujeme mycelium primární (monokaryotické), sekundární (dikaryotické) a terciární (vytváří pseudoparenchym a plektenchym plodnic) (Deacon et al., 1997). Dále se můžeme setkat s pojmem pseudomycelium, což je struktura kvasinkových hub, která pouze svou strukturou mycelium připomíná, nejedná se však o hyfy, ale o jednotlivé řetězkovitě uspořádané pučící buňky (Kalina, Váňa, 2005).

3.4.3 Plodnice hub

Plodnice jsou morfologicky diferencované části houbové stélky určené převážně k tvorbě pohlavně vzniklých výtrusů (Klán, 1989). Můžou být rozmanitých tvarů a velikostí, od několika desetin milimetru (padlí) až po desítky centimetrů (bedly) (Mieslerová et al., 2015). U druhu *Fomitiporia ellipsoidea* byla doposud nalezena největší plodnice, která na délku měří 10 m, je široká 80 cm a dosahuje výšky 5,5 cm (Dai, Cui, 2011). Plodnice se vyskytuje u většiny vřeckovýtrusných a stopkovýtrusných hub, u nižších hub většinou chybí (Mieslerová et al., 2015).

Převážně u hlenek se tvoří nepravé plodnice, tzv. „plodničky“ - sporokarpy, plodnicím podobné útvary tvořící spory u primitivních hub a houbám podobných organismů. Uvnitř sporokarpů najdeme jednotlivá či větvená vlákna (kapilicium) nebo nepravidelné nit'ovité útvary (pseudokapilicium) (Hroudá, 2008). U fruktifikačního orgánu sporokarpu

rozpoznáváme tři typy – sporangium, aethalium a plazmodiokarp (Gryndler, Němcová, 2013). Sporangium může být stopkaté nebo přisedlé a je tvořeno celými protoplazmodii, popř. jinými typy menších plazmodií (Váňa, 2001). Dalším typem sporokarpu je velké, nestopkaté a polštářovité aethalium vznikající z větších částí plazmodií s obalem (peridie). Primárně však tvořené nahromaděním a sloučením řady sporangií (Gryndler, Němcová, 2013). Třetím typem sporokarpu je plazmodiokarp tvořený z velkých částí síťovitého plazmodia, uvnitř je částečně gelatinózní nebo celý síťovitý (Raven, Johnson, 2001). Tvorba sporokarpů je z vývojového hlediska významnější u zástupců vlastních hub (oddělení Zygomycota a Glomeromycota), kde je patrná vývojová návaznost na odvozenější skupiny (Hrouda, 2013).

V širším slova smyslu je pojem plodnice používán pro různé útvary obsahující výtrusorodou vrstvu (hymenium) či reprodukční struktury, avšak vlastní plodnice nacházíme pouze u některých skupin v oddělení hub vřeckovýtrusných (Ascomycota) a stopkovýtrusných (Basidiomycota) (Hrouda, 2013).

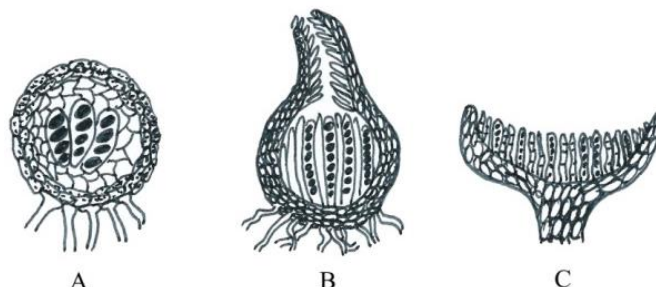
3.4.3.1 Plodnice hub vřeckovýtrusných

Zjednodušeně lze říci, že na základě výsledného morfologického tvaru plodnice jsou u skupiny vřeckovýtrusných hub nejčastěji vytvářeny tři typy pohlavních plodnic (askokarpů): kleistothecium, perithecium a apothecium (obrázek č. 5). Mezi nejčastější typy patří kleistothecia s jednoduchou stavbou a většinou mikroskopickými rozměry (Mieslerová et al., 2015). Tyto uzavřené kulovité plodnice mají zřetelně vyvinutou stěnu a neuspořádaně rozptýlená vřečka uvnitř. Na povrchu kleistothecií můžeme pozorovat jednotlivé hyfy, provazce mycelií či přívěsky různých tvarů (Holec, Beran, 2012). Najdeme ji například u jelenky (*Elaphomyces*) (Lebeda et al., 2017)).

Tvrdá perithecia lahvicovitého tvaru s determinovaným otvorem jsou často zanořena do stromat. Vřečka jsou pravidelně uspořádaná v hymeniu (Gryndler, Němcová, 2013). Perithecia v černých stromatech mají například zástupci rodu dřevnatka (*Xylaria* spp.), perithecia v červených stromatech najdeme u rážovky (*Nectria* spp.) (Klán, 1989).

Makroskopická miskovitá apothecia mají dužnatou konzistenci a poměrně tvarovou i barevnou rozmanitost. Hymenium nese hustě nahloučená kyjovitá vřečka, která jsou proložena parafýzami (Hrouda, 2013). Jako příklad můžeme uvést smrže (*Morchella* spp.) či ucháče (*Gyromitra* spp.) (Klán, 1989). Specifickou podzemní plodnicí odvozenou od apothecia můžeme pozorovat u gastronomicky známých lanýžů (*Tuber* spp.) (Hrouda, 2013).

Vřecka s askosporami jsou v plodnicích rozmístěná buď nepravidelně, nebo uspořádaně ve výtrusorodé vrstvě (hymeniu). Mezi vřečky mohou být sterilní vlákna (parafýzy), jež mají ochrannou funkci a rovněž slouží k vylučování produktů metabolismu (Mieslerová et al., 2015).



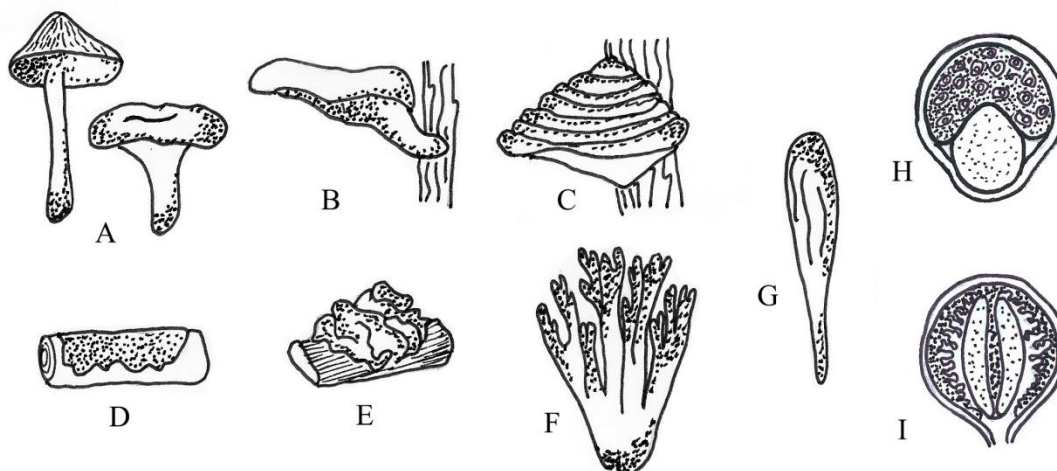
Obrázek č. 5: Typy plodnic hub vřečkovýtrusných (A) kleistothecium; (B) perithecium; (C) apothecium (překresleno dle Antonín, 2006, autor perokresby: K. Křížková)

3.4.3.2 Plodnice hub stopkovýtrusných

Plodnice stopkovýtrusných hub (bazidiokarpy) jsou charakteristické velkou proměnlivostí tvarů, velikostí i barev. Plodnice mohou být korkovité, dřevnaté, ale mohou tvořit i tvrdé korovité povlaky na pařezech či pevné kožovité plodnice. V hymeniu jsou bazidie s výtrusy (bazidiosporami) (Klán, 1989). Velmi často je plodnice rozlišena na klobouk (pileus) a třeň (stipes), který může být postranní, středový, anebo může chybět úplně (Mieslerová et al., 2015). Pro základní rozlišování jednotlivých typů plodnic posuzujeme jednoletost nebo víceletost, pozice hymenoforu (část plodnice nesoucí hymenium) a celkový tvar (Kout, 2014). Někteří zástupci stopkovýtrusných hub mají uzavřenou (geastrální) plodnici, uvnitř s výtrusy – gleby, obsahující i charakteristické vlášení – kapilicium. Povrch takové plodnice je pokryt vícevrstevným obalem – peridií (okrovkou) (Mieslerová et al., 2015). Za nejznámější typy hymeniálních plodnic stopkovýtrusných hub můžeme pokládat pilothecium, holothecium a krustothecium. Naopak mezi geastrální typy plodnic řadíme klathrothecium a schizothecium (obrázek č. 6) (Kout, 2014).

Pilothecium je jednoletá, více či méně zřetelně dělená plodnice na třeň a klobouk s hymenoforem na spodní straně. K zástupcům se řadí hříbovité houby (Gryndler, Němcová, 2013). Plodnice typu holothecium je rozlitá, kyjovitá nebo keříčkovitá, hymeniem pokrývající celý povrch plodnice, např. u kuřátek (*Ramaria* spp.). Primárně se rozlité plodnice zakládají jako vrstva pokrývající substrát, kde se poté vytváří subhymenium a hymenium (Hrouda, 2013). Krustothecia jsou víceleté i jednoleté, vrstevnaté plodnice, jejichž tvary jsou variabilní.

Hymenium pokrývá pouze rourky, trny i lupeny, které jsou na spodní straně klobouku. Mezi zástupce patří např. chorošovitě houby (řád Polyporales) (Kout, 2014).



Obrázek č. 6: Typy plodnic hub stopkovýtrusných: (A) pilothecium s kloboukem a středovým třeněm (agarikoidní a kantharelloidní); (B) pilothecium s kloboukem a postranním třeněm (pleurotoidní); (C) kopytovité krustothecium (fomitoidní); (D) rozlité krustothecium (korticoidní); (E) rosolovkovité holothecium (tremeloidní); (F) keříčkovité holothecium (ramarioidní); (G) kyjovité holothecium (klavarioidní); (H) schizothecium; (I) klathrothecium (překresleno dle Antonín, 2006 a Kalina, Váňa, 2005, autor perokresby: K. Křížková)

Ke geastrálním typům plodnic u stopkovýtrusných patří i nepříliš časté schizothecium a klathrothecium. Schizothecium má uvnitř plodnice dutiny (schizogenního původu) vystlané hymeniem. Najdeme ho například u pýchavek (*Lycoperdon* spp.). Nejsložitějším typem plodnice je klathrothecium. Gleba je rozdělena větvenými lamelami a v době zralosti vynesena nahoru přídatným receptakulem (od počátku je založeno uvnitř gleby, – tzv. „čertovo vejce“ u hadovek (*Phallus* sp.)). Plodnice je uzavřená, což poskytuje ochranu před vyschnutím či předčasným vyfoukáním spor, s největší pravděpodobností se jedná o ekologickou adaptaci (Hrouda, 2013).

3.4.3.3 Vývoj plodnic hub a typy hymenoforu

Plodnice mají mnohdy obaly velum (u rouškatých hub) a peridie (u břichatek). Velum (plachetka) může obalovat celý základ plodnice (velum universale) a zanechávat pochvu na třeni a bradavky na klobouku, rovněž může zakrývat pouze hymenofor (velum partiale) a zanechávat tak prsteneček nebo pavučinu (kortinu) (Gryndler, Němcová, 2013). Vývoj plodnic rozlišujeme na angiokarpní, gymnokarpní a hemiangiokarpní. Angiokarpní vývoj nebývá příliš

častý. V tomto případě je hymenium od mládí až do dospělosti uzavřené v obalech, např. u kulovitých plodnic pýchavek či prášivek (Klán, 1989). Častěji probíhá gymnokarpní vývoj plodnic, kdy je hymenium od počátku otevřené a během ontogeneze je volně na povrchu (Gryndler, Němcová, 2013). Tímto vývojem prochází plodnice hub chorošotvarých, a některých hříbotvarých (holubinky, ryzce) (Klán, 1989). Pokud jsou raná stádia plodnic v obalech, jež zanikají a výtrusy zrají obnažené, tak se jedná o hemiangiokarpní vývoj (Gryndler, Němcová, 2013).

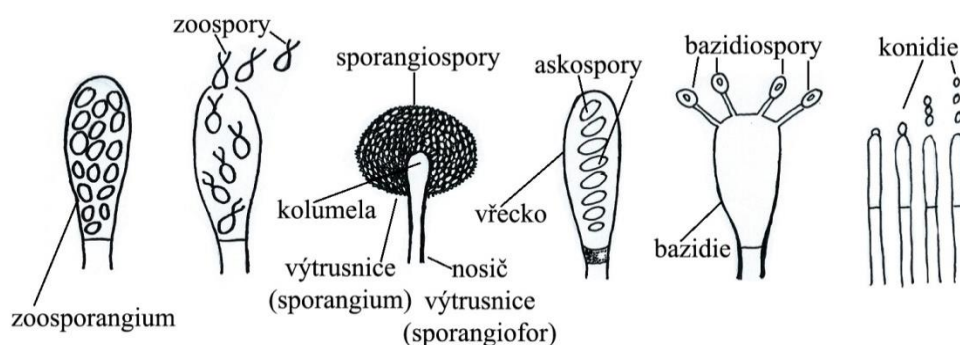
Důležitým znakem plodnic je typ hymenoforu (část plodnice nesoucí hymenium), který vytváří různé tvary s cílem zvětšení výtrusorodého povrchu, a tedy plochy pro tvorbu výtrusů (Gryndler, Němcová, 2013). Směrem k povrchu lze pletivo hymenoforu rozlišit na tři vrstvy – trama, subhymenium, hymenium (Hrouda, 2013).

Typy hymenoforu:

- hladký – nemá specifické tvarové struktury, najdeme ho u různých skupin i tvarů plodnic (Hrouda, 2013);
- ostnitý – na spodní straně klobouku nebo na rozlitéch plodnicích má různě dlouhé a štíhlé ostny (Holec, Beran, 2012);
- zprohýbaný, lamelovitý – primárně hladký povrch hymenoforu tvoří strukturu lamel, např. u chorošotvarých plodnic (Reddy, 1996);
- pórovitý, rourkatý – rourky jsou v kompaktní hmotě na spodní straně plodnic chorošů a u klobouků hříbovitých hub mají rourky se zřetelnou stěnou (Holec, Beran, 2012);
- lupenitý – je nejčastější, ale zároveň má i nejvýhodnější poměr povrch:objem (výtrusorodý povrch zvětšuje až 20krát), např. u většiny Agaricales (Hrouda, 2013);
- gastroidní – hymenium pokrývá stěny komůrek, dutin či lamel v glebě u uzavřených břichatkovitých plodnic (Sharma, 1989).

3.4.4 Výtrusy

Výtrusy (spory) jsou částice určené k reprodukci, které vznikají sporulací ve specializovaných útvarech (Klán, 1989). Sporulaci ovlivňují faktory prostředí – kyslík, světlo, teplota či dostupnost živin (Hrouda, 2013). Výtrusy mají potlačenou metabolickou aktivitu, nesou si však energeticky bohaté látky (glykogen, tuky), naopak mají nízký obsah vody. Protoplasma je chráněna pevnou buněčnou stěnou a popřípadě ještě melaninem (Kout, 2014). Barva výtrusného prachu, tvar, velikost a vzhled buněčných povrchů stěn (můžou být hladké nebo ornamentované) slouží jako dobrý znak pro určování (Garibovová, 1985).



Obrázek č. 7: Typy výtrusů (překresleno dle Sharma, 1989, autor perokresby: K. Křížková)

Výtrusy v zásadě dělíme na mitospory, jejichž vzniku předcházela mitóza (zoospory, sporangiospory, konidie) a meiospory, vzniklé po redukčním dělení – meióze (zygospory, askospory, bazidiospory) (obrázek č. 7) (Hrouda, 2013).

Spory mají dvojí úlohu - buď slouží k šíření houby či k přečkání nepříznivého období:

- pouze k rozšiřování slouží bičíkaté buňky (u hlenek jsou to myxomonády, u dalších houbových organismů jsou to zoospory);
- převážně rozšiřovací roli mají sporangiospory, konidie, askospory a bazidiospory;
- hlavně přeživací funkci mají cysty (u skupiny Oomycota) a askospory;
- výhradně přeživací funkci mají makrocysty či sklerocia (hlenky), oospory (Oomycota), zygospory (Zygomycota) a chlamydostry (Carlile et al., 2001).

Spory jsou tvořené ve velkém množství a pouze malá část z nich se ujme ve vhodném prostředí. Jejich uvolňování je načasováno do co nejvhodnějších podmínek (eliminace nepříznivých podmínek), popř. i do určité fáze dne. Přeživací spory jsou obvykle větší (velký

obsah zásobních látek) a kulovitého tvaru (z hlediska tvorby buněčných stěn velmi ekonomický tvar) (Hrouda, 2013).

U jednoduchých organismů (nižší skupiny hub a houbám podobné organismy) jsou časté nepohlavní spory – zoospory, které vznikají endogenně v zoosporangiích. V rámci oddělení Oomycota najdeme zoospory s dvěma různými bičíky, kdy je delší pěrítý a kratší hladký (Reddy, 1996). Dva různé bičíky můžeme vidět i u nádorovek (Plasmodiophoromycota) (ale nemají pěrítý bičík). Oproti tomu u zástupců z oddělení Chytridiomycota najdeme většinou pouze jeden opisthokontní neboli tlačný bičík (Hrouda, 2013). V rámci zbývajících oddělení jsou nepohlavní spory vždy bezbičíkaté – aplanospory. U vyšších skupin organismů, popř. u oddělení Zygomycota, vznikají spory endogenně ve sporangiích (sporangiospory). Pokud spory vznikají vně specializovaných hyf (konidiofory) můžeme je označit za konidie (konidiospory) (Kalina, Váňa, 2005).

U vyšších skupin, Ascomycota a Basidiomycota, vznikají spory pohlavně – askospory a bazidiospory. Askospory se utváří uvnitř vřeka, a to nejčastěji po osmi. Kdežto bazidiospory vznikají na koncích výběžků (sterigmata), kde vyrůstají po čtyřech (Raven, Johnson, 2001).

Pro oddělení spor od mateřského organismu mají houby uvolňovací mechanismy. Uvolňování spor může probíhat jak aktivní, tak i pasivní cestou. Aktivní uvolňování probíhá většinou pravidelně, kdežto pasivní nebývá periodické. Aktivně se pohybují jen zoospory svým bičíkem, jinak se jedná o fyziologický princip. Výtrusy dosahují svými rozměry pouze několik málo desítek mikrometrů, což napomáhá jejich pasivnímu šíření (Kout, 2014). Pasivní šíření je realizováno prostřednictvím živočišných přenašečů, proudem vzduchu (vítr) nebo tekutiny, která může být jednak vytvářena samotnou houbou, nebo externím zdrojem – kapka vody (Garibovová, 1985). Spory mají přizpůsobený svůj tvar a povrch prostředí, ve kterém probíhá jejich disperze (Kout, 2014). Houby, u nichž probíhá rozptyl pomocí větru (anemochorie), mají malé lehké spory. U šíření vodou (hydrochorie) mají spory co možná největší povrch s výběžky, což jim umožňuje snadnější přenos vodním proudem, ale i přichycení na povrchové blance vody. Šíření spor pomocí živočichů (zoochorie) může probíhat na povrchu těl (epizoochorie) či uvnitř těl (endozoochorie) (Hrouda, 2013). Příkladem můžou být hadovky využívající k disperzi spor hmyz nebo koprofilní druhy hub, které využívají trávicího traktu živočichů (Kout, 2014). Na šíření houbových spor se koneckonců podílí i člověk sběrem plodnic nebo při sklizni plodin (vyprášení spor u fytopatogenních druhů, ale i imperfektních hub) (Hrouda, 2013).

3.5 Rozmnožování hub a houbám podobných organismů

Rozmnožování, reprodukce, je základní biologickou schopností všech hub, kdy při uplatnění principu dědičnosti vznikají noví jedinci téhož druhu (Kendrick, 2000). U hub může probíhat reprodukce nepohlavně (asexuálně) i pohlavně (sexuálně), přičemž fylogeneticky starší je nepohlavní rozmnožování (Kout, 2014). Někteří autoři uznávají i třetí kategorii rozmnožování – vegetativní rozmnožování, kdy se určitá část těla houbových organismů oddělí a vznikne nový jedinec stejného druhu (většinou je však tento způsob považován za druh nepohlavního rozmnožování). Na základě zapojení celé stélky nebo jejích částí do tvorby reprodukčních orgánů, se mohou houby dělit do dvou skupin: holokarpické a eukarpické houby. U holokarpických hub celá stélka konvertuje do jednoho nebo více reprodukčních orgánů. Většina hub jsou eukarpické houby, kde se pouze část stélky přemění do reprodukčních orgánů, zbývající část stélky dále pokračuje ve své normální somatické aktivitě (Sharma, 1989).

Stadium, kdy houba vytváří pohlavní meiospory, označujeme jako perfektní. Na druhé straně stadium, kdy houba vytváří nepohlavní mitospory, označujeme za imperfektní. Pokud je u dané houby přítomné imperfektní stadium, mluvíme o anamorfě (mitosporická houba). Pokud je přítomno pouze perfektní stadium hovoříme o teleomorfě (meiosporická houba), ale to už se jedná o pohlavní rozmnožování (Hrouda, 2013). Pokud se tvoří současně mitospory i meiospory (je přítomné imperfektní a perfektní stadium), jedná se o tzv. mitotickou holomorfu. Holomorfu označujeme celou houbu, tzn. jedince určitého druhu s jeho dosud známým reprodukčním vybavením, anamorfu i teleomorfou (Kalina, Váňa, 2005).

Mezi reprodukční struktury patří vše, co není vegetativní stélka: konidiofory s konidii, sporangiofory a sporangia, plodnice a spory, u hlenek potom sporokarpy či sorokarpy. Vlastními rozmnožovacími buňkami jsou spory (viz kap. 3.3.4.) (Hrouda, 2013).

3.5.1 Nepohlavní rozmnožování

Nepohlavní rozmnožování probíhá mitotickým dělením, tím je umožněna rychlá reprodukce, kdy nedochází k zajištění variability nových jedinců (Kout, 2014). V obecném pojetí není nepohlavní rozmnožování provázeno střídáním jaderných fází (meióza, karyogamie), může tedy probíhat na haploidním či dikaryotickém (i diploidním) myceliu (Kalina, Váňa, 2005).

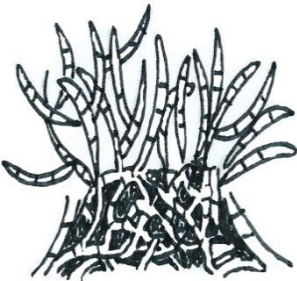
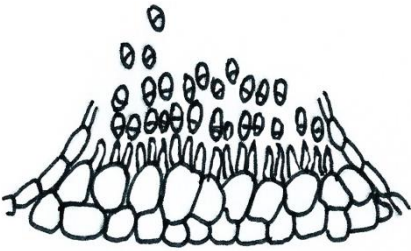

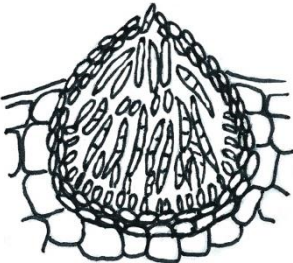
Nepohlavní reprodukce u hub může probíhat těmito způsoby:

- fragmentace – fragmentace hyf nebo stélky, kdy se kousek oddělí od vegetativní části organismu a vyvíjí se v nového jedince (u většiny vláknitých hub);
- pučení – proces, při kterém se jádro mateřské buňky rozdělí a jedno z nově vzniklých jader přejde do buňky dceřiné, jež se pak oddělí v nového jedince (u kvasinek - Saccharomycetales);
- prosté dělení – mateřská buňka se rozdělí na dvě dceřiné buňky (u kvasinek);
- tvorba nepohlavních spor – nejrozšířenější způsob nepohlavního rozmnožování u vláknitých hub (Sharma, 1989).

Nepohlavní spory (mitospory), které vznikají, můžeme rozdělit na endogenní a exogenní mitospory. Endogenní mitospory se formují uvnitř sporangií a nazývají se sporangiospory (nepohyblivé aplanospory, pohyblivé zoospory). K exogenním mitosporám se řadí konidie vznikající na koncích speciálních hyf – konidioforech (Kout, 2014). Konidiofory vznikají jednotlivě na určitých místech mycelia nebo se mohou seskupovat v konidiomata. Konidiomata jsou útvary, které mohou morfologicky připomínat plodnice hub (Kalina, Váňa, 2005). Seskupení konidioforů nás seznamuje tabulka č. 3.

Ve sporangiích se endogenně vytvářejí spory, které jsou v něm v průběhu vývoje uzavřeny a uvolňují se až v době zralosti. V zoosporangiích se vytvářejí rejdivé výtrusy zoospory (u Chytridiomycota, Oomycota). U hlenek jsou spory přezimujícím stadiem, kdy se při klíčení chovají jako sporangia (vyrejdí z nich myxomonády). Odpočívající spora (trvalé sporangium) je tlustostěnný, přezimující, jednobuněčná útvar, ve kterém v době klíčení dochází k dělení buněk. Ve sporangiích se tvoří nepohyblivé spory – aplanospory. V rámci anatomie sporangioforu se můžeme setkat s pojmy kolumela, kdy se jedná o rozšířený konec sporangioforu uvnitř sporangia, a apofýza, což je rozšířený konec sporangioforu pod sporangiem. Nejčastěji se tvoří jedno terminální sporangium na sporangioforu, ale mohou vznikat i menší laterální úvazy s jednou sporou – sporangioly (Hrouda, 2013).

Tabulka č. 3: Konidiomata a jejich typy (překresleno podle Kalina, Váňa, 2005 a Sharma, 1989, autor perokresby: K. Křížková).

<p><u>sporodochium</u></p>	<p>poduškovitě uspořádaný útvar hyf, na kterém jsou hustě rozmístěné konidiofory, u parazitických hub se nachází vždy na povrchu hostitele (Kalina, Váňa, 2005)</p>	
<p><u>acervulus</u></p>	<p>obvykle ponořený útvar (klubíčko) pod epidermis hostitelské rostliny, kdy při zralosti konidií dojde k protržení tkáně hostitele a objevení na povrchu (Hrouda, 2013)</p>	
<p><u>koremie (synnema)</u></p>	<p>svazek dlouhých a navzájem slepených konidioforů, na vrcholu stromkovitě rozvětvených (Váňa, 2001)</p>	
<p><u>pyknida</u></p>	<p>konidiofory vystlané útvary lahvicovitého tvaru s ostiolem, které mohou být ponořené či na povrchu hostitele (Reddy, 1996)</p>	

3.5.2 Pohlavní rozmnožování

Z pohledu genetiky představuje pohlavní rozmnožování daleko zajímavější proces, protože na vzniku nového jedince se podílí genotypy obou rodičů (Kout, 2014). Základem pohlavního rozmnožování je splynutí cytoplazmy (plazmogamie) dvou odlišných gamet (diferencovaných pohlavních buněk), dále pak pokračuje splynutím jejich jader (karyogamie), přičemž vzniklé diploidní jádro může následně projít meiózou (Moore et al., 2011). Při meióze

dochází k rekombinaci genetického materiálu mezi stejnými (homologickými) chromozomy (crossing-overu) (Jablonský, Šašek, 2006). Podstatou pohlavního rozmnožování je tedy rekombinace genetické informace (Gryndler, Němcová, 2013).

Celkové shrnutí:

plazmogamie → karyogamie → meióza (Moore et al., 2011).

Výsledkem splynutí dvou odlišných gamet může být zygota. Rovněž může proces probíhat i vnější formou, kdy splývají cytoplazmy pohlavních orgánů gametangií. Zygota často vytváří tlustou stěnu a vzniká zygospora (hypnospora), což napomáhá zygotě přetrvat dlouhé klidové období. Pohlavní buňky (gamety) vznikají buď přeměnou vegetativních buněk, nebo ve specializovaných buňkách (gametangiích), které jsou pohyblivé (planogamety) i nepohyblivé (aplanogamety) (Gryndler, Němcová, 2013).

Zvláštností u hub (zejména u Ascomycota a Basidiomycota) je časově, ale i prostorově oddálená plazmogamie a karyogamie, čili vznik různě dlouhé dikaryofáze. Po plazmogamii (splynutí cytoplazmy) buněčných obsahů najdeme ve společné plazmě dvě kompatibilní jádra (tzv. dikaryon). Dikaryofáze je charakterizována současně probíhajícími mitózami (např. u Plasmodiophoromycota) (Kalina, Váňa, 2005). U hub, na rozdíl od ostatních organismů, nemusí být vždy vytvořeny specifické morfologicky diferencované pohlavní orgány, jejichž hlavním úkolem je zajistit přenos pohlavně rozdílných jader i jejich splynutí (Klán, 1989). Specifičnost způsobu pohlavního rozmnožování, v rámci jednotlivých skupin hub, je vlastně jedním z hlavních kritérií, na němž je třídění hub založeno (Jablonský, Šašek, 2006).

U hub můžeme rozlišit tři různé typy pohlavního rozmnožování – gametogamii, gametangiogamii a somatogamii (Hrouda, 2013).

1. **Gametogamie** – dochází ke splývání gamet (pohlavních buněk vzniklých v gametangiích), např. u oddělení Chytridiomycota. O gametogamii hovoříme pouze tedy, jsou-li vytvořeny pohlavní buňky (Klán, 1989).
 - a. **Izogamie** – dochází ke splývání tvarově identických pohlavních buněk (gamet). Například hlenky či Chytridiales (Hrouda, 2013).
 - b. **Anizogamie** – splývají tvarově odlišné a různě velké gamety (Gryndler, Němcová, 2013).
 - c. **Oogamie** – velká nepohyblivá vaječná buňka (oosféra) splývá s pohyblivou gametou (spermatozoid) nebo nepohyblivou gametou (spermacií) (Gryndler, Němcová, 2013).

2. **Gametangiogamie** – je nejčastějším typem pohlavního rozmnožování u houbových organismů oddělení Oomycota, hub oddělení Zygomycota a u většiny zástupců z oddělení Ascomycota. Podstatou je splývání samčího gametangia (anteridium) se samičím gametangiem (oogonium nebo askogonium). Může docházet k nepříliš častým kombinacím gametangiogamie s gametogamií a somatogamií: gameto-gametangiogamie (najdeme ji u Ascomycota, kdy samčí gametangium nahrazují aplanogamety) a somato-gametangiogamie (není příliš běžná, místo jader anteridií zde fungují jádra nediferenciované somatické hyfy, u Ascomycota) (Kalina, Váňa, 2005).
- Izogametangiogamie – splývání dvou zhruba stejných gametangií.
 - Anizogametangiogamie – dochází ke splývání dvou morfologicky rozlišných gametangií (tvarově i velikostně se lišících).
 - Oogametangiogamie – anteridia jsou hormonálně¹ přitahována k oogoniím (Gryndler, Němcová, 2013).
3. **Somatogamie** – o somatogamii mluvíme v případě, že u některých skupin mohou chybět sexuální orgány (u Basidiomycota, vzácněji u Ascomycota). Dochází ke splývání protoplastů vegetativních buněk mycelia. Zvláštní kombinací typů pohlavního rozmnožování je gameto-somatogamie – spermatizace u třídy Urediniomycetes (Sharma, 1989).

3.5.3 Životní cykly hub

U hub se můžeme setkat se všemi dosud známými životními cykly (Kalina, Váňa, 2005). Životní cykly dělíme podle toho, zda v nich je nebo není začleněno pohlavní rozmnožování, zda je vegetativní buňka haploidní či diploidní, nebo zda je plazmogamie časově oddálena karyogamií (Gryndler, Němcová, 2013). Dalším typem je haplobiotický sexuální cyklus, který mají některé kvasinky a zástupci oddělení Chytridiomycota či Zygomycota (Kalina, Váňa, 2005). U haplontů je vegetativní fáze haploidní, dále při pohlavním procesu probíhá fúze jader za vzniku jedné diploidní buňky a následná okamžitá meióza. V rámci životního haplobiotického cyklu dochází k rovnocennému střídání haploidní i diploidní fáze, např. u některých zástupců skupiny Chytridiomycota. U diplobiotického sexuálního cyklu je

¹ U některých skupin hub napomáhají pohlavní hormony (feromony) přiblížení a spojení buněk opačných párovacích typů. Dále pak už probíhá fúze buněk podobně jako při tvorbě anastomóz. Zjištěny u řady hub: Oomycota, Zygomycota (*Mucor*), ale jsou známy i u Ascomycota (*Saccharomycetes*) či Basidiomycota (*Tremella*) (Hrouda, 2013). Například je tomu u *Achlya ambisexualis* (Oomycota), kde steroidní hormon antheridiol reguluje její sexuální vývoj (Brunt et al., 1990).

vegetativní fáze diploidní a haploidní fáze je omezena pouze na pohlavní buňky, které následně fúzí (Hrouda, 2013). Diplonti jsou velmi vzácní a patří k nim jenom někteří zástupci řádu Blastocladales či některé kvasinky a zástupci oddělení Oomycota (Kalina, Váňa, 2005). Sexuální cyklus s vloženou dikaryotickou fází může být buď haplo-dikaryotický nebo případně dikaryotický. Haplo-dikaryotický cyklus najdeme u heterothalických Ascomycota nebo Basidiomycota. Dikaryotický cyklus má vegetativní fázi dikaryotickou, haploidní i diploidní fáze je omezena na minimum, např. u Ustilaginomycetes (bazidie jsou pouze $2n$, bazidiospory n) (Hrouda, 2013).

3.5.4 Původ genetické variability u hub

3.5.4.1 Nepohlavní variabilita

Mutace, jako hlavní zdroj nepohlavní variability, je náhodně vzniklá dědičná změna genetické informace organismu (př. adice, delece, substituce, inverze) (Mieslerová et al., 2015). Pomocí mutagenních činidel lze mutaci záměrně navodit tak, že se činidlo nechá působit na spory či protoplasty houby. Mutagenními činidly může být ultrafialové a rentgenové záření i další chemické látky. Výsevem na živnou půdu a následnou kultivací se zjišťuje, zda spory mutaci podlehly či nikoli a popř. v jakém znaku, a je-li změna trvalá i v dalších generacích. Pomocí mutací byly vyšlechtěny všechny průmyslově pěstované druhy hub. Například se podařilo získat mutantní kmen hlívy ústříčné, který neprodukuje spory, a tím došlo k omezení alergických reakcí u zaměstnanců pěstíren (Klán, 1989).

Mutace mohou vést ke zvýšení i snížení biologické zdatnosti (fitness). Do fenotypu se snadno promítají ty mutace, které vznikly v haploidním organismu. U haploidních organismů je přirozená selekce důraznější a projeví se okamžitě, naopak je tomu u diploidních organismů. Rovněž se u těchto organismů nemůžou akumulovat mutace bez okamžitého významu, a tím nelze uchovávat genetickou variabilitu. V rámci diploidních organismů jsou mutace často recesivní u planých druhů, a proto se nemusí okamžitě projevit. Mutace se u těchto organismů akumulují a mohou se rekombinovat různými způsoby během sexuální reprodukce. Pozitivní i negativní selekce se uplatňuje ve stabilizaci mutací (Mieslerová et al., 2015).

U hub je přítomna i parasexualita, jako další zdroj nepohlavní variability (Kalina, Váňa, 2005). Parasexualita je pohlavní rekombinace dědičných determinantů mimo sexuální cyklus a vyskytuje se zejména u nepohlavně se rozmnožujících zástupců oddělení Ascomycota (Clutterbuck, 1996). Podstatou parasexuálního cyklu je to, že buňky mycelií spolu mohou za určitých podmínek splývat pomocí anastomóz. K přechodům jader může dojít u mycelia, jehož buňky obsahují buď jádra geneticky shodná, anebo mohou vycestovat do buněk jádra z kmene

geneticky rozdílného (s odlišnými vlastnostmi). Tímto druhým způsobem vzniká buňka s různými jádry (heterokaryotická buňka), která je z genetického hlediska mnohem významnější. Častěji se však stane to, že v buňkách geneticky rozdílná jádra splynou a vytvoří tak normální diploidní jádro (parasexuální cyklus). Kolonie s diploidními jádry produkují diploidní konidie, které nesou geny původních homokaryontů. Vlastnosti obou homokaryontů se projeví podle vztahu dominance a recesivity, a může dojít i k mitotickému crossing-overu (somatická rekombinace). Z diploidní konidie opět vzniká diploidní mycelium, ale často dochází mitotickou redukcí k postupnému snížení počtu chromozómů až na haploidní stav (Klán, 1989).

Význam parasexuality v přírodě není doposud znám, protože není úplně jasný důvod, proč někteří zástupci oddělení Ascomycota upustily od účinného mechanismu sexuální genetické rekombinace ve prospěch daleko více náhodného i zdánlivě méně účinného procesu. Je však známo, že některé z těchto druhů hub mají nefunkční geny pro pohlavní proces. Důvodem může být i to, že parasexualita probíhá v jakékoli fázi somatického růstu, a proto není potřeba žádných speciálních předpokladů, jako je tomu u pohlavních fází. Rovněž odpadá i náročná investice energie do vzniku specializovaných plodnic (Mieslerová et al., 2015).

3.5.4.2 Pohlavní variabilita

Hlavním mechanismem vzniku genových rekombinantů je právě sexualita. To, že se rodičovské chromozomy během meiózy párují, vede k mnohonásobnému crossing-overu. Kompletování homologních chromozómů (segregace) od dvou různých rodičů, které probíhá nezávisle, má za následek vznik dceřinných haploidních jader obsahujících různé chromozomy od obou rodičů (Mieslerová et al., 2015). Z hlediska sexuální kompatibility se u hub vyskytují druhy homothalické či heterothalické (Kalina, Váňa, 2005).

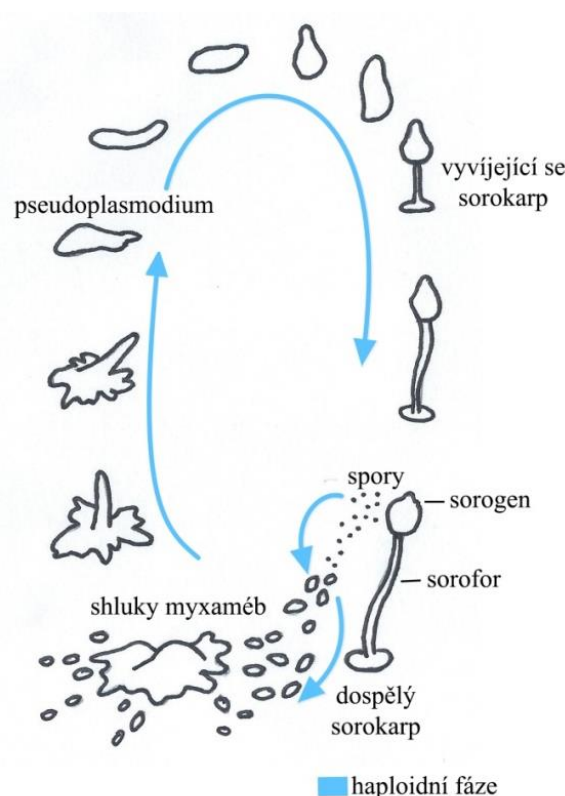
1. **Homothalické druhy** – jedná se o stav, kdy jedinec může zkompletovat sexuální cyklus na sobě samém (jedinci jsou autogamní). Následně pak dochází k uniparentní reprodukci, proto nelze na tyto druhy aplikovat biologický koncept druhu. Rekombinace u těchto druhů je omezená. Homothalismus může být součástí ekologické strategie některých druhů, nemůže na něj být však nahlíženo jako na událost budoucí speciace (Kout, 2014).
2. **Heterothalické druhy** – většinou potřebují k pohlavnímu procesu dva jedince. Kompatibilita při splývání hyf je možná pouze mezi geneticky odlišnými alelami pohlavních genů (tzv. párovací typy). Tato podmínka, aby došlo k sexuální reprodukci, je splněna při setkání jedinců různého původu (Kout, 2014).

3.5.5 Rozmnožování hub a houbám podobných organismů v rámci jednotlivých taxonomických skupin

3.5.5.1 Říše: Protozoa

3.5.5.1.1 Oddělení: Acrasiomycota – buněčné hlenky (Excavata)

Životní cyklus buněčných akrasií (Acrasiomycota), často nazývaných společenstvím améb, se výrazně liší od životního cyklu skutečných hlenek (Myxomycota). Životní cyklus u oddělení Acrasiomycota si můžeme vysvětlit u druhu *Acrasis rosea* (obrázek č. 8).



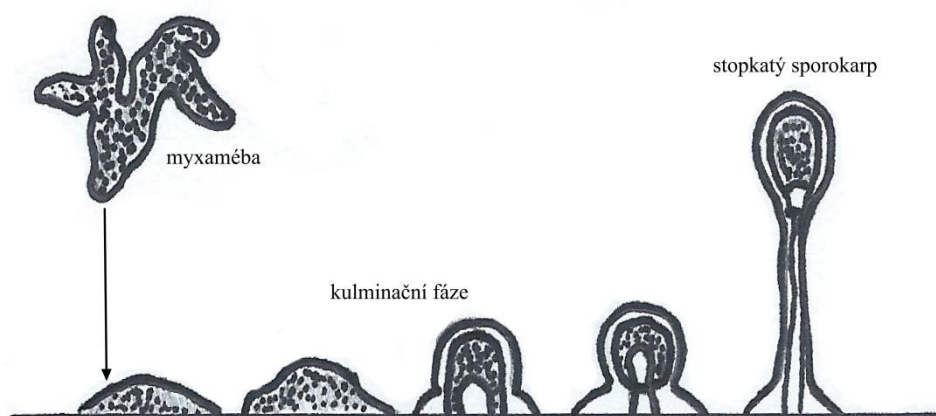
Obrázek č. 8: Životní cyklus u *Acrasis rosea* (překresleno a upraveno dle Edwards, 2000, autor perokresby: K. Křížková)

Spory jsou přenášeny větrem, vodou, hmyzem nebo jinými faktory do nového prostředí. Tyto spory umístěné v příznivém prostředí budou klíčit (ve vlhkém prostředí můžou vyklíčit i buňky soroforu) (Edwards, 2000). Ze spory se uvolní myxaméba, která má oranžovou cytoplazmu (ve všech fázích životního cyklu mají v cytoplazmě buněk oranžově pigmentované kapky lipidů) (Esser et al., 2001). Myxaméby se rozmnožují dělením a po reprodukční fázi se jednotlivé myxaméby shlukují. Shluky myxaméb následně vytvářejí oranžová pseudoplasmodia, která se časem mění na sorokarpy. V sorokarpu se myxaméby postupně rozrůžňují na nosič sorofor a sorogen. Buňky soroforu jsou oblaněné, čímž je zajištěna jeho

pevnost. Sorogen, který je umístěný na vrcholu soroforu, je stále tvořený neoblaněnými amébovitými buňkami a je paprscitě větvený do laloků, ze kterých vznikají řetízky spor s buněčnou stěnou. Tímto procesem vzniká sorokarp obklopený velmi tenkým pláštěm polysacharidového složení (Edwards, 2000). Pohlavní rozmnožování zatím nebylo pozorováno (Kalina, Váňa, 2005).

3.5.5.1.2 Oddělení: Myxomycota – hlenky (Amoebozoa)

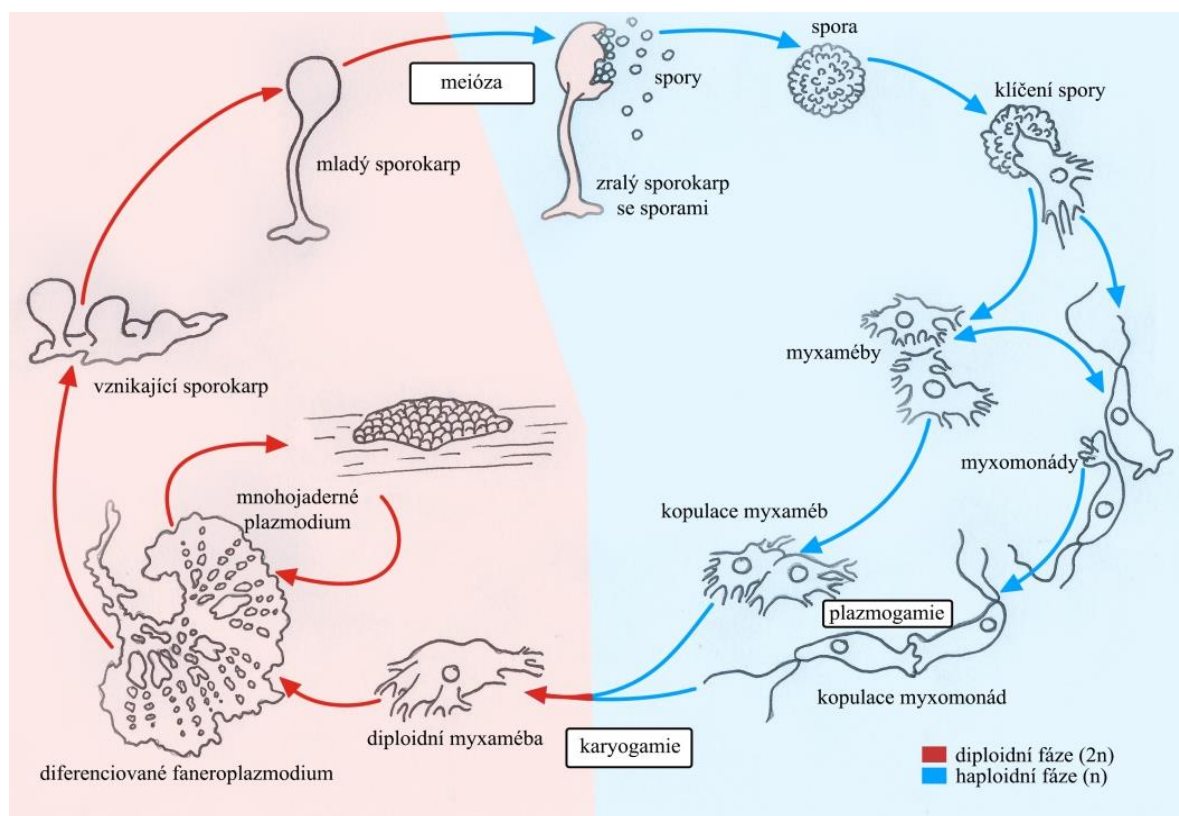
U primitivnějších druhů (např. u rodu *Nematostelium*) je poměrně jednoduchý životní cyklus (obrázek č. 9). Ze spory vyklíčí jediná myxaméba představující trofické stadium. Myxaméba vytvoří dutou stopku (během kulminační fáze), jenž nese na vrcholu jednu sporu s vlastní buněčnou stěnou. Později se oblaní a vznikne jednosporový sporokarp, který vzápětí sporu uvolní a celý cyklus se uzavře (Kalina, Váňa, 2005).



Obrázek č. 9: Životní cyklus u *Nematostelium ovatum* (upraveno dle Kalina, Váňa, 2005, autor perokresby Klára Křížková)

Životní cyklus u vlastních hlenek (Myxomycetes) zahrnuje dvě velmi odlišné trofické etapy, jedna se skládá z jaderných améb s nebo bez bičíku, a druhá etapa obsahuje výraznou mnohojadernou strukturu – plasmodium (Esser et al., 2001). Životní cyklus je haplo-diplontní s převažující diploidní fází (obrázek č. 10). Pokud jsou příznivé podmínky (teplota, vlhkost) dojde uvnitř zralé spory ke zvýšení vnitřního tlaku, spora praskne a uvolní se haploidní gamety - myxomonády či myxaméby. Myxaméby následně vytvoří bičíky a přemění se v myxomonády, které naopak mohou zatáhnout bičíky a změnit se v myxaméby. Za nepříznivých podmínek mohou myxaméby i myxomonády vytvářet cysty (Kalina, Váňa, 2005). Opačně orientovaní jedinci spolu splývají zadními konci, a tím vzniká diploidní myxaméba (při

vzniku diploidní myxomonády se zatáhnou bičíky a vytvoří se opět diploidní myxaméba). Diploidní myxaméba prochází řadou jaderných mitotických dělení za vzniku vícejaderného plazmodia. Plazmodium může být různých barev: bílá, žlutá nebo červená. Pohyb plazmodia je umožněn pomocí cytoplazmatických pseudopodií, a to díky bílkovině schopné se stahovat a roztahovat (aktin a myozin). Při přechodu z trofické do reprodukční fáze se plazmodium přestane pohybovat a prochází změnami, čímž vzniknou stonkovité útvary sporokarpy. Následně dochází k meiotickému dělení jader a vlastní plazmodium se začne měnit ve spory (Edwards, 2000). Klíčivost spor přetrvává po dobu několika desítek let. Celý životní cyklus probíhá u většiny druhů poměrně rychle, ale u některých druhů trvá pouze několik málo hodin (Kalina, Váňa, 2005).

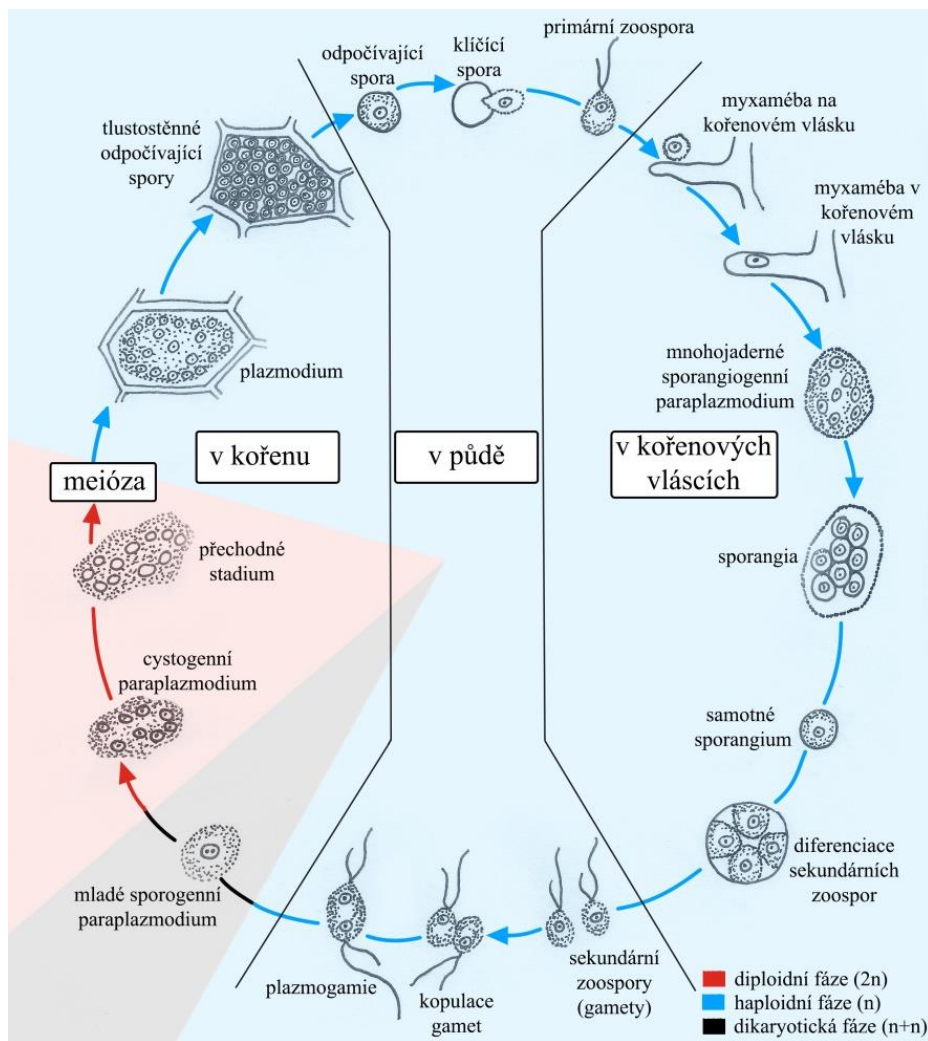


Obrázek č. 10: Životní cyklus vlastních hlenek (překresleno a upraveno dle Raven et al., 1992, autor perokresby: K. Křížková)

3.5.5.1.3 Oddělení: Plasmodiophoromycota – nádorovky (Rhizaria)

Životní cyklus u oddělení Plasmodiophoromycota je nejlépe prozkoumaný u druhu *Plasmodiophora brassicae* (nádorovka kapustová) (Váňa, 2001). Tento parazitický druh je přenášený v půdě, kde způsobuje nádory a deformace na kořenech rostlin (Kageyama, 2009). Buňky napadené parazitem se v okolí infikované buňky nezřízeně dělí, abnormálně zvětšují

(hypertrofie) i patologicky množí (hyperplazie). Jsou kulovitěho tvaru a hostitelské buňky vyplňují jako neorganizovaná hmota, někdy se však shlukují ve speciální útvary (sori). Přezimují v půdě, kam se dostávají po rozpadu napadených pletiv (Kalina, Váňa, 2005).



Obrázek č. 11: Životní cyklus u *Plasmodiophora brassicae* (překresleno a upraveno dle Kalina, Váňa, 2005 a Neelesh, 2016, autor perokresby: K. Křížková)

Plasmodiophora brassicae má ve svém životním cyklu tři etapy: přežívání v půdě, infekce kořenových vlásků a kortikální infekce (obrázek č. 11). Odpočívající spory uvolňují primární zoospory, které mají na předním konci umístěny dva různě dlouhé bičíky sloužící k jejich pohybu. Po určité době dosáhne zoospóra povrchu kořenového vlásku, kde se uchytlí a následně se encystuje (infekce kořenových vlásků) (Kageyama, 2009). U buněčné stěny hostitele se vytvoří speciální organela ve tvaru trubice s „trnem“, který má za úkol proděravět stěnu buňky a proniknout do ní. Rovněž se do hostitelské buňky přelije i cytoplazma encystované zoospory (Kalina, Váňa, 2005). Jednojaderné plasmodium se dělí a infikuje další

buňky hostitele. Později vytváří patogen uvnitř kořenových vlásků mnohojaderná sporangiální (primární) a haploidní paraplazmodia. Po určité době dochází k mitotickému dělení jader za vzniku sporangia, které obsahuje 4 až 8 jednojaderných spor. V místě dotyku se stěnou hostitele vzniká otvor, jímž se uvolňují sekundární zoospory do půdy. Proces, kdy sekundární zoospory pronikají do kortikálního systému tkání hlavních kořenů, se označuje jako kortikální infekce. Plazmogamií vzniklé dvoujaderné zoospory napadají kořeny, což tvoří základ sekundárního paraplazmodia (dvoujaderného a později mnohojaderného). Právě toto sekundární (sporogenní) paraplazmodium způsobuje vznik hypertforií i hyperplazií (Kageyama, 2009). Příčiny vzniku sporangiálního a sporogenního paraplazmodia, a tedy vztah obou fází individuálního vývoje, nejsou dosud objasněny (Kalina, Váňa, 2005).

3.5.5.2 Říše: Chromista (Stramenopila)

3.5.5.2.1 Oddělení: Labyrinthulomycota

V reprodukční fázi se vytváří sporangia, ve kterých vznikají buď zoospory či bezbičíkaté aplanospory. Zoospory mají dva bočně umístěné bičíky, přičemž delší směřuje dopředu (tužší a péřitý) a kratší dozadu (hladký). U jediného druhu je pohlavní rozmnožování izogamické (Váňa, 2001).

Buňky se nejprve seskupí na určitých místech sítě (sorus buněk), zaoblí se a obalí tenkou stěnou. Někdy může dojít k encystaci sorů (obalí se silnou stěnou). Nejčastěji probíhá několik po sobě jdoucích jaderných dělení, čehož je výsledkem 4 až 8 zoospor (vzácně aplanospor). Zoospory, které se můžou pohybovat volně až jeden den, však po styku se substrátem přicházejí o bičíky (Kalina, Váňa, 2005).

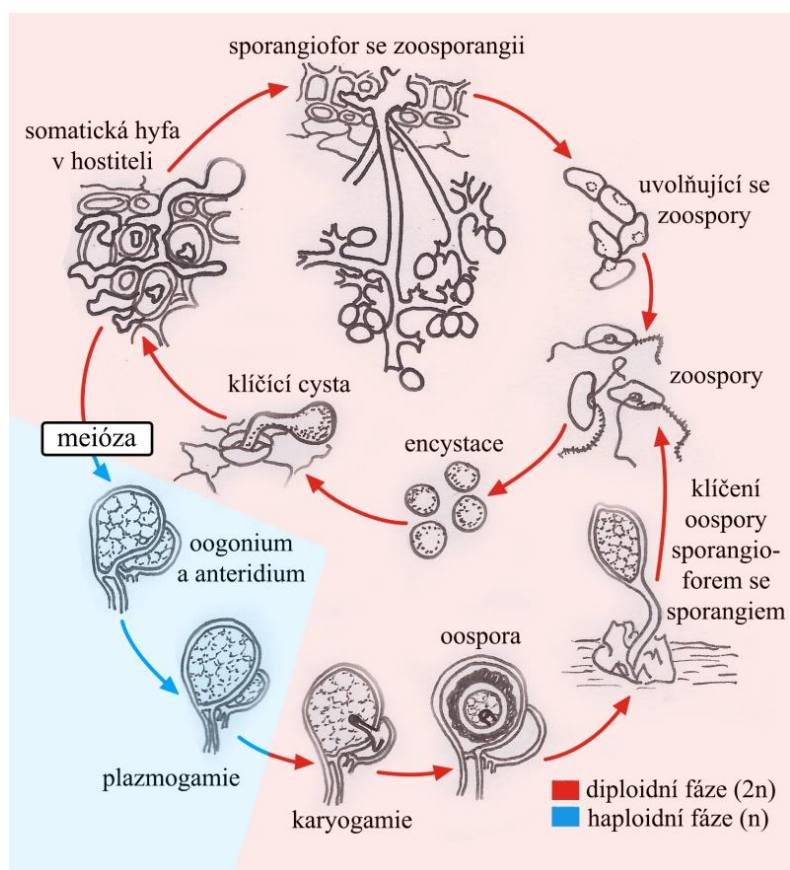
Pozn.: U druhu *Labyrinthula vitellina* bylo prokázáno, že popsáný proces tvorby zoospor je rovněž fází pohlavního cyklu. Tzn., že první jaderné dělení je redukční, vzniklé zoospory jsou meiospory a seskupení buněk je diploidní (Kalina, Váňa, 2005).

3.5.5.2.2 Oddělení: Oomycota – houby vaječné

- **Nepohlavní rozmnožování**

U skupiny Oomycota je nepohlavní rozmnožování značně variabilní. U některých zástupců se přemění celá stélka ve sporangium. Častěji se však mnohojaderné sporangium oddělí od zbytku vegetativní stélky. Spory se tvoří uvnitř sporangií, zřídka až ve váčku, který vyhřezne ze sporangia. Dvoubičíkaté zoospory jsou jedním z hlavních znaků celé skupiny, ale existuje malé procento zástupců, kteří zoospory nevytvářejí (Crous et al., 2009). Většina zástupců má pouze pleurokontní zoospory s bočně umístěnými bičíky (sekundární zoospory).

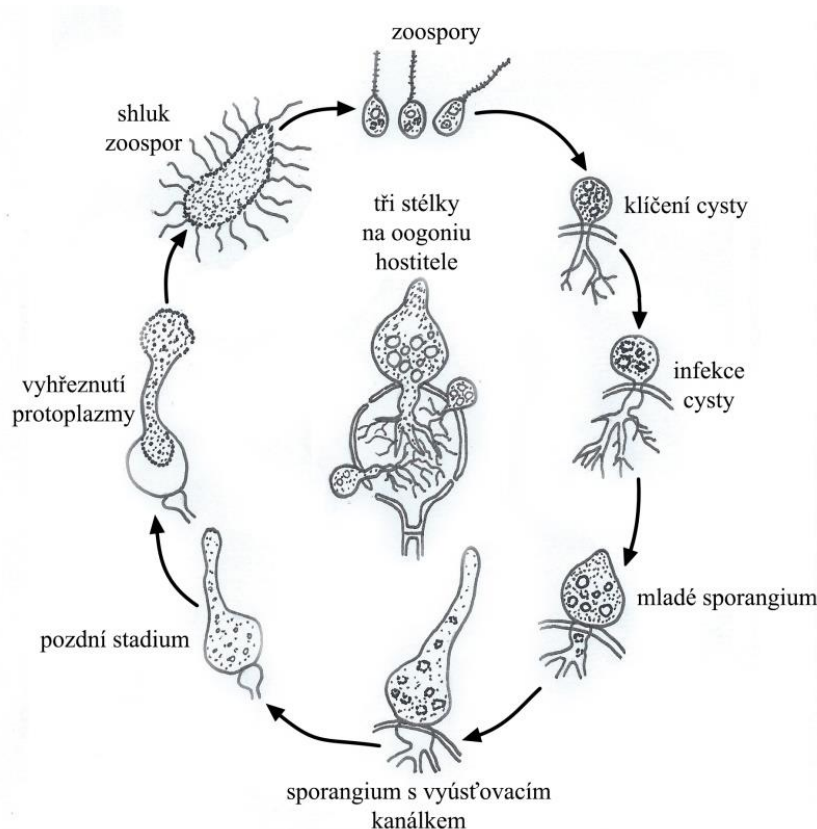
Takové druhy označujeme jako monomorfní. Pokud jsou přítomny oba morfologicky odlišné typy zoospor, jedná se o dimorfní druhy, např. u druhů řádu Saprolegniales se nejprve vytváří bičíky akrokontní umístěné apikálně (primární zoospory), až následně po encystaci se vytváří sekundární zoospory. Vzácněji se mohou vyskytovat ještě další alternativy – polyplanetismus (sekundární zoospory se uvolňují ze sporangia a mohou encystovat několikrát po sobě; sekundární zoospory opět vyklíčí z cyst) a aplanetismus (z encystovaných zoospor uvnitř sporangia nevznikají bičíkaté sekundární zoospory, ale vyklíčí pouze aplanospory) (Kalina, Váňa, 2005). U skupiny Peronosporales se většinou objevuje přímé klíčení, kdy celé sporangium klíčí hyfou a plní zde funkci jednosporového sporangia. Přímé klíčení je opakem nepřímého klíčení, které probíhá za účasti zoospor. Speciální hyfy, které nesou sporangia, se označují jako sporangiofory (Crous et al., 2009). Vyjma zoospor se u této skupiny vyskytují ještě chlamydozoospory. Chlamydozoospory jsou tlustostěnné bezbičíkaté modifikované části somatických hyf, sloužící především k přečkání nepříznivých podmínek (Kalina, Váňa, 2005).



Obrázek č. 12: Životní cyklus *Plasmopara viticola* (překresleno a upraveno dle Kalina, Váňa, 2005, autor perokresby: K. Křížková)

- **Pohlavní rozmnožování**

Pohlavní rozmnožování je u této skupiny označováno jako oogametangiogamie (obrázek č. 12). V tomto případě nedochází k tvorbě volných gamet. Po kontaktu anteridia s oogoniem vycestují samčí jádra kopulačními kanálky do oogonia. Anteridium má kyjovitý tvar a vzniká na zvláštní anteridiální větvi, kde je pomocí hormonů přitahováno k oogoniu. Kulovitá nebo oválná oogonia obsahují jednu nebo více oosfér. Z oplozené oosféry následně vzniká tlustostěnná oospora (zygota), která obsahuje charakteristickou vakuolu se zásobními látkami (ooplast) a jedno či více jader. Oospora vyklíčí v klíční hyfy. Na konci klíční hyfy se buď vytvoří zoosporangium, anebo se hyfa rozvětví a vyroste v novou stélku (Gryndler, Němcová, 2013).



Obrázek č. 13: Životní cyklus u druhu *Rhizidiomyces apophysatus* (Hyphochytriales) (překresleno a upraveno podle Váňa, 2001, autor perokresby: K. Křížková)

3.5.5.2.3 Oddělení: Hyphochytriomycota

U většiny druhů z oddělení Hyphochytriomycota najdeme charakteristické vegetativní stélky a nepohlavní rozmnožování pomocí zoospor (obrázek č. 13). Zoosporangia jsou opatřena vyúst'ovacím kanálkem či papilou. V zoosporangíích se zoospory tvoří extrasporangiálně (mimo sporangium) s jediným přitým bičkem na anteriorním konci buňky. Tento znak

odděluje Hyphochytriomycota od zástupců říše Chromista, kteří mají bičíky dva. Zoospory mají rovněž schopnost vytvářet cysty (Esser et al., 2001). V centru zoospory je jádro, které vybíhá až ke kinetozomu. Jádro je obaleno nesouvislým endoplazmatickým retikulem, v horní části buňky je kolem jádra kuželovitý obal z mikrotubulů, ve střední části buňky jsou kolem jádra rozptýleny ribozomy. Mitochondrie nalezneme spíše v okrajových částech buňky. Zadní konec zoospory vyplňuje velká tuková kapička. Sexuální reprodukce u této skupiny není doposud známa. (Kalina, Váňa, 2005).

3.5.5.3 Říše: Fungi – houby (Opisthokonta)

3.5.5.3.1 Oddělení: Chytridiomycota – houby buněkotvaré

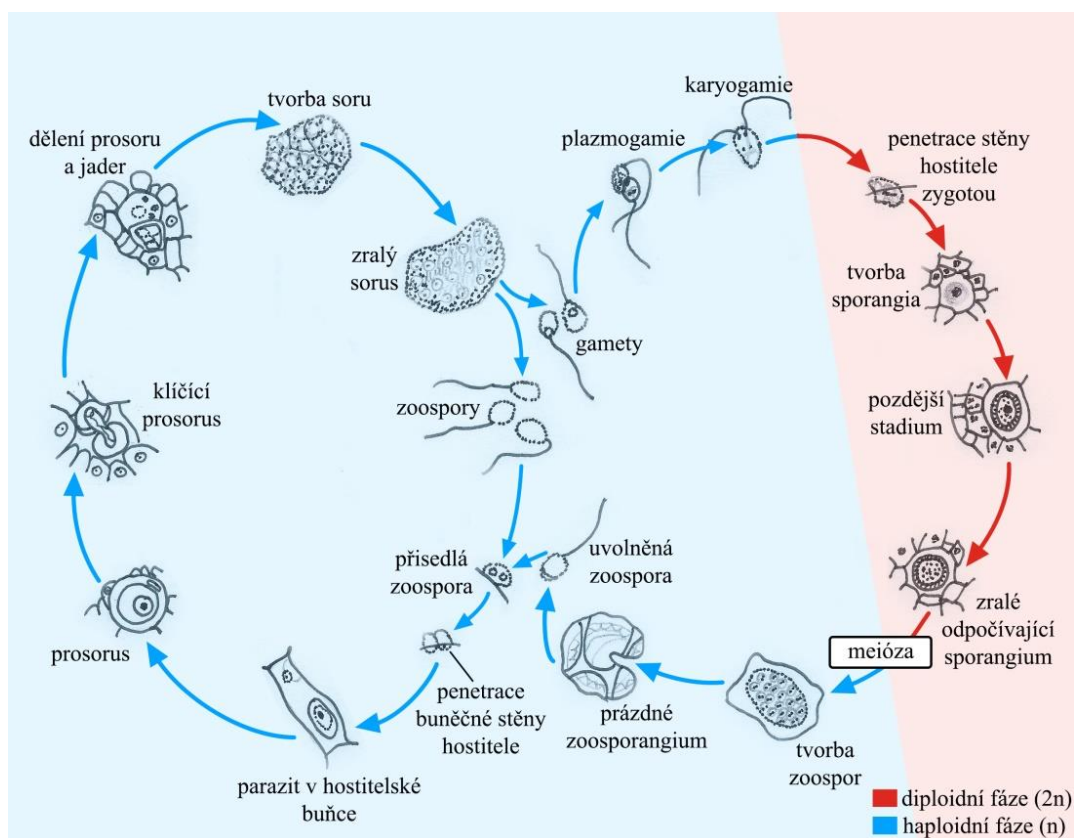
- **Nepohlavní rozmnožování**

Při nepohlavním rozmnožování se ve sporangii vytvářejí většinou jednobíčíkaté zoospory. Bičík je hladký a umístěn na zadním konci zoospory (opisthokontní) (Rosypal et al., 2003). Nejprimitivnější druhy mají jediné zoosporangium (monocentrické typy). U složitějších myceliálních organismů vzniká na stélce většinou více zoosporangií, která jsou navzájem spojena myceliem (polycentrické typy). Zoosporangia jsou zpočátku mnohoaderná, po dozrání se jejich obsah rozdělí na jednojaderné části, z nichž následně vznikají jednotlivé zoospory. Zoosporangium se může otevírat víčkem (operkulátní typy) nebo jiným způsobem, zejména však štěrbinou (inoperkulátní typy). Dále můžeme určit polohu stélky vzhledem k hostiteli nebo substrátu - zoosporangium se utváří na povrchu hostitele nebo substrátu, s rhizoidy (epibiotický typ), zoosporangium či mycelium se vytváří uvnitř hostitele nebo substrátu (endobiotický typ) nebo se zoosporangium může tvořit volně na myceliu zasahujícím do několika hostitelů (interbiotický typ) (Hrouda, 2008).

- **Pohlavní rozmnožování**

U nejjednodušších druhů se zoospory za určitých podmínek mohou chovat jako gamety, a jsou schopny vzájemné kopulace. Pokud se jedná o morfologicky stejné, ale fyziologicky různé gamety (gamety, které vznikají ze stejného gametangia, nejsou schopny spolu navzájem kopulovat), hovoříme o izogametogamii. U skupiny Chytridiomycota byl zaznamenán i další typ pohlavního rozmnožování jako anizogametogamie (odlišení gamet nejen velikostí ale i barvou) (Kalina, Váňa, 2005). Pokročilejším typem pohlavního rozmnožování je u této skupiny oogamie, kdy je v samičím gametangiu (oogoniu) umístěna nepohyblivá samičí gameta (oosféra). Oosféra je oplodněna pohyblivou samčí gametou, jež se uvolní ze samčího gametangia (antheridia). Výsledkem je diploidní zygota klíčící po redukčním dělení. Životní cyklus je nejčastěji haplobiotický, avšak vzhledem k různorodosti pohlavního rozmnožování

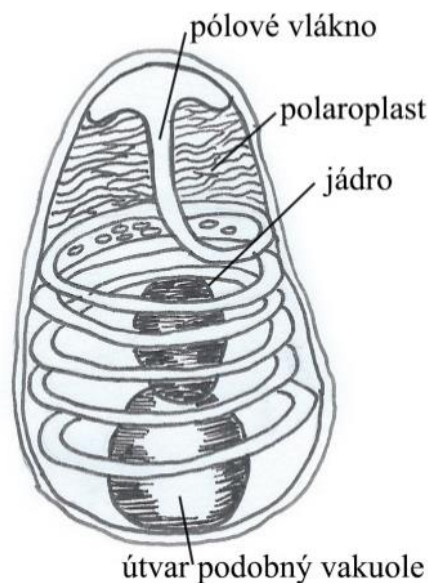
jsou známé i haplo-diplobiontické typy či vzácněji diplobiontické typy (obrázek č. 14). U některých druhů není pohlavní rozmnožování doposud známo (Rosypal et al., 2003).



Obrázek č. 14: Životní cyklus u *Synchytrium endobioticum* (Chytridiales) (překresleno a upraveno podle Kalina, Váňa, 2005 a Kritartha, 2016, autor perokresby: K. Křížková)

3.5.5.3.2 Oddělení: Microsporidomycota - mikrosporidie

U oddělení Microsporidomycota je známo pouze vegetativní stadium. Obsah spory se v podobě primitivní buňky (sporoplazma) dostane injekčním mechanismem do hostitelské buňky (obrázek č. 15). Sporoplazma dále vyrůstá v dělicí útvar – meront, který se uvnitř buněk hostitele rychle zvětšuje i množí, infikuje další buňky a utváří spory s buněčnou stěnou z chitinu. Spory jsou schopné přežít i mimo hostitelskou buňku. Obsah spor je rozčleněn do tří speciálních organel (kromě jádra) - pólové vlákno (je spirálně stočené podél vnitřní stěny spory), polaroplast (sloupec membrán a měchýřků) a vakuole podobný útvar. Chemickým podrážděním se spora aktivuje v zaživacím traktu hostitele a vymrští pólové vlákno do buňky, kterým může obsah spory (sporoplazma), za pomoci tlaku vakuoly, přetéct kanálkem do buňky hostitele (Gryndler, Němcová, 2013). Následně se buňky dělí a probíhá uzavřená mitóza. Spory se z hostitele uvolní buď při defekaci, nebo po smrti rozpadem tkání (Hrouda, 2008). Pohlavní proces není zatím prokázán v žádné fázi vývojového cyklu (Kalina, Váňa, 2005).



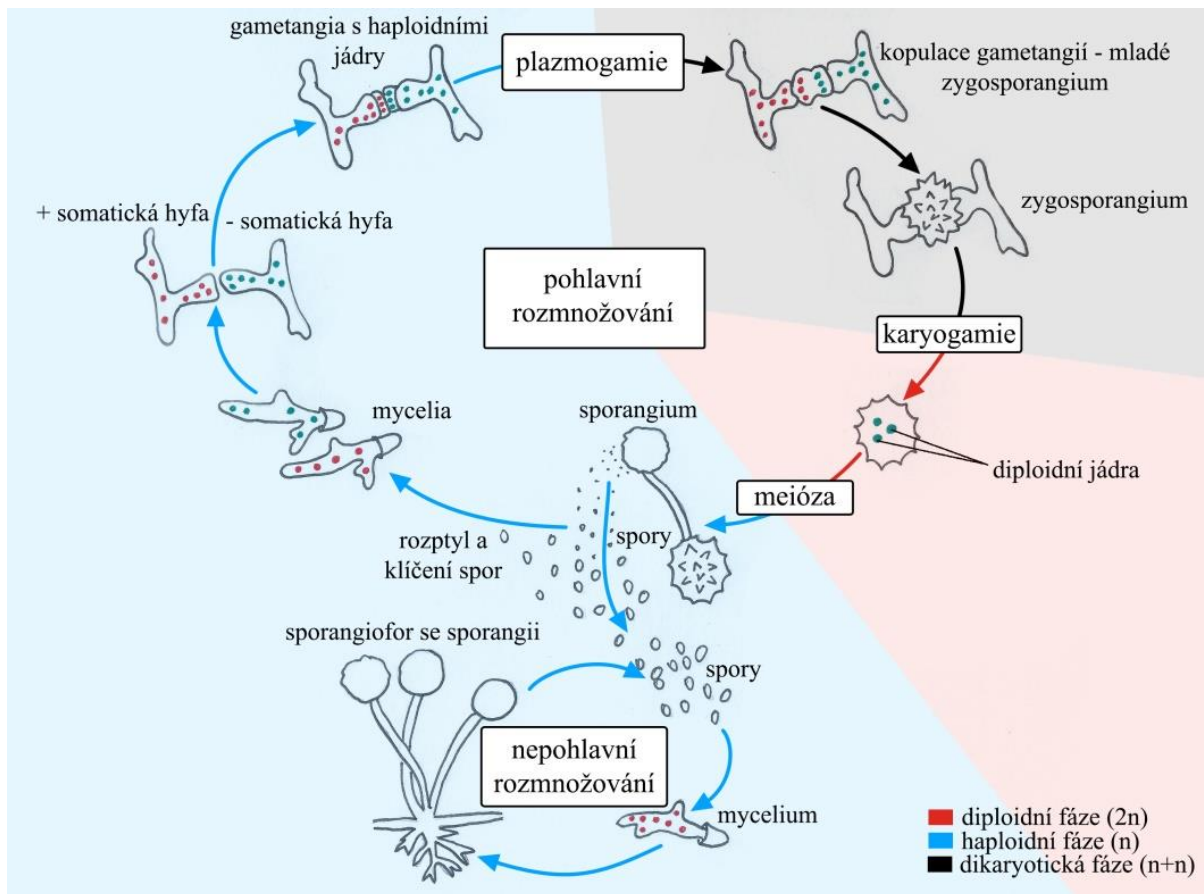
Obrázek č. 15: Stavba spory u zástupců mikrosporidií (překresleno dle Rosypal et al., 2003, autor perokresby: K. Křížková)

3.5.5.3.3 Oddělení: Zygomycota – houby spájivé

- **Nepohlavní rozmnožování**

Během nepohlavního rozmnožování spory vznikají endogenně, většinou ve sporangiiích (Raven, Johnson, 2001). Vývojově dochází u této skupiny k redukci počtu spor ve sporangiiích i přechodu k jednosporovým sporangiiím. Mezi další způsoby rozmnožování patří i tvorba artrospor, trichospor, chlamydospor, blastokonidií či ojediněle i kvasinkových buněk (Kalina, Váňa, 2005).

U třídy Zygomycetes se nepohlavní rozmnožování vyskytuje mnohem častěji než pohlavní. Během nepohlavního rozmnožování se tvoří speciální hyfy sporangiofory, na jejichž koncích vznikají sporangia se sterilním sloupkem kolumelou. Ve sporangiiích se tvoří sporangiospory, které se mohou šířit pomocí vnějšího činitele (popř. větrem) na jiný substrát. Hyfy jsou mnohojaderné, septa oddělují pouze gametangia nebo sporangia (Raven, Johnson, 2001).

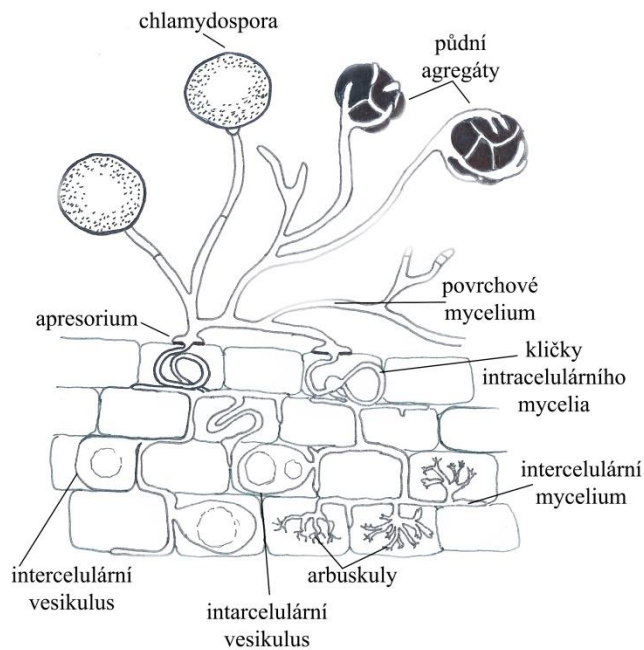


Obrázek č. 16: Životní cyklus u *Rhizopus stolonifer* (Mucorales) (překresleno a upraveno podle Raven, Johnson, 2001, autor perokresby: K. Křížková)

- **Pohlavní rozmnožování**

Pohlavní rozmnožování u oddělení Zygomycota je charakterizováno splýváním dvou gametangií, což má za následek vznik zygosporangia s jedinou diploidní zygosporou, kde dochází k meióze (obrázek č. 16). V některých případech může být karyogamie časově opožděná za plasmogamií, přesto však není přítomna skutečná dikaryofáze. Do tohoto oddělení patří i skupiny, u nichž není pohlavní rozmnožování doposud známo (Kalina, Váňa, 2005).

Životní cyklus u třídy Zygomycetes je tvořen splýváním dvou stejných gametangií, kdy se jedná o izogametangiogamii či anizogametangiogamii. Gametangia mohou být tvořena na odlišných myceliích (heterothalické druhy) nebo na stejném myceliu (homothalické druhy). Opačně laděné párové kmeny gametangií mohou růst společně, jejich jádra následně splývají. Po splnutí vzniká zygosporangium, které obsahuje vždy jedinou zygosporu s vlastnostmi trvalé spory. U některých zástupců partenogeneticky vznikají azygospory. Meióza se vyskytuje buď při zrání, nebo až při klíčení zygospory. Kromě zygotových jader jsou všechna jádra u Zygomycetes haploidní (Raven, Johnson, 2001).



Obrázek č. 17: Arbuskulární mykorhiza u *Glomus* sp.

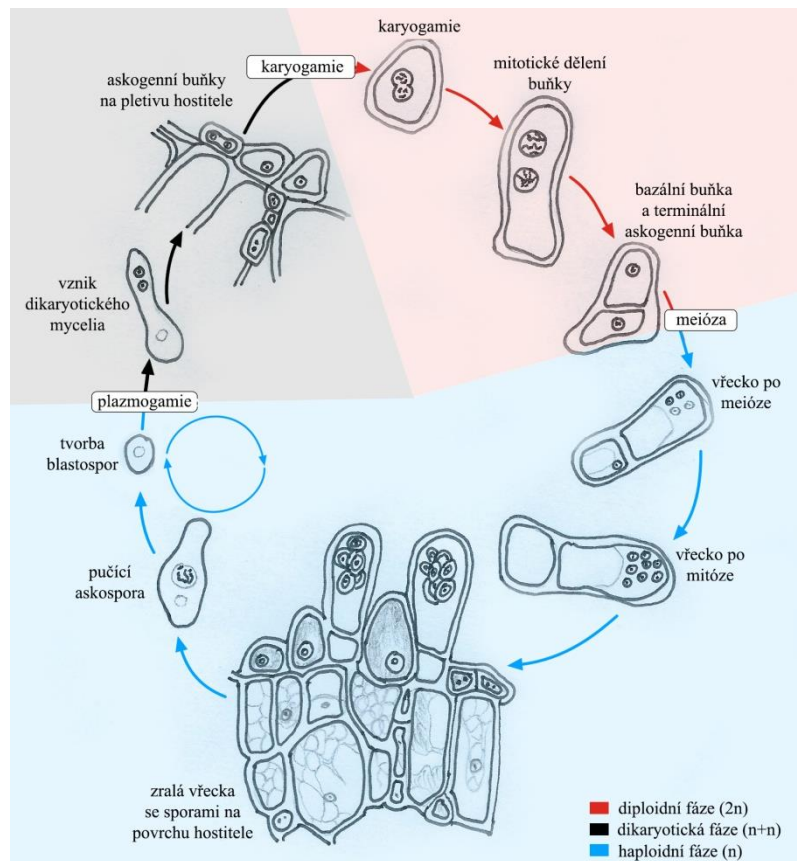
(překresleno a upraveno z Kalina, Váňa, 2005, autor perokresby: K. Křížková)

3.5.5.3.4 Oddělení: Glomeromycota

Dosud neexistují žádné důkazy o tom, že se Glomeromycota rozmnožují pohlavně. Žádné molekulární studie neprokázaly u těchto organismů schopnost se geneticky rekombinovat, proto existuje obecný předpoklad, že jsou spory tvořeny nepohlavně. Rovněž existují protichůdné názory, zda jsou jádra v myceliu a spory z jednoho organismu geneticky shodná, či nikoli. Za příznivých podmínek spory klíčí a na kořenech hostitelských rostlin vytváří apresoria, čímž vzniká nová mykorhizní symbióza (obrázek č. 17). Apresorium je infekční struktura vznikající na klíčném vlákně parazitické houby, která v místě kontaktu přilne k povrchu rostliny („houbová přísavka“). Nové spory se mohou utvářet na myceliu buď uvnitř, nebo vně kořene. Kromě rozmnožování pomocí spor, mohou i některé druhy ze skupiny Glomeromycota penetrovat hostitelské rostliny pomocí fragmentů hyf v půdě (Redecker, 2001).

3.5.5.3.5 Oddělení: Ascomycota – vřecovýtrusé houby

Vegetativní stélku tvoří přehrádkované mycelium, kolonie buněk či pučivé pseudomycelium. Dikaryotická fáze je pouze v plodnicích (askomatech) v podobě askogenních hyf. U řádu Taphrinales představuje dikaryotickou fázi mycelium. Teleomorfní stadium se na úrovni pododdělení odlišuje, proto bude podrobněji popsáno dále v textu. U převážné většiny druhů, zejména parazitických, však časově převládá anamorfa (Kalina, Váňa, 2005).



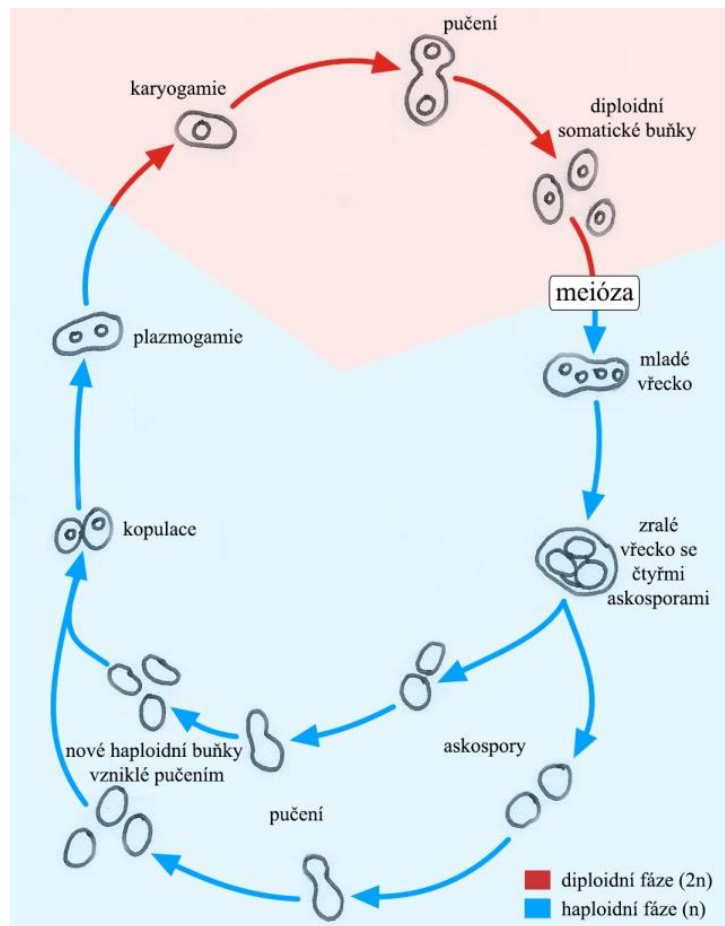
Obrázek č. 18: Životní cyklus u *Taphrina deformans* (Taphrinales) (překresleno a upraveno z Mehak, 2016, autor perokresby: K. Křížková)

Pododdělení: Taphrinomycotina

Teleomorfy vytvářejí vřečka s endogenními askosporami, avšak askogenní hyfy zde chybí. U třídy Taphrinomycetes se můžeme již setkat s pravou dikaryotickou fází (obrázek č. 18). Kopulací blastospor vzniká dvoujaderná buňka, ze které následně vyrůstá dikaryotické mycelium, na němž se tvoří vřečka. V rámci oddělení Ascomycota je to jediný případ vzniku vegetativního dikaryotického mycelia. Stěna vřecka se rozruší na předem určeném místě, na rozdíl od kvasinek, a z uvolněných askospor se pučením oddělují blastospory (Hrouda, 2013).

Pododdělení: Saccharomycotina

U nepohlavního rozmnožování se pučením tvoří dceřiné buňky, které můžeme označit jako blastospory (v podstatě jsou to však konidie). Poté, co dceřiné blastospory odpadnou, zůstanou na povrchu mateřské buňky zřetelné jizvy. Při nepohlavním rozmnožování může dojít i k prostému dělení buněk. U vláknitých typů hub se můžou někdy vytvářet artrospory či jiné druhy konidií (Gryndler, Němcová, 2013).

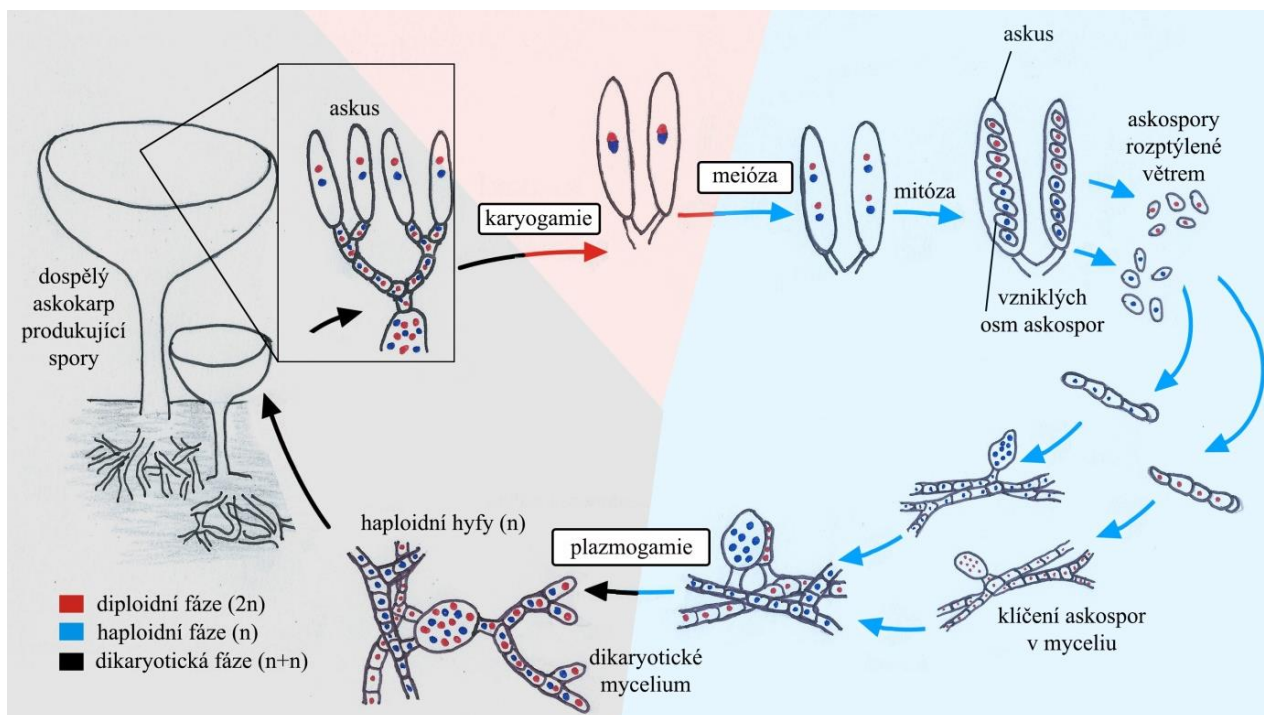


Obrázek č. 19: Životní cyklus u *Saccharomyces cerevisiae* (překresleno a upraveno z Samiksha, 2016, autor perokresby: K. Křížková)

Pohlavní rozmnožování probíhá nejčastěji somatogamicky. U některých vláknitých druhů hub spolu kopulují nepřilís diferencovaná gametangia. Výjimečně byla pozorována i kopulace aplanogamet. Vzniklá diploidní zygota se bezprostředně mění ve vřecko. Vřecka se tvoří jednotlivě či v řetězcích. Askospory, uvolňující se rozpadem stěny vřeka nebo pórem na jeho vrcholku, vznikají buď po čtyřech či naopak ve velkém počtu. Životní cyklus je haplobiontní, diplobiontní nebo haplo-diplobiontní (s izomorfičkou, vzácněji s heteromorfičkou rodozměnou) (obrázek č. 19) (Gryndler, Němcová, 2013).

Pododdělení: Pezizomycotina

Nepohlavní rozmnožování je u této skupiny velmi časté. Probíhá nejčastěji pomocí konidií, dělením (vzácněji) nebo fragmentací stélky. Pučení je u tohoto pododdělení vzácné (Gryndler, Němcová, 2013).



Obrázek č. 20: Životní cyklus u Pezizomycotina (Ascomycota) (překresleno a upraveno podle Raven, Johnson, 2001, autor perokresby: K. Křížková)

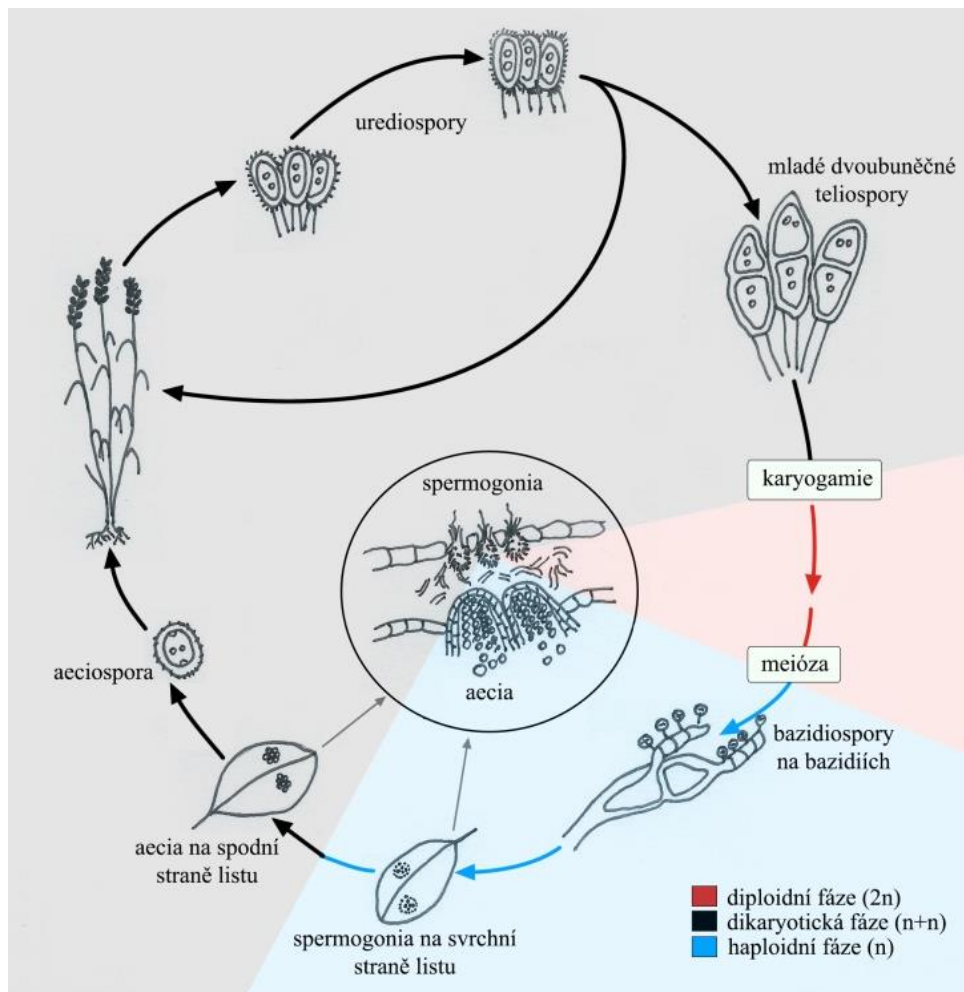
Pohlavní proces probíhá pomocí gametangiogamie, popř. dalších modifikací tohoto základního procesu (obrázek č. 20). Samčí větev mycelia nese anteridium, samičí několik askogonů, které jsou kulovitěho tvaru s jedním nebo i několika vláknitými výrůstky (trichogyny). Askospora vyklíčí v haploidní mycelium (monokaryotické). Na myceliu se vytvoří gametangia - samčí gametangium je anteridium, samičí jsou askogony (Hrouda, 2008). Po kontaktu anteridia s trichogynem začne migrovat plazma do askogonu. Zároveň do askogonu přechází i jádra z anteridia. Dochází k plazmogamii a párování jader. Na askogonu se začnou vytvářet výrůstky, které jsou základem pro vznik askogenních hyf. Tyto hyfy jsou dikaryotické. Na jejich špičkách se tvoří vřecka, kde dochází ke karyogamii (Boenigk et al., 2015). Pro některé druhy je typické i hákování hyf, kdy se zakříví terminální buňka a vznikne vřecko. Mladé vřecko se tak stane zygotou, a tedy jedinou diploidní buňkou celého životního cyklu. Každá zygota okamžitě prochází meiózou za vzniku čtyř dceřiných haploidních jader. Následuje mitóza a výsledkem je osm haploidních jader, která se po vytvoření buněčné stěny stanou askosporami. Askospory můžeme označit jako endogenní meiospory. Mezi důležité znaky patří i typ otevíracího aparátu vřecka (Raven, Johnson, 2001). Životní cyklus je haplo-dikaryotický. Vegetativní mycelium i plodnice jsou haploidní, zygota je diploidní a askogenní hyfy jsou dikaryotické (Kalina, Váňa, 2005).

3.5.5.3.6 Oddělení: Basidiomycota – stopkovýtrusé houby

Třída: Urediniomycetes

Rzi jsou obligátně biotrofní parazitické houby, které mají zpočátku jednojaderné později i dvoujaderné mycelium. Intercelulární mycelium vysílá haustoria do buněk hostitele. Napadené buňky hostitele nebývají usmrcovány, ale přítomnost parazita může způsobovat hypertrofii či hyperplazii. U některých druhů se vytváří uvnitř přetrvávajících orgánů hostitele vytrvalé (perenující) mycelium. Toto perenující mycelium může způsobit vznik nádorů či tvorbu značně nápadných čarověnků. Na myceliu se tvoří jednoduché póry (dolipóry chybí). U hyf se přezky vyskytují pouze ojedinele. Místo bazidiomat se obvykle pod epidermis hostitele tvoří myceliální kupky (sori) s výtrusy, k jejichž obnažení dojde až po prasknutí epidermis. V závislosti na individuálním vývoji se tvoří několik typů nepohlavních výtrusů. (Kalina, Váňa, 2005).

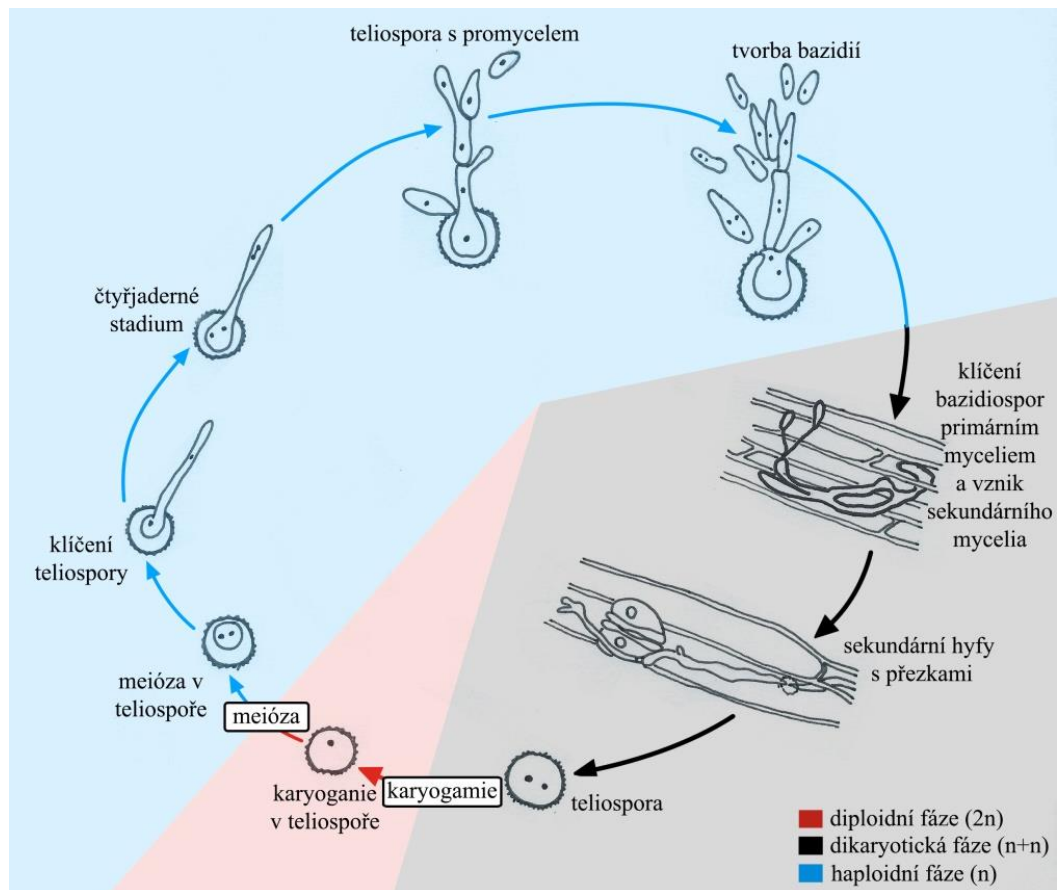
Všichni zástupci rzi jsou parazité rostlin (např. u druhů rodu *Puccinia* – na travách, různí mezihostitelé). U řady zástupců se vyskytuje pro houby unikátní jev – střídání hostitelů. V případě dvoubytných (dioecických, heteroecických) druhů se přechod na druhého hostitele z odlišné čeledi cévnatých rostlin děje v dikaryofázi. Naopak druhy jednobytné (monoecické, autoecické) hostitele nestřídají (Kalina, Váňa, 2005). Vývojový cyklus dvoubytné rzi je na obrázku č. 21. Haploidní fáze je závislá na mezihostiteli, kde bazidiospora vyklíčí v hyfu, která začne infikovat tkáň hostitele (místo infekce se zbarví slabě oranžově). Pod svrchní epidermis se vytvoří ložisko drobných bradaviček – spermogonia, na nichž se z hyf odškrcují spermacie (samčí gamety) a spolu s nimi se vytváří čirá, nasládlá tekutina (nektar). Nektar přiláká hmyz, který přeneseme spermacie na receptivní hyfy vyrůstající z ústí spermogonií. Pokud se dostane spermacie na opačně laděnou receptivní hyfu dochází k oplození a vzniká dikaryotická buňka. Dikaryotická buňka je základem pro tvorbu ložisek – aecií (prášilek), v nichž následně vznikají dikaryotické spory – aeciospory (jarní výtrusy). Vyklíčené aeciospory se na hlavním hostiteli rozvíjí v dikaryotické mycelium, které vytvoří po určité době uredie s urediosporami (letní výtrusy). Nákaza se dále šíří během vegetační sezóny, až před dozráním hostitele se vytvoří v místech urediospor ložiska - telia s teliosporami. Teliospory (zimní výtrusy) jsou sporami přetrvávajícími a nejsou infekční (na rozdíl od krátce žijících a rychle klíčících urediospor), mají funkci probazidie a dochází v nich ke karyogamii. Každá buňka teliospory po období klidu klíčí v bazidie (příčně přehrádkované), kde probíhá meióza za vzniku čtyř haploidních buněk se čtyřmi bazidiosporami (sporidiemi). Řada druhů může mít životní cyklus zkrácený o jednu nebo i více fází (Hrouda, 2008).



Obrázek č. 21: Životní cyklus rzi travní *Puccinia graminis* (Uredinales) – hlavní hostitel trávy (Poaceae) a mezihostitel list dřívěálu (překresleno a upraveno Kalina, Váňa, 2005, autor perokresby: K. Křížková)

Třída: Ustilaginomycetes

Sněti prašné (Ustilaginales) jsou obligátní parazité se silně redukovanou haploidní fází. Jsou vysoce specializovaní parazité cévnatých rostlin (druhy rodu *Ustilago* – na travách, *Anthracoidea caricis* – na ostrčích). Jejich specializace je nejen na hostitele, ale i pouze na některé nadzemní orgány (listy, květy). Při nepohlavním rozmnožování prorážejí hyfy na povrch hostitele a odškrcují dikaryotické blastospory, čímž následně vzniká infekce (Hrouda, 2008). Dikaryotické mycelium vzniká somatogamickou kopulací primárních mycelií, kopulací bazidiospory s primárním myceliem, ale i vzájemnou kopulací dvou sekundárních spor vzniklých pučením z bazidiospor. Často se tvoří kvasinkovité kolonie, které potom nahrazuje primární mycelium (Kalina, Váňa, 2005).



Obrázek č. 22: Životní cyklus prašné sněti kukuřičné *Ustilago maydis* (Ustilaginales) (překresleno a upraveno Kalina, Váňa, 2005, autor perokresby: K. Křížková)

Sekundární (dikaryotické) mycelium tvoří přezky, má jednoduché póry a je intercelulární s haustorií. Bazidiomata se nevytvářejí. Na dikaryotickém myceliu vznikají tlustostěnné teliospory (chlamydospory), v nichž dochází ke karyogamii (obrázek č. 22). U některých druhů mohou teliospory tvořit typické shluky, které pasivně vypadávají a jsou roznášeny větrem. Po klidovém stadiu vyrostle z teliospory promycel, probíhá zde meióza a promycel se stává metabazidií (příčně přeřádkovanou). Každé jádro v metabazidii se mitoticky rozdělí a jedno z dceřiných jader se přemístí do bazidiospor (sporidie), které spolu mohou kopulovat rovnou nebo spolu kopulují až buňky z nich vynučené. Vzniká dikaryotické mycelium a následná infekce. Infekce často napadá embrya. Po vyklíčení sněť začne prorůstat rostlinou a projeví se až v dospělosti, kdy dojde k přeměně obsahu plodu v masu chlamydospor (Hrouda, 2008).

Sněti mazlavé (Tilletiales) mají shodný způsob života jako sněti prašné – jsou to obligátní parazité tvořící ložiska teliospor (Kalina, Váňa, 2005). Odlišují se však řadou podstatných znaků: nevytváří se primární mycelium, na dikaryotickém myceliu jsou primitivní dolipory (ale ještě i jednoduché póry) a mají holobazidie. Hostitele infikuje dikaryotická hyfa.

Infekce není předem v embryu, ale nejčastěji probíhá v půdě při klíčení rostliny. Při tvorbě chlamydospor se v infikovaných orgánech často vytváří páchnoucí ložiska se zbytky hyf (například druhy rodu *Tilletia* aj.) (Hrouda, 2008).

Třída: Agaricomycetes

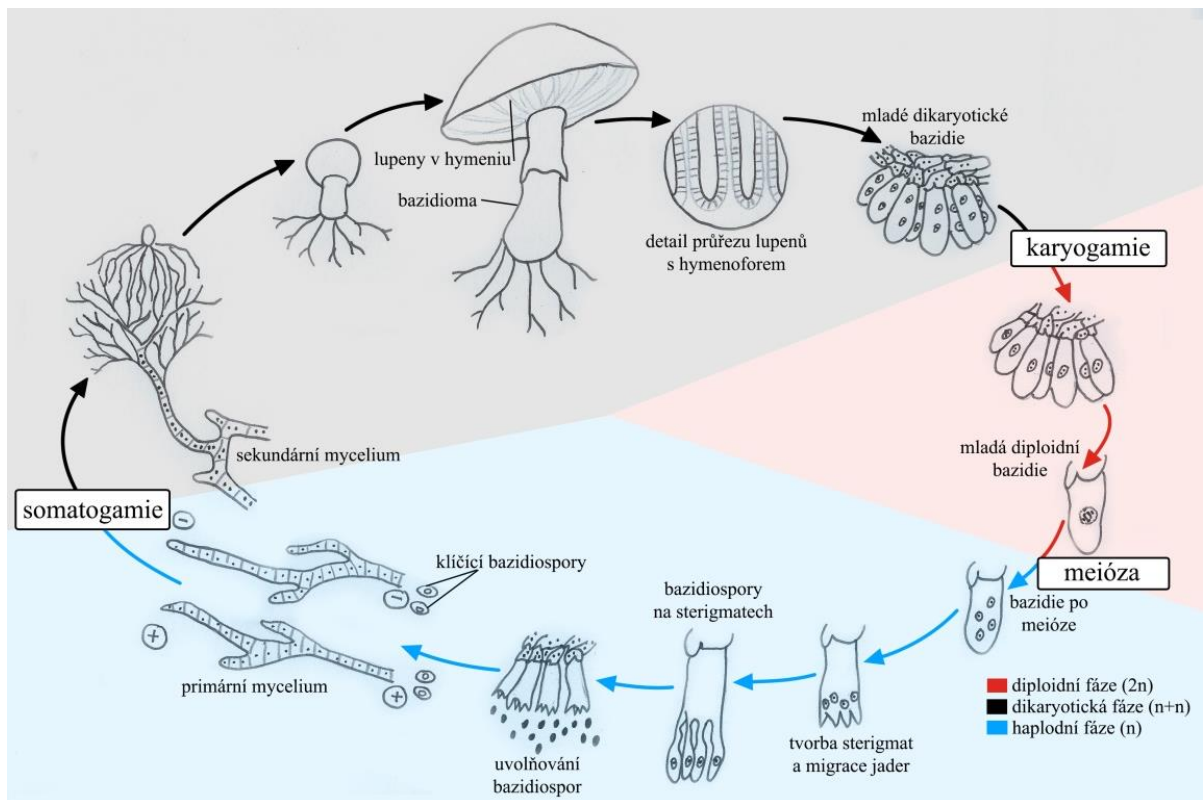
Vegetativní stélka je tvořena vláknitým a dobře vyvinutým myceliem. Mycelium je přehrádkované s dolipóry. U rzí a snětí jsou pouze jednoduché póry. Jednojaderné primární mycelium vzniká klíčením bazidiospory a nemá dlouhého trvání. Sekundární mycelium je dikaryotické a je převažující formou životní fáze většiny zástupců. Vzniká kopulací dvou buněk primárního mycelia. V buňkách probíhají konjugované mitózy, které jsou spojené s tvorbou přezek (může existovat dlouho i bez vytvoření plodnic). K vytvoření plodnic jsou zapotřebí specifické a vhodné podmínky. Dikaryotické terciální mycelium je potom tvořeno specializovanými pletivy plodnic (Gryndler, Němcová, 2013).

- **Nepohlavní rozmnožování**

Nepohlavní rozmnožování bylo u této skupiny považováno za nevýznamné, a to zejména proto, že anamorfy jsou nenápadné a spojené s dominující teleomorfo. K nepohlavnímu rozmnožování slouží nejen fragmentace mycelia, ale častěji blastospory a artrospory, vzácně i další konidie. Nepříznivé podmínky přechávají pomocí chlamydospor i různých sklerocií. Anamorfa většinou vzniká na diakaryotickém myceliu (Kalina, Váňa, 2005).

- **Pohlavní rozmnožování**

Zástupci skupiny Agaricomycetes nemají pohlavní orgány (gametangia). Při setkání dvou kompatibilních mycelií či bazidiospor dochází k somatogamické kopulaci (plazmogamii a dikaryotizaci). Dikaryotické mycelium je tvořené z buněk, v hymeniu plodnic vznikají bazidie, ve kterých dochází ke karyogamii a následné meióze (Rosypal et al., 2003). Podle oddělení bazidie příčnou přehrádkou od hyfy označujeme probazidii jako místo karyogamie a metabazidii jako místo meiózy. V základu jsou však rozlišovány dva typy bazidií, a to holobazidie (nedělená) a fragmobazidie (přehrádkovaná) (Kalina, Váňa, 2005). Bazidie jsou nejčastěji uspořádané ve výtrusorodé vrstvě hymeniu, která je na povrchu nebo uvnitř plodnic (v tzv. glebě). U rouškatých hub vyrůstají bazidie z vrstvy buněk pod hymeniem – subhymenium. Subhymenium se tvoří z pletiva plodnice nesoucí bazidie (trama). Mezi bazidiami mají své místo i sterilní buňky – cystidy, které mají ochranné, zásobní a exkretční funkce. Na bazidii, na vrcholu či po stranách, vyrůstají obvykle čtyři stopečky (sterigmata). Haploidní jádra, která vycestují sterigmaty z bazidií, se obklopí plazmou a buněčnou stěnou za vzniku bazidiospor (u jednotlivých skupin se mohou lišit) (Raven, Johnson, 2001).



Obrázek č. 23: Životní cyklus u Basidiomycetes (Agaricomycetes)

(překresleno a upraveno dle Raven, Johnson, 2001, autor perokresby: K. Křížková)

Životní cyklus u Agaricomycetes ukazuje obrázek č. 23. Z dikaryotického mycelia se za příznivých podmínek začnou tvořit plodnice, spletené z vláken s dikaryotickými buňkami. V bazidiích, kde rovněž dochází ke splynutí jader (karyogamie), se přemění dikaryotická buňka v buňku s jedním diploidním jádrem ($2n$). Po rozdělení diploidního jádra meiózou vzniknou čtyři nová haploidní jádra (n). Současně se na bazidii začnou vytvářet čtyři výrůstky (sterigmata), do nichž migrují jednotlivá jádra. Sterigmata se přemění v bazidiospory (výtrusy) spojené s bazidii stopkou. Za příznivých podmínek bazidiospora z plodnice vypadne a začne klíčit v haploidní mycelium. To se může opět (po somatogamii) rozrůstat v mycelium dikaryotické. Celý proces se opakuje (Jablonský, Šašek, 2006). Životní cyklus je haplo-dikaryotický. Do diploidní fáze patří mladé bazidie (probazidie). Haploidní fáze představuje bazidiospory a primární mycelium (Gryndler, Němcová, 2013).

4 Materiál a metody

Součástí mé diplomové práce jsou powerpointové prezentace s animacemi, úlohy pro studenty vytvořené ve výukovém programu ActivInspire a pracovní listy, které mohou sloužit jako doplnění běžných hodin biologie na středních školách, rovněž mohou být použity i v rámci laboratorních cvičení či seminářů z biologie. Pro diplomovou práci byl vytvořen i perokresbový soubor životních cyklů hub a houbám podobných organismů s nejdůležitějšími reprodukčními strukturami. Rozmnožování hub a houbám podobných organismů je zpracováno u takových skupin, které jsou běžně probírány v rámci biologie na středních školách či v rozšiřujících biologických seminářích, což umožňuje jejich maximální využití v pedagogické praxi.

4.1 Koncepce prezentace v PowerPointu, ActivInspire a pracovních listech

Prezentace byly vytvořeny v programu MS PowerPoint 2016. Pro tvorbu prezentací s animačními prvky jsem našla inspiraci v publikaci PowerPoint v pohybu (Fellnerová, Vinter, 2010). Při přípravě výukových materiálů v PowerPointu byl kladen velký důraz na dodržení obecných zásad pro tvorbu prezentací – názornost, přehlednost a maximální stručnost informací u jednotlivých slidů. Prezentace je doplněna animacemi, které jednoduchou formou vysvětlují hůře představitelné procesy v reprodukčních cyklech hub a houbám podobných organismů. V prezentacích jsou použity perokresbové obrázky nejdůležitějších reprodukčních struktur, které jsou popsány a vysvětleny. Životní cykly hub jsou zpracovány jednotnou grafickou formou, kde jsou pro přehlednost barevně odlišené jednotlivé fáze (haploidní, diploidní a dikaryotická) a jsou zvýrazněny změny ploidie i meióza. Životní cykly s perokresbovými obrázky byly upravovány v programu Adobe Photoshop 13.0. Dále byly v softwaru ActivInspire 2.9 vytvořeny výukové materiály pro interaktivní tabule, kde jsou pro studenty zpracovány úkoly a otázky k doplnění tématu rozmnožování hub. Pracovní listy jsou vytvořeny v programu MS Word 2010 a následně převedeny do formátu pdf. V pracovních listech jsou pro zopakování a ucelení učiva použity základní druhy didaktických testových úloh.

Při vytváření informačních a výukových materiálů jsem vycházela z obecných didaktických zásad – zejména ze zásady vědeckosti, zásady názornosti, zásady posloupnosti, zásady přiměřenosti a srozumitelnosti. Rovněž jsem se řídila i dle kurikulárních dokumentů, které komplexním způsobem vymezují cíle, obsah a koncepci vzdělávání v České republice.

5 Výsledky

Výsledkem mé diplomové práce je vytvoření informačního a výukového materiálu k problematice rozmnožování hub, a to pomocí powerpointové prezentace s animačními schémata, prezentace v programu ActivInspire a pracovních listů.

6 Diskuse

Každý živý organismus tíhne k autoreprodukci - inherentní schopnosti všech živých struktur na všech systémových úrovních. Rozmnožování organismů probíhá pomocí dvou základních způsobů: rozmnožování nepohlavní, které je fylogeneticky starší a rozmnožování pohlavní (Šmarda et al., 2004). Rozmnožování hub a houbám podobných organismů je zahrnuto v Rámcovém vzdělávacím programu pro gymnázia ve vzdělávací oblasti Biologie hub. Ve výuce je rozmnožování hub a houbám podobných organismů probíráno spíše okrajově v rámci charakteristik jednotlivých skupin. Toto téma není studenty příliš oblíbené a je pro ně obtížnější. Vyžaduje znalosti z oblasti genetiky hub, obsahuje velké množství nových pojmů, reprodukční struktury a životní cykly jsou pro studenty těžko představitelné a pochopitelné. Proto jsem si dala za cíl vytvořit takové výukové materiály, které by přispěly k lepší názornosti a zejména pochopení rozmnožování hub. Při přípravě materiálů jsem využívala moderní trendy při výuce – animace v powerpointových prezentacích, výukové materiály pro interaktivní tabule či pracovní listy. Tyto didaktické materiály by měly být jedním z motivačních prostředků nejen pro studenty, ale i pro pedagogy.

Při vyučovacích hodinách jsou dnes používány různé metody moderního pojetí výuky, zejména pak interaktivní metody. V současné době jsou interaktivní metody velmi populární, protože představují vybočení ze standardního pojetí výuky (Petty, 2013). Kvalita moderní interaktivní výuky se neustále posouvá vpřed. Jsou dostupné výkonnější počítače, lepší software i interaktivní tabule, zároveň jde však o promyšlenou a efektivně zacílenou spolupráci všech uvedených prostředků. Jedná se o kompilaci nejen technických prostředků a výukového obsahu, ale i o realizaci správných didaktických postupů pomocí inovativních vyučovacích metod a výukových forem. Aby došlo k naplnění principu interaktivity, tak musí být změněna zažitá role učitele a žáka, rovněž musí dojít k aktivizaci všech účastníků výuky (Klement et al., 2014).

Jedním z nejvíce využívaných prostředků pro přípravu výukových materiálů je program MS PowerPoint, který umožňuje vytvářet prezentace obsahující text, animace a další multimediální prvky (Fellnerová et al., 2008). Ač je PowerPoint primárně prezenční software, plně splňuje požadavky na tvorbu výukových animací, jak po grafické, tak i animační stránce. Nesmírnou výhodou softwaru PowerPoint je i jeho minimální náročnost na hardware počítače (Fellnerová, Vinter, 2010). Proto powerpointové prezentace stále představují oblíbený prostředek jak publiku zprostředkovat informace na určité téma, názornou, přehlednou a přitom zajímavou formou. Nejběžnějšími uživateli jsou učitelé všech typů škol, kteří formu prezentací

používají k výkladu učiva. Rovněž i studenti využívají práci s PowerPointem k osvojení základních schopností. Studovanou látku si utřídí, ale i názornou a přehlednou formou ji veřejně prezentují. Rovněž je pro studenty přínosem, že prezentaci s animacemi mohou využívat i doma k samostudiu nebo zopakování probíraného učiva (Fellnerová et al., 2008). Pro zachování edukačních cílů prezentací, je potřeba vždy dodržovat určité zásady. Jedno ze základních pravidel pro tvorbu prezentací zní: co lze vyjádřit jinak než textem, vyjádřete diagramem, tabulkou, obrázkem či animací. Proto jsem se snažila při tvorbě výukových materiálů v PowerPointu maximálně využívat možnosti demonstračních animací podporujících výuku. Neboť animace podporují obrazovou paměť, která je nepostradatelnou složkou našeho vnímání a chápání. Je však důležité, aby animační prvky byly v prezentacích podpořeny textem či výkladem vyučujícího.

Dalším příkladem jsou interaktivní tabule jako významná novinka v oblasti výukových technologií. Interaktivní tabule usnadňuje komunikaci se žáky při výuce, výuku zkvalitňuje a má i značný motivační dopad. Příprava pedagogů na výuku s interaktivní tabulí je však dosti náročná. Výhodou je, že si vyučující může vytvořit takové výukové materiály, které mu vyhovují a jsou podle jeho představ. Základem těchto výukových materiálů je multimediální prezentace umožňující však učitelům nebo žákům, aby mohli s prezentací nejen aktivně spolupracovat, ale i do jejího průběhu zasahovat. V rámci multimediálních prezentací jsou využívány interaktivní prvky – doplňování obrázků či chybějících textů, odkrývání skrytých objektů nebo řešení úkolů pomocí zobrazování skrytých částí textů. Nespornou výhodou používání interaktivních tabulí při výuce je zachování dynamičnosti hodiny, posílení názorné složky výkladu pedagoga, docílení větší spoluúčasti studentů při výuce, zvýšení pozornosti žáků a rovněž jsou chápány jako motivační prvek během vyučovací hodiny. Na druhé straně negativní složkou může být složitější a časově náročnější příprava pedagoga na hodinu, nekvalitně vytvořená prezentace přeplněná kvantem informací či omezení psaného projevu žáků a práce s klasickou učebnicí (Lepil, 2010). Možnosti využívání interaktivní tabule, lze chápat pouze jako opěrný prvek pro výuku a zpestření vyučovacích hodin pro žáky, v žádném případě však nezastupuje roli učitele a nenahrazuje funkci učebnice.

V diplomové práci jsem do souboru výukových materiálů zařadila i pracovní listy. Pracovní listy patří i nadále k důležitým učebním pomůckám (Petty, 2013). Pracovní listy patří mezi materiální didaktické prostředky, stejně jako učebnice a pracovní sešity, náleží k pomůckám textovým. Pracovní listy umožňují pedagogovi zařazením konkrétních učebních úloh reagovat na aktuální potřeby studentů. Význam pracovních listů v přírodovědném vzdělávání spočívá v motivaci žáků, vede k aktivizaci a posilování samostatnosti žáků, dává

prostor pro tvůrčí činnost učitele, může být prostředkem pro sebehodnocení žáka, ale i jako diagnostický prostředek pro učitele, zároveň nabízí procvičování a fixaci probraného učiva. Výhodou pracovních listů je možnost učitele reagovat na potřeby žáků, využívat mezipředmětových vztahů a zároveň mohou být i zpětnou vazbou pro učitele. Pracovní listy mohou být studenty využívány k samostudiu, k zopakování látky či jako pomůcka pro skupinové vyučování. Nevýhodou však může být pro učitele časová náročnost na jejich přípravu, ale i náročnost finanční, a to zejména v případě jejich tisku pro celé třídy. Stereotypní používání pracovních listů při výuce vede k motivační ztrátě žáků, proto je potřeba tyto didaktické materiály využívat uváženě a kombinovat je i s dalšími aktivizujícími možnostmi (powerpointové prezentace, interaktivní tabule) (Frýzová, 2014).

V dnešní době existuje velké množství učebních pomůcek využívaných v edukačním procesu, jejichž zařazení do výuky nemusí mít vždy pozitivní přínos. Při nesprávném didaktickém využití může být účinek i kontraproduktivní, což platí většinou při jejich neadekvátním používání. Vždy je však nutné důkladně zvážit všechny možnosti vzhledem ke konkrétním podmínkám (Dostál, 2011).

7 Závěr

V rámci mé diplomové práce Tvorba informačního a výukového materiálu s tématem „Rozmnožování hub“ jsem vytvořila didaktické materiály, které jsou využitelné ve výuce biologie hub nejen na středních školách.

Jako podklad pro vytvoření didaktických materiálů byla zpracována literární rešerše o charakteristice, rozdělení a fylogenetických vztazích hub a houbám podobných organismů. V souvislosti s tématem diplomové práce jsem se více zaměřila na charakteristiku typů rozmnožování u jednotlivých skupin hub, které jsou doplněny o didakticky zpracované životní cykly. Životní cykly jsou vytvořeny z perokresbových obrázků nejdůležitějších reprodukčních struktur u daných skupin hub, s důrazem na místa ploidie a meiózy.

Didaktické materiály jsou zde podány formou powerpointové prezentace s animačními schémata, prezentace v programu ActivInspire a pracovních listů. Prezentace v PowerPointu jsou zpracovány pro nejdůležitější skupiny hub, které se probírají v rámci středoškolského učiva na školách gymnaziálního typu či na školách s rozšířenou výukou biologie. Prezentace mají textovou část, kde je stručně popsáno rozmnožování u dané skupiny, s využitím zásad pro tvorbu prezentací a část, kde je s využitím animačních schémat vytvořen životní cyklus hub. Jednotlivé reprodukční struktury hub jsou znázorněny pomocí perokresbových schémat. Tyto prezentace jsou vytvořeny s cílem přiblížit a vysvětlit studentům obtížnější látku v rámci biologie hub. Dále jsou zpracovány úkoly v programu ActivInspire pro interaktivní tabule. Výukové materiály pro interaktivní tabule mají tendenci zejména studentům přednést problematiku rozmnožování hub zajímavější formou a motivovat je. V rámci didaktických materiálů byly zpracovány i pracovní listy obsahující testové úlohy, kde jsou využity různé druhy testových otázek. Pracovní listy mají sloužit k doplnění a zpestření výuky, ale i jako materiál do biologických cvičení, seminářů či pro ověření nabytých znalostí v hodinách biologie.

Výukové materiály vytvořené pro powerpointové prezentace, interaktivní tabule nebo pracovní listy vznikly s cílem zkvalitnění výuky na středních školách, a to zejména v oblasti biologie hub - rozmnožování hub a houbám podobných organismů. Rovněž byl kladen důraz na didaktické pojetí tématu a s možností maximálního využití pro pedagogickou praxi.

8 Literatura

Antonín, V. (2006): Encyklopedie hub a lišejníků. Academia, Praha, 472 s. ISBN 80-7277-164-7.

Antonín, V., Jablonský, I., Šašek, V., Vačuríková, Z. (2013): Houby jako lék. Ottovo nakladatelství, Praha, 199 s. ISBN 978-80-7451-257-5.

Baier, J., Váňa, J. (1993): Co nevíme o houbách. Artia, Praha, 63s. ISBN 80-901-4434-9.

Boenigk, J., Wodniok, S., Glücksman, E. (2015): Biodiversity and Earth History. Springer, Berlin, 401 s. ISBN 978-3-662-46394-9.

Cannon, P. F., Kirk, P. M. (2007): Fungal Families of the World. CAB International, Egham, Surrey, 456 s. ISBN 978-0-85199-827-5.

Carlile, M. J., Watkinson, S. C, Gooday, G. W. (2001): The fungi. Academic Press, San Diego, 588 s. ISBN 978-0-12-738445-0.

Crous, P. W., Verkley, G. J. M., Groenewald, J. Z., Samson, R. A. (2009): Fungal Biodiversity. Fungal Biodiversity Centre, Utrecht, 142 s. ISBN 978-90-70351-77-9.

Deacon, J. W. (1997): Modern Mycology. Blackwell Science Ltd., Oxford, 303 s. ISBN 0-632-03077-1.

Dostál, J. (2011): Tvorba výukových materiálů. Univerzita Palackého, Olomouc, 83 s. ISBN 978-80-244-2783-6.

Edwards, G. I. (2000): Biology the easy way. Barron's Educational Series, New York, 371 s. ISBN 0-7641-1358-5.

Esser, K., Lemke, P. A., McLaughlin, D. J. (2001): The mycota: a comprehensive treatise on fungi as experimental systems for basic and applied research. Vol. VII, Part A, Systematics and evolution. Springer, Berlin, 366 s. ISBN 3-540-58008-5.

Fellnerová, I., Kincl, L., Stonová, D. (2008): Jak na PowerPoint? VUP, Olomouc, 93 s. ISBN 978-80-244-1919-0.

Fellnerová, I., Vinter, V. (2010): PowerPoint v pohybu. VFU, Brno, 56 s. ISBN 978-80-7305-101-3.

Garibovová, L. V., Baier, J., Svrček, M. (1985): Houby: poznáváme, sbíráme, upravujeme. Lidové nakladatelství, Praha, 302 s.

Grünertovi H. a R. (1995): Houby. Knižní klub, Praha, 285 s. ISBN 80-242-1475.

Holec, J., Beran, M. (2012): Přehled hub střední Evropy. Academia, Praha, 624 s. ISBN 978-80-200-2077-2.

- Jablonský, I., Šašek, V. (2006): Jedlé a léčivé houby. Pěstování a využití. Nakladatelství Brázda, Praha, 264 s. ISBN 80-209-0341-0.
- Jelínek, J., Zicháček, V. (2007): Biologie pro gymnázia. Nakladatelství Olomouc, Olomouc, 576 s. ISBN 978-80-7182-213-4.
- Kalina, T., Váňa, J. (2005): Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii. Karolinum, Praha, 608 s. ISBN 80-246-1036-1.
- Kendrick, B. (2000): The Fifth Kingdom. Newburyport, MA: Focus Publishing, Waterloo, 386 s. ISBN 158-510-0-226.
- Kislinger, F., a kol. (2004): Biologie I. (Základy mikrobiologie, botaniky a mykologie). Gymnázium v Klatovech, Klatovy, 140 s.
- Klán, J. (1989): Co víme o houbách. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 312 s. ISBN 80-04-21143-7.
- Kout, J. (2014): Vybrané kapitoly z mykologie. Západočeská univerzita, Plzeň, 152 s. ISBN 978-80-261-0349-3.
- Lebeda, A., Mieslerová, B., Huszár, J., Sedláková, B. (2017): Padlí kulturních a planě rostoucích rostlin. Agripint, Olomouc, 368 s. ISBN 978-80-87091-69-2.
- Lepil, O. (2010): Teorie a praxe tvorby výukových materiálů. Univerzita Palackého, Olomouc, 98 s. ISBN 978-80-244-2489-7.
- Mehrotra, R. S., Aggarwal, A. (2003): Plant Pathology. Tata McGraw-Hill Publishing Co. Ltd., New Delhi, 845 s. ISBN 0-07-047399-4.
- Mieslerová, B., Sedlářová, M., Lebeda, A. (2015): Praktické využití hub a houbám podobných organismů v potravinářství, zemědělství, lékařství a průmyslu. Univerzita Palackého, Olomouc, 176 s. ISBN 978-80-244-4703-2.
- Moore, D., Robson, G. D., Trinci, A. P. J. (2011): 21st century guidebook to fungi. Cambridge University Press, New York, 627 s. ISBN 978-0-521-18695-7.
- Petty, G. (2013): Moderní vyučování. Portál, Praha, 562 s. ISBN 978-80-262-0367-4.
- Raven, P. H., Evert, R. F., Eichhorn, S. E. (1992): Biology of Plants. Worth Publishers, New York, 880 s. ISBN 1-4292-1961-0.
- Reddy, S. M. (1996): University Botany I: Algae, Fungi, Bryophyta and Pteridophyta. New Age International, New Delhi, 420 s. ISBN 81-224-0840-0.
- Rosypal, S., a kol. (2003): Nový přehled biologie. Scientia, Praha, 797 s. ISBN 978-80-86960-23-4.
- Sharma, O. P. (1989): Textbook of fungi. Tata McGraw-Hill Publishing Co. Ltd., New Delhi, 365 s. ISBN 0-07-460329-9.

Socha, R., Jegorov, A. (2014): Encyklopedie léčivých hub. Academia, Praha, 772 s. ISBN 978-80-200-2312-4.

Šmarda, J., Bahbouh, R., Orel, M., Svoboda, M., Šmahel, Z. (2004): Biologie pro psychology a pedagogy. Portál, Praha, 420 s. ISBN 80-7178-924-0.

Váňa, J. (2001): Systém a vývoj hub a houbových organismů. Karolinum, Praha, 166 s. ISBN 80-7184-611-2.

Veselý, R., Kotlaba, F., Pouzar, Z. (1972): Přehled československých hub: úvod do studia našich hub. Academia, Praha, 424 s.

Internetové zdroje

Adl, S. M., et al. (2012): The Revised Classification of Eukaryotes. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 59(5):429–493. [online, cit. 2. 3. 2017]. Dostupné z: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23020233>>.

Blackwell, M. (2011): The Fungi: 1, 2, 3 ... 5.1 milion species? *American Journal of Botany*, 98(3): 426-438. [online, cit. 10. 3. 2017]. Dostupné z: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21613136>>.

Brunt, S. A., Riehl, R., Silver, J. C. (1990): Steroid hormone regulation of the *Achlya ambisexualis* 85-kilodalton heat shock protein, a component of the *Achlya* steroid receptor complex. *Molecular and Cellular Biology*; 10(1): 273–281. [online, cit. 11. 3. 2017]. Dostupné z: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC360735/>>.

Burki, F. (2014): The Eukaryotic Tree of Life from a Global Phylogenomic Perspective. *Cold Spring Harb Perspectives in Biology*, 6:a016147. [online, cit. 10. 3. 2017]. Dostupné z: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24789819>>.

Clutterbuck, A. J. (1996): Parasexual recombination in fungi. *Journal of Genetics*, 75(3):281-286. [online, cit. 5. 3. 2017]. Dostupné z: <<https://link.springer.com/article/10.1007%2FBF02966308?LI=true>>.

Dai, Y.-CH., Cui, B.-K. (2011): *Fomitiporia ellipsoidea* has the largest fruiting body among the fungi. *Fungal Biology*, 115(9): 281-286. [online, cit. 5. 6. 2017]. Dostupné z: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878614611001139?via%3DIihub>>.

Frýzová, I. (2014): Pracovní list nejen v přírodovědném vzdělávání. *Komenský*, 139(01):48-53. [online, cit. 18. 7. 2017]. Dostupné z: <http://katedry.ped.muni.cz/pedagogika/wp-content/uploads/sites/17/2015/02/komensky_01_139.pdf>.

Gryndler, M. (2013): Mykologie. [online, cit. 15. 3. 2017]. Dostupné z: <http://old.biology.ujep.cz/vyuka/file.php/1/opory_2014/Opora_Mykologie.pdf>.

Gryndler, M., Němcová, L. (2013): Fylogeneze a systém nižších rostlin. [online, cit. 15. 3. 2017]. Dostupné z: <http://old.biology.ujep.cz/vyuka/file.php/1/opory_2014/Opora_Fylogeneze_a_system%20N.R.pdf>.

- Hrouda, P. (2008): Systém a vývoj hlenek, hub a lišejníků. [online, cit. 3. 3. 2017]. Dostupné z: <<http://www.sci.muni.cz/botany/studium/nr-houby.htm>>.
- Hrouda, P. (2010): Ekologie a význam hub. [online, cit. 3. 6. 2017]. Dostupné z: <<http://www.sci.muni.cz/botany/mycology/ekolhub.htm>>.
- Hrouda, P. (2013): Obecná mykologie. [online, cit. 20. 3. 2017]. Dostupné z: <<http://www.sci.muni.cz/botany/mycology/mykolog.htm>>.
- Kageyama, K., Asano, T. (2009): Life Cycle of Plasmodiophora brassicae. Journal of Plant Growth Regulation 28:203-211. [online, cit. 16. 4. 2017]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/225360656_Life_Cycle_of_Plasmodiophora_brassicae>.
- Klement, M., Dostál, J., Klement, J. (2014): Metody realizace a hodnocení interaktivní výuky. [online, cit. 2. 7. 2017]. Dostupné z: <http://www.kteiv.upol.cz/uploads/soubory/publikace_wos_2014/Klement_PDF%20UP_metodika%20IVOS.pdf>.
- Kritartha, S. (2016): Synchytrium endobioticum: Symptoms and Thallus Structure. [online, cit. 15. 4. 2017]. Dostupné z: <<http://www.biologydiscussion.com/fungi/synchytrium-endobioticum-symptoms-and-thallus-structure-disease/63189>>.
- Mehak, N. (2016): Life Cycle of Taphrina (With Diagram). [online, cit. 16. 4. 2017]. Dostupné z: <<http://www.biologydiscussion.com/fungi/life-cycle-of-taphrina-with-diagram-fungi/58239>>.
- Neelesh, T. (2016): Plasmodiophora Brassicae: Symptoms of Disease and Life Cycle. [online, cit. 15. 4. 2017]. Dostupné z: <<http://www.biologydiscussion.com/fungi/plasmodiophora-brassicae-symptoms-of-disease-and-life-cycle/46400>>.
- Oehl, F., Sieverding, E., Palenzuela, J., Ineichen, K., Alves da Silva, G. (2011): Advances in *Glomeromycota* taxonomy and classification. IMA Fungus The Global Mycological Journal, 2011 Dec; 2(2): 191 – 199. [online, cit. 16. 4. 2017]. Dostupné z: <<http://www.ingentaconnect.com/contentone/ima/imafung/2011/00000002/00000002/art00017?crawler=true&mimetype=application/pdf>>.
- Raven, P. H., Johnson, G. B. (2001): Biology. [online, cit. 30. 3. 2017]. Dostupné z: <<http://www.mhhe.com/biosci/genbio/raven6b/information/olc/samplechapter.mhtml>>.
- Redecker, D. (2001): Arbuscular mycorrhizal fungi and their relative(s). Glomeromycota. [online, cit. 10. 4. 2017]. Dostupné z: <<http://tolweb.org/Glomeromycota>>.
- Samiksha, S. (2016): 3 Types of Life Cycles found in Yeast. [online, cit. 16. 4. 2017]. Dostupné z: <<http://www.yourarticlelibrary.com/yeast/3-types-of-life-cycles-found-in-yeast-biology/7287/>>.

9 Seznam příloh

Příloha č. 1: Powerpointové prezentace

Příloha č. 2: Úkoly v programu ActivInspire

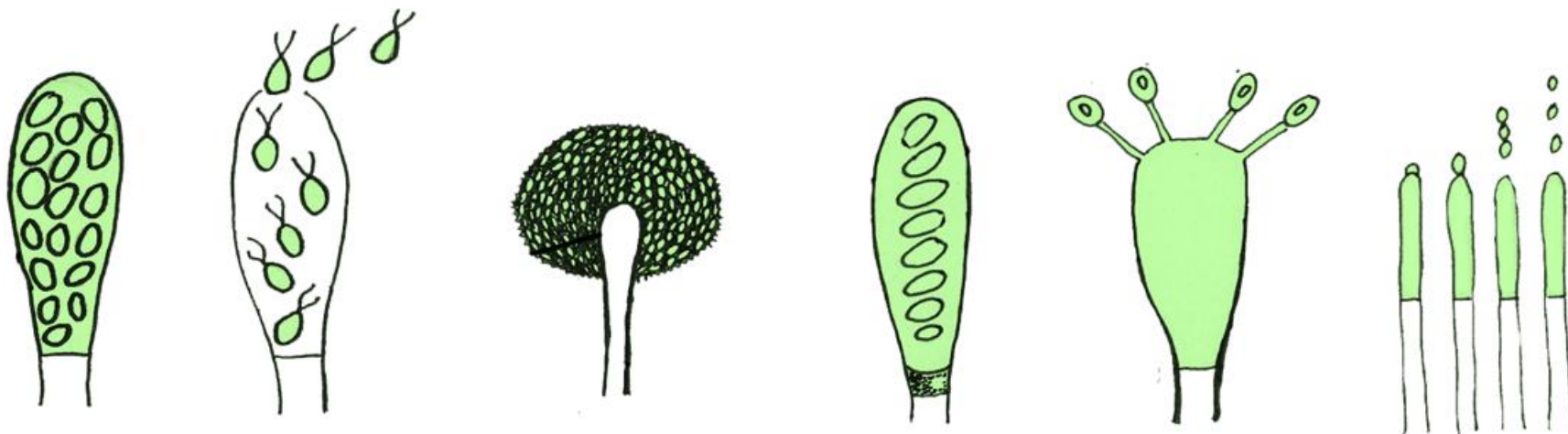
Příloha č. 3: Pracovní listy

Příloha č. 1: Powerpointové prezentace

ROZMNOŽOVÁNÍ HUB

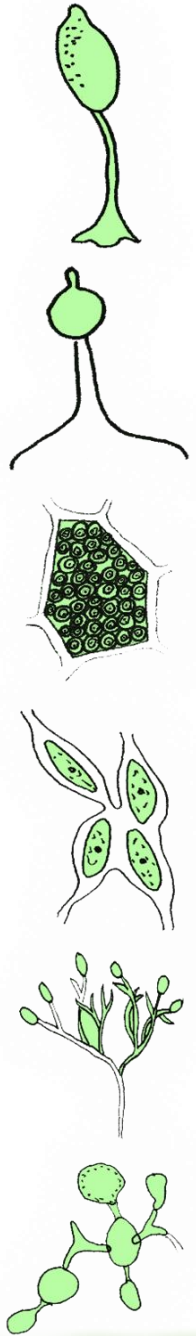
powerpointové prezentace

Klára Křížková



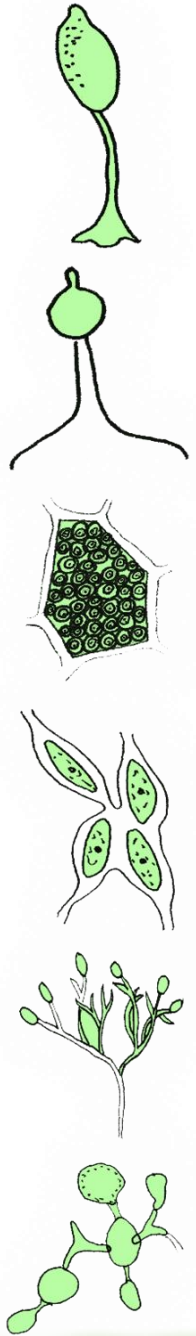
Rozmnožování hub a houbám podobných organismů

- ▶ základní biologická schopnost
- ▶ princip dědičnosti
- ▶ nepohlavní rozmnožování fylogeneticky starší
- ▶ pohlavní rozmnožování
- ▶ holokarpické a eukarpické houby
- ▶ perfektní stadium – pohlavní meiospory
- ▶ imperfektní stadium – nepohlavní mitospory



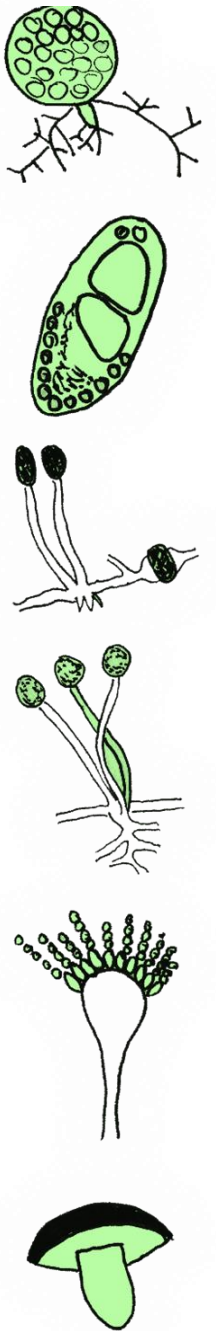
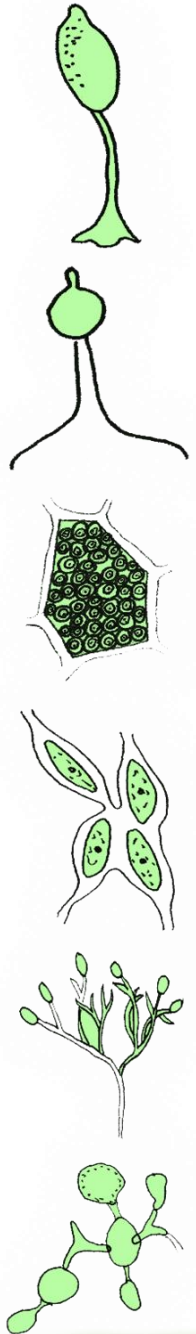
Rozmnožování hub a houbám podobných organismů

- ▶ anamorfa (mitosporická houba)
- ▶ teleomorfa (meiosporická houba)
- ▶ mitospory i meiospory – tzv. mitotická holomorfa
- ▶ reprodukční struktury
 - ▶ vše, co není vegetativní stélka
 - ▶ konidiofory s konidii, sporangiofory a sporangia, plodnice a spory, sporokarpy i sorokarpy
 - ▶ spory – vlastní rozmnožovací buňky



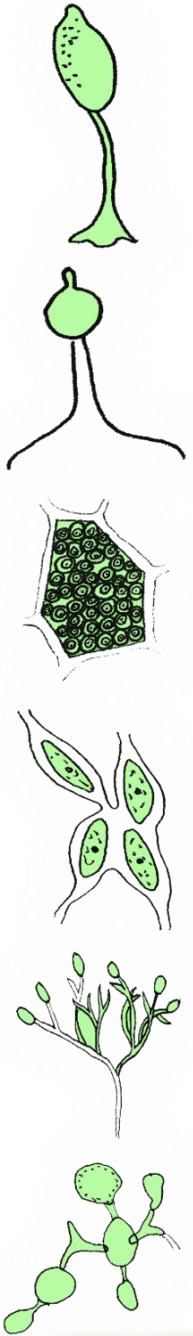
Nepohlavní rozmnožování

- ▶ mitotické dělení → rychlá reprodukce
- ▶ není provázeno střídáním jaderných fází
- ▶ probíhá na haploidním, dikaryotickém či diploidním myceliu
- ▶ fragmentace
- ▶ pučení
- ▶ prosté dělení



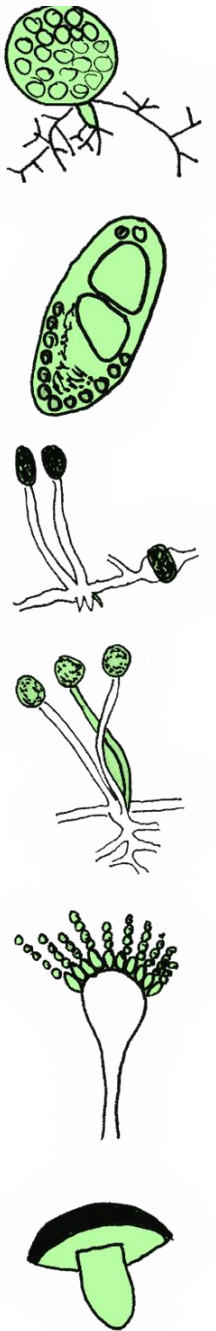
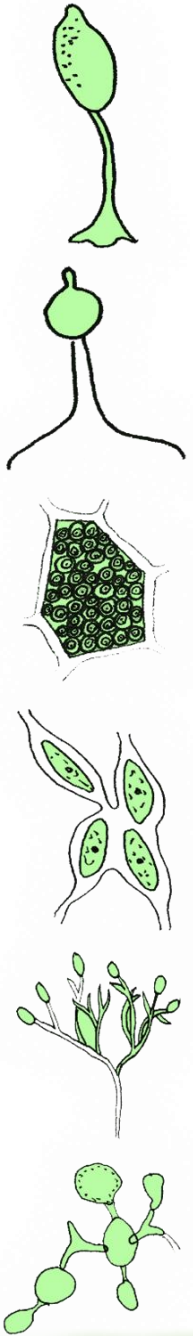
Nepohlavní rozmnožování

- ▶ nepohlavní spory – mitospory
 - ▶ endogenní – uvnitř sporangií (sporangiospory)
 - ▶ exogenní – konidie na konidioforech
- ▶ sporangia
 - ▶ zoospory – pohyblivé (zoosporangia)
 - ▶ aplanospory – nepohyblivé
 - ▶ přezimující vytrvalé spory – chlamydo-spory, odpočívající spory



Pohlavní rozmnožování

- ▶ plazmogamie → karyogamie → meióza
- ▶ rekombinace genetické informace
- ▶ splynutí gamet → zygota
- ▶ gamety
 - ▶ přeměna vegetativních buněk
 - ▶ v gametangiích – planogamety, aplanogamety
- ▶ různě dlouhá dikaryofáze - časově i prostorově oddálená plazmogamie a karyogamie



Pohlavní rozmnožování

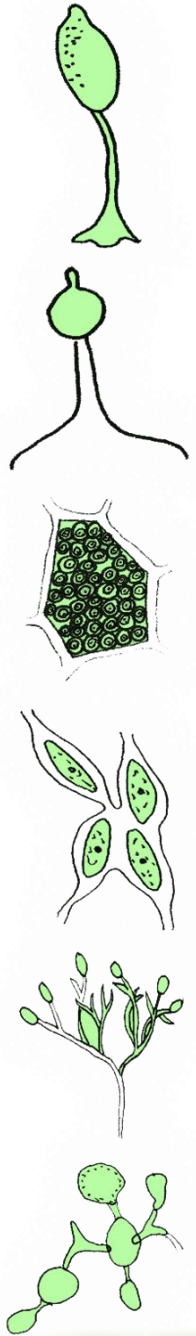
► tři typy:

1. gametogamie – splývání gamet

► izogamie – tvarově identických gamet, např. hlenky

► anizogamie – tvarově odlišné a různě velké gamety

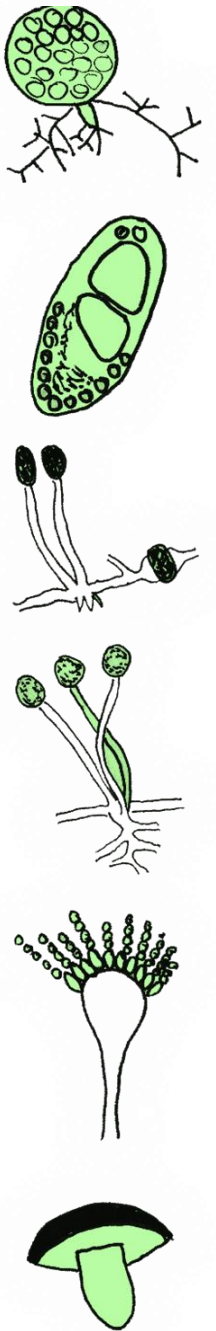
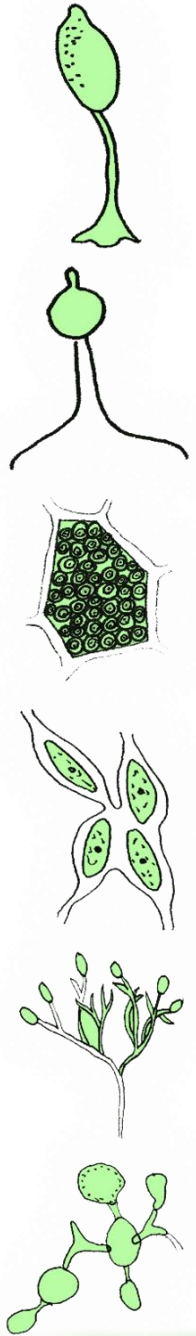
► oogamie – oosféra splývá se spermatozoidem či spermacií



Pohlavní rozmnožování

2. gametangiogamie – splývání dvou gametangií

- ▶ izogametangiogamie – dvě stejná gametangia
- ▶ anizogametangiogamie – dvě morfologicky různá gametangia (např. anteridium a askogon)
- ▶ oogametangiogamie – anteridium a oogonium



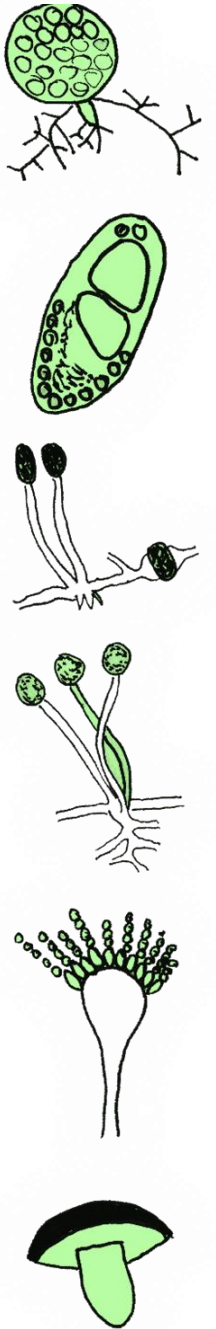
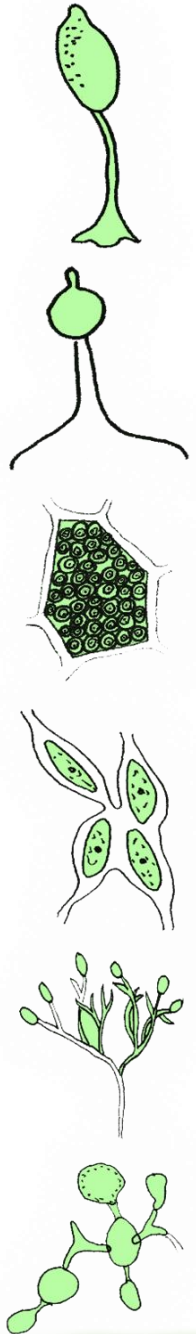
Pohlavní rozmnožování

3. somatogamie – chybí sexuální orgány, splývání protoplastů vegetativních buněk

▶ hologamie – splývají celé buňky v rámci jednoho organismu, např. u kvasinek

▶ hyfogamie – splývají jednotlivé hyfy mycelií, např. u Basidiomycota

4. kombinované typy – např. gameto-somatogamie, gametogametangiogamie



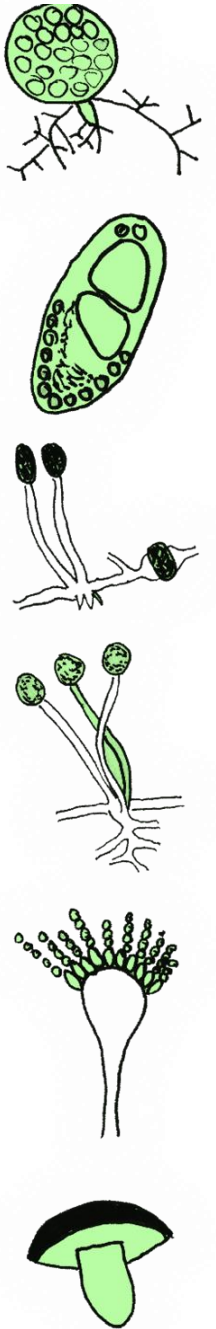
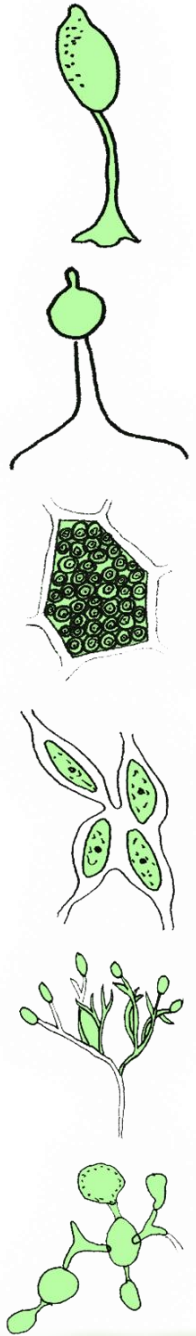
Životní cykly hub

- ▶ posuzujeme:

- ▶ je nebo není přítomno pohlavní rozmnožování
- ▶ haploidní či diploidní vegetativní buňka
- ▶ plazmogamie časově oddálená karyogamii, dikaryofáze nebo vznik dikaryofáze

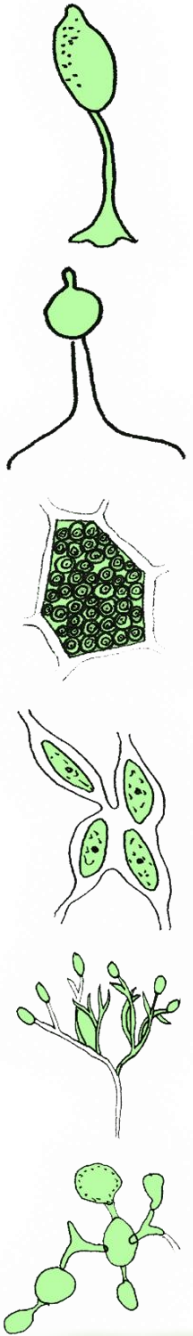
- ▶ sexuální cyklus:

- ▶ haplobiotický
- ▶ diplobiotický
- ▶ haplodikaryotický nebo dikaryotický



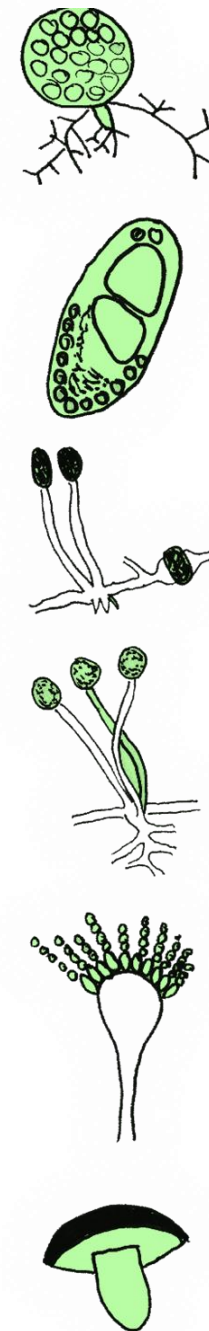
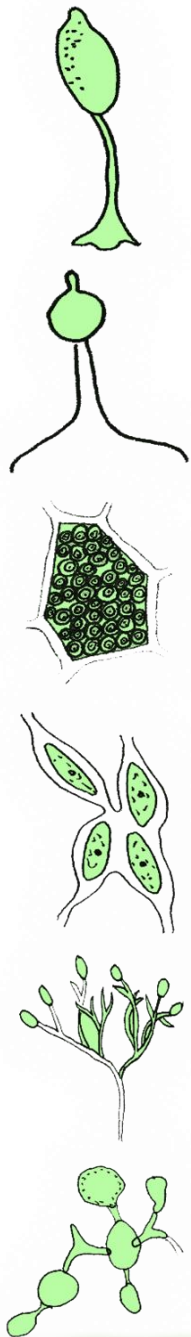
Životní cykly hub

- ▶ rodozměna (metageneze)
 - ▶ střídání haploidní a diploidní generace v rámci jedné generace
- ▶ haplobiotický – např. kvasinky, Chytridiomycota
 - ▶ vegetativní fáze haploidní, při pohlavním procesu fúze jader → diploidní buňka → meióza
- ▶ haplo-diplobiotický rovnocenné střídání haploidní i diploidní fáze



Životní cykly hub

- ▶ diplobiotický – např. některé kvasinky, Oomycota
 - ▶ diploidní převažuje a haploidní fáze je omezena na pohlavní
- ▶ haplodikaryotický nebo dikaryotický
 - ▶ vložená dikaryotická fáze



Původ genetické variability u hub

▶ nepohlavní variabilita

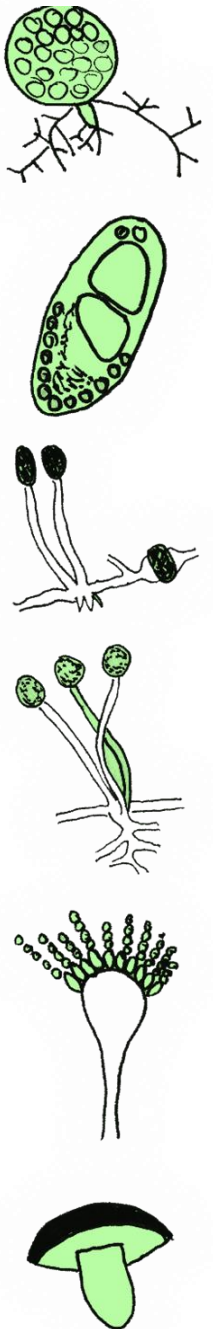
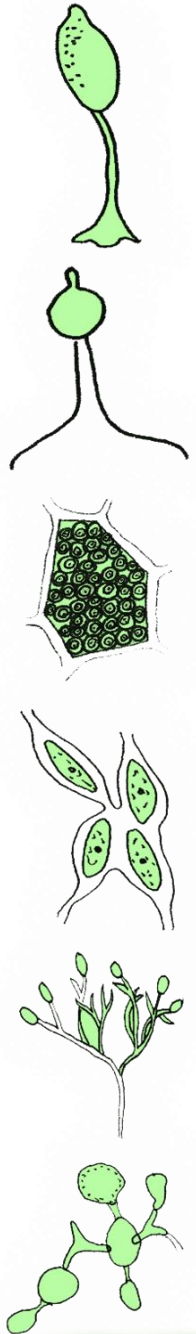
▶ mutace

▶ náhodně vzniklá dědičná změna genetické informace druhu

▶ mutagenní činidla

▶ parasexualita

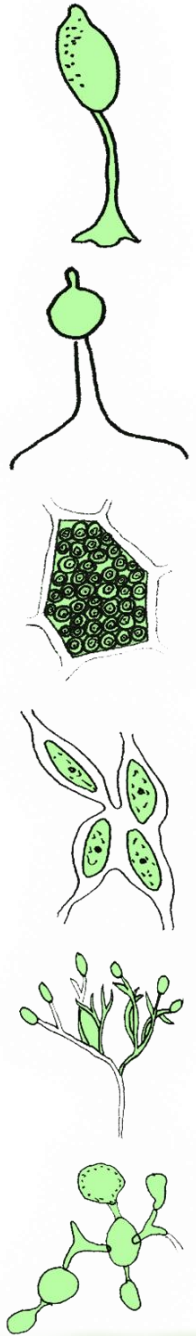
▶ pohlavní rekombinace dědičných determinantů mimo sexuální cyklus



Původ genetické variability u hub

► pohlavní variabilita

- vznik genových rekombinantů → párování rodičovských chromozómů během meiózy → crossing-over
- segregace – náhodný rozchod chromozómů od dvou různých rodičů → vnitřní proměnlivost genotypu
- z hlediska sexuální compatibility: homothalické a heterothalické druhy



Původ genetické variability u hub

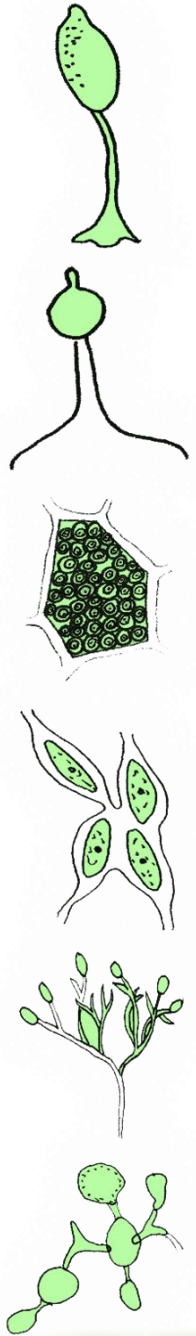
▶ homothalické druhy

▶ jedinci mohou zkompletovat sexuální cyklus na sobě samém

▶ uniparentní reprodukce

▶ heterothalické druhy

▶ k pohlavnímu procesu potřebují dva jedince různého původu



Literární a internetové zdroje

- Clutterbuck, A. J. (1996): Parasexual recombination in fungi. *Journal of Genetics*, 75(3):281-286. [online, cit. 5. 3. 2017]. Dostupné z: <<https://link.springer.com/article/10.1007%2F02966308?LI=true>>.
- Gryndler, M., Němcová, L. (2013): Fylogeneze a systém nižších rostlin. [online, cit. 15. 3. 2017]. Dostupné z: <http://old.biology.ujep.cz/vyuka/file.php/1/opory_2014/Opora_Fylogeneze_a_system%20NR.pdf>.
- Hrouda, P. (2013): Obecná mykologie. [online, cit. 20. 3. 2017]. Dostupné z: <<http://www.sci.muni.cz/botany/mycology/mykolog.htm>>.
- Jablonský, I., Šašek, V. (2006): Jedlé a léčivé houby. Pěstování a využití. Nakladatelství Brázda, Praha, 264 s. ISBN 80-209-0341-0.
- Kalina, T., Váňa, J. (2005): Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii. Karolinum, Praha, 608 s. ISBN 80-246-1036-1
- Klán, J. (1989): Co víme o houbách. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 312 s. ISBN 80-04-21143-7.
- Kout, J. (2014): Vybrané kapitoly z mykologie. Západočeská univerzita, Plzeň, 152 s. ISBN 978-80-261-0349-3.
- Křížková, K. (2017): Diplomová práce Tvorba informačního a výukového materiálu „Rozmnožování hub“
- Mieslerová, B., Sedlářová, M., Lebeda, A. (2015): Praktické využití hub a houbám podobných organismů v potravinářství, zemědělství, lékařství a průmyslu. Univerzita Palackého, Olomouc, 176 s. ISBN 978-80-244-4703-2.
- Moore, D., Robson, G. D., Trinci, A. P. J. (2011): 21st century guidebook to fungi. Cambridge University Press, New York, 627 s. ISBN 978-0-521-18695-7.
- Sharma, O. P. (1989): Textbook of fungi. Tata McGraw-Hill Publishing Co. Ltd., New Delhi, 365 s. ISBN 0-07-460329-9.

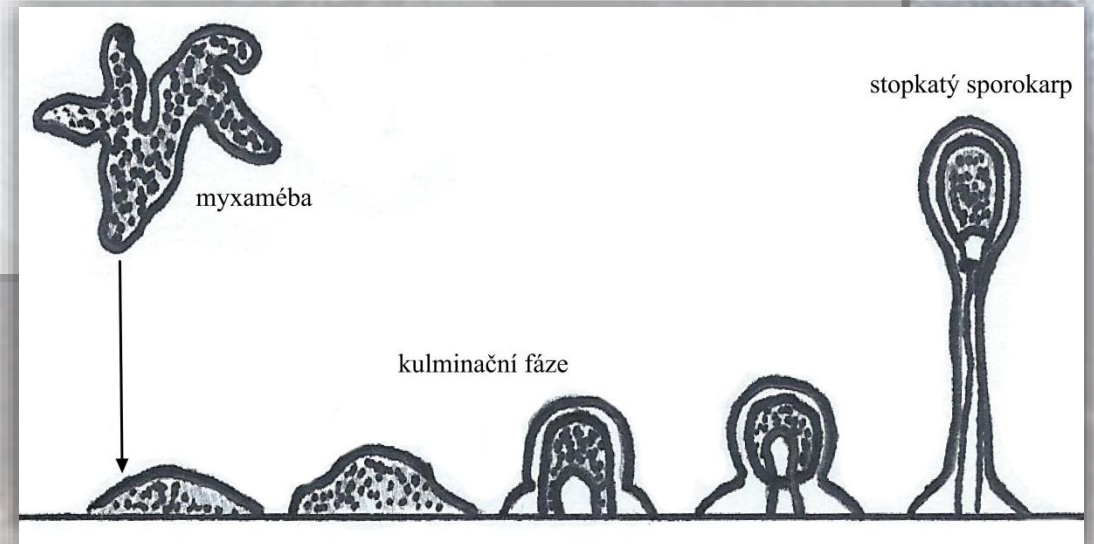


MYXOMYCOTA

Klára Křížková

Rozmnožování houbám podobných organismů – oddělení: Myxomycota

- primitivní druhy - jednoduchý životní cyklus
- ze spory vyklíčí myxaméba (trofické stadium)
- kulminační fáze: myxaméba → dutá stopka s apikální sporou
- spora s buněčnou stěnou se oblaní
- vzniklý sporokarp uvolní sporu



Životní cyklus u *Nematostelium ovatum*

Životní cyklus u vlastních hlenek (Myxomycetes)

- haplo-diplontní s převažující diploidní fází
- dvě trofické etapy:
 - jaderné améby
 - plazmodium
- probíhá poměrně rychle
- klíčivost spor několik desítek let

Životní cyklus u vlastních hlenek (Myxomycetes)

- spora → praskne → haploidní gamety (myxaméby, myxomonády)
- opačně orientovaní jedinci splývají → diploidní myxaméba
- mitóza → vícejaderné plazmodium
- pohyb plazmodia – cytoplazmatická pseudopodia
- reprodukční fáze – sporokarpy
- meióza → plazmodium se mění ve spory

ŽIVOTNÍ CYKLUS VLASTNÍCH HLENEK (MYXOMYCOTA)

zralý sporokarp
se sporami



myxaméby

kopulace



klíčící spora

myxomonády

diploidní
myxaméba





diferenciované faneroplazmodium

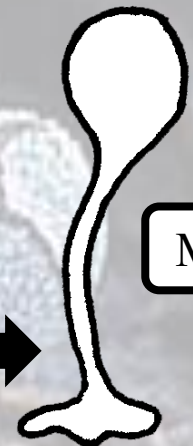
zralý sporokarp se sporami



diploidní myxaméba



vznikající sporokarp

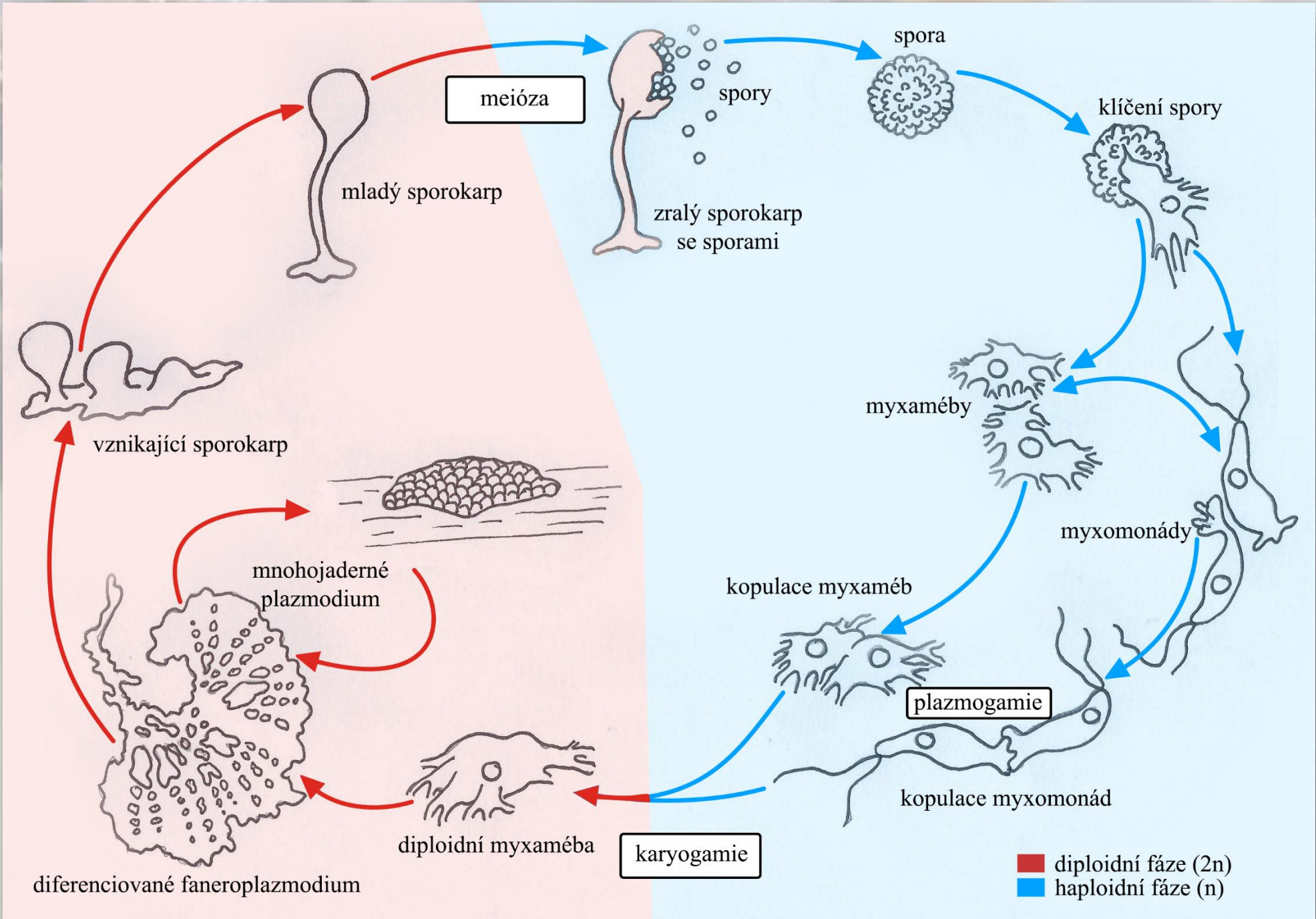


mladý sporokarp

MEIÓZA



spora



Zdroje

- Křížková, K. (2017): Diplomová práce Tvorba informačního a výukového materiálu „Rozmnožování hub“
- autor perokreseb: Klára Křížková
- perokresby překresleny dle:
 - Kalina T., Váňa J. (2005): slide č. 2
 - Raven P. H., et al. (1992): slide č. 5, 6, 7
- zdroje fotografií:
 - obrázek na pozadí slidů:
 - <http://www.naturfoto.cz/fotografie/roucka/vapenatka-0028.jpg>
 - slide č. 6:
 - <http://slideplayer.cz/slide/2380029/8/images/8/zv%C4%9Bt%C5%A1%C3%AD+se;+strukturu+tvo%C5%99%C3%AD+s%C3%AD%C5%A5ovit%C3%A1+%C5%BEilnatina,+kterou+obklopuje.jpg>



PLASMODIOPHOROMYCOTA

Klára Křížková

Rozmnožování houbám podobných organismů – oddělení: Plasmodiophoromycota

- životní cyklus nejlépe prozkoumaný u nádorovky kapustové (*Plasmodiophora brassicae*)
- infikované buňky se nezřízeně dělí, hypertrofie a hyperplazie
- nádorové buňky se shlukují v sori
- po rozpadu napadených pletiv přezimují v půdě
- *Plasmodiophora brassicae* má v životním cyklu tři etapy:
 - přežívání v půdě
 - infekce kořenových vlásků
 - kortikální infekce

Životní cyklus u *Plasmodiophora brassicae*

- odpočívající spory → primární zoospory → infekce → kořenové vlásky
 - penetrace stěny buňky pomocí organely
 - trubice s „trnem“ → cytoplazma encystované zoospory
- jednojaderné plazmodium se dělí → infekce buněk hostitele
- mnohojaderná sporangiální a haploidní paraplazmodia
- mitóza → sporangium (4 až 8 jednojaderných spor)
- v místě dotyku se stěnou hostitele → otvor → sekundární zoospory

Životní cyklus u *Plasmodiophora brassicae*

- sekundární zoospory → půda
- sekundární zoospory = gamety
- kopulace
- plazmogamie → dvoujaderné zoospory
- kortikální systém tkání hlavních kořenů → infekce

Životní cyklus u *Plasmodiophora brassicae*

- tkáně hlavních kořenů → mladé sporogenní paraplazmodium
- sporogenní paraplazmodium způsobuje hypertrofii a hyperplazii
- diploidní cystogenní paraplazmodium
- meióza → haploidní plazmodium
- tlustostěnné odpočívající spory

ŽIVOTNÍ CYKLUS NÁDOROVKY KAPUSTOVÉ (*PLASMIDIOPHORA BRASSICAE*)

V PŮDĚ

klíčící
spora

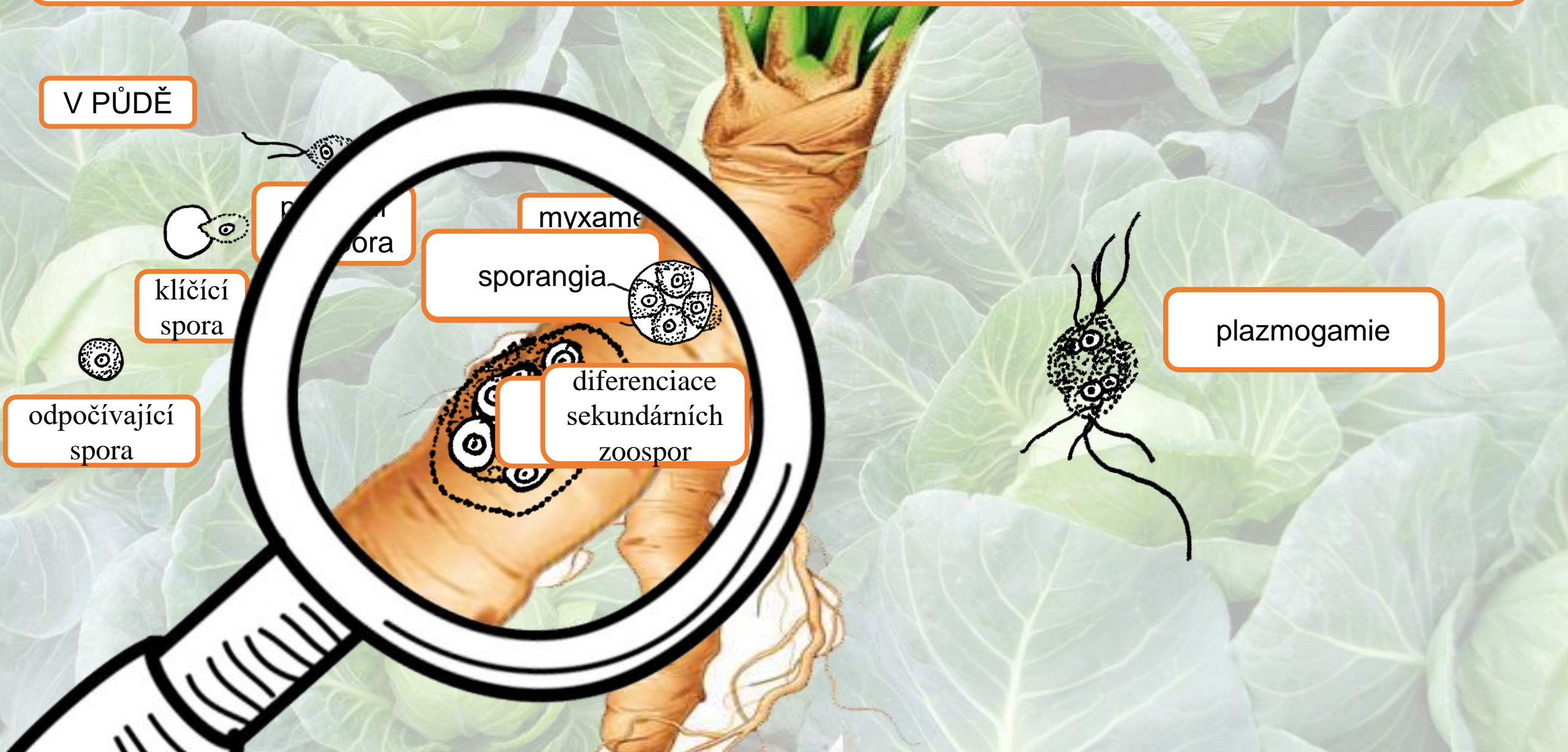
odpočívající
spora

sporangia

diferenciace
sekundárních
zoospor

myxame

plazmogamie



mladé sporogenní paraplazmodium

cystogenní paraplazmodium

přechodné stadium

MEIÓZA

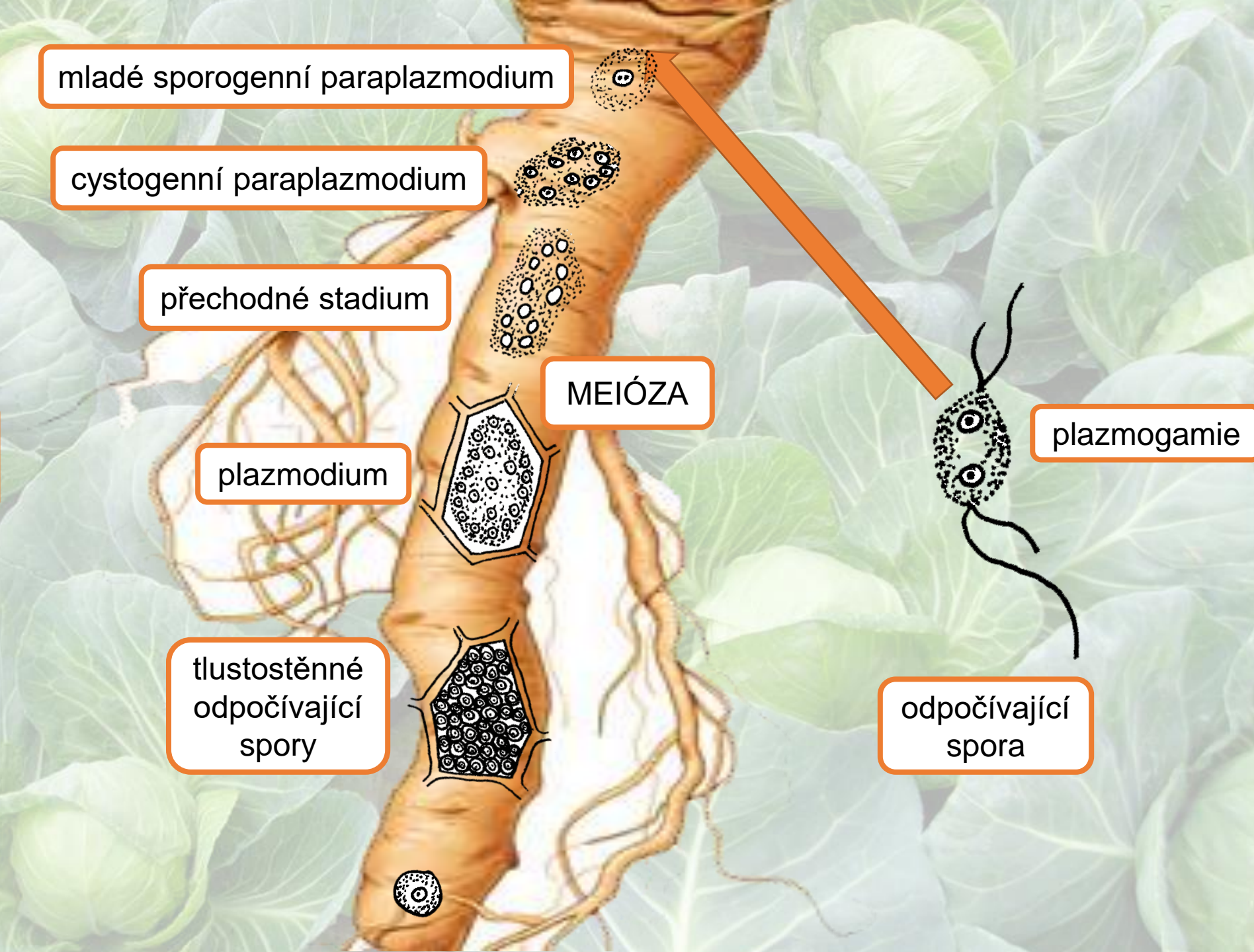
plazmodium

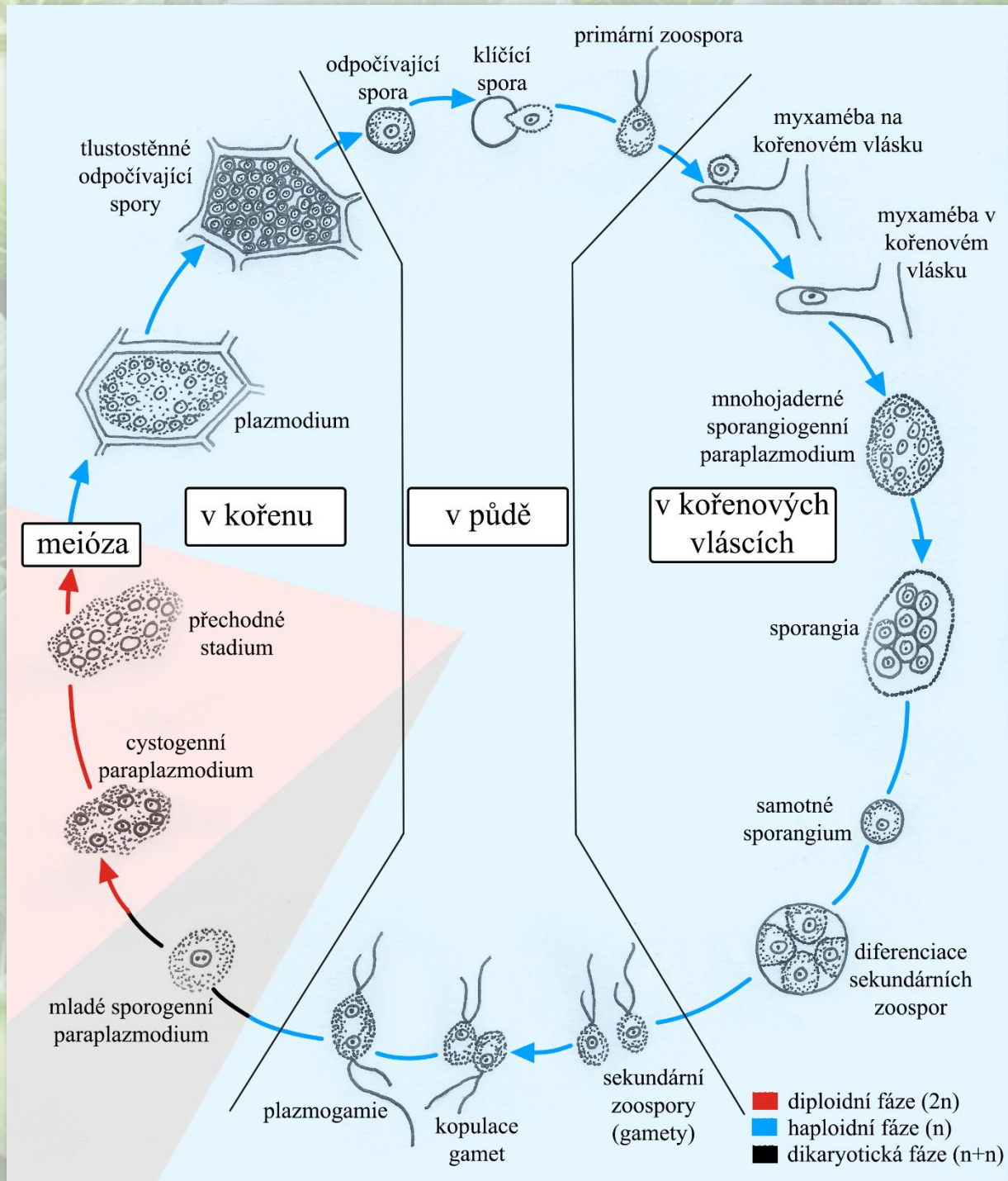
plazmogamie

tlustostěnné odpočívající spory

odpočívající spora


Nádorovka kapustová na kořenech brukvovitých rostlin





Zdroje

- Křížková, K. (2017): Diplomová práce Tvorba informačního a výukového materiálu „Rozmnožování hub“
- autor perokreseb: Klára Křížková
- perokresby překresleny dle:
 - Kalina T., Váňa J. (2005): slide č. 6, 7, 8
 - Neelesh T. (2016): slide č. 6, 7, 8
- zdroje fotografií:
 - obrázek na pozadí slidů:
 - <http://juliatrawinska.zawszezdrowi.pl/wp-content/uploads/sites/10/2014/04/114534bdd3423815a0ef36ca79e7e7a5.jpg>
 - slide č. 7:
 - <http://old.botany.upol.cz/atlasystem/gallery.php?entry=Plasmodiophora%20brassicae>
 - slide č. 6, 7:
 - <https://static1.squarespace.com/static/530401e6e4b03a7f5888d9aa/53041f12e4b06b514da618f6/535a7d0be4b0fb0295b10169/1398439180074/40758-RacineRaifort.jpg?format=500w>



OOMYCOTA

Klára Křížková

Rozmnožování houbám podobných organismů – oddělení: Oomycota

- nepohlavní rozmnožování
 - probíhá na jaře
 - stélka → sporangium
 - častěji se mnohojaderné sporangium oddělí od vegetativní stélky
 - spory se tvoří ve sporangiích, zřídka ve váčku
 - dvoubičíkaté zoospory
 - sporangiofory – hyfy nesoucí sporangia
 - chlamydo-spory

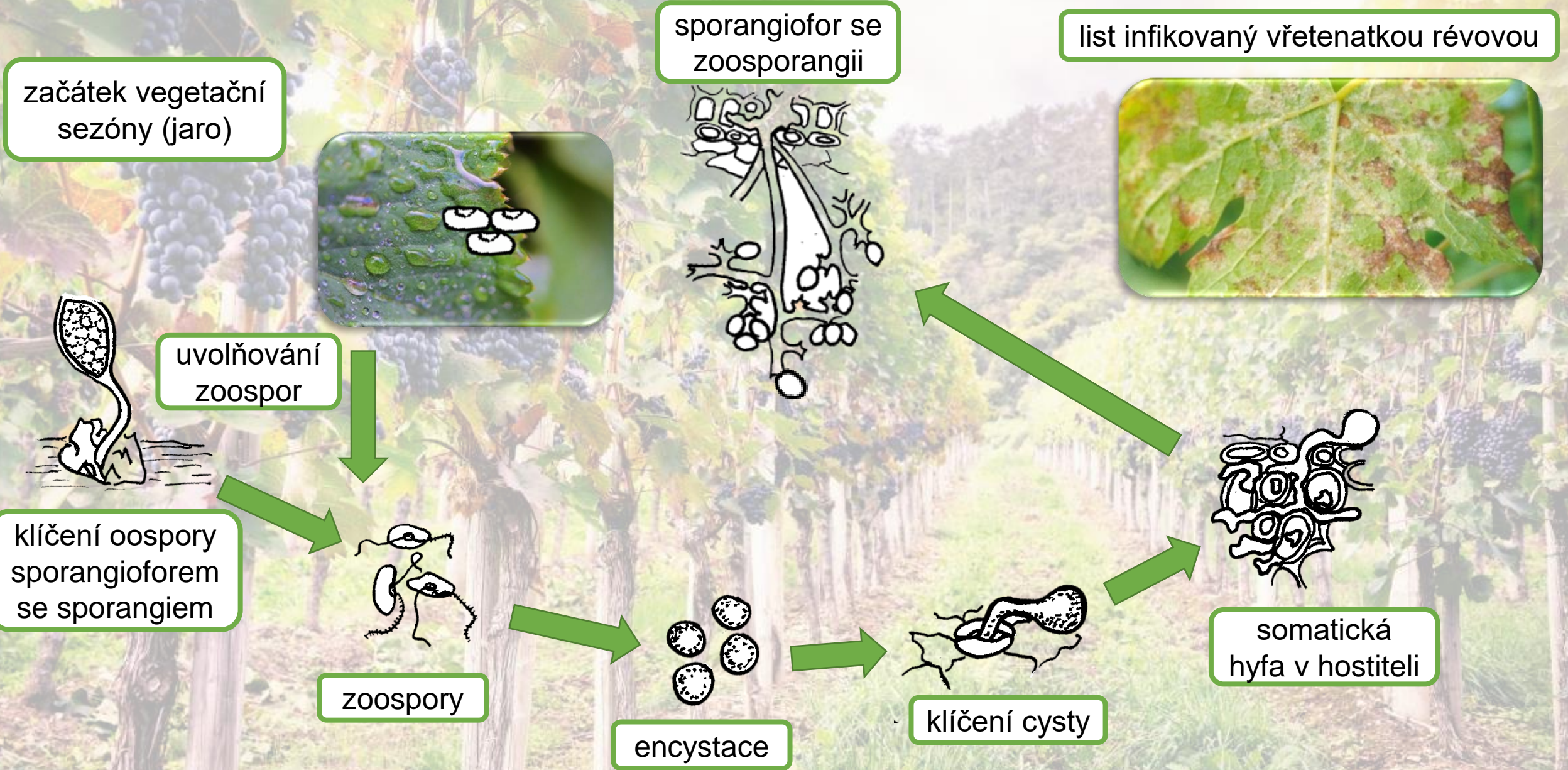
Rozmnožování hub – oddělení: Oomycota

- pohlavní rozmnožování
 - konec vegetační sezóny
 - oogametangiogamie
 - nedochází k tvorbě volných gamet
 - oogonium – samičí buňka
 - anteridium – samčí buňka

Životní cyklus u vřetenatky révové (*Plasmopara viticola*)

- diploidní oospora → zoosporangium → diploidní zoospory
- somatická hyfa v hostiteli → nekrotizace pletiv
- sporangiofor se zoosporangii
- sporangia uvolňují → zoospory
- infekce dalších listů
- konec vegetační sezóny → pohlavní rozmnožování
- k meióze dochází při tvorbě gametangií
- tlustostěnné oospory → přezimují v zavadlých částech révy

ŽIVOTNÍ CYKLUS VŘETENATKY RÉVOVÉ (*PLASMOPARA VITICOLA*)



konec vegetační sezóny

MEIÓZA



somatická hyfa v hostiteli



kontakt anteridia s oogoniem



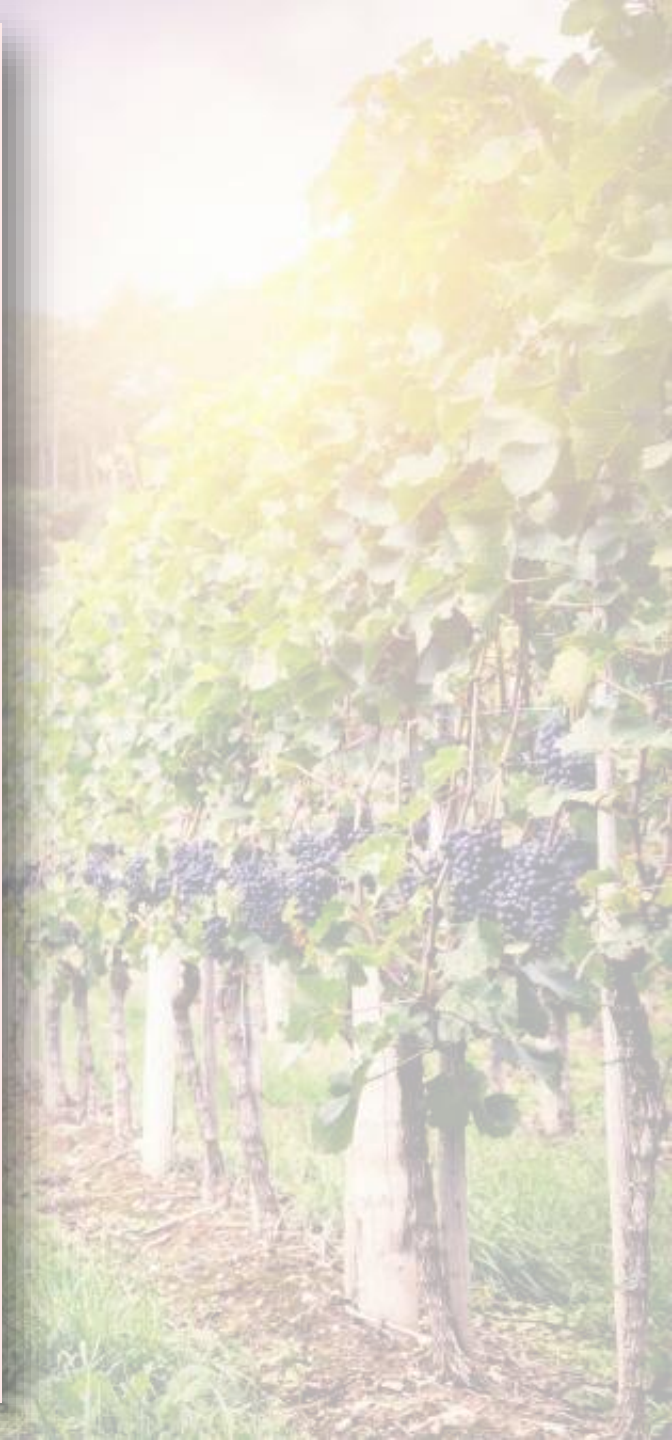
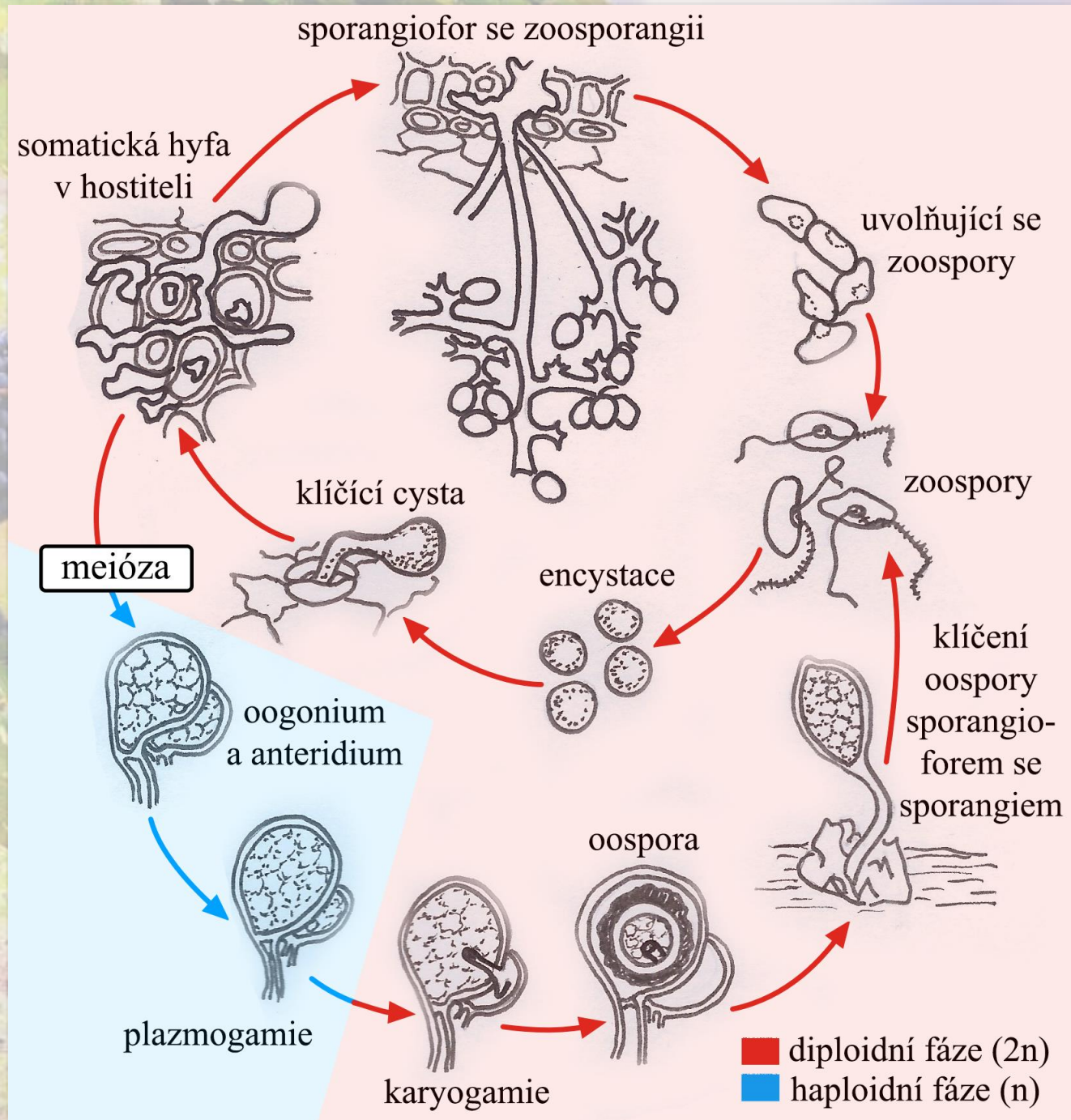
plazmogamie



karyogamie



tlustostěnná oospora



Zdroje

- Křížková, K. (2017): Diplomová práce Tvorba informačního a výukového materiálu „Rozmnožování hub“
- autor perokreseb: Klára Křížková
- perokresby překresleny dle:
 - Kalina T., Váňa J. (2005): slide č. 5, 6, 7
- zdroje fotografií:
 - obrázek na pozadí slidů:
 - <http://media.dumazahrada.cz/photos/2016/09/02/58945-vinna-reva.jpg>
 - slide č. 5:
 - <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/600x315/6a/33/80/6a33802e713de4a3c3ce6ac28da87c61.jpg>
 - https://cdn.pixabay.com/photo/2015/08/01/16/06/leaf-870389_960_720.jpg

A photograph of a potato field. In the foreground, several brown, oval-shaped potato tubers are visible, partially buried in dark, rich soil. Above the soil, green potato plants with broad, heart-shaped leaves are growing. The background shows more of the field under a clear, bright blue sky. The overall scene is brightly lit, suggesting a sunny day.

CHYTRIDIOMYCOTA

Klára Křížková

Rozmnožování hub – oddělení: Chytridiomycota

- nepohlavní rozmnožování
 - ve sporangiích jednobíčíkaté zoospory
 - primitivnější druhy – jediné zoosporangium (monocentrické)
 - složitější druhy – více zoosporangií (polycentrické)
 - zoosporangium:
 - podle typu otevírání: operkulátní a inoperkulátní typy
 - podle polohy stélky vzhledem k hostiteli: epibiotický a endobiotický typ

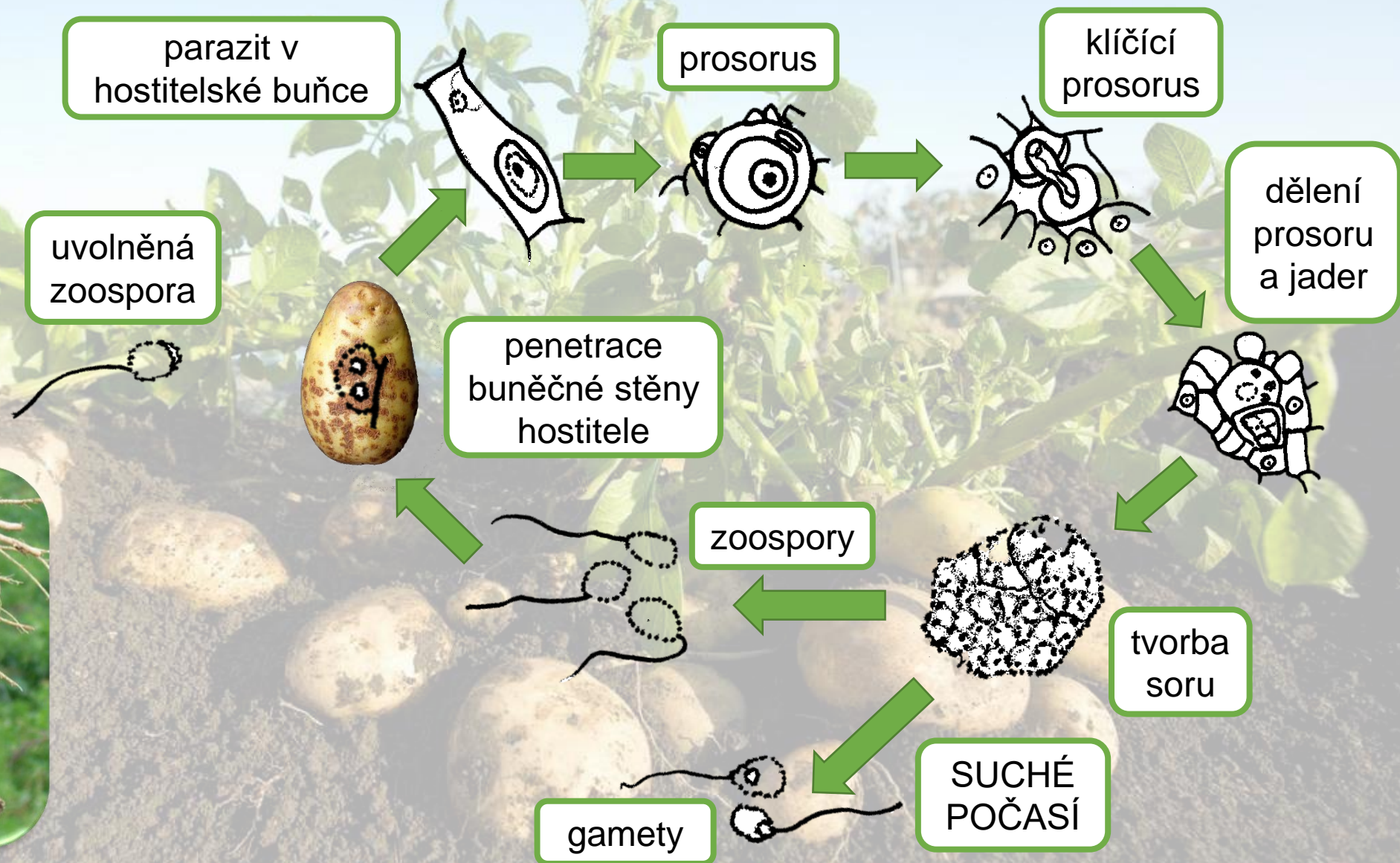
Rozmnožování hub – oddělení: Chytridiomycota

- pohlavní rozmnožování
 - u nejjednodušších druhů se zoospory chovají jako gamety (jsou schopny kopulace)
 - izogametogamie = izogamie, anizogametogamie = anizogamie
 - pokročilejším typem je oogamie
 - výsledkem je diploidní zygota klíčící po meióze
 - životní cyklus – haplobiontický (vzácněji diplobiontický)

Životní cyklus u rakovince bramborového (*Synchytrium endobioticum*)

- zoospory vyklíčí a dotknou se hlízy v místě očka
- po proniknutí do buněk hostitele → letní výtrus – prosorus
- v okolních buňkách hostitele → nádory
- prosorus klíčí → sorus sporangií → praskne → zoospory
- suché počasí → menší zoospory – funkce izogamet
- v buňce vznikne odpočívající (trvalé) sporangium

ŽIVOTNÍ CYKLUS RAKOVINCE BRAMBOROVÉHO (*SYNCHYTRIUM ENDOBIOTICUM*)



SUCHÉ
POČASÍ

plazmogamie

karyogamie

penetrace stěny
hostitele zygotou

tvorba
sporangia

pozdější
stadium

MEIÓZA

tvorba
zoospor

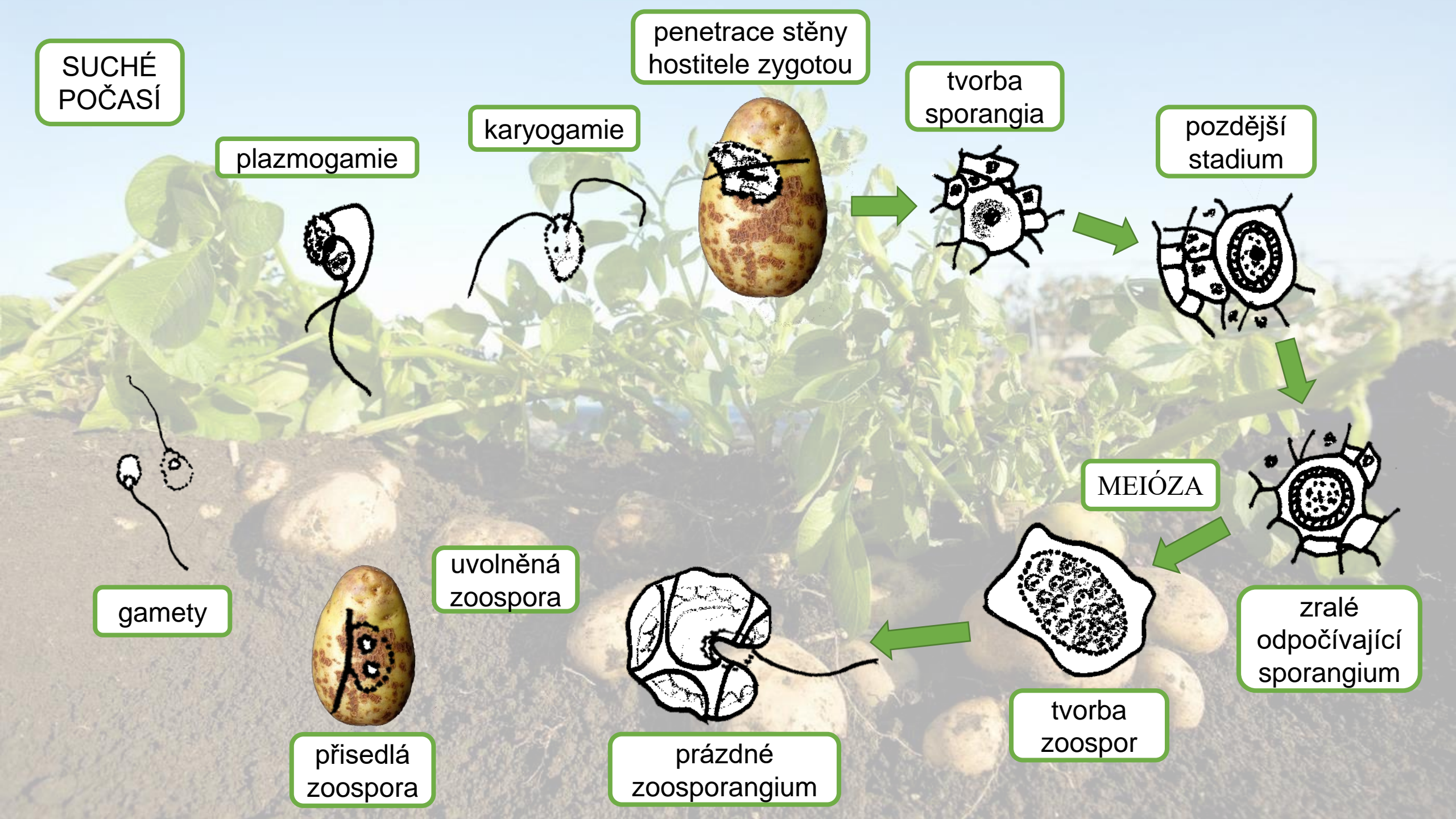
zralé
odpočívající
sporangium

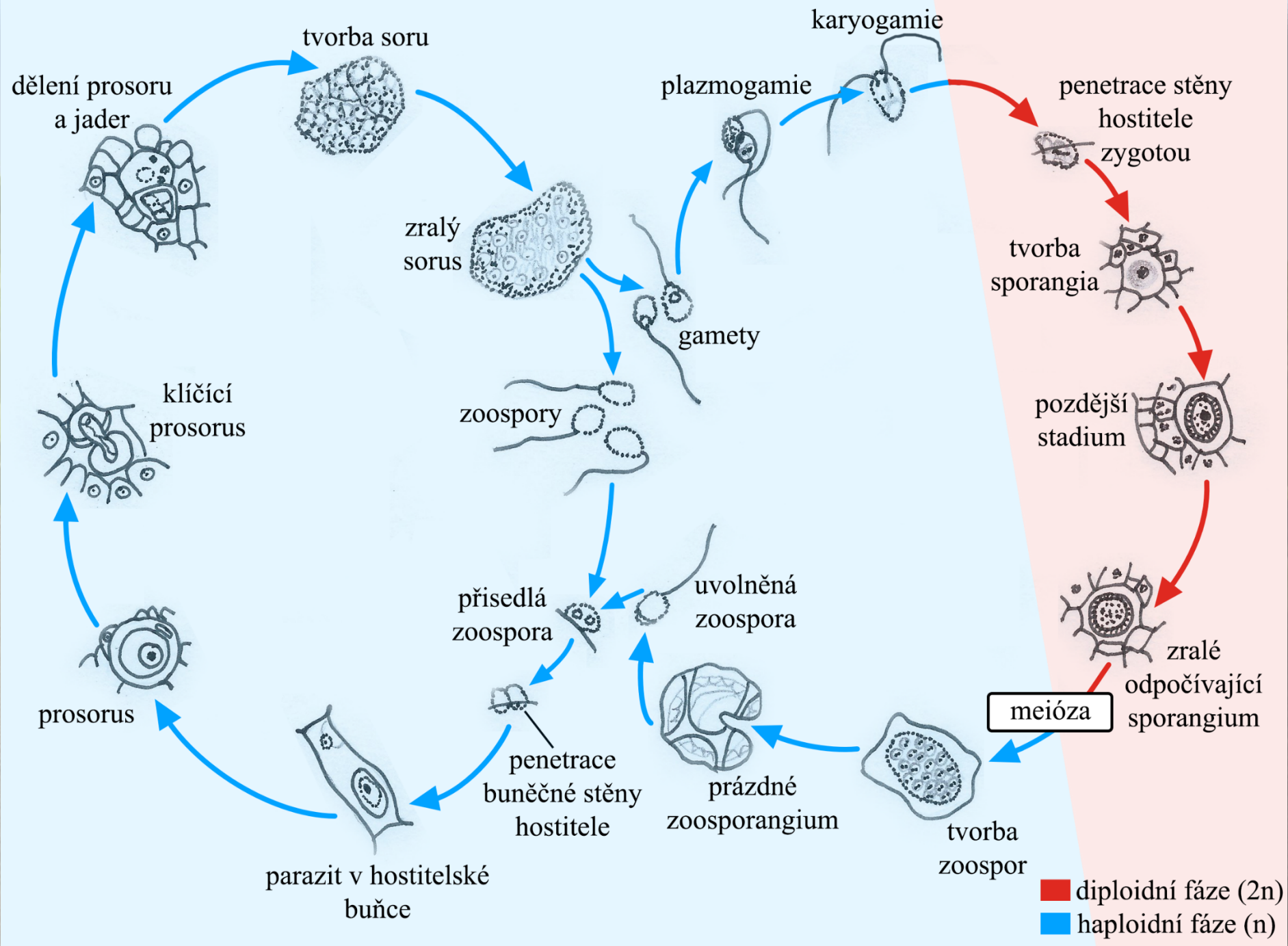
gamety

uvolněná
zoospora

prázdné
zoosporangium

přisedlá
zoospora





Zdroje

- Křížková, K. (2017): Diplomová práce Tvorba informačního a výukového materiálu „Rozmnožování hub“
- autor perokreseb: Klára Křížková
- perokresby překresleny dle:
 - Kalina T., Váňa J. (2005): slide č. 5, 6, 7
 - Kritartha S. (2016): slide č. 5, 6, 7
- zdroje fotografií:
 - obrázek na pozadí slidů:
 - <http://www.stoplusjednicka.cz/sites/default/files/obrazky/2015/01/profimedia-0103134928.jpg>
 - slide č. 5:
 - https://cdn.lv-hessen.de/www.lw-heute.de/tmp/37182_full.jpg
 - <https://plantpestimages.files.wordpress.com/2014/01/synchytrium-endobioticum.jpg?w=1400>
 - slide č. 5, 6:
 - http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trade/agr/standard/potatoes/ListofPestPictures/NettedScab/NettedScab_tuber.jpg



ZYGOMYCOTA

Klára Křížková

Rozmnožování hub – oddělení: Zygomycota

- nepohlavní rozmnožování
 - spory vznikají ve sporangiích, redukce počtu spor
 - artrospory, trichospory, chlamydospory, blastokonidie
 - u třídy Zygomycetes nepohlavní rozmnožování častěji než pohlavní
 - uskutečňuje se pomocí sporangiospor
 - sporangia se sterilním sloupkem kolumelou
 - sporangiospory se šíří pomocí vnějšího činitele
 - hyfy mnohoaderné, septa oddělují pouze gametangie či sporangia

Rozmnožování hub – oddělení: Zygomycota

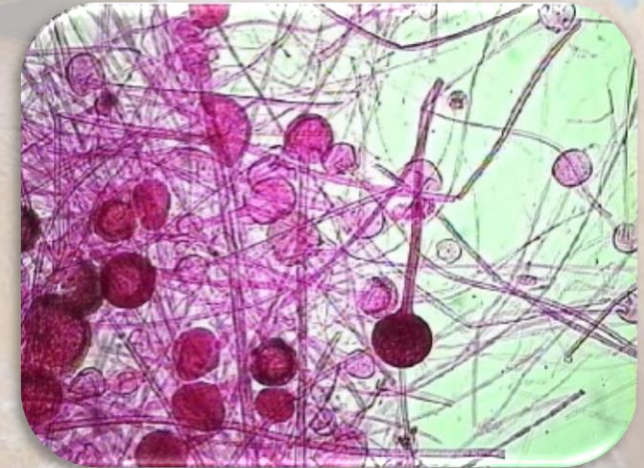
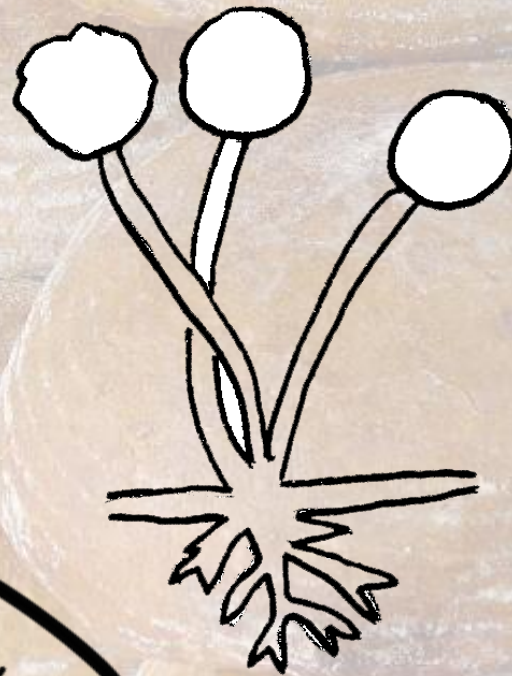
- pohlavní rozmnožování
 - progametangia, vznik gametangií, splývání
 - vznik zygosporangia s jedinou diploidní zygosporou
 - někdy může být karyogamie časově opožděná za plazmogamií
 - není přítomna skutečná dikaryofáze
 - životní cyklus u třídy Zygomycetes – izogametangiogamie, anizogametangiogamie
 - gametangia – heterothalické nebo homothalické druhy

Životní cyklus u krepidlovce černavého (*Rhizopus stolonifer*)

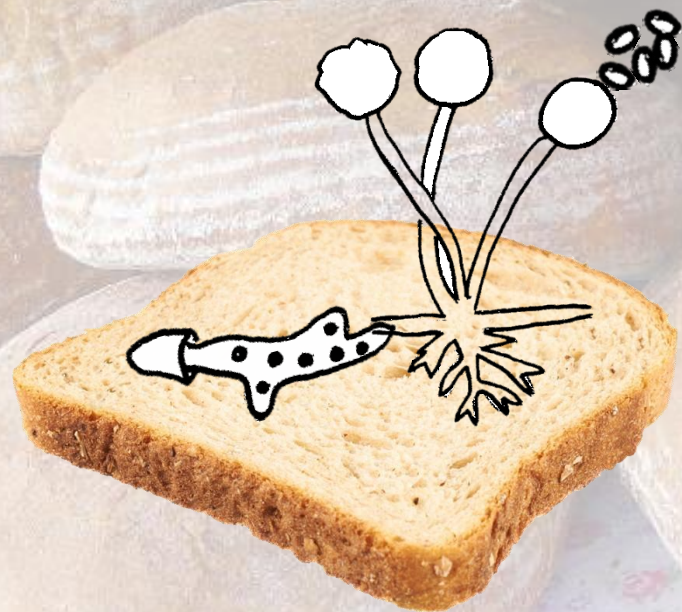
- sporangiospory klíčí → cenocytické mycelium → sporangiofory se sporangii
- pohlavní rozmnožování → kontakt mycelií – pohlavní typ (+) a (-)
- progametangia → mnohojaderná gametangia → splynutí
- plazmogamie, párování jader, karyogamie
- zygosporangium se zygosporou, meióza
- zygosporangium klíčí ve sporangiofor s klíčným sporangiem

ŽIVOTNÍ CYKLUS KROPIDLOVCE ČERNAVÉHO (*RHIZOPUS STOLONIFER*)

sporangiofor
se sporangii



nepohlavní
rozmnožování



spora



mycelium



sporangiofor
se sporangii



spory



pohlavní
rozmnožování

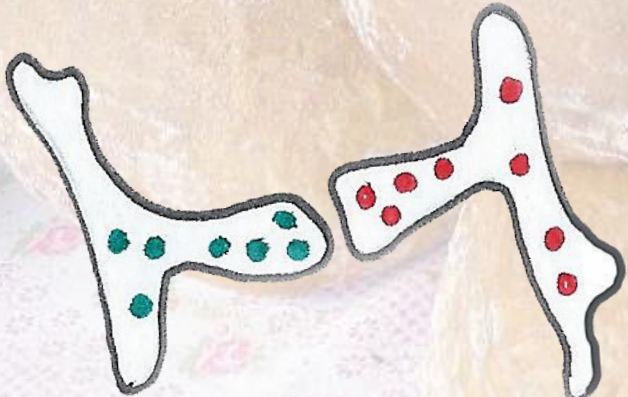
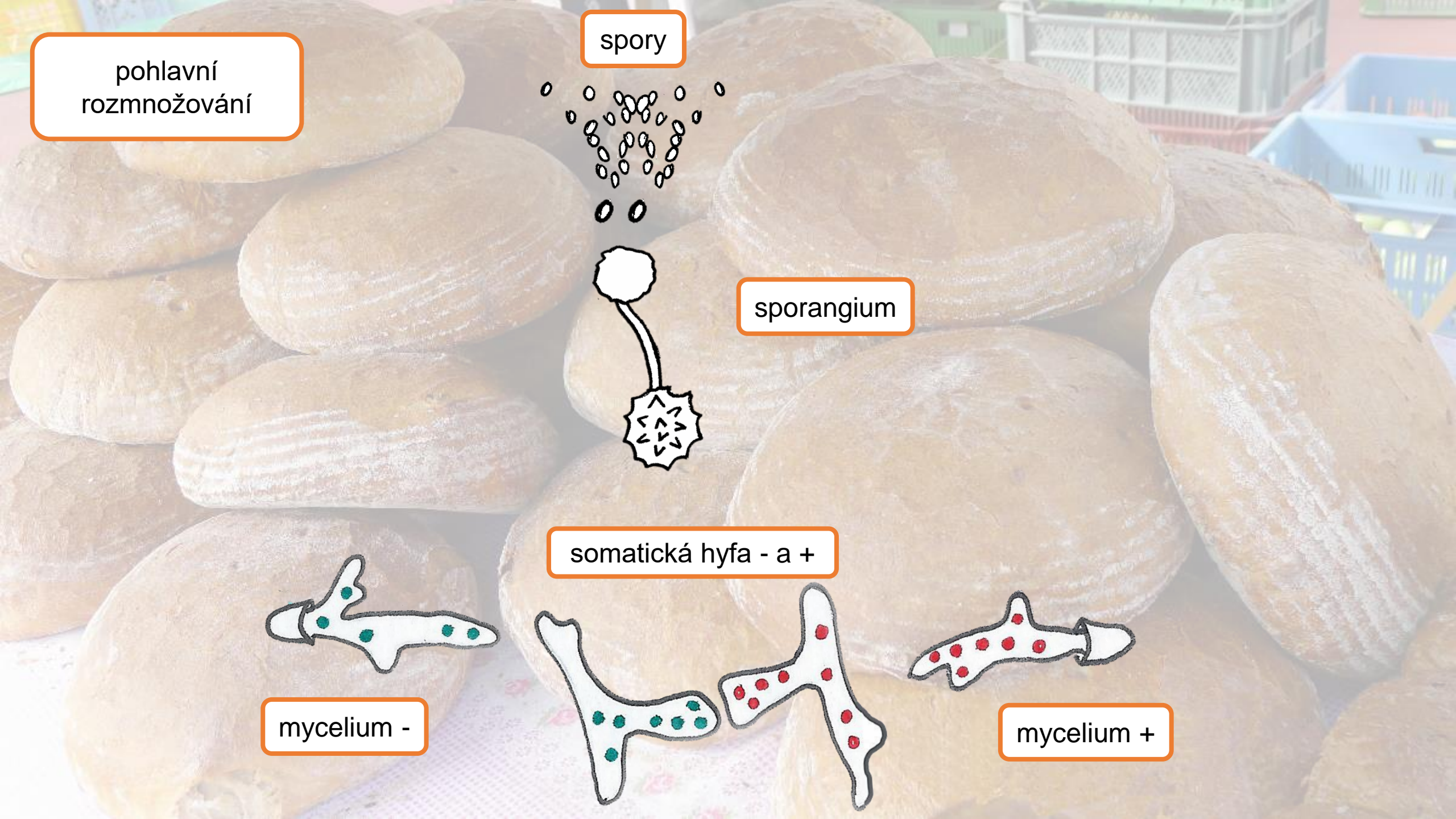
spory

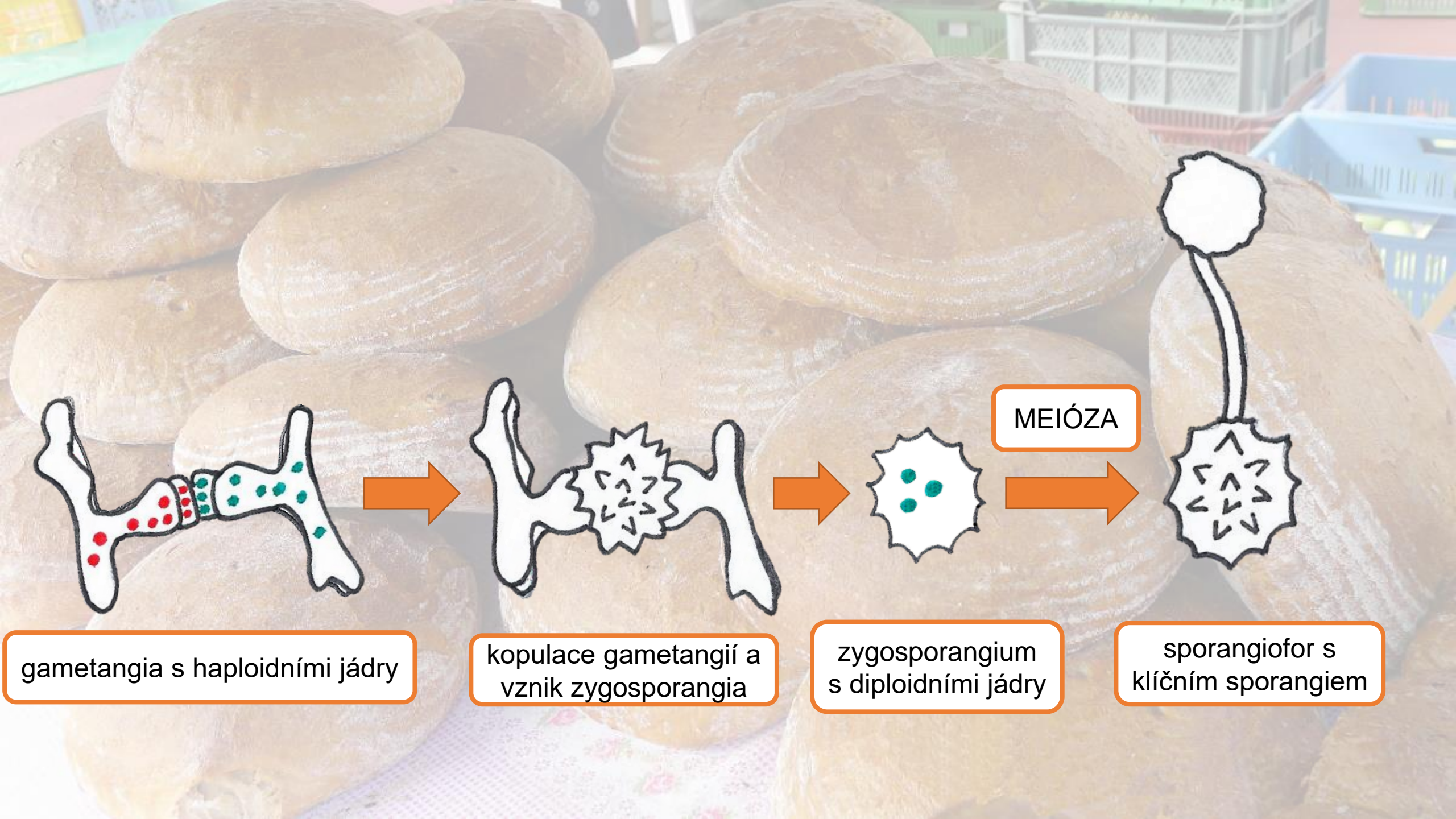
sporangium

somatická hyfa - a +

mycelium -

mycelium +





gametangia s haploidními jádry



kopulace gametangií a vznik zygosporangia

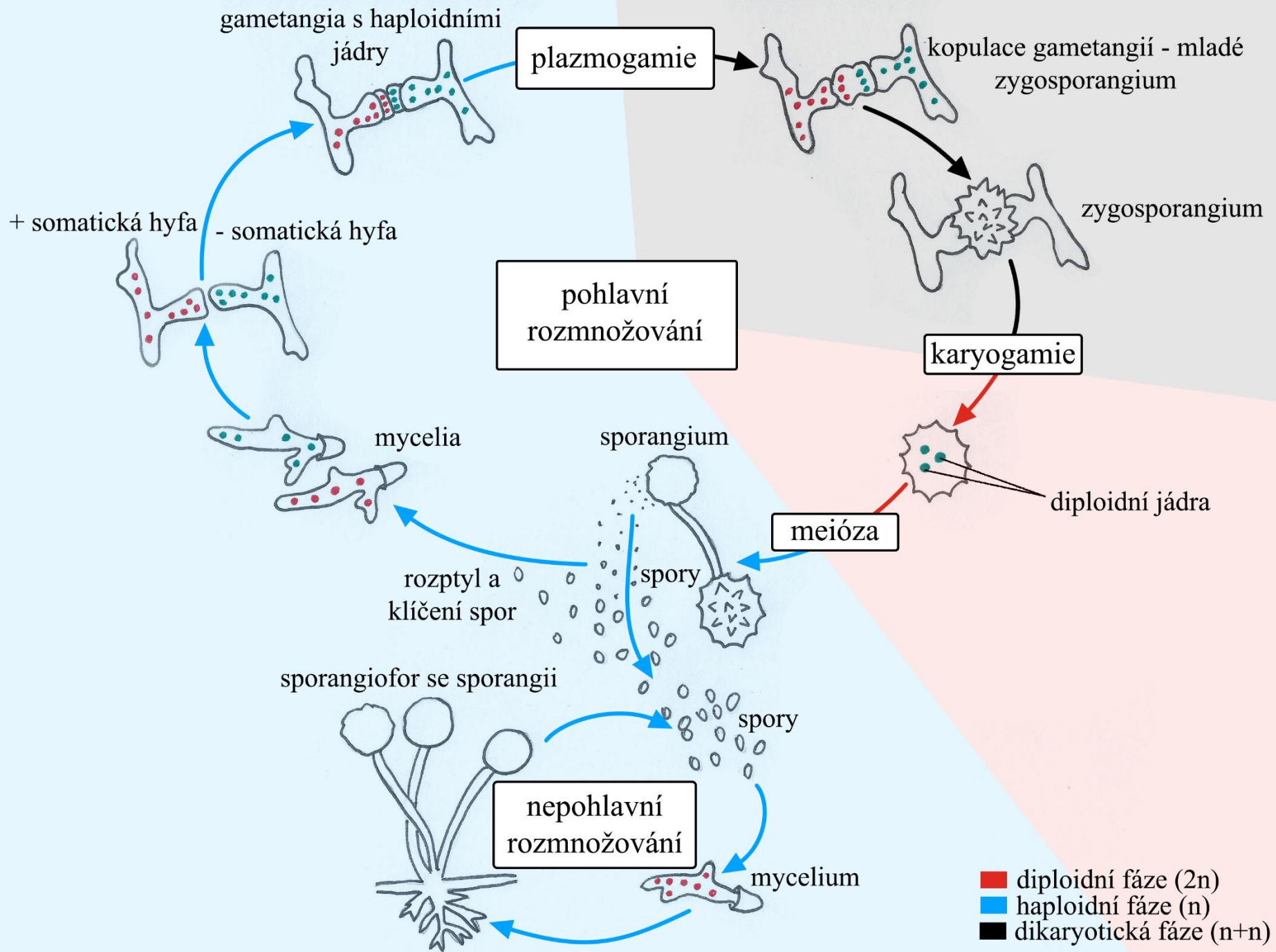


zygosporangium s diploidními jádry

MEIÓZA



sporangiofor s klíčným sporangiem

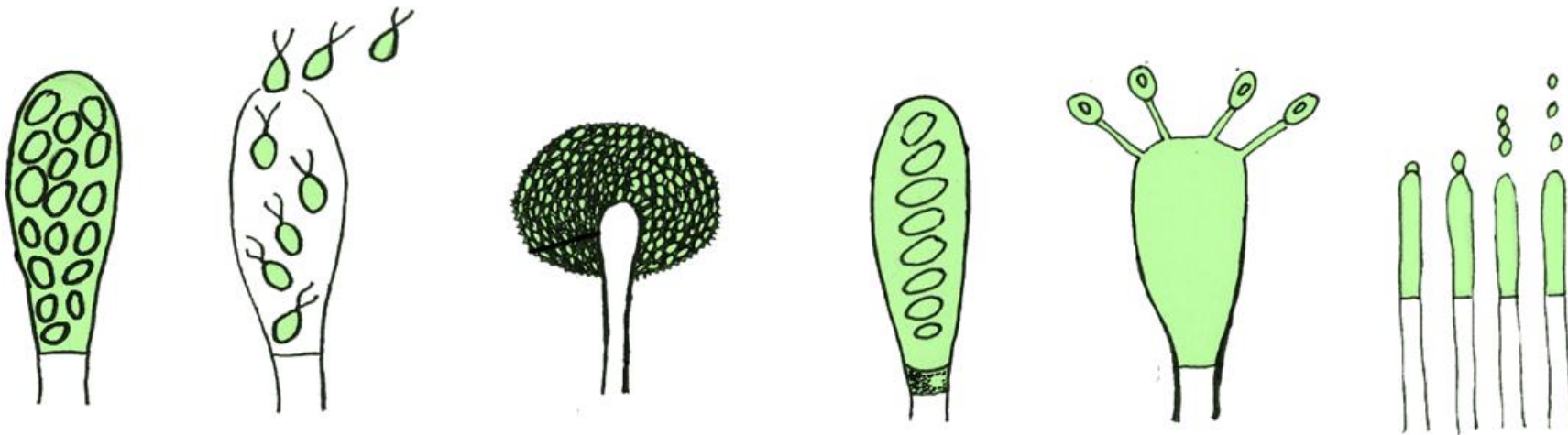


Zdroje

- Křížková, K. (2017): Diplomová práce Tvorba informačního a výukového materiálu „Rozmnožování hub“
- autor perokreseb: Klára Křížková
- perokresby překresleny dle:
 - Kalina T., Váňa J. (2005): slide č. 5 - 9
 - Raven P. H., Johnson G. B. (2001): slide č. 5 - 9
- zdroje fotografií:
 - obrázek na pozadí slidů:
 - <http://www.ceskyfarmarskytrh.cz/wp-content/gallery/opatovsky-chleba/opatovsky-chleba-6.jpg>
 - slide č. 5:
 - http://g.denik.cz/56/d2/0330-chleba_sip-1140.jpg
 - http://3.bp.blogspot.com/-cBEmsfUucBQ/TILN-M-kjLI/AAAAAAAAABSI/sZOTrrRWwrk/s1600/moldy_bread.jpg
 - <https://image.slidesharecdn.com/labstudyguide-100217212935-phpapp02/95/lab-study-guide-41-728.jpg?cb=1266442310>
 - <https://images.vexels.com/media/users/3/127978/isolated/preview/b5dc5cfbf9438604b6f856fda4abdc93-mano-dibujado-lupa-by-vexels.png>
 - slide č. 6:
 - https://st2.depositphotos.com/2279597/5348/i/950/depositphotos_53482617-stock-photo-slice-of-the-toast-bread.jpg

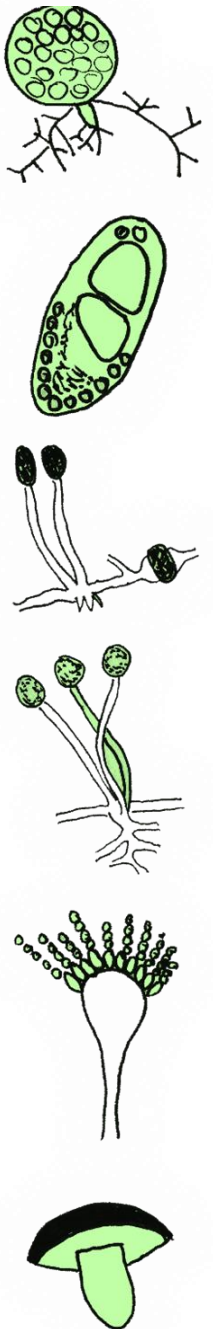
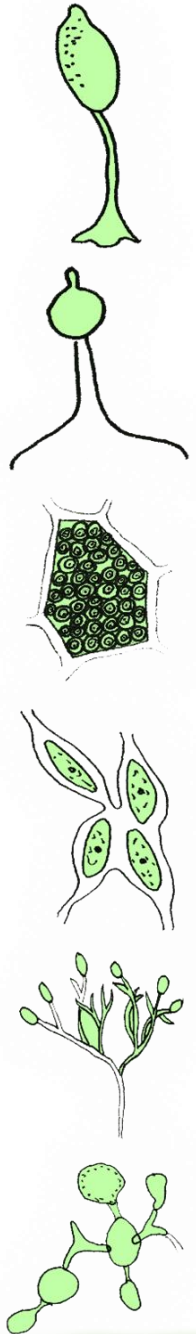
ASCOMYCOTA

Klára Křížková



Rozmnožování hub – oddělení: Ascomycota

- přehrádkované mycelium, kolonie buněk, pučivé pseudomycelium
- dikaryotická fáze v askomatech v podobě askogenních hyf
- u řádu Taphrinales dikaryotickou fází představuje mycelium
- podrobněji v rámci pododdělení:
 - [TAPHRINOMYCOTINA](#)
 - [SACCHAROMYCOTINA](#)
 - [PEZIZOMYCOTINA](#)



Rozmnožování hub – pododdělení: Taphrinomycotina

- teleomorfy → vřečka s endogenními askosporami
- askogenní hyfy chybí
- pravá dikaryotická fáze
- kopulace haploidních blastospor → dvoujaderná buňka → dikaryotické mycelium → vřečka
- stěna vřečka se rozruší → uvolněné askospory → pučení blastospor

ŽIVOTNÍ CYKLUS U KADEŘAVKY BROSKVOVÉ (*TAPHRINA DEFORMANS*)

zralá vřečka se sporami na povrchu hostitele



pučící askospora a tvorba blastospor



askogenní buňky na pletivu hostitele



PLAZMOGAMIE

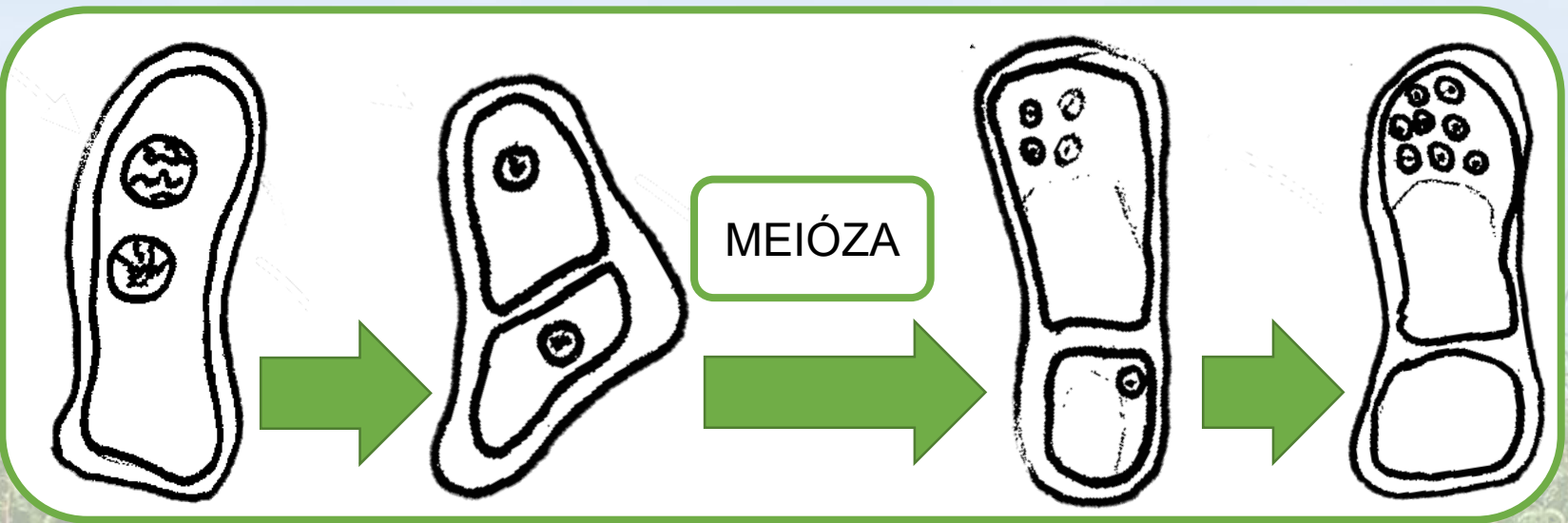


vznik dikaryotického mycelia





KARYOGAMIE

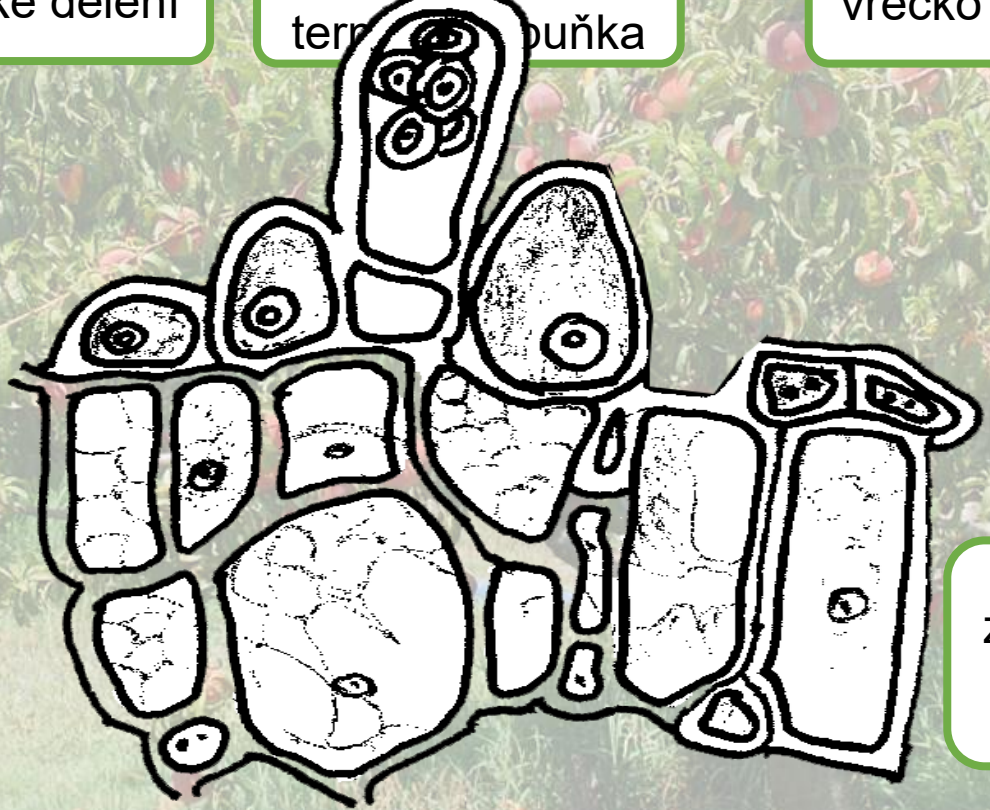


MEIÓZA

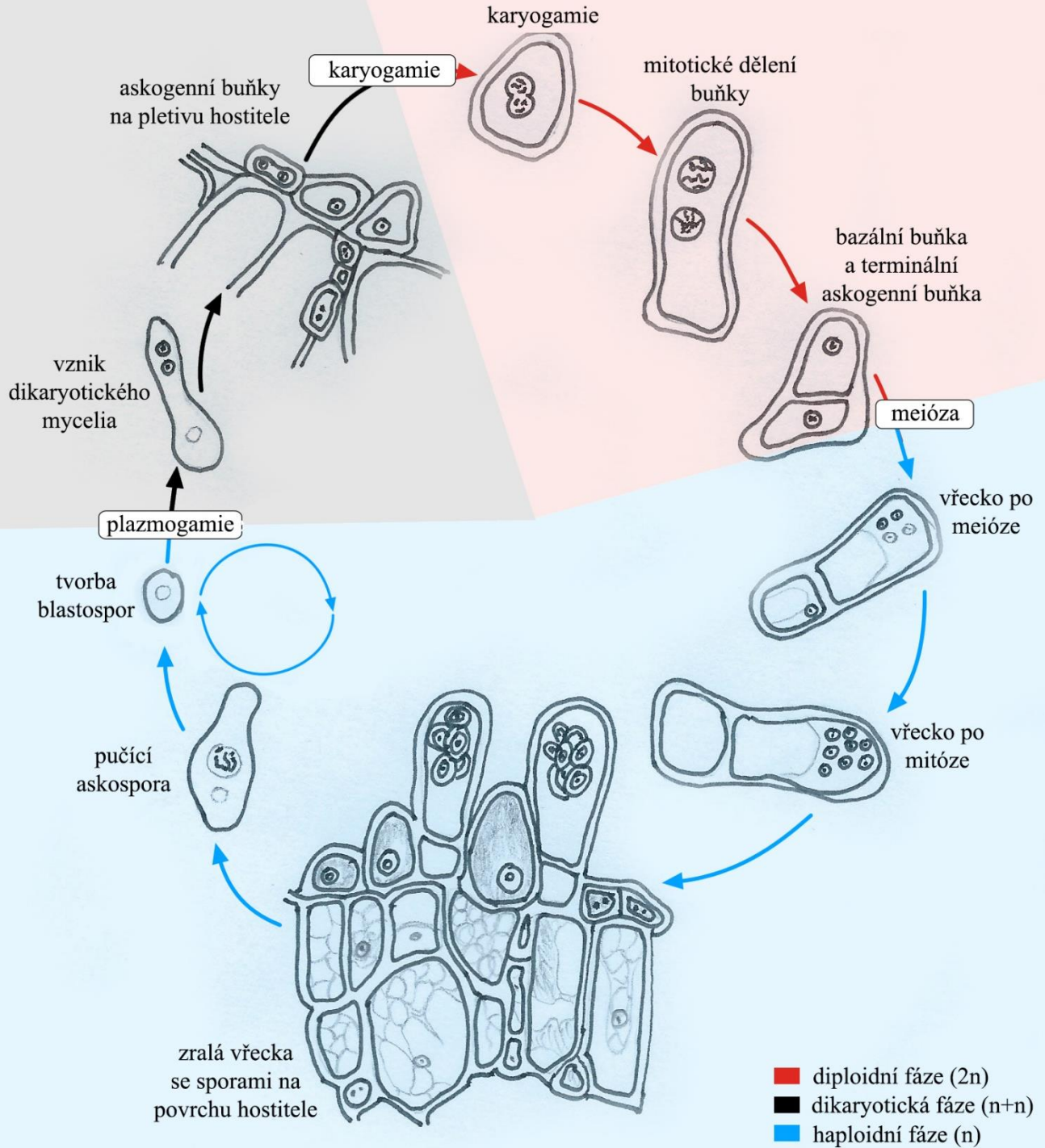
mitotické dělení

bazální a terminální puňka

vřecko po meióze a po mitóze



zralá vřecka se sporami na povrchu hostitele



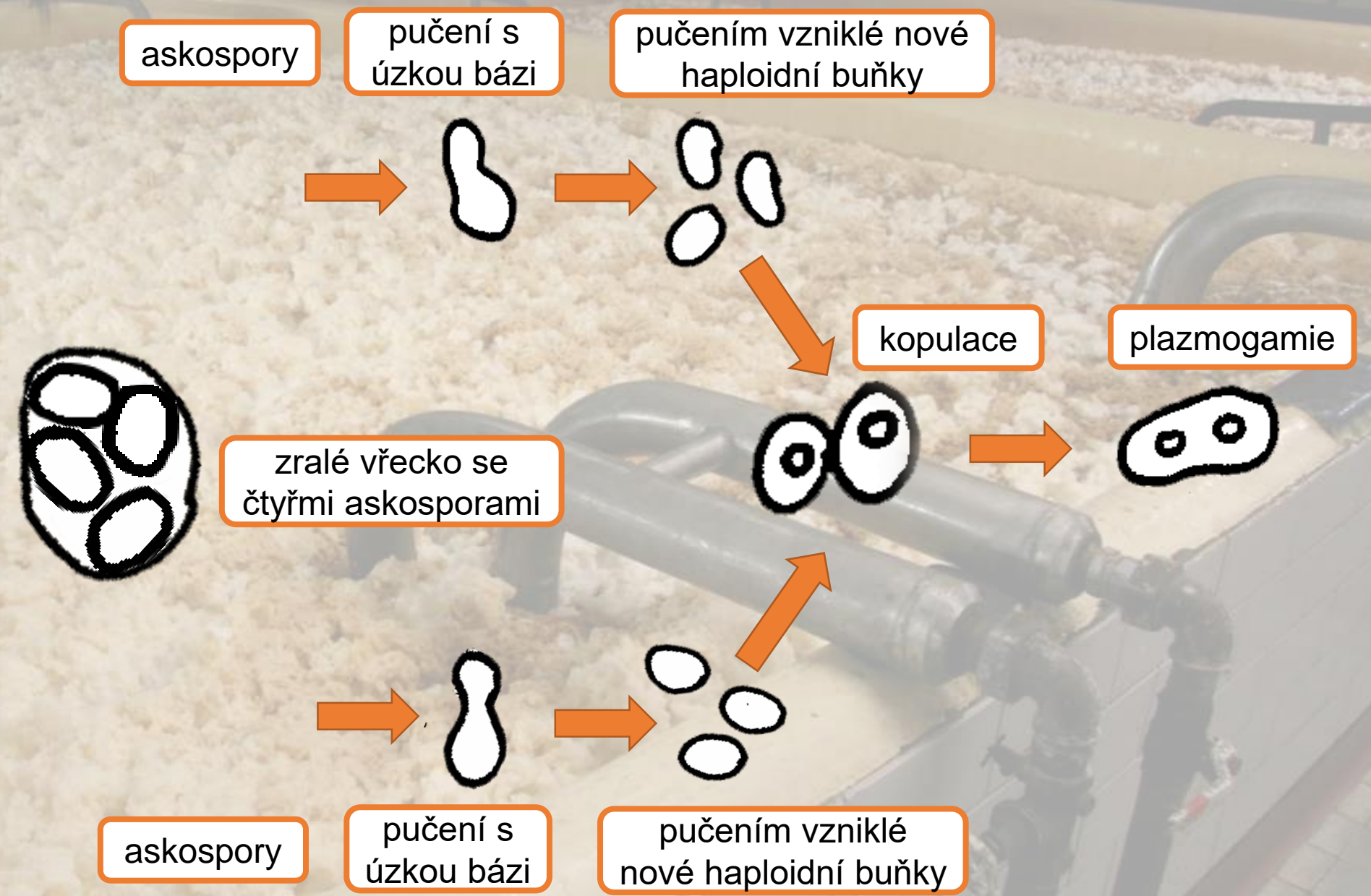
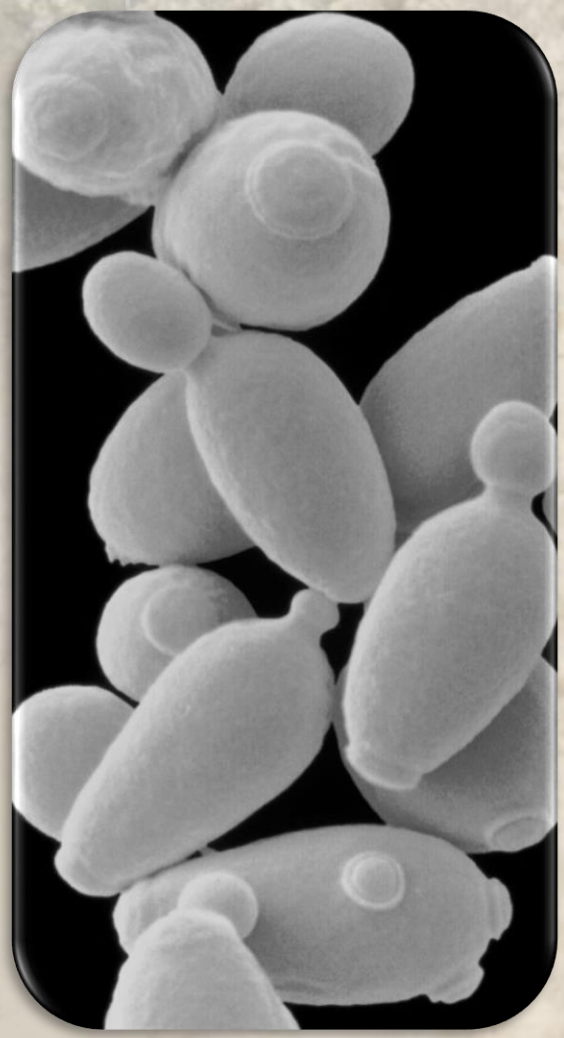
Rozmnožování hub – pododdělení: Saccharomycotina

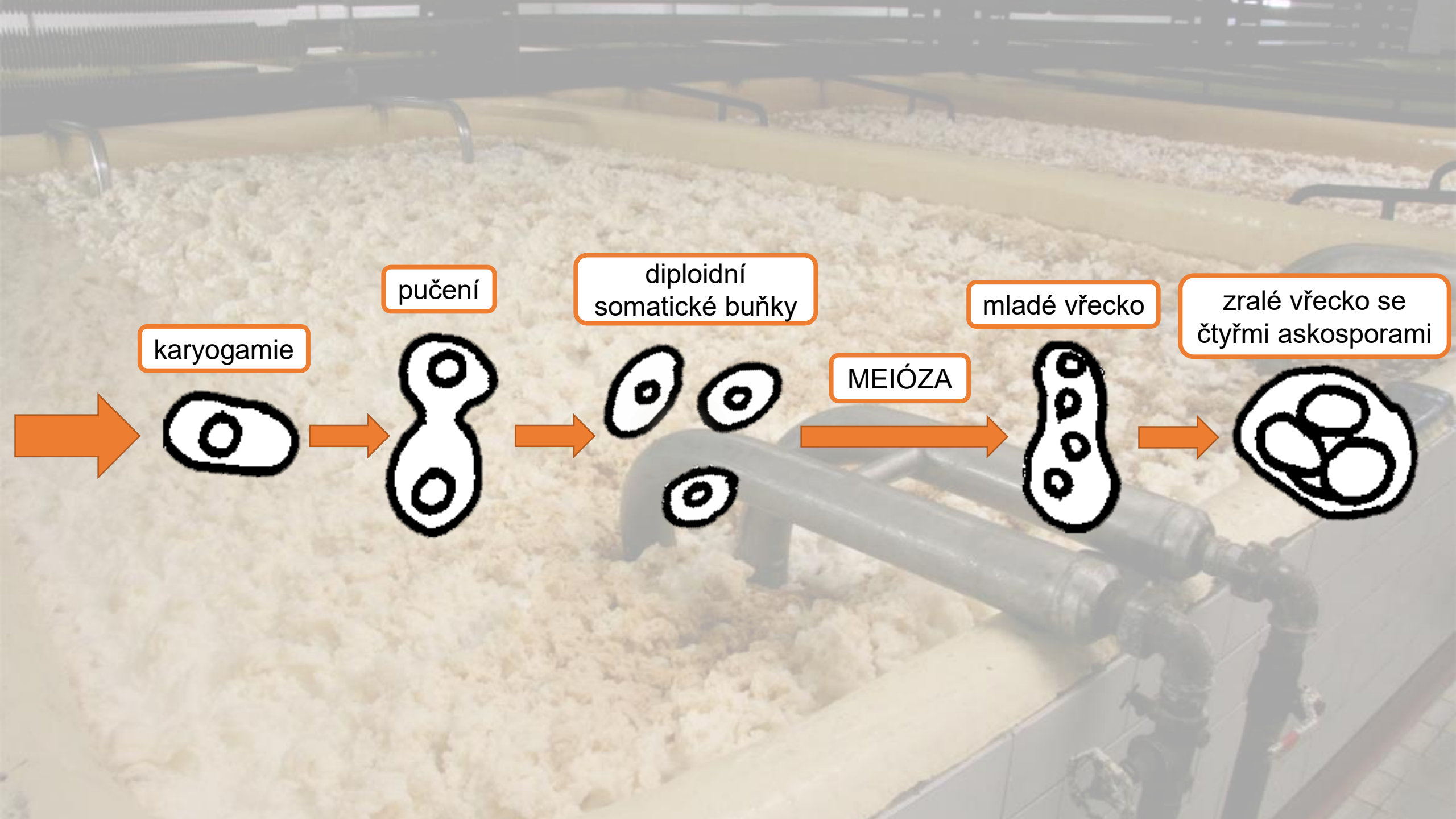
- nepohlavní rozmnožování
 - pučení → blastospory (konidie)
 - blastospory odpadnou → na povrchu mateřské buňky jizvy
 - může dojít i k prostému dělení buněk
 - vláknité typy → artrospory či jiné druhy konidií

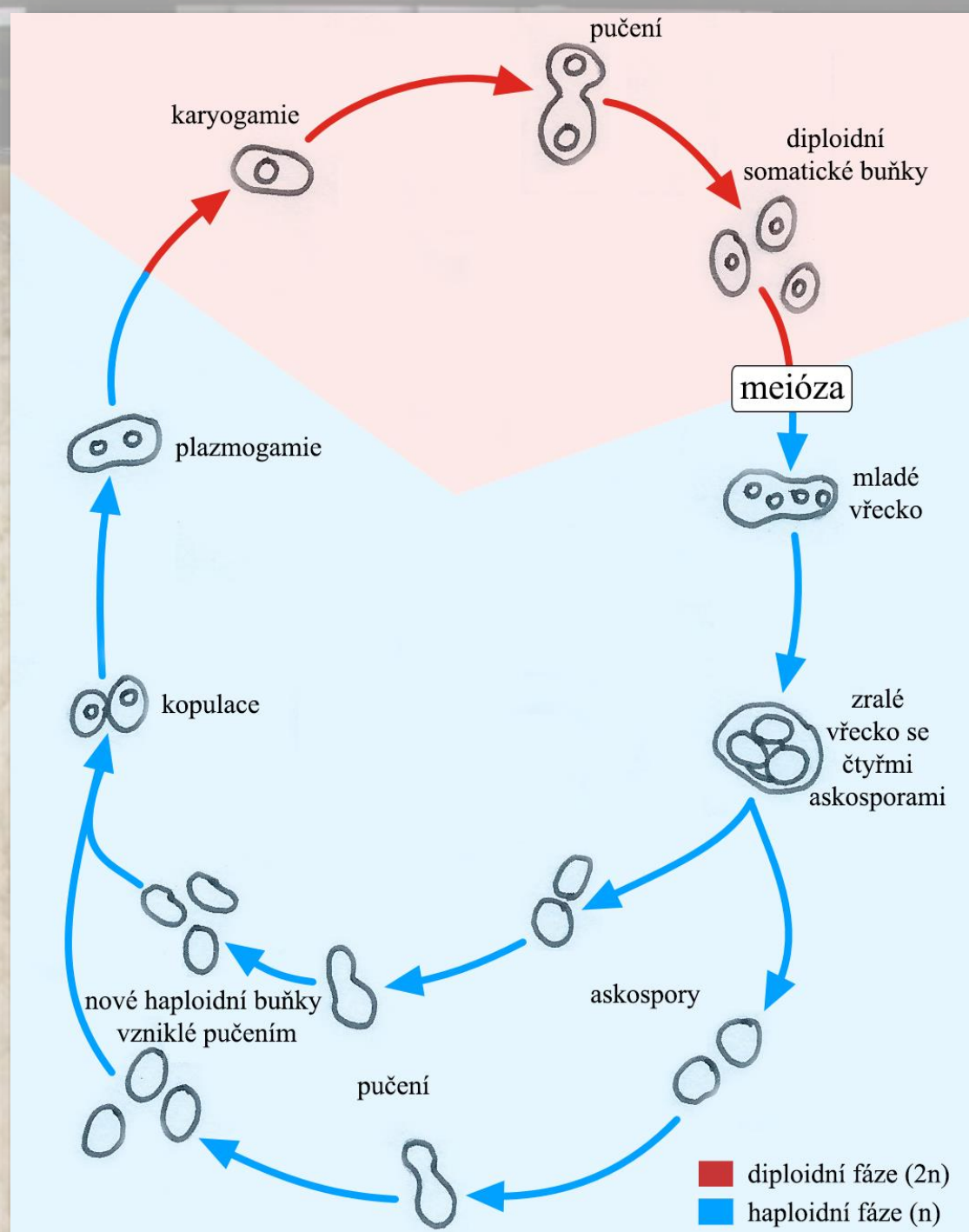
Rozmnožování hub – pododdělení: Saccharomycotina

- pohlavní rozmnožování
 - somatogamie
 - diploidní zygota → vřecko
 - vřecka se tvoří jednotlivě nebo v řetízcích
 - askospory po čtyřech i ve velkém počtu
 - životní cyklus haplobiontní, diplobiontní, haplodiplobiontní

ŽIVOTNÍ CYKLUS KVASINKY PIVNÍ (*SACCHAROMYCES CEREVISIAE*)







Rozmnožování hub – pododdělení: Pezizomycotina

- nepohlavní rozmnožování
 - velmi časté
 - konidie, dělení, fragmentace stélky
 - pučení je vzácné

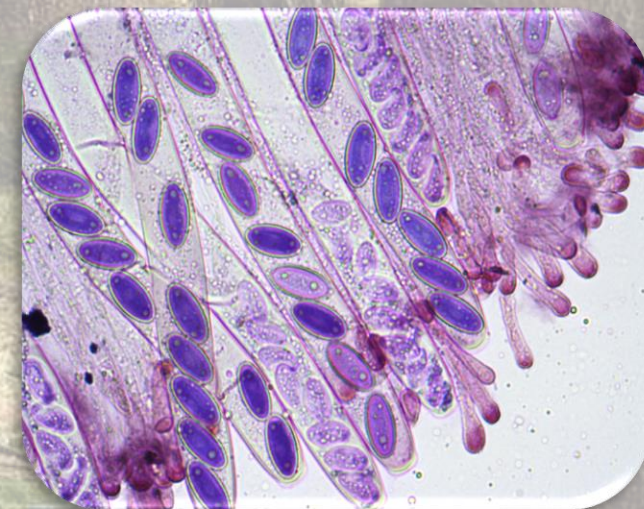
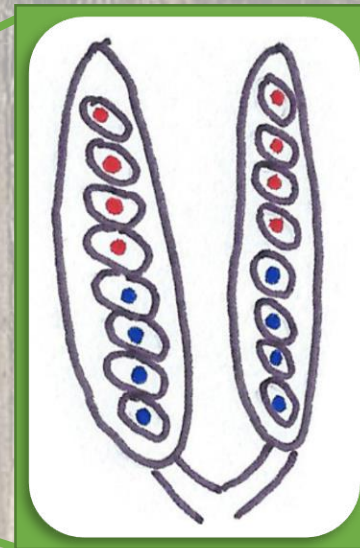
Rozmnožování hub – pododdělení: Pezizomycotina

- pohlavní rozmnožování
 - gametangiogamie, popř. další modifikace, anteridium
 - haploidní mycelium → gametangia (anteridium, askogony),
 - plazmogamie, párování jader
 - askogenní hyfy – dikaryotické → vřečka → karyogamie
 - hákování hyf
 - mladé vřečko → zygota = jediná diploidní buňka celého životního cyklu
 - meióza → 4 haploidní jádra → askospory, haplo-dikaryotický životní cyklus

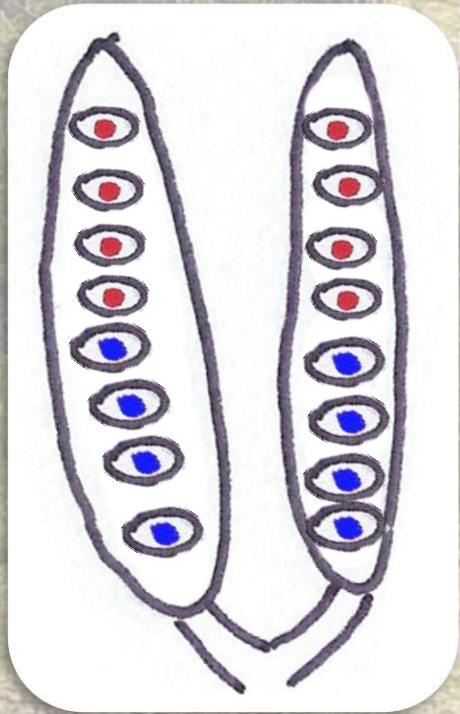
ŽIVOTNÍ CYKLUS U PEZIZOMYCOTINA (ASCOMYCETES)



dospělý askokarp
produkující spory



askus a osm vzniklých askospor



klíčení askospor v myceliu



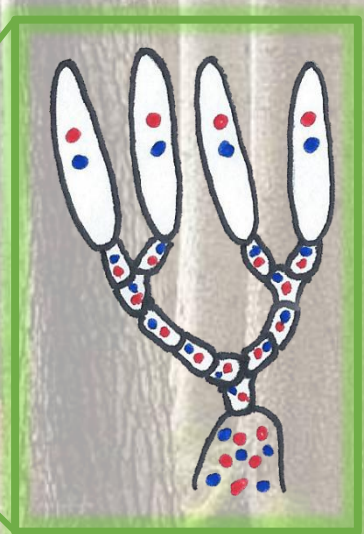
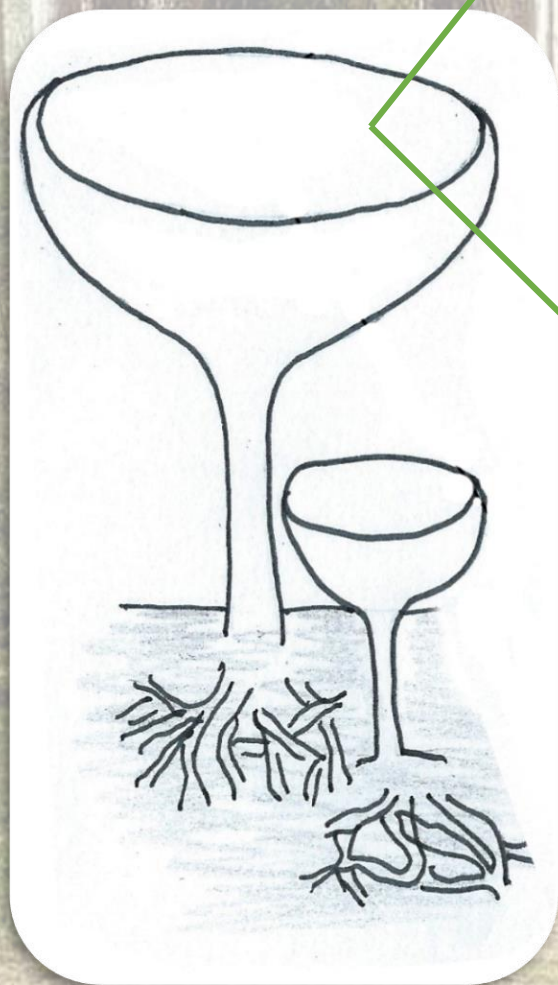


dikaryotické mycelium

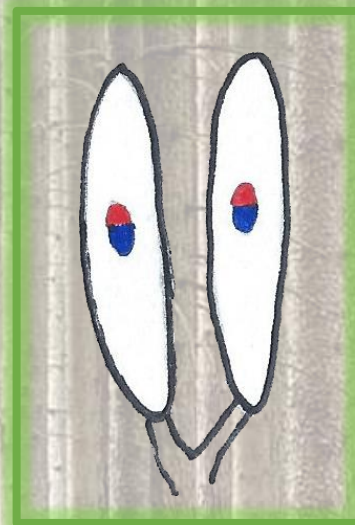
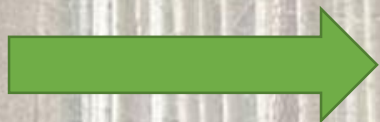
PLAZMOGAMIE

haploidní hyfy (n)

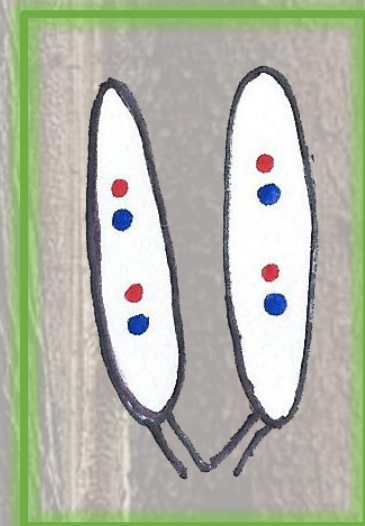
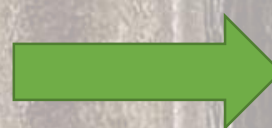




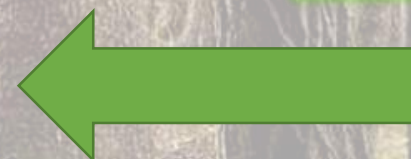
KARYOGAMIE

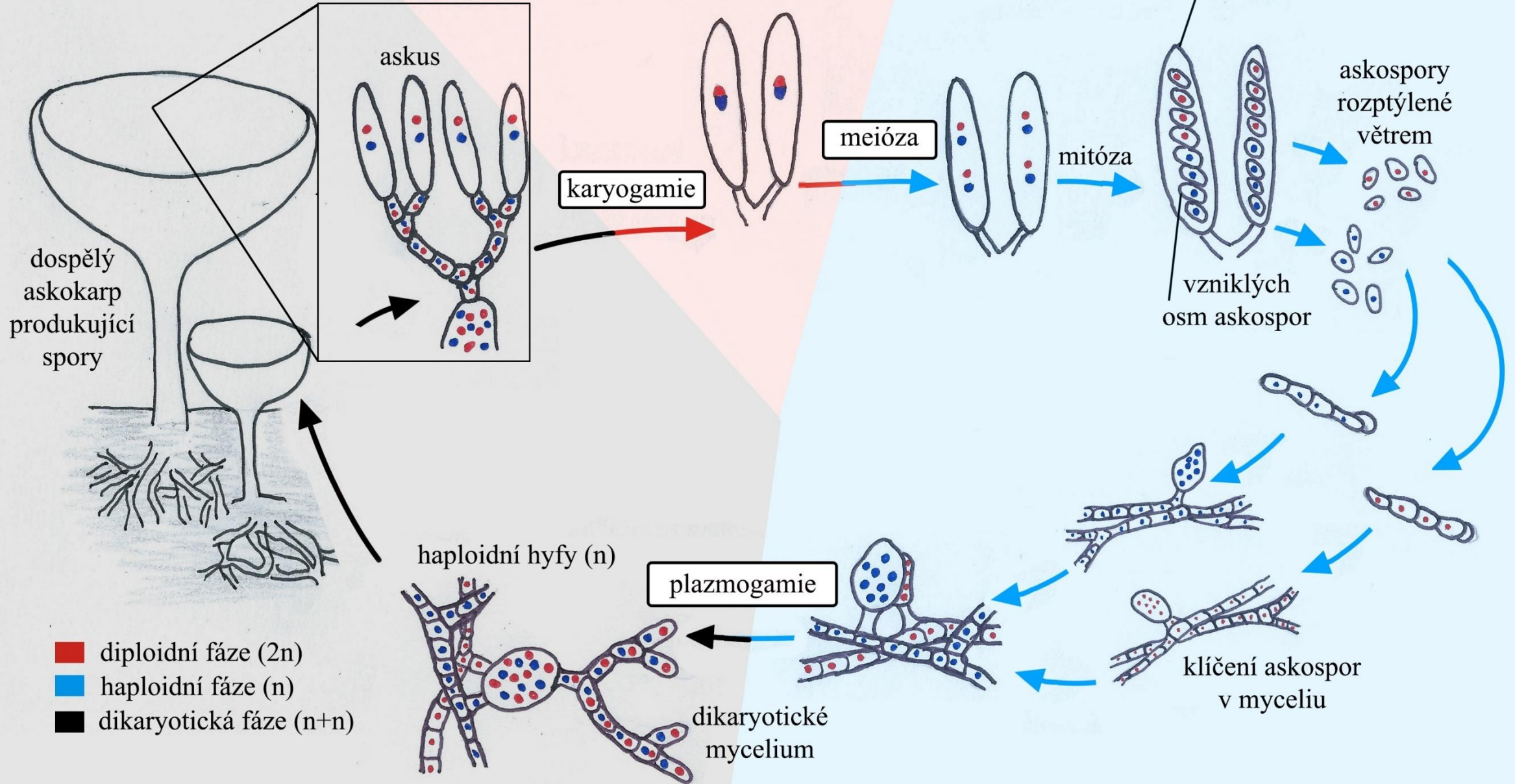


MEIÓZA



MITÓZA



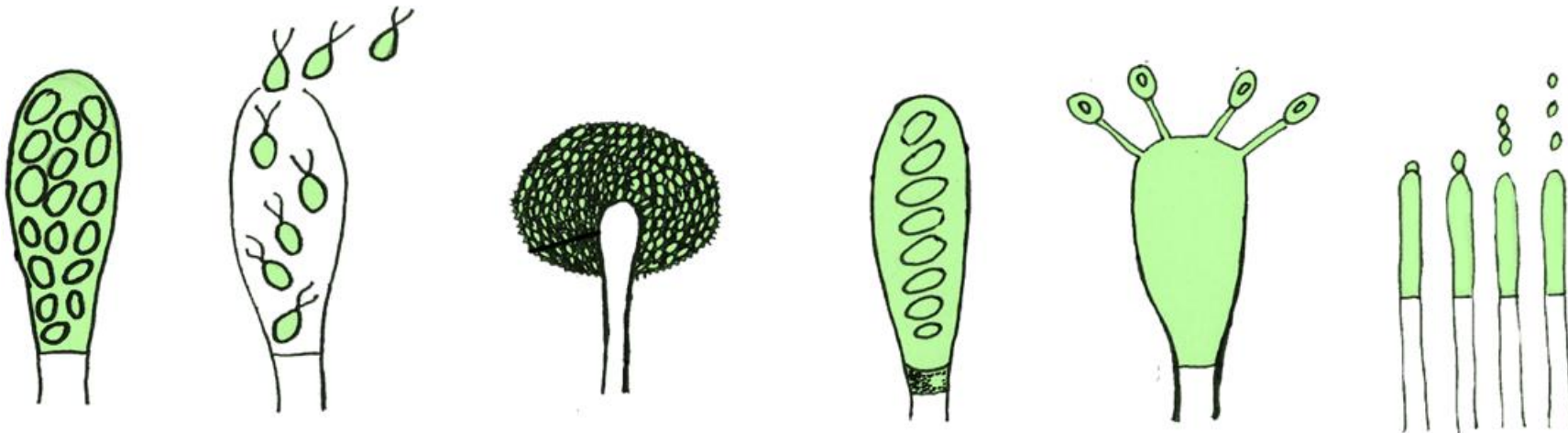


Zdroje

- Křížková, K. (2017): Diplomová práce Tvorba informačního a výukového materiálu „Rozmnožování hub“
- autor perokreseb: Klára Křížková
- perokresby překresleny dle:
 - Kalina T., Váňa J. (2005): slide č. 4 – 7, 10 – 11, 15 - 19
 - Mehak N. (2016): slide č. 4 – 7
 - Samiksha S. (2016): slide 10 – 11
 - Raven P. H., Johnson G. B. (2001): slide 15 – 19
- zdroje fotografií:
 - obrázek na pozadí slidů:
 - <http://hoegerman.com/bhblog/wp-content/uploads/2010/07/peach-orchard.jpg>
 - [http://www.pivovarferdinand.cz/data/usr_046_default/web_5101\(1\).jpg](http://www.pivovarferdinand.cz/data/usr_046_default/web_5101(1).jpg)
 - http://sruby-hurych.cz/wp-content/uploads/2016/04/smrk_01-2000x2000.jpg
 - slide č. 4:
 - <http://www.biolib.cz/IMG/GAL/31633.jpg>
 - http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/files/9/2312.jpg
 - http://www.discoverlife.org/IM/I_TQBH/0113/640/Taphrina_deformans,I_TQBH11339.jpg
 - slide č. 10:
 - <https://biology.uiowa.edu/model-organisms/saccharomyces-cerevisiae-yeast>
 - slide č. 15:
 - https://farm4.static.flickr.com/3053/5723268435_c30dbf59de_b.jpg
 - https://adapaproject.org/images/biobook_images/Asci.jpg
 - https://cdn.pixabay.com/photo/2016/03/31/19/32/wind-1295105_1280.png

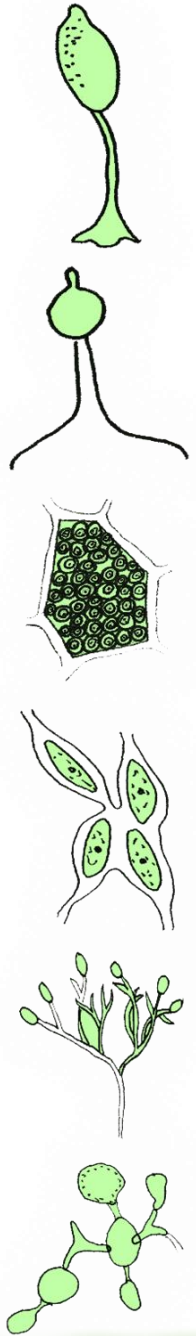
BASIDIOMYCOTA

Klára Křížková



Rozmnožování hub – oddělení: Basidiomycota

- charakterizováno způsobem pohlavního rozmnožování
- bazidie → karyogamie, meióza
- bazidiospory na sterigmatech, nejčastěji po čtyřech
- podrobněji v rámci tříd:
 - [UREDINIOMYCETES](#)
 - [USTILAGINOMYCETES](#)
 - [AGARICOMYCETES](#)



Rozmnožování hub – třída: Urediniomycetes

- jednojaderné, později dvoujaderné mycelium
- intercelulární mycelium → haustoria do buněk hostitele
- napadené buňky – hypertrofie, hyperplazie
- perenující mycelium
- na myceliu jednoduché póry
- myceliální kupky (sori) s výtrusy
- několik typů nepohlavních výtrusů

Rozmnožování hub – třída: Urediniomycetes

- střídání hostitelů
- druhy dvoubytné – střídání hostitele a mezihostitele
- druhy jednobytné – hostitele nestřídají
- životní cyklus – haploidní fáze je závislá na mezihostiteli
- bazidiospora → hyfa → infekce tkáně hostitele
- spermogonia → spermacie
- oplození: spermacie + receptivní hyfa = dikaryotická buňka

Rozmnožování hub – třída: Urediniomycetes

- dikaryotická buňka – aecia, aeciospory (jarní výtrusy)
- dikaryotické mycelium → uredie s urediosporami (letní výtrusy)
- před dozráním hostitele → telia s teliosporami (zimní výtrusy)
- teliospory: infekční, funkce probazidie, karyogamie
- bazidie → meióza → 4 bazidiospory (sporidie)
- životní cyklus může být zkrácen o jednu i více fází
- gameto-somatogamie

ŽIVOTNÍ CYKLUS RZI TRAVNÍ (*PUCCINIA GRAMINIS*)

mezihostitel – list dříváku



spermogonia na
svrchní straně listu



spermogonium s
receptivní hyfou



aecia na spodní
straně listu



aecium s aeciosporami





bazidiospory na bazidiích



spermogonia

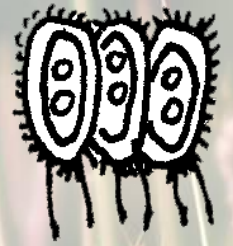
PLAZMOGAMIE

aecia s aeciosporami

hlavní hostitel – trávy
(*Poaceae*)



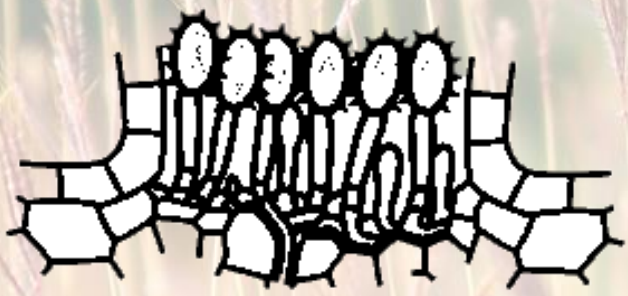
urediospory



MEIÓZA

KARYOGAMIE

uredia

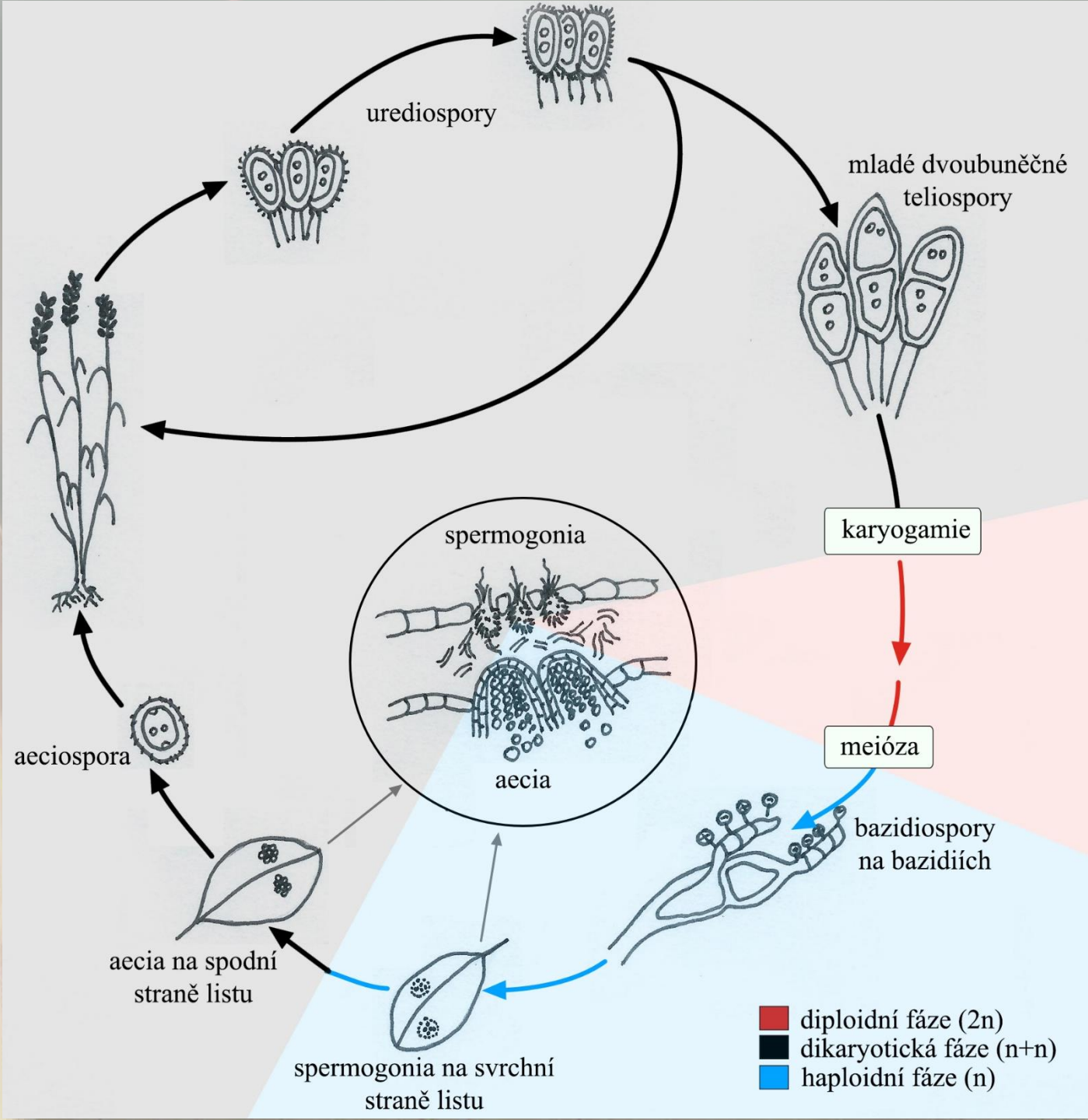


mladé
dvoubuněčné
teliospory



bazidiospory na
bazidiích





Rozmnožování hub – třída: Ustilaginomycetes

- sněti prašné: silně redukováná haploidní fáze
- nepohlavní rozmnožování
 - hyfy na povrchu hostitele → dikaryotické blastospory → infekce
 - vznik dikaryotického mycelia:
 - somatogamická kopulace primárních mycelií
 - kopulací bazidiospory s primárním myceliem
 - kopulace dvou sekundárních spor vzniklých pučením z bazidiospor
 - kvasinkové kolonie nahrazují primární mycelium

Rozmnožování hub – třída: Ustilaginomycetes

- dikaryotické mycelium tvoří přezky, jednoduché póry, intercelulární s haustorií
- bazidiomata se nevytvářejí
- dikaryotické mycelium → teliospory → karyogamie
- teliospora → promycel → meióza → metabazidie
- v metabazidii se jádra mitoticky dělí → sporidie
- infekce embrya → po vyklíčení prorůstání rostliny
- v dospělosti přeměna obsahu v chlamydospory

Rozmnožování hub – třída: Ustilaginomycetes

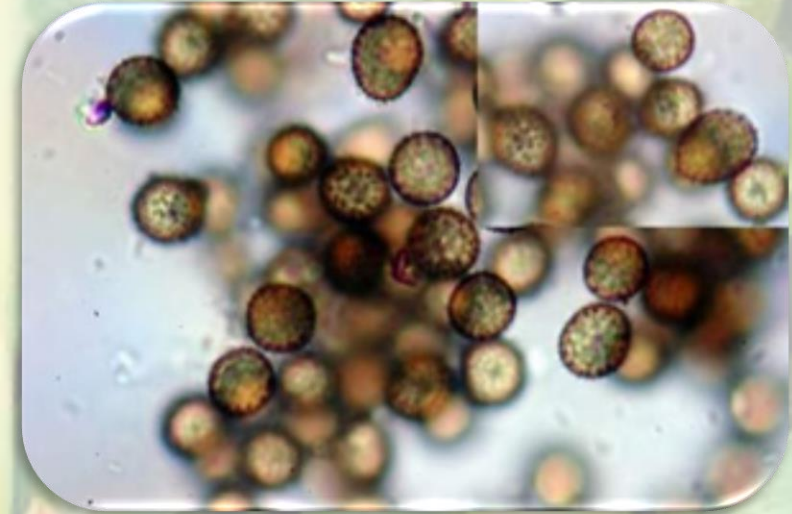
- sněti mazlavé
 - nevytvářejí primární mycelium
 - na dikaryotickém mycelium jsou primitivní dolipory
 - holobazidie
 - hostitele infikuje dikaryotická hyfa
 - infekce v půdě při klíčení rostliny
 - páchnoucí ložiska při tvorbě chlamydospor

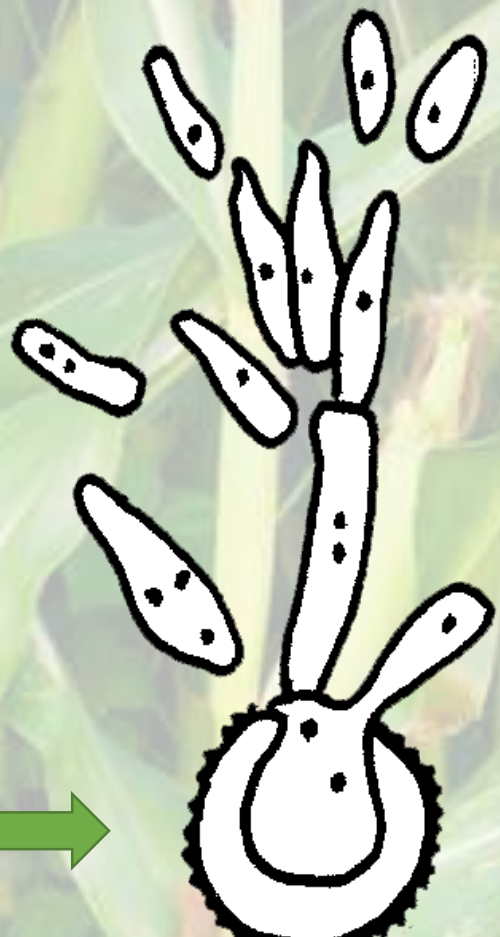
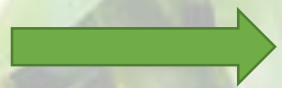
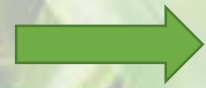
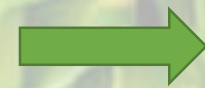
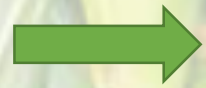
ŽIVOTNÍ CYKLUS PRAŠNÉ SNĚTI KUKUŘIČNÉ (*USTILAGO MAYDIS*)

klas kukuřice napadený
prašnou snětí kukuřičnou



dikaryotická
teliospora





karyogamie

meiůza a následné
klíčení teliospory

čtyřjaderné
stadium

teliospora s
promycelem

tvorba
bazidií

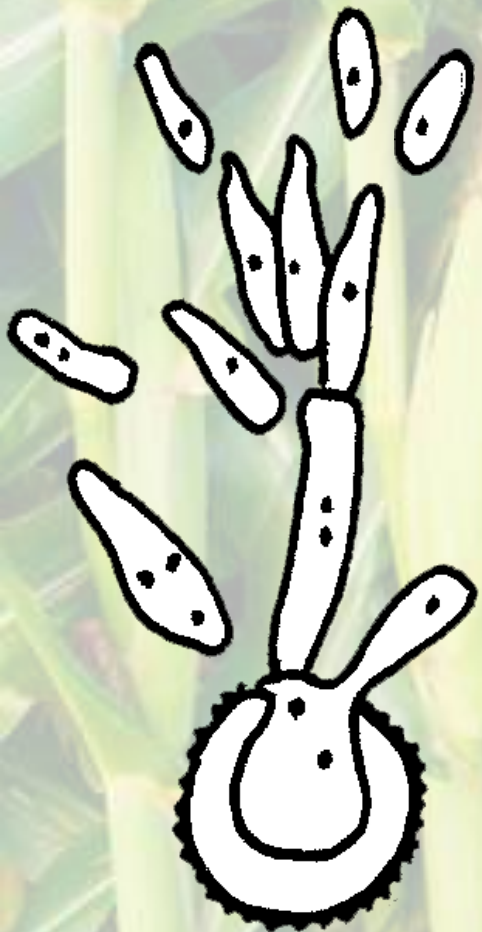
klíčení bazidiospor
primárním myceliem, vznik
sekundárního mycelia

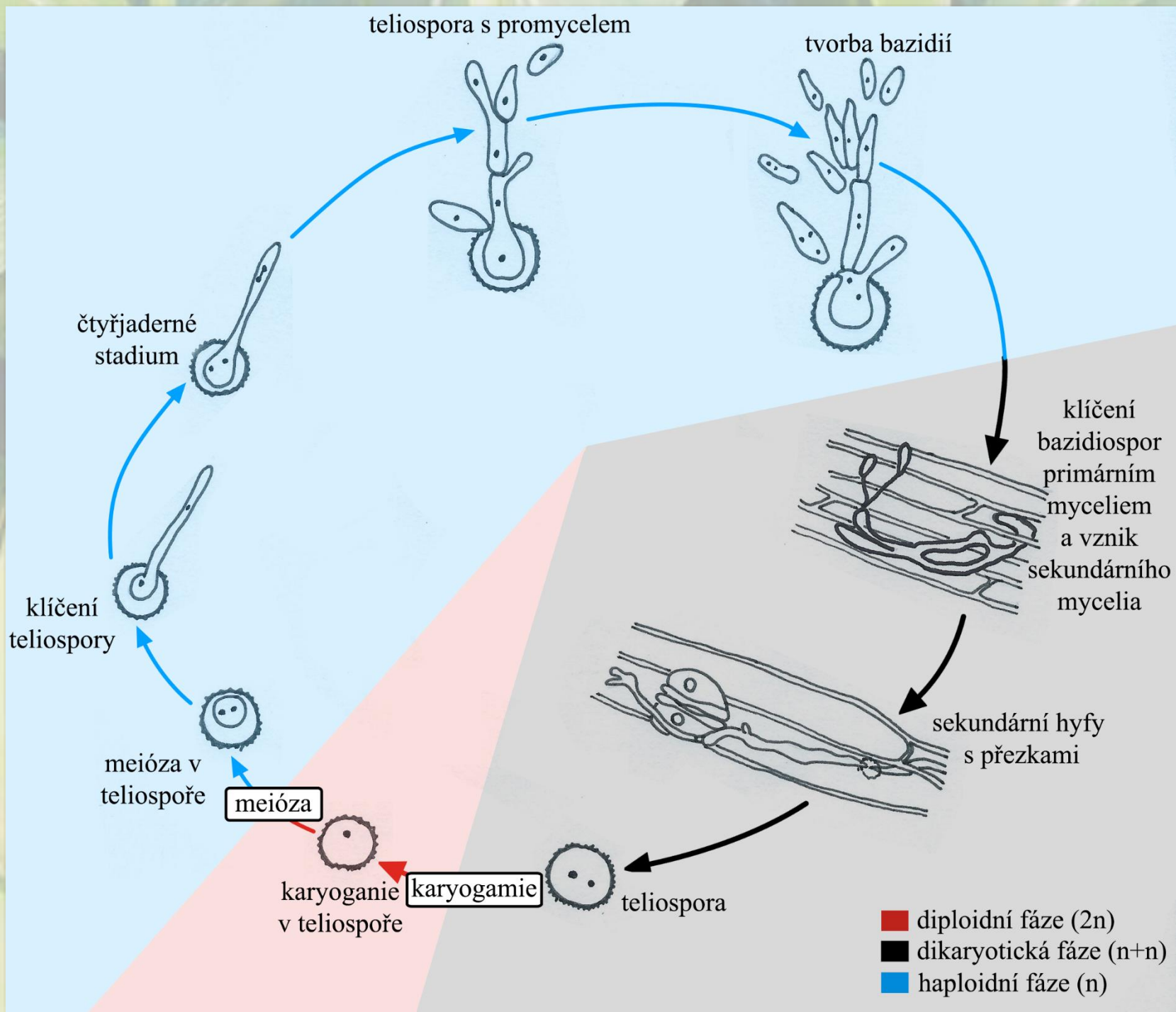


dikaryotická
teliospora



sekundární hyfy s přezkami





Rozmnožování hub – třída: Agaricomycetes

- nepohlavní rozmnožování
 - anamorfy jsou nenápadné
 - teleomorfa dominující
 - fragmentace mycelia
 - blastospory, artrospory, vzácněji konidie
 - chlamydospory a sklerocia
 - anamorfa na dikaryotickém myceliu

Rozmnožování hub – třída: Agaricomycetes

- pohlavní rozmnožování
 - nemají gametangia
 - somatogamická kopulace
 - v hymeniu plodnic → bazidie → karyogamie, meióza
 - u rouškatých hub bazidie v subhymeniu
 - sterilní buňky – ochranné, zásobní a exkreční funkce
 - na bazidii → sterigmata → bazidiospory

Životní cyklus u třídy Agaricomycetes

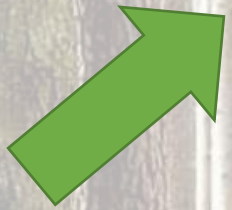
- haploidní bazidie → somatogamie → dikaryotické mycelium
- plodnice → bazidie → karyogamie
- diploidní jádra → meióza → čtyři haploidní jádra → sterigmata
- mladé bazidiospory na sterigmatech → uvolňování
- haplo-dikaryotický
- diploidní fáze: mladé bazidie
- haploidní fáze: bazidiospory a primární mycelium

ŽIVOTNÍ CYKLUS U BASIDIOMYCETES (AGARICOMYCETES)



dospělý bazidiokarp produkující
bazidie s bazidiosporami





uvolňování bazidiospor

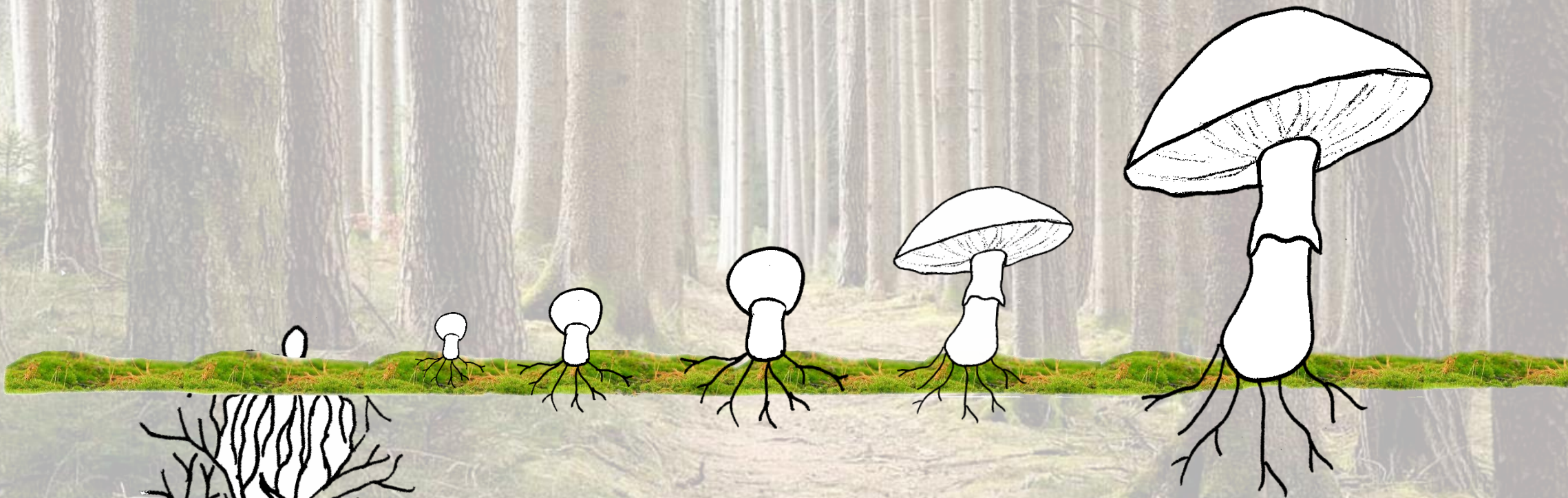


primární mycelium

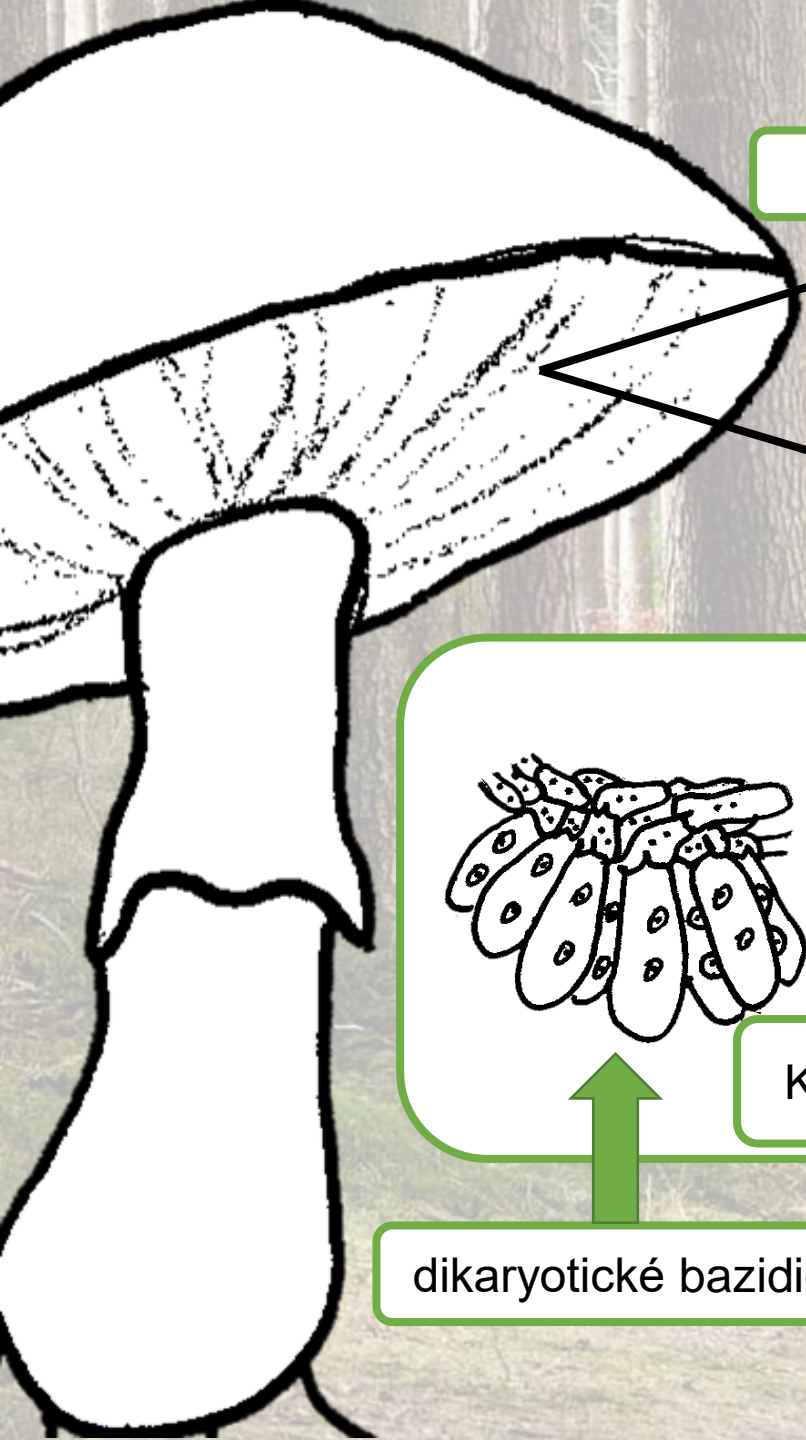


sekundární mycelium

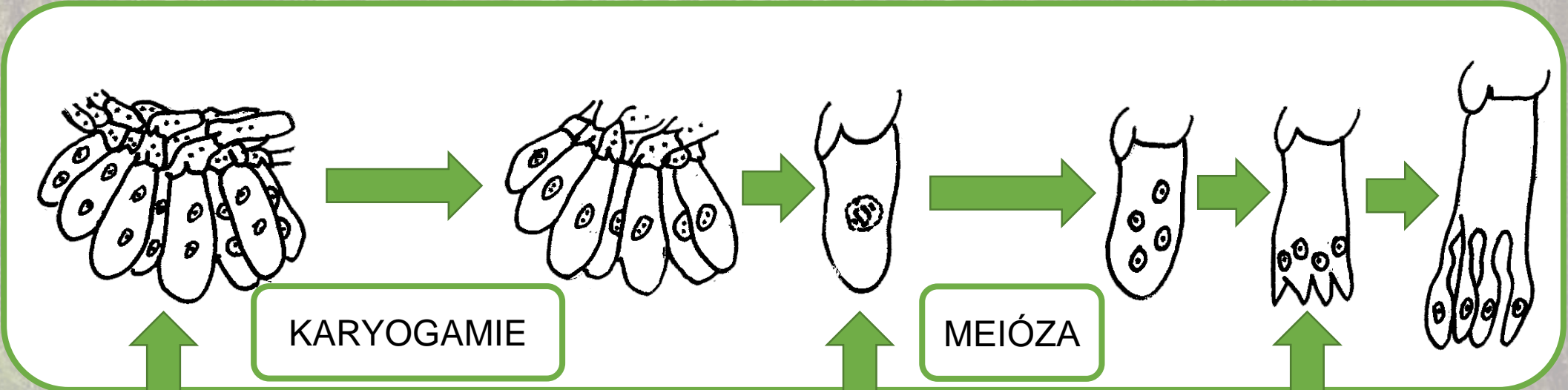
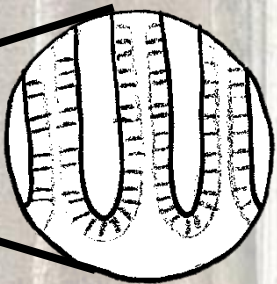
SOMATOGAMIE



sekundární mycelium



detail průřezu lupenů s hymenoforem



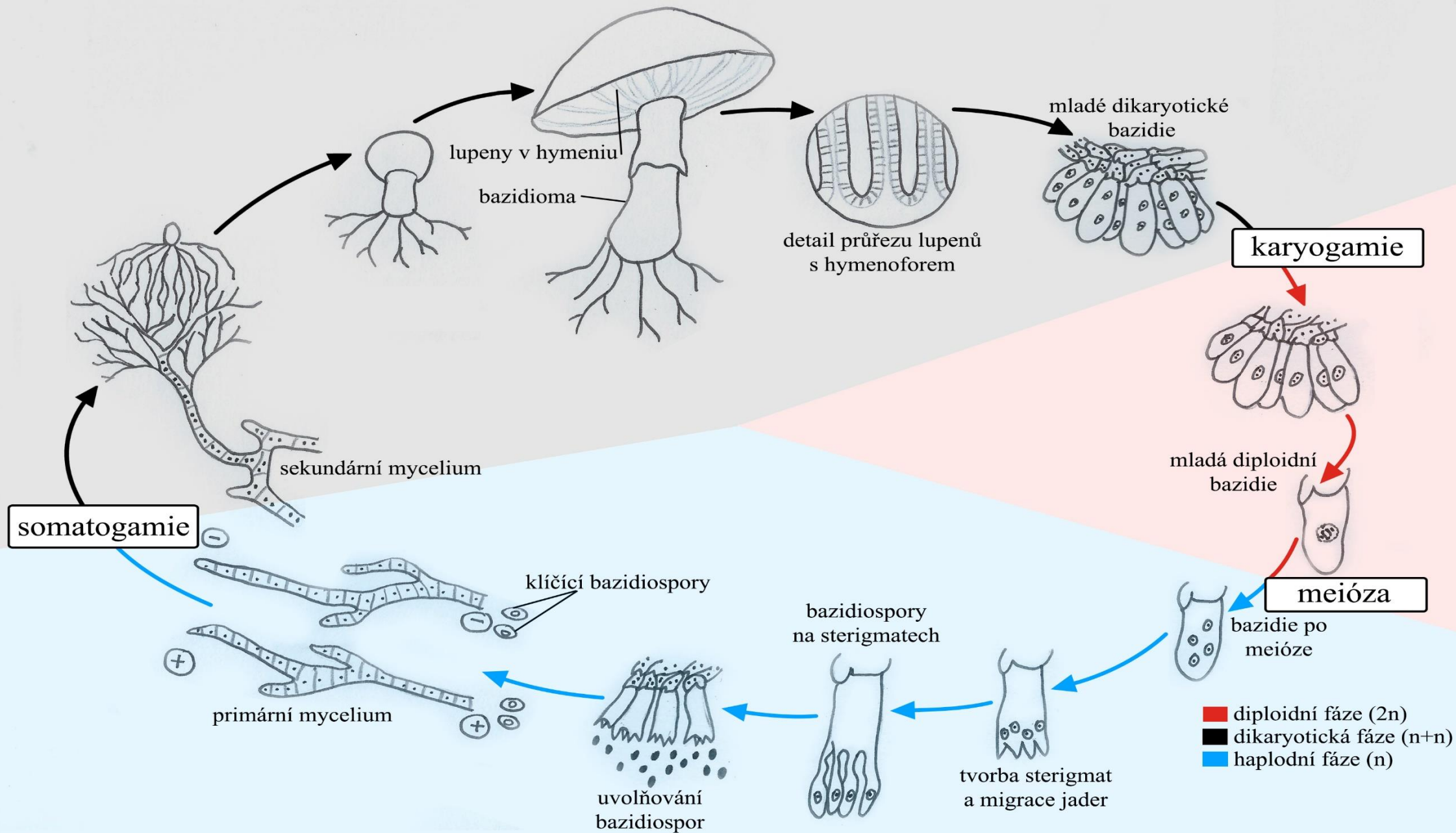
dikaryotické bazidie

KARYOGAMIE

mladá diploidní bazidie

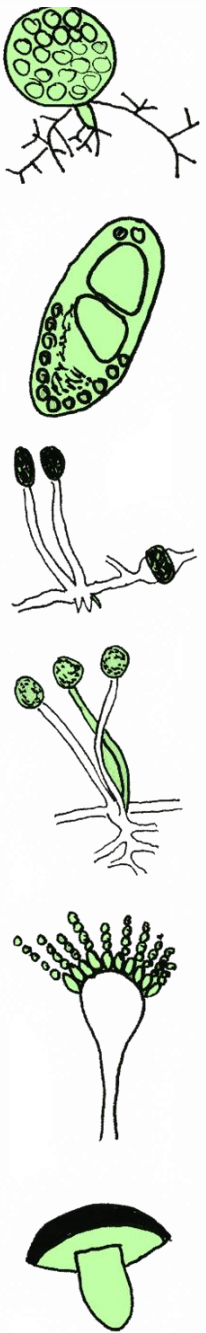
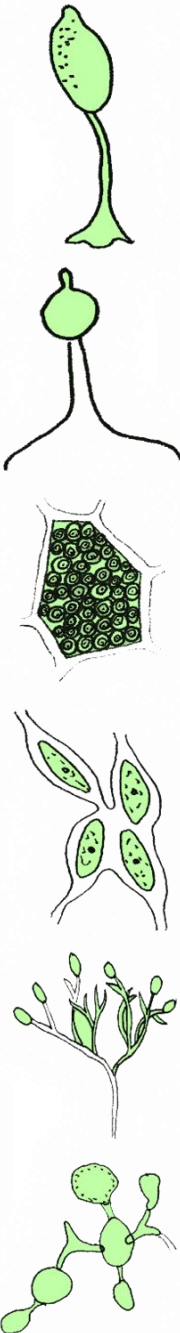
MEIÓZA

tvorba sterigmat a migrace jader



Zdroje

- Křížková, K. (2017): Diplomová práce Tvorba informačního a výukového materiálu „Rozmnožování hub“
- autor perokreseb: Klára Křížková
- perokresby překresleny dle:
 - Kalina T., Váňa J. (2005): slide č. 5 – 8, 12 – 15, 19 - 23
 - Raven P. H., Johnson G. B. (2001): slide č. 19 - 23
- zdroje fotografií (K. Křížková, pokud není uvedeno jinak):
 - obrázek na pozadí slidů:
 - <https://pxhere.com/cs/photo/99194>
 - http://agronewsg.com/wp-content/uploads/2017/03/Maize_farm-Tanzania.jpg
 - http://sruby-hurych.cz/wp-content/uploads/2016/04/smrk_01-2000x2000.jpg
 - slide č. 5:
 - http://docplayer.cz/docs-images/48/19861549/images/page_12.jpg
 - http://www.biology.ed.ac.uk/research/groups/jdeacon/FungalBiology/fig14_23d.jpg
 - slide č. 6:
 - <https://i.cdn.nrholding.net/15740830/1000/1000>
 - slide č. 7:
 - https://www.ars.usda.gov/images/docs/9910_10104/stemrust_inset.jpg
 - slide č. 12:
 - https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/83/Maisbrand%2C_Maisbeulenbrand_%28Ustilago_maydis%29_-_hms%281%29.jpg
 - http://eplantdisease.blogspot.cz/2013/10/corn_27.html
 - slide č. 19:
 - https://2.bp.blogspot.com/-0Cyk4DcTUU4/WQYAOFdzz5I/AAAAAAAAxr4/SCX5361m-dwXN_qWFvwJX-Xj0GXuRKJpQCLcB/s640/reproduccion%2Bsexual%2Bde%2Blos%2Bhongos%2B4.png
 - slide č. 20:
 - <https://openclipart.org/detail/193508/rainy-stick-figure-cloud-cluster>
 - <http://files.ladislav-zaludek.webnode.cz/200000094-b9503ba49d/Slun%C3%AD%C4%8DkoWEBNODE.PNG>
 - slide č. 21:
 - <http://www.studentpoint.cz/wp-content/uploads/2011/12/mech.jpg>

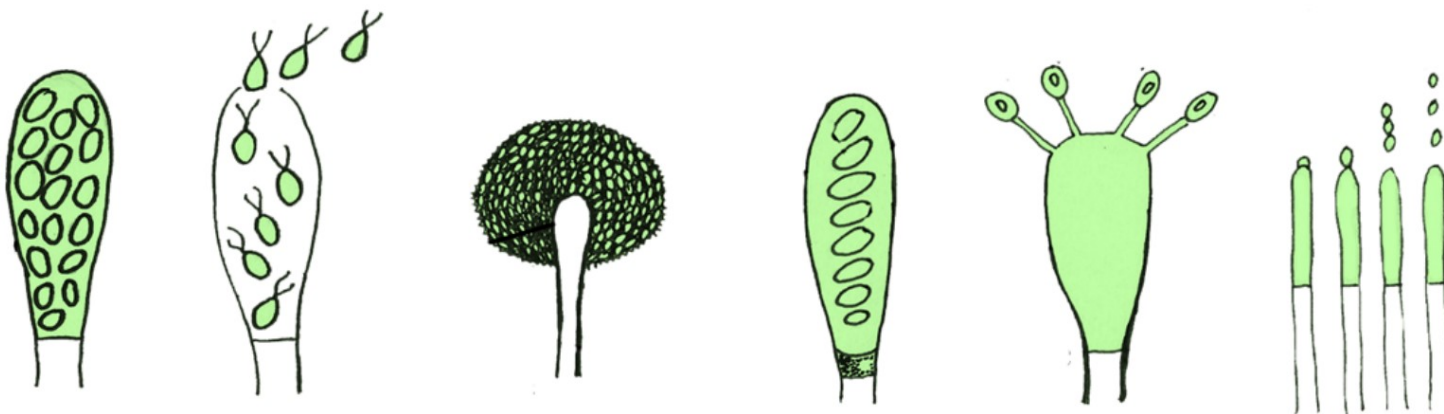



Příloha č. 2: Úkoly v programu ActivInspire

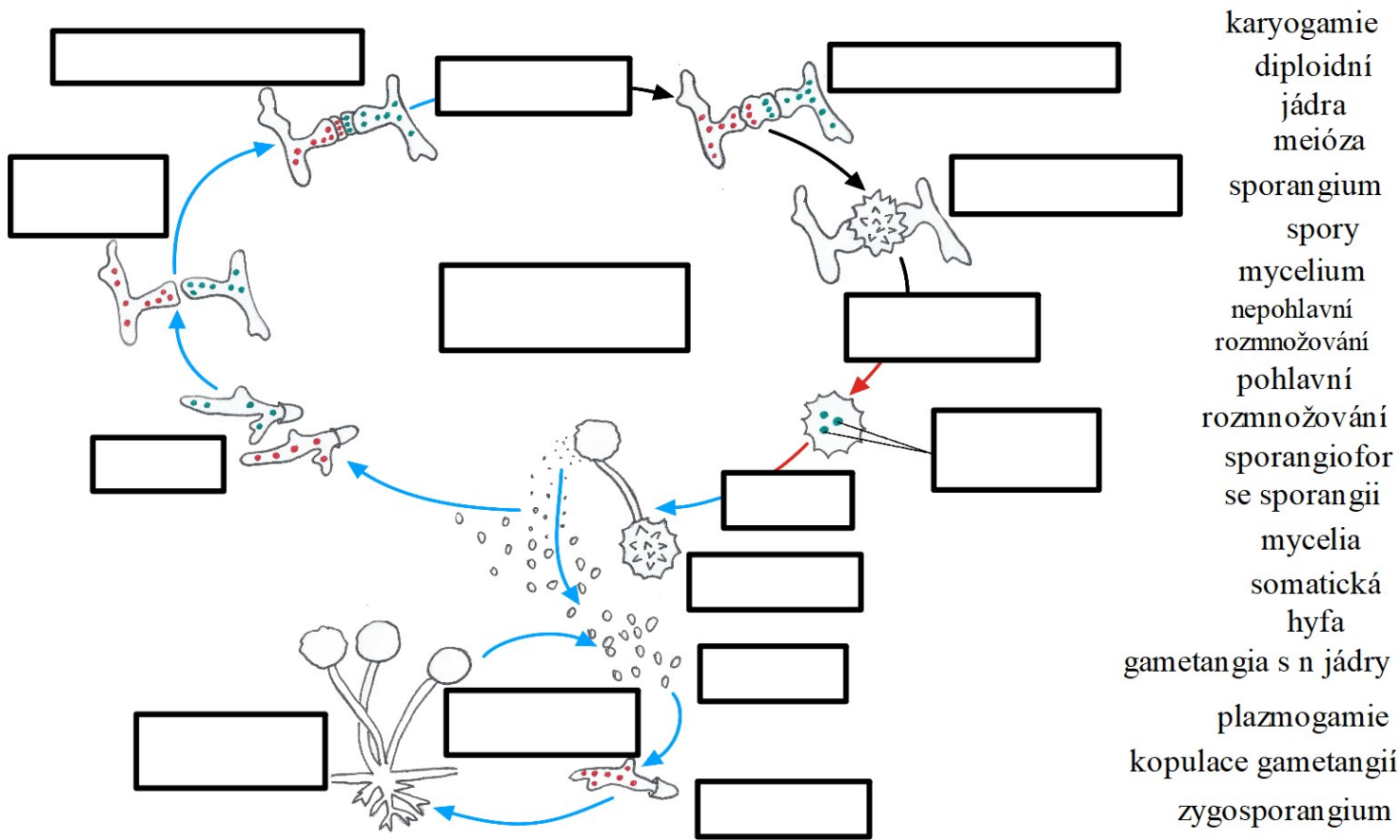
ROZMNOŽOVÁNÍ HUB

úkoly v programu ActivInspire

Klára Křížková

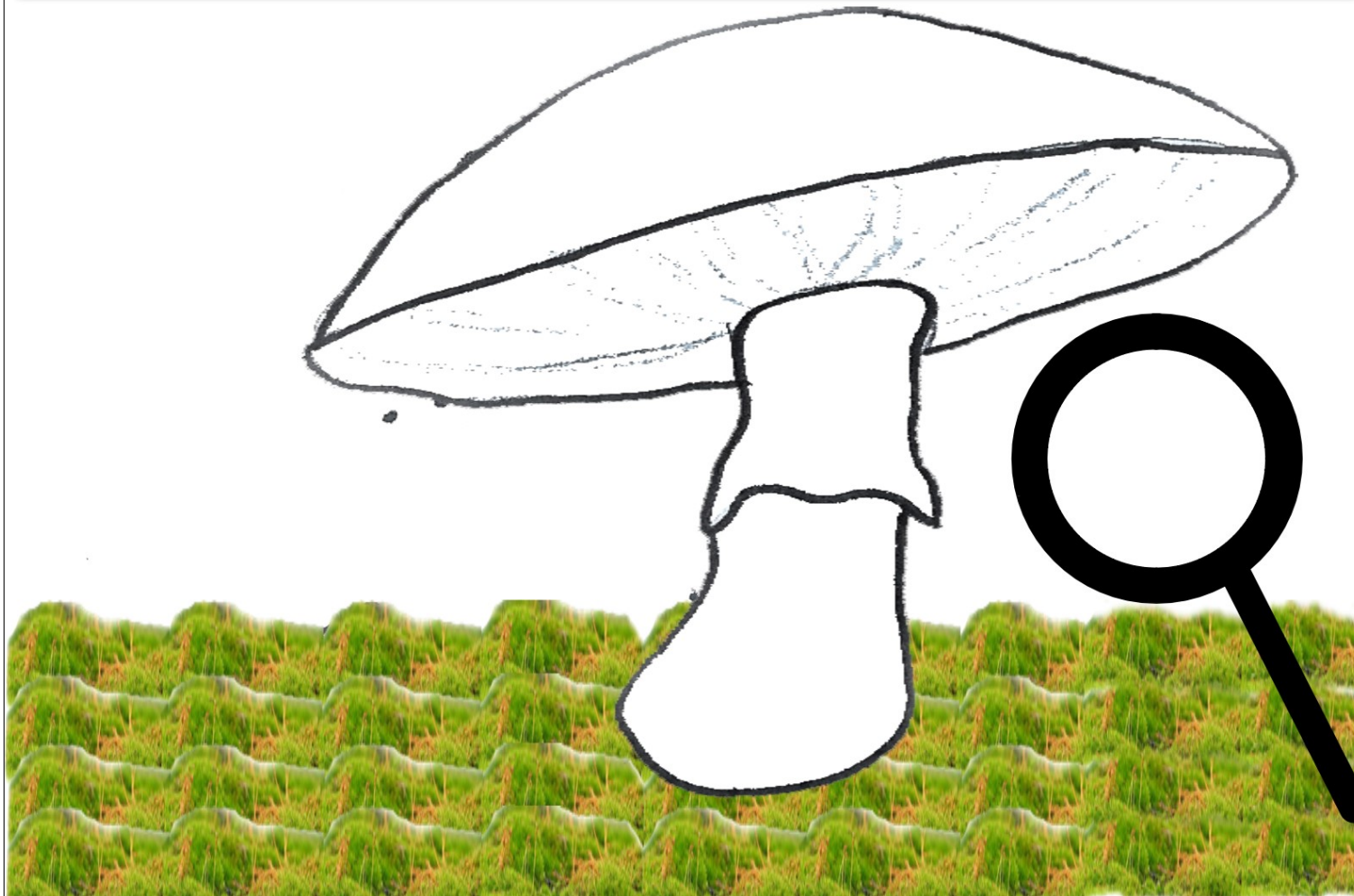


1. úkol: Přiřaďte názvy jednotlivých reprodukčních struktur do obrázku životního cyklu *Rhizopus stolonifer* (Mucorales), odd. Zygomycota. 




- karyogamie
- diploidní jádra
- meióza
- sporangium
- spory
- mycelium
- nepohlavní rozmnožování
- pohlavní rozmnožování
- sporangiofor se sporangii
- mycelia
- somatická hyfa
- gametangia s n jádry
- plazmogamie
- kopulace gametangií
- zygosporangium

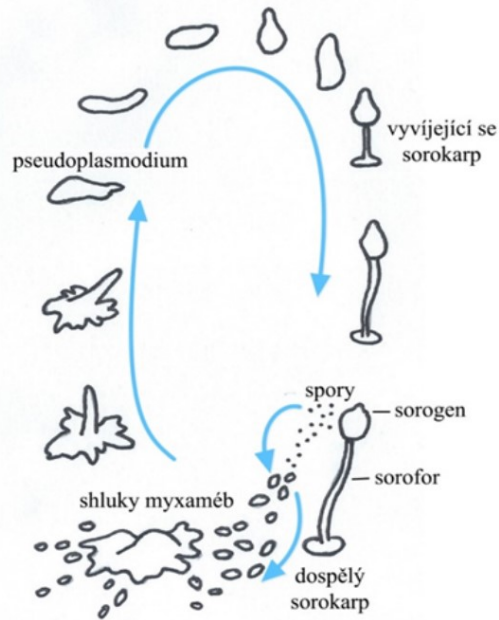
2. úkol: Pomocí lupy se můžete podívat na reprodukční struktury hub u skupiny Agaricomycetes.



3. úkol: Přetáhněte reprodukční struktury hub a houbových organismů na zelené pole a zjistíte co je na obrázcích.

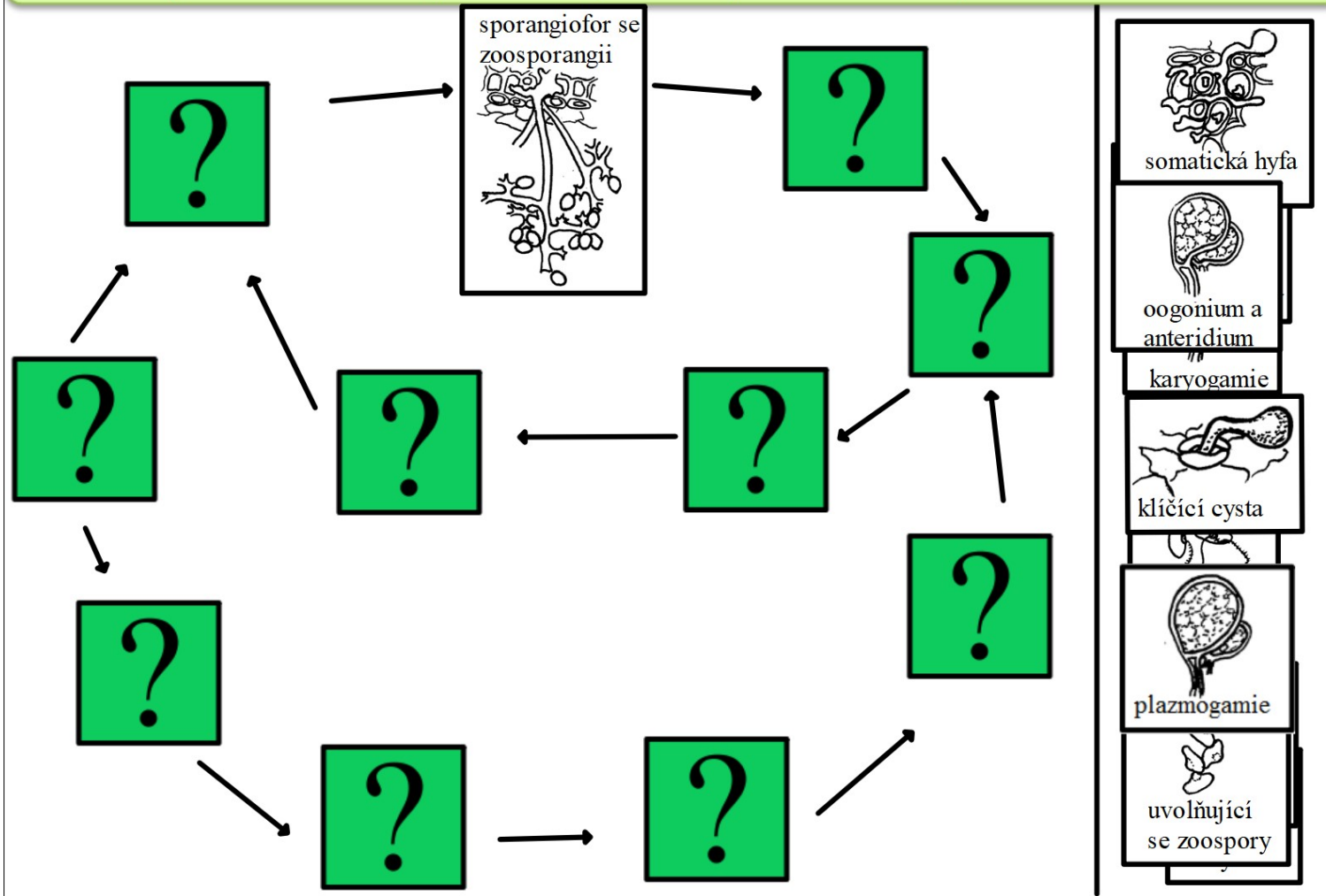


4. úkol: Sestavte z písmen název druhu, jemuž patří životní cyklus na obr. 

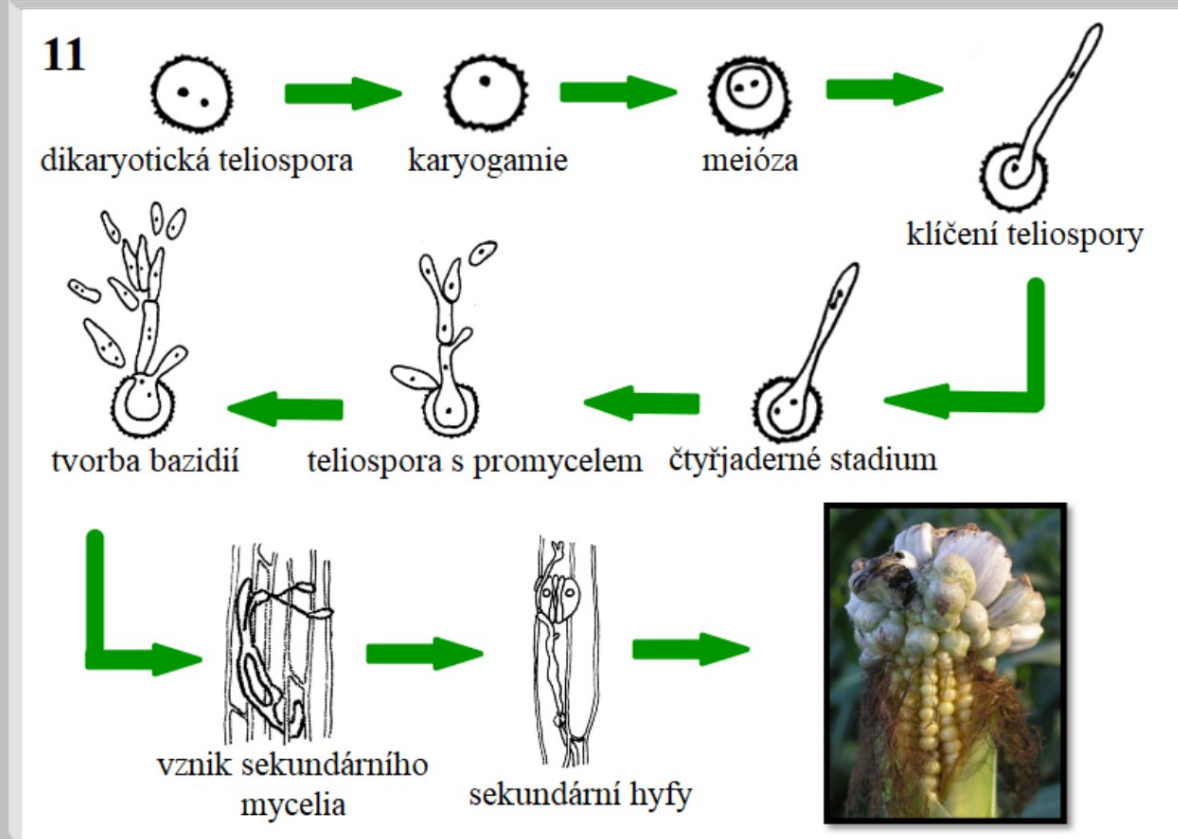


A B C D E F G H I
J K L M N O P Q
R S T U V W X Y Z

6. úkol: Doplňte jednotlivé části cyklu na správné místo a sestavíte tak životní cyklus vřetenatky révové (*Plasmopara viticola*).



7. úkol: Pomocí tlačítek si promítněte životní cyklus prašné sněti kukuřičné (*Ustilago maydis*).



- 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

9. úkol: Roztříd'te do dvou oddělení hub pojmy a obrázky, které jsou ukryté pod otazníkem.

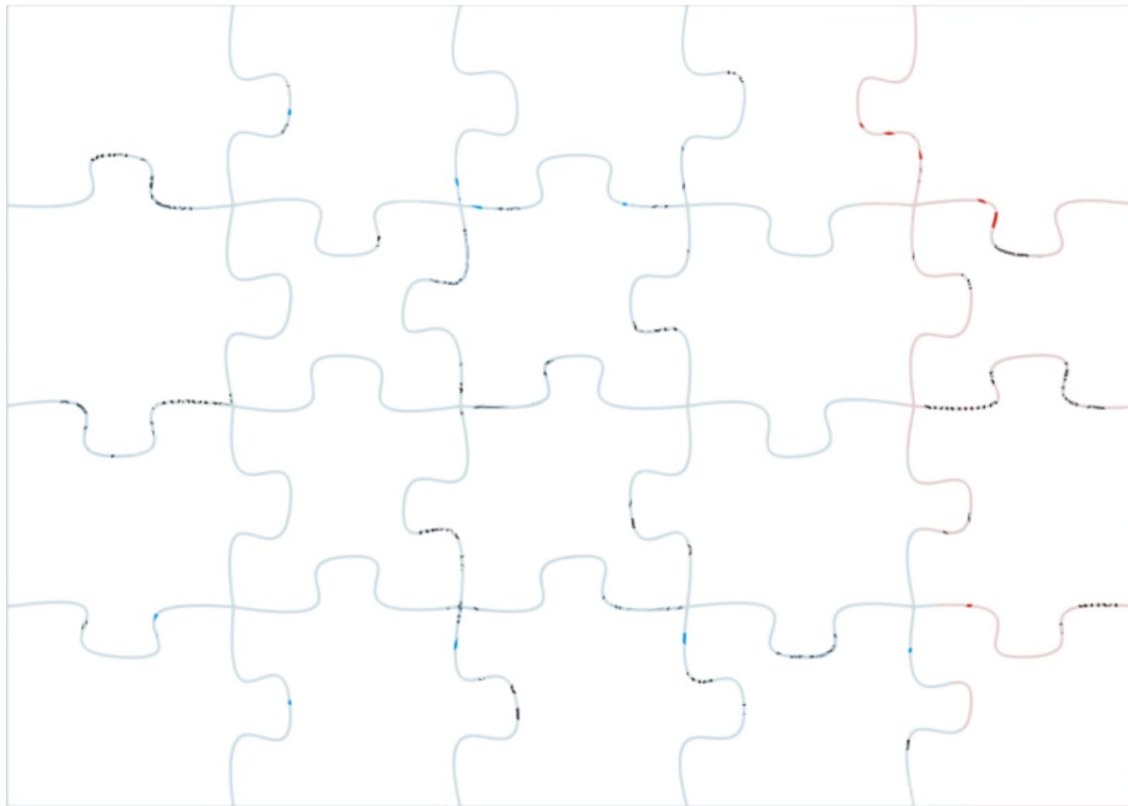


oddělení:
ASCOMYCOTA

oddělení:
BASIDIOMYCOTA

?

10. úkol: Složte si puzzle a zjistíte jaký životní cyklus je na obrázku.
Poznáte o jaký houbový organismus se jedná?



Zdroje použitých obrázků

1. droždí:

https://www.eshop.maneo.cz/pic_zbozi/36113.jpg

2. prašná sněť kukuřičná (*Ustilago maydis*):

<http://www.biolib.cz/cz/image/id20179/>

3. muchomůrka červená (*Amanita muscaria*):

http://www.veda.cz/dwn/5430/71618B_muchomurkacervena.JPG

4. mech:

<http://www.studentpoint.cz/wp-content/uploads/2011/12/mech.jpg>

5. kadeřavka broskvová (*Taphrina deformans*):

<http://www.biolib.cz/IMG/GAL/31633.jpg>

6. smrž obecný (*Morchella esculenta*):

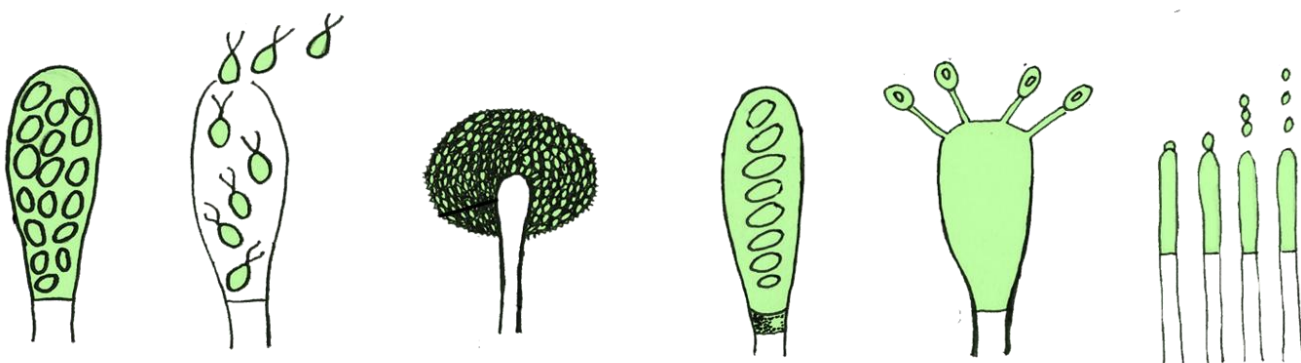
https://farm4.static.flickr.com/3053/5723268435_c30dbf59de_b.jpg

7. vlastní fotografie a perokresbové obrázky (životní cykly hub a houbových organismů, reprodukční struktury)

Příloha č. 3: Pracovní listy

ROZMNOŽOVÁNÍ HUB

pracovní listy



Klára Křížková

Univerzita Palackého v Olomouci

I. V následujících testových otázkách (1. – 10.) vyberte jednu správnou odpověď z nabízených možností.

1. Mezi fylogeneticky nejpůvodnější typy výtrusů u hub patří:
 - a. zoospory
 - b. bazidiospory
 - c. sporangiospory
 - d. askospory

2. *Rhizopus stolonifer* (oddělení Zygomycota) se nepohlavně rozmnožuje pomocí:
 - a. konidií
 - b. zoospor
 - c. sporangiospor
 - d. askospor

3. Kolik askospor obsahuje nejčastěji askus:
 - a. 2
 - b. 4
 - c. 6
 - d. 8

4. Pohlavní rozmnožování probíhá u kvasinek v prostředí:
 - a. s malým množstvím živin
 - b. s velkým množstvím živin
 - c. bohatém na humus
 - d. s vysokou teplotou

5. U hub jsou zygospory buňkami:
 - a. haploidními
 - b. diploidními
 - c. dikaryotickými
 - d. obsahujícími dvě izolovaná haploidní jádra

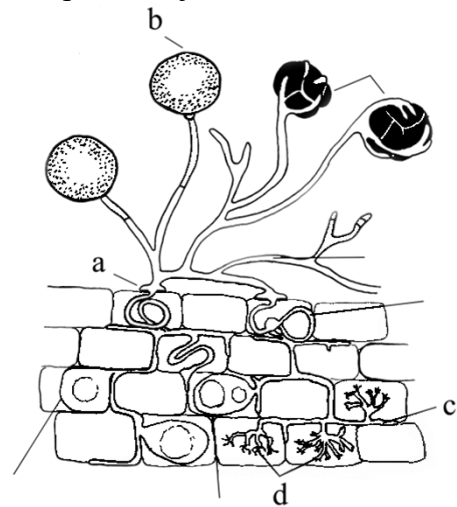
6. Askospory se tvoří, pokud probíhá:
 - a. pouze meióza
 - b. meióza a zřídka i mitóza
 - c. pouze mitóza
 - d. mitóza a meióza

7. U skupiny organismů Basidiomycota nalezneme v buňkách dikaryotického mycelia (sekundární mycelium):
 - a. jedno haploidní jádro
 - b. jedno diploidní jádro
 - c. dvě haploidní jádra
 - d. dvě diploidní jádra

8. Zimní ložiska spor u skupiny Urediniomycetes označujeme jako:
- urediospory
 - teliospory
 - uredia
 - telia
9. U některých skupin hub mohou chybět sexuální orgány, dochází tedy ke splývání jader pocházejících z buněk vegetativního mycelia. V tom případě mluvíme o:
- gametogamii
 - somatogamii
 - gametangiogamii
 - oogamii
10. Pohlavní rozmnožování probíhá u skupiny Oomycota formou:
- oogametangiogamie
 - oogamie
 - oogametogamie
 - somatogamie

II. Pojmenujte označené struktury na obrázcích a napište, co je na obrázku za útvar a do jaké skupiny organismů byste ho zařadili.

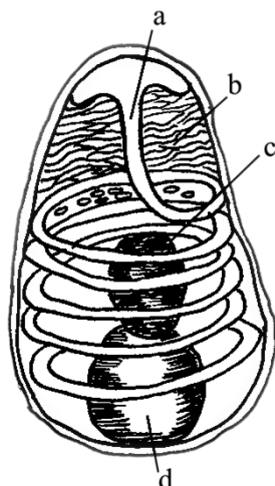
-
 -
 -
 -



Co je za útvar na obr. č. 1?

 oddělení:.....

2.

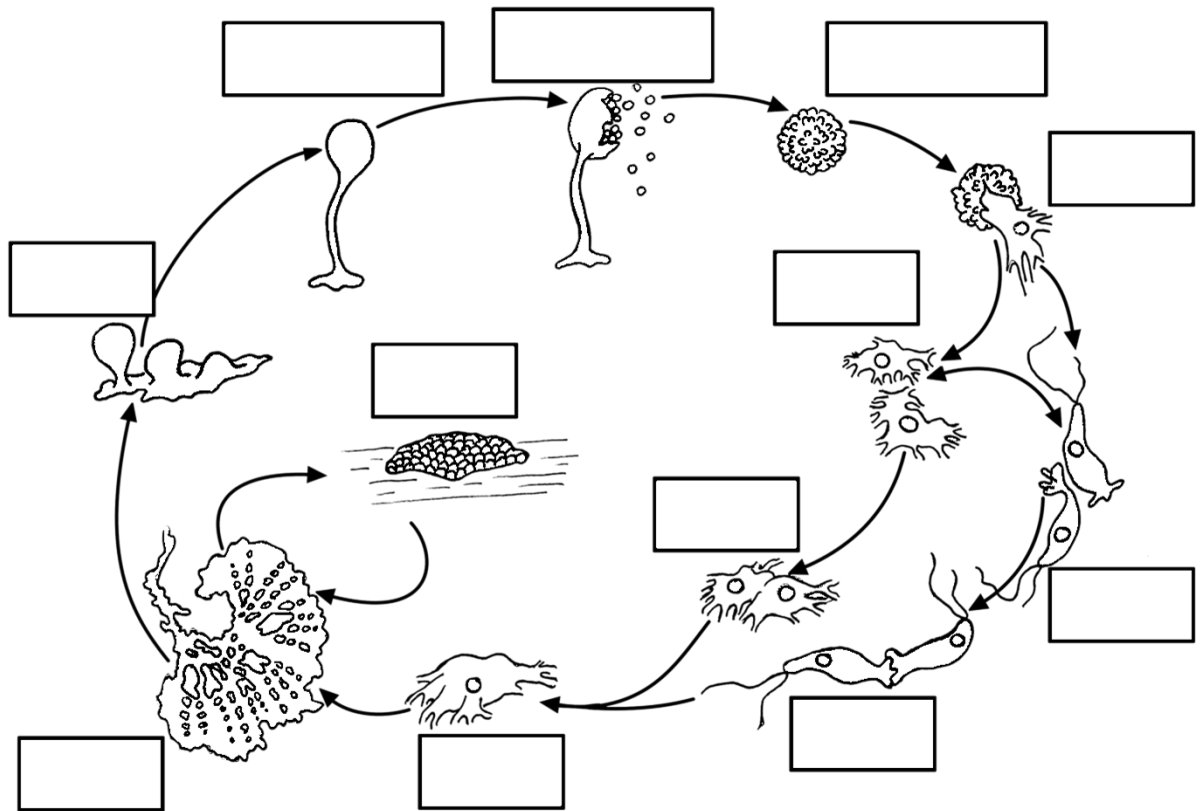


-
-
-
-

Co je za útvar na obr. č. 2?

 oddělení:.....

V. Doplňte životní cyklus.

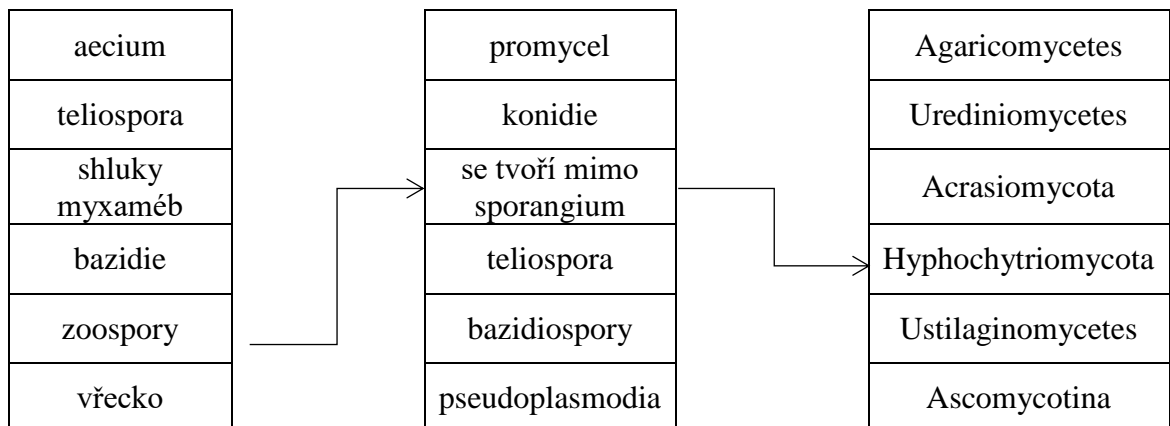


1. Jaký životní cyklus hub a houbových organismů je na obrázku?

.....

2. Pojmenujte jednotlivé reprodukční struktury životního cyklu a zapište je do obrázku.
3. V životním cyklu označte místo meiózy, karyogamie a plazmogamie.
4. V životním cyklu vyznačte haploidní a diploidní fázi.

VI. Najděte souvislosti mezi pojmy v jednotlivých tabulkách a spojte je.

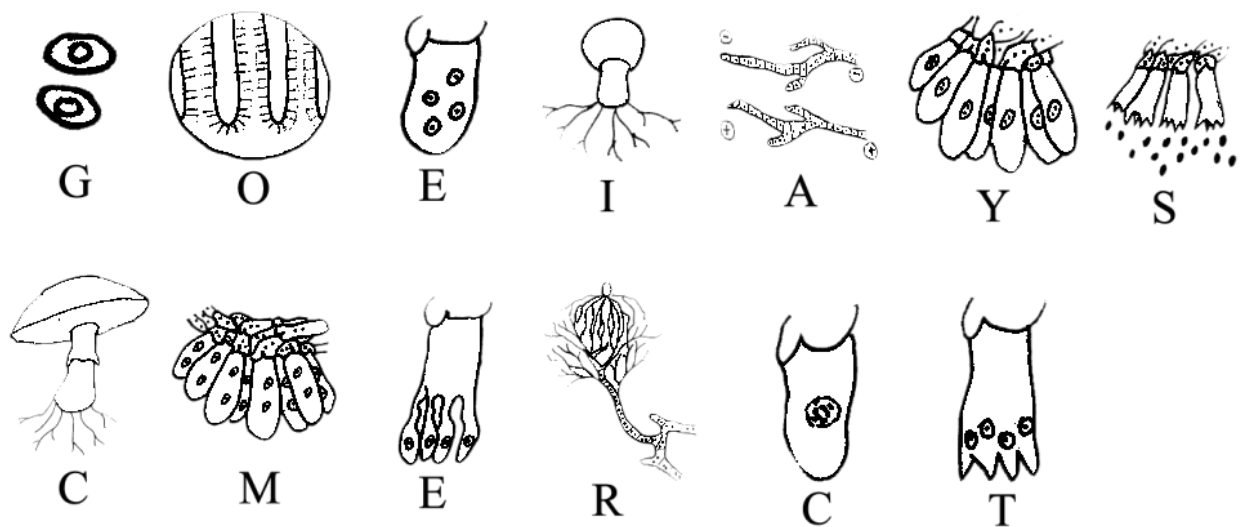


VII. Do následujících vět doplňte podle smyslu chybějící slova.

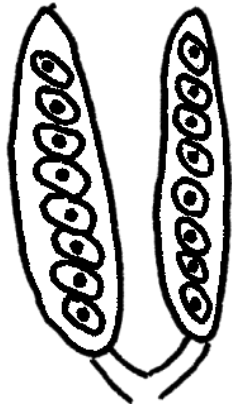
1. Během nepohlavního rozmnožování u skupiny Zygomycota se tvoří speciální hyfy _____, na jejichž koncích vznikají sporangia se sterilním sloupkem _____.
2. U hub můžeme rozlišit tři různé typy pohlavního rozmnožování – _____, _____ a _____.
3. Výtrusy v zásadě dělíme na mitospory, jejichž vzniku předcházela mitóza, např. _____ a meiospory, vzniklé po redukčním dělení – meióze, např. _____. Uveďte alespoň jeden příklad od každého typu.
4. Sněti prašné (*Ustilaginales*) jsou obligátní parazité se silně redukovanou _____ fází.

VIII. Seřadte jednotlivé reprodukční struktury životního cyklu (začněte sporou) a pořadí zapište do tajeňky.

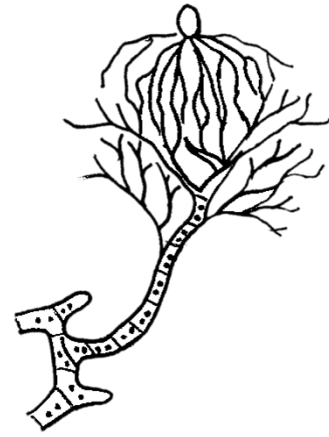
A													
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



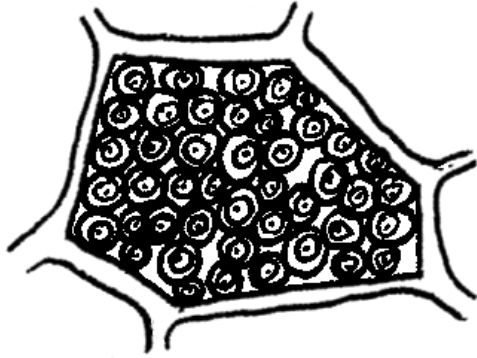
IX. Určete, o jaké reprodukční struktury hub se jedná a zařadte je do taxonomických skupin.



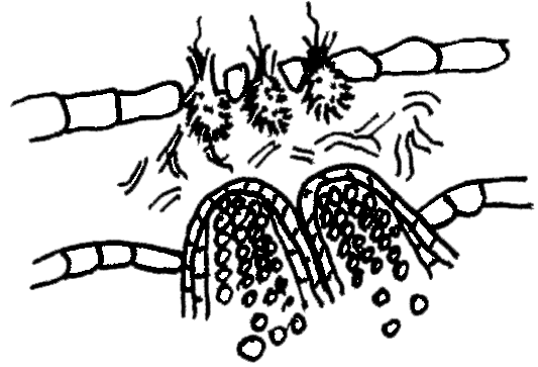
a).....
.....



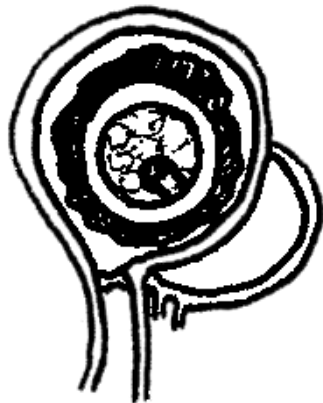
b).....
.....



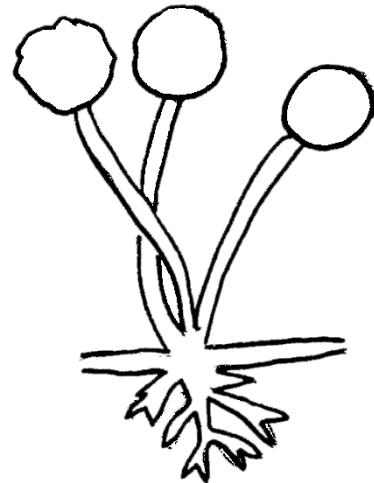
c).....
.....



d).....
.....

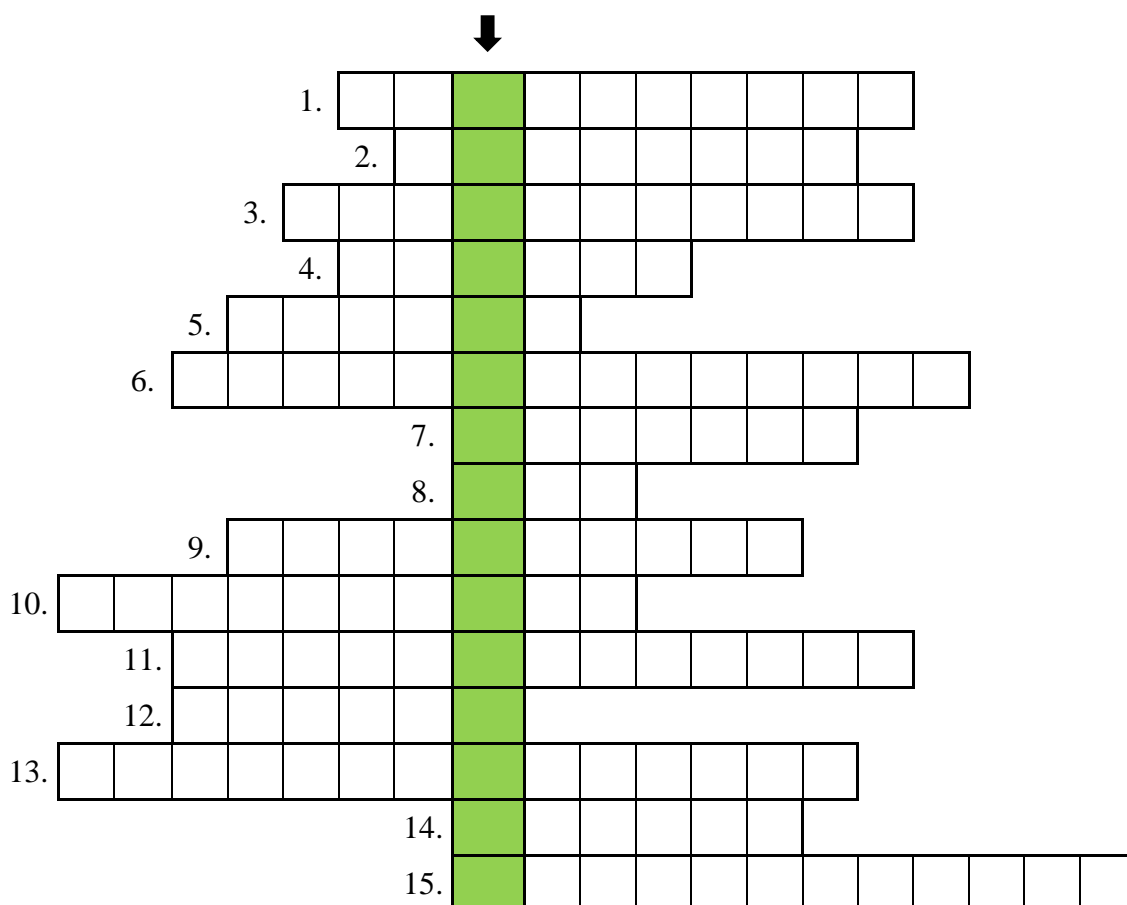


e).....
.....



f).....
.....

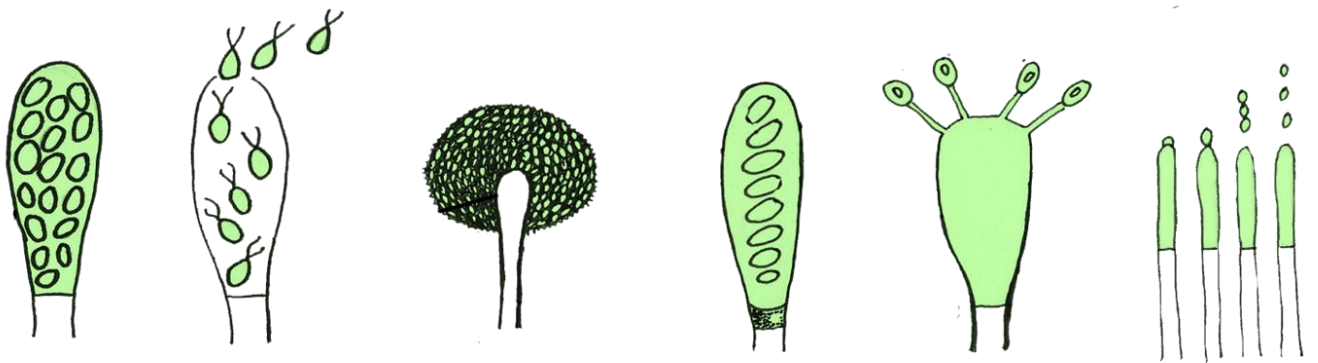
X. Doplň křížovku a zjistiš, co je její tajenkou.



1. Infekční struktura u skupiny Glomeromycota, která vzniká na klíčovém vlákně parazitické houby (tzv. houbová přísavka).
2. Bičíkaté buňky sloužící k rozšiřování houbových organismů.
3. Splýváním cytoplazmy dvou buněk dochází k ...
4. Pohlavní buňky jsou ...
5. U mikrosporidií vyrůstá soroplazma v dělicí útvar zvaný ..., který se uvnitř hostitele rychle množí a zvětšuje.
6. Nepravé podhoubí označujeme jako ...
7.cyklus, který představuje popis stadií organismů od zrození až po reprodukci a vznik nového organismu.
8. Počet askospor ve vřecku.
9. U skupiny Taphrinales může perenující mycelium způsobovat metlovité znetvoření.
10. Jak označujeme pohyblivá bičíkatá stadia u skupiny Myxomycota?
11. Speciální hyfy nesoucí sporangia označujeme jako ...
12. Nepohlavní rozmnožování u kvasinek.
13. U Zygomycetů mohou být gametangia tvořena na odlišných myceliích. Jedná se o druhy ...
14. Jak označujeme letní ložiska spor u rzi?
15. Jak se jmenují spory vyrůstající po čtyřech na koncích sterigmat?

ROZMNOŽOVÁNÍ HUB

pracovní listy - ŘEŠENÍ



Klára Křížková

Univerzita Palackého v Olomouci

I. V následujících testových otázkách (1. – 10.) vyberte jednu správnou odpověď z nabízených možností.

1. Mezi fylogeneticky nejpůvodnější typy výtrusů u hub patří:
 - a. zoospory
 - b. bazidiospory
 - c. sporangiospory
 - d. askospory

2. *Rhizopus stolonifer* (oddělení Zygomycota) se nepohlavně rozmnožuje pomocí:
 - a. konidií
 - b. zoospor
 - c. sporangiospor
 - d. askospor

3. Kolik askospor obsahuje nejčastěji askus:
 - a. 2
 - b. 4
 - c. 6
 - d. 8

4. Pohlavní rozmnožování probíhá u kvasinek v prostředí:
 - a. s malým množstvím živin
 - b. s velkým množstvím živin
 - c. bohatém na humus
 - d. s vysokou teplotou

5. U hub jsou zygospory buňkami:
 - a. haploidními
 - b. diploidními
 - c. dikaryotickými
 - d. obsahujícími dvě izolovaná haploidní jádra

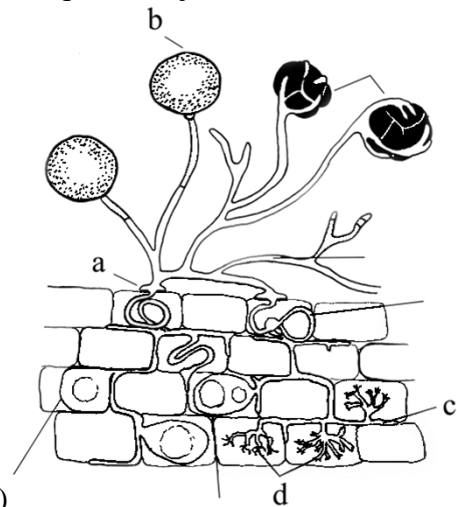
6. Askospory se tvoří, pokud probíhá:
 - a. pouze meióza
 - b. meióza a zřídka i mitóza
 - c. pouze mitóza
 - d. mitóza a meióza

7. U skupiny organismů Basidiomycota nalezneme v buňkách dikaryotického mycelia (sekundární mycelium):
 - a. jedno haploidní jádro
 - b. jedno diploidní jádro
 - c. dvě haploidní jádra
 - d. dvě diploidní jádra

8. Zimní ložiska spor u skupiny Urediniomycetes označujeme jako:
- urediospory
 - teliospory
 - uredia
 - telia**
9. U některých skupin hub mohou chybět sexuální orgány, dochází tedy ke splývání jader pocházejících z buněk vegetativního mycelia. V tom případě mluvíme o:
- gametogamii
 - somatogamii**
 - gametangiogamii
 - oogamii
10. Pohlavní rozmnožování probíhá u skupiny Oomycota formou:
- oogametangiogamie**
 - oogamie
 - oogametogamie
 - somatogamie

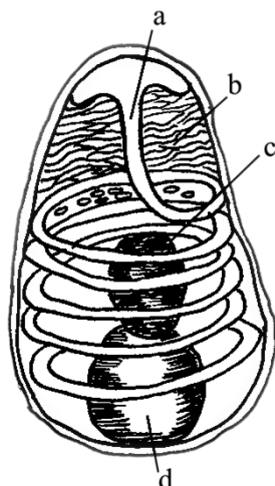
II. Pojmenujte označené struktury na obrázcích a napište, co je na obrázku za útvar a do jaké skupiny organismů byste ho zařadili.

-apresorium.....
 -chlamydospora.....
 -intercelulární mycelium.....
 -arbuskuly.....



Co je za útvar na obr. č. 1?
arbuskulární mykorhiza.....
 oddělení: ...Glomeromycota (rod *Glomus* sp.)

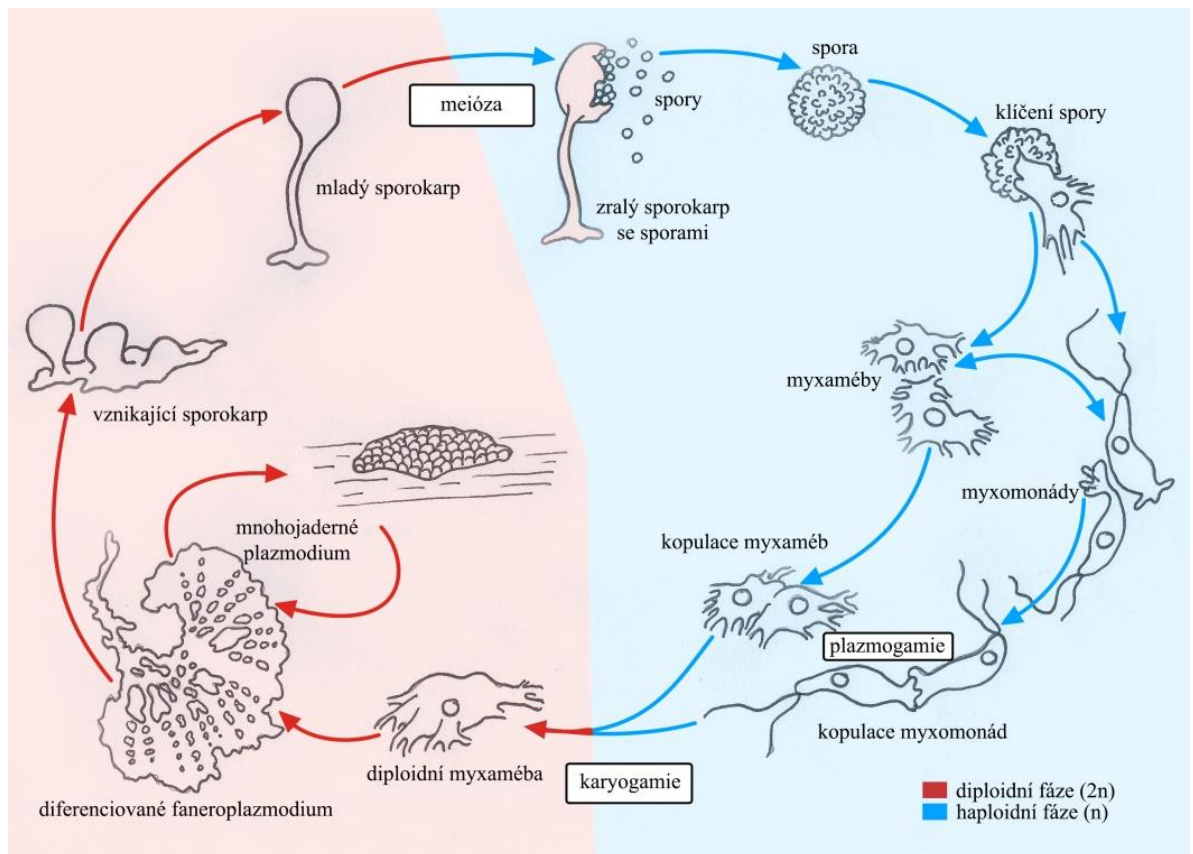
2.



-pólové vlákno.....
-polaroplast.....
-jádro.....
-útvár podobný vakuole.....

Co je za útvar na obr. č. 2?
stavba spory.....
 oddělení: ...Microsporidiomycota.....

V. Doplňte životní cyklus.

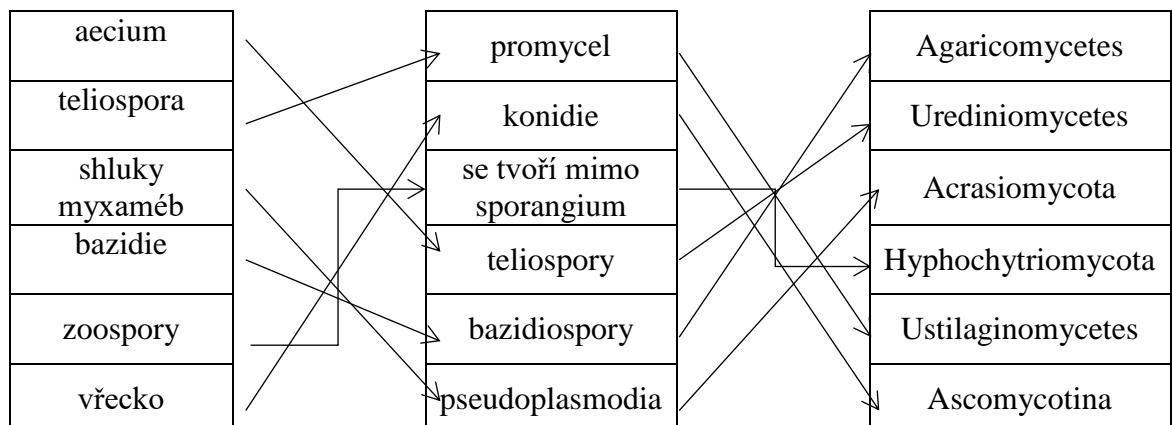


1. Jaký životní cyklus hub a houbových organismů je na obrázku?

..... Životní cyklus vlastních hlenek (Myxomycota).....

- Pojmenujte jednotlivé reprodukční struktury životního cyklu a zapište je do obrázku.
- V životním cyklu označte místo meiózy, karyogamie a plasmogamie.
- V životním cyklu vyznačte haploidní a diploidní fázi.

VI. Najděte souvislosti mezi pojmy v jednotlivých tabulkách a spojte je.

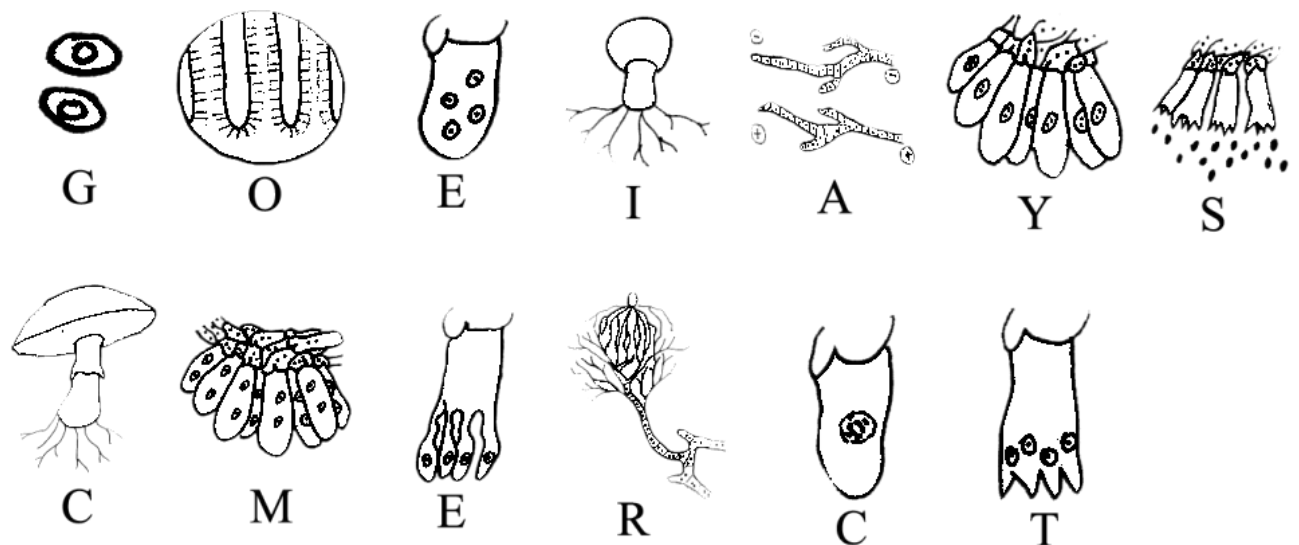


VII. Do následujících vět doplňte podle smyslu chybějící slova.

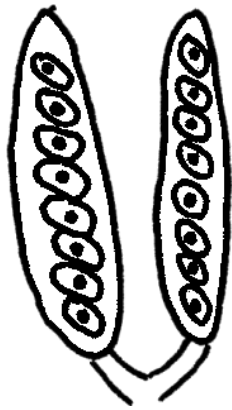
1. Během nepohlavního rozmnožování u skupiny Zygomycota se tvoří speciální hyfy SPORANGIOFORY, na jejichž koncích vznikají sporigia se sterilním sloupkem KOLUMELOU.
2. U hub můžeme rozlišit tři různé typy pohlavního rozmnožování – GAMETOGAMIE, GAMETANGIOGAMIE a SOMATOGAMIE.
3. Výtrusy v zásadě dělíme na mitospory, jejichž vzniku předcházela mitóza, např. ZOOSPORY, SPORANGIOSPORY, KONIDIE a meiospory, vzniklé po redukčním dělení – meióze, např. ZYGOSPORY, ASKOSPORY, BAZIDIOSPORY. Uveďte alespoň jeden příklad od každého typu.
4. Sněti prašné (*Ustilaginales*) jsou obligátní parazité se silně redukovanou HAPLOIDNÍ fází.

VIII. Seřadte jednotlivé reprodukční struktury životního cyklu (začněte sporou) a pořadí zapište do tajeňky.

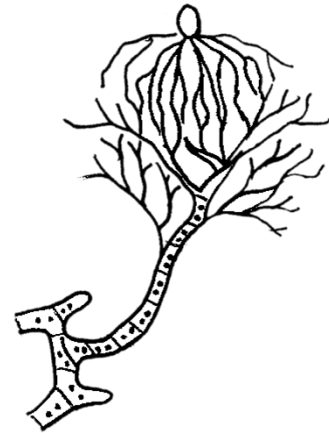
A	G	A	R	I	C	O	M	Y	C	E	T	E	S
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



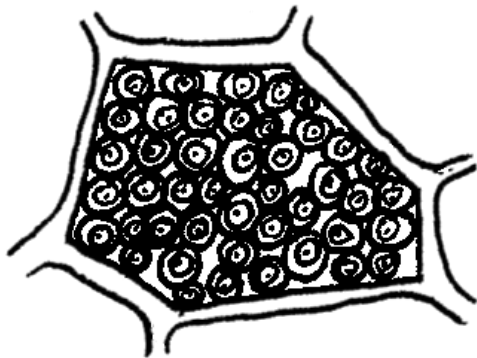
IX. Určete, o jaké reprodukční struktury hub se jedná a zařaďte je do taxonomických skupin.



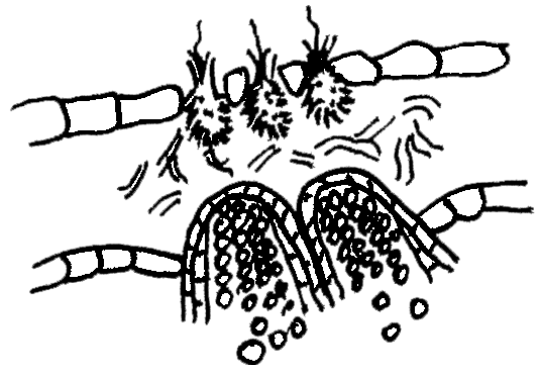
a) ...askus a osm vzniklých askospor....
... Pezizomycotina (Ascomycetes)...



b)sekundární mycelium.....
...Basidiomycota (Agaricomycetes)...



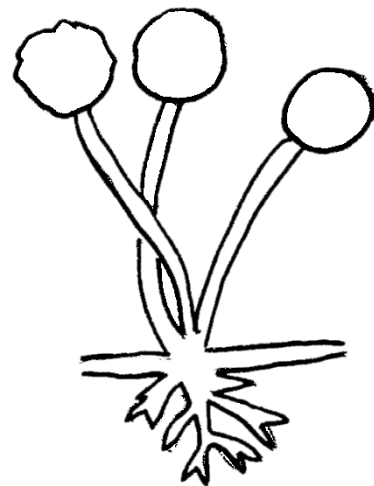
c)tlustostěnné odpočívající spory....
.....Plasmodiophoromycota



d)spermatogonia a aecia.....
...Basidiomycota (Urediniomycetes)...



e)oospora.....
.....Oomycota.....



f) ...sporangiofor se sporangii.....
.....Zygomycota.....

X. Doplň křížovku a zjistiš, co je její tajenkou.

↓

1.	A	P	R	E	S	O	R	I	U	M								
2.	Z	O	O	S	P	O	R	Y										
3.	P	L	A	Z	M	O	G	A	M	I	E							
4.	G	A	M	E	T	Y												
5.	M	E	R	O	N	T												
6.	P	S	E	U	D	O	M	Y	C	E	L	I	U	M				
7.						Ž	I	V	O	T	N	Í						
8.						O	S	M										
9.						Č	A	R	O	V	Ě	N	Í	K	Ů			
10.	M	Y	X	O	M	O	N	Á	D	Y								
11.						S	P	O	R	A	N	G	I	O	F	O	R	Y
12.						P	U	Č	E	N	Í							
13.	H	E	T	E	R	O	T	H	A	L	I	C	K	É				
14.						U	R	E	D	I	A							
15.						B	A	Z	I	D	I	O	S	P	O	R	Y	

1. Infekční struktura u skupiny Glomeromycota, ale i padlí (Erysiphales), která vzniká na klíčním vláknu parazitické houby (tzv. houbová přísavka).
2. Bičíkaté buňky sloužící k rozšiřování houbových organismů.
3. Splýváním cytoplazmy dvou buněk dochází k ...
4. Pohlavní buňky jsou ...
5. U mikrosporidií vyrůstá soroplazma v dělicí útvar zvaný ..., který se uvnitř hostitele rychle množí a zvětšuje.
6. Nepravé podhoubí označujeme jako ...
7.cyklus, který představuje popis stadií organismů od zrození až po reprodukci a vznik nového organismu.
8. Počet askospor ve vřecku.
9. U skupiny Taphrinales může perenující mycelium způsobovat metlovité znetvořeniny.
10. Jak označujeme pohyblivá bičíkatá stadia u skupiny Myxomycota?
11. Speciální hyfy nesoucí sporangia označujeme jako ...
12. Nepohlavní rozmnožování u kvasinek.
13. U Zygomycetů mohou být gametangia tvořena na odlišných myceliích. Jedná se o druhy ...
14. Jak označujeme letní ložiska spor u rzí?
15. Jak se jmenují spory vyrůstající po čtyřech na koncích sterigmat?