

**Univerzita Palackého v Olomouci**

**Přírodovědecká fakulta**

**Katedra botaniky**



**MATERIÁLY K VÝUCE BIOLOGIE - RZI (PUCCINIALES)**

**Bakalářská práce**

**Daniela Tomášová**

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Biologie a matematika se zaměřením pro vzdělávání

Forma studia: prezenční

Vedoucí práce:

doc. RNDr. Michaela Sedlářová, Ph.D.

**Olomouc 2023**

**Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně za odborného vedení doc. RNDr. Michaely Sedlářové, Ph.D. Použité literární zdroje jsem řádně citovala a jsou uvedeny v seznamu literatury.

V Olomouci dne 31. 7. 2023

.....

Daniela Tomášová

Zpracování bakalářské práce bylo podpořeno projektem IGA UP PŘF-2023-001.

### **Poděkování**

Děkuji své vedoucí bakalářské práce doc. RNDr. Michaele Sedlářové, Ph.D. z Katedry botaniky PŘF UP za trpělivost, kterou mi během naší spolupráce věnovala, za vedení a pomoc při práci na předložení bakalářské práce.

Též děkuji své rodině, která mi během mého studia byla velkou oporou. A rovněž děkuji příteli Magnusovi Fribergovi za poskytnutí fotodokumentace.

## **Bibliografická identifikace:**

<b>Jméno a příjmení autora:</b>	Daniela Tomášová
<b>Název práce:</b>	Materiály k výuce biologie - Rzi (Pucciniales)
<b>Typ práce:</b>	Bakalářská práce
<b>Pracoviště:</b>	Katedra botaniky PŘF UP v Olomouci
<b>Vedoucí práce:</b>	doc. RNDr. Michaela Sedlářová, Ph.D.
<b>Rok obhajoby práce:</b>	2023

**Abstrakt:** Bakalářská práce je zaměřena na výuku tématu stopkovýtrosých hub, konkrétně na zpracování materiálu o rzích (ř. Pucciniales) pro výuku biologie na středních školách. Součástí teoretické části je obecná charakteristika této skupiny fytopatogenních hub, její taxonomické zařazení a fylogeneze. Podrobněji jsou zpracovány kapitoly morfologie, interakce s hostitelskou rostlinou, rozmnožování a vývojové cykly. Další kapitoly se zabývají popisem zástupců rzí běžných v ČR, jejich ekologickým a hospodářským významem.

V praktické části bakalářské práce jsou informace o ř. Pucciniales zpracovány do powerpointové prezentace pro účel výuky biologie na středních školách. Spolu s prezentací byl zpracován i pracovní list pro ověření nabytých znalostí studentů. Vypracována byla i pedagogická příprava na edukační jednotku pro vyučující jako návrh pro vedení hodiny s probíraným tématem rzí. Během zpracování BP bylo v oblasti Zlínska sesbíráno 13 zástupců řádu Pucciniales, jež byly zdokumentovány makro- i mikroskopicky a jejich herbářové položky jsou přílohou práce.

**Klíčová slova:** biologie pro střední školy, biotrofní parazit, bazidiomycety, patogeny rostlin, rozmnožování, životní cykly

**Počet stran:** 100

**Počet příloh:** 3

**Jazyk:** čeština

**Bibliographic identification:**

<b>Author's first name and surname:</b>	Daniela Tomášová
<b>Title:</b>	Materials for teaching biology – Rusts (Pucciniales)
<b>Type of the thesis:</b>	Bachelor thesis
<b>Workplace:</b>	Department of Botany, Faculty of Botany, Faculty of Science, Palacky University in Olomouc
<b>Supervisor:</b>	assoc. prof. Michaela Sedlářová, Ph.D.
<b>The year of presentation:</b>	2023

**Abstract:** The bachelor thesis has focused on teaching of biology at secondary schools, the topic of basidiomycetes, namely on development of materials focused on rusts (order Pucciniales). Theoretical part of bachelor thesis includes general characteristics of this group of phytopathogenic fungi, its taxonomy and phylogeny. The chapters on morphology, interactions with the host plants, reproduction and life cycles are more presented in more details. Following chapters deal with the description of rust representatives common in the Czech Republic, their ecological and economic significance.

In the practical part of the bachelor thesis powerpoint presentation about order Pucciniales was created, intended for teaching biology at high schools, supplemented by a worksheet to test knowledge of students. In addition, several representatives of the order Pucciniales were collected and documented in macro- and micro-photographs and herbarized as shown in supplementary materials.

**Keywords:** biology for secondary schools, biotrophic parasite, basidiomycetes, plant pathogens, reproduction, life cycles

**Number of pages:** 100

**Number of appendages:** 3

**Language:** Czech

## Obsah

1. Úvod .....	8
2. Cíle práce .....	9
3. Literární přehled .....	10
3.1. Obecná charakteristika rzí .....	10
3.2. Taxonomické členění rzí .....	10
3.3. Fylogeneze .....	11
3.4. Morfologie .....	13
3.5. Životní cyklus .....	14
3.5.1. Makrocyklický cyklus .....	14
3.5.2. Demicyklický cyklus .....	15
3.5.3. Mikrocyklický cyklus .....	15
3.6. Rozmnožování .....	16
3.6.1. Morfologie rozmnožovacích struktur a spor .....	17
3.7. Ekologie rzí a interakce s hostitelem .....	22
3.8. Přehled nejčastějších čeledí řádu Pucciniales v ČR .....	22
3.8.1. Čeleď Coleosporiaceae .....	22
3.8.2. Čeleď Gymnosporangiaceae .....	23
3.8.3. Čeleď Melampsoraceae .....	24
3.8.4. Čeleď Phragmidiaceae .....	25
3.8.5. Čeleď Pucciniaceae .....	27
3.8.6. Čeleď Pucciniastraceae .....	28
3.8.7. Čeleď Raveneliaceae .....	29
.....	29
3.8.8. Čeleď Tranzscheliaceae .....	29
4. Materiál a metody .....	30
4.1. Sběr vzorků v terénu a herbarizace .....	30
4.2. Fotodokumentace .....	30

4.3. Zpracování didaktických materiálů.....	31
5. Výsledky.....	32
5.1. Fotodokumentace – makroskopické a mikroskopické snímky.....	32
5.2. PowerPointová prezentace .....	50
5.3. Pracovní list .....	65
5.4. Pracovní list s řešením.....	70
6. Diskuse.....	75
7. Závěr.....	76
8. Literatura .....	77
9. Přílohy.....	82
Příloha 1 - Herbář zástupců rzí řádu Pucciniales .....	82
Příloha 2 - Pedagogická příprava na edukační jednotku .....	96
Příloha 3 - Teoretické příprava na edukační jednotku .....	99

## 1. Úvod

Rzi z řádu Pucciniales, mikroskopičtí zástupci stopkovýtusých hub, jsou skupinou rostlinných patogenů, představující reálnou hrozbu pro zemědělství, zahradnictví a lesnictví, veřejností je však tato skupina často přehlížena (Aime at al., 2017).

Jejich výskyt je datován již v prvohorách a první písemné zmínky o rzích se objevují poprvé v antice. Rzi jako jeden z prvních pozoroval a popsal Aristoteles (384-322 př. n. l.), jenž vzal jejich důležitost na zřetel a ve svých poznámkách se zabýval útrapami Řeků, které jim přineslo znehodnocení obilovin rzivostí. Přichází dokonce s vlastní teorií jejich vzniku, v níž dává podíl viny na jejich existenci teplým výparům (Kolmer at al., 2009). Jeho teorii dále více rozpracoval Theophrastos (372-287 př. n. l.), který se zabýval nejen příčinou jejich výskytu, ale snažil se vypátrat i možnosti léčby rostlin. V antickém Římě se rzi a dalších patogenů obilovin obyvatelé obávali natolik, že zasvětili bohu rzi Rogibovi den 25. dubna, známý jako Robigalia, kdy skupina věřících v chrámech obětovala červená zvířata (například psy, lišky a krávy) a konala závody na vozech. Kvůli epidemickému rozšíření rzí v Evropě byly dokonce v 17. století přijímány nové zákony ohledně pěstování určitých druhů rostlin v blízkosti pšeničných polí. Později byly tyto zákony přijaty i v koloniích Nové Anglie. Zmínky o rzích se vyskytují i v některých významných literárních dílech, např. v Bibli knize Genesis 42 a dílech Williama Shakespeara.

Mnoho zástupců rzí z řádu Pucciniales jsou dodnes významnými patogeny mnoha kulturních i planých rostlin, které působí v zemědělské produkci značné škody. Nebezpečí a složitost ochrany jsou často spojeny se střídáním hostitele a mezihostitele v životním cyklu. Z toho důvodu je tedy potřeba zvyšovat povědomí o biologii těchto mikroskopických hub a s tématem seznámit i studenty.



## 2. Cíle práce

Cílem mé bakalářské práce bylo vytvořit informační a výukový materiál se zaměřením na rzi ř. Pucciniales. Cílem teoretické části bylo zpracovat literární rešerši s charakteristikou rzí, taxonomickým zařazením a fylogenetickým vztahem vůči ostatním pododdělením z oddělení Basidiomycota. V literárním přehledu byl největší důraz kladen na přehledné zpracování životních cyklů rzí.

V praktické části bylo cílem vytvořit edukační materiál v powerpointu, určený pro výuku biologie středních školách, pracovní listy a vypracovat pedagogickou přípravu na edukační jednotku. Jako doplňující materiál zpracovat sbírku exemplářů rzí běžných v ČR (herbářové položky, fotografické snímky).

### 3. Literární přehled

#### 3.1. Obecná charakteristika rzí

Rzi řádu Pucciniales jsou monofyletická skupina stopkovýtrosých hub (oddělení Basidiomycota) zahrnující více než 7000 druhů ze 163 rodů (Sedlářová et al., 2021). Jedná se o houby mikroskopických rozměrů, jenž charakterizujeme jako obligátně biotrofní parazity fotosyntetizujících orgánů semenných rostlin, výjimečně kapradin nebo vraneček (Bubák, 1906).

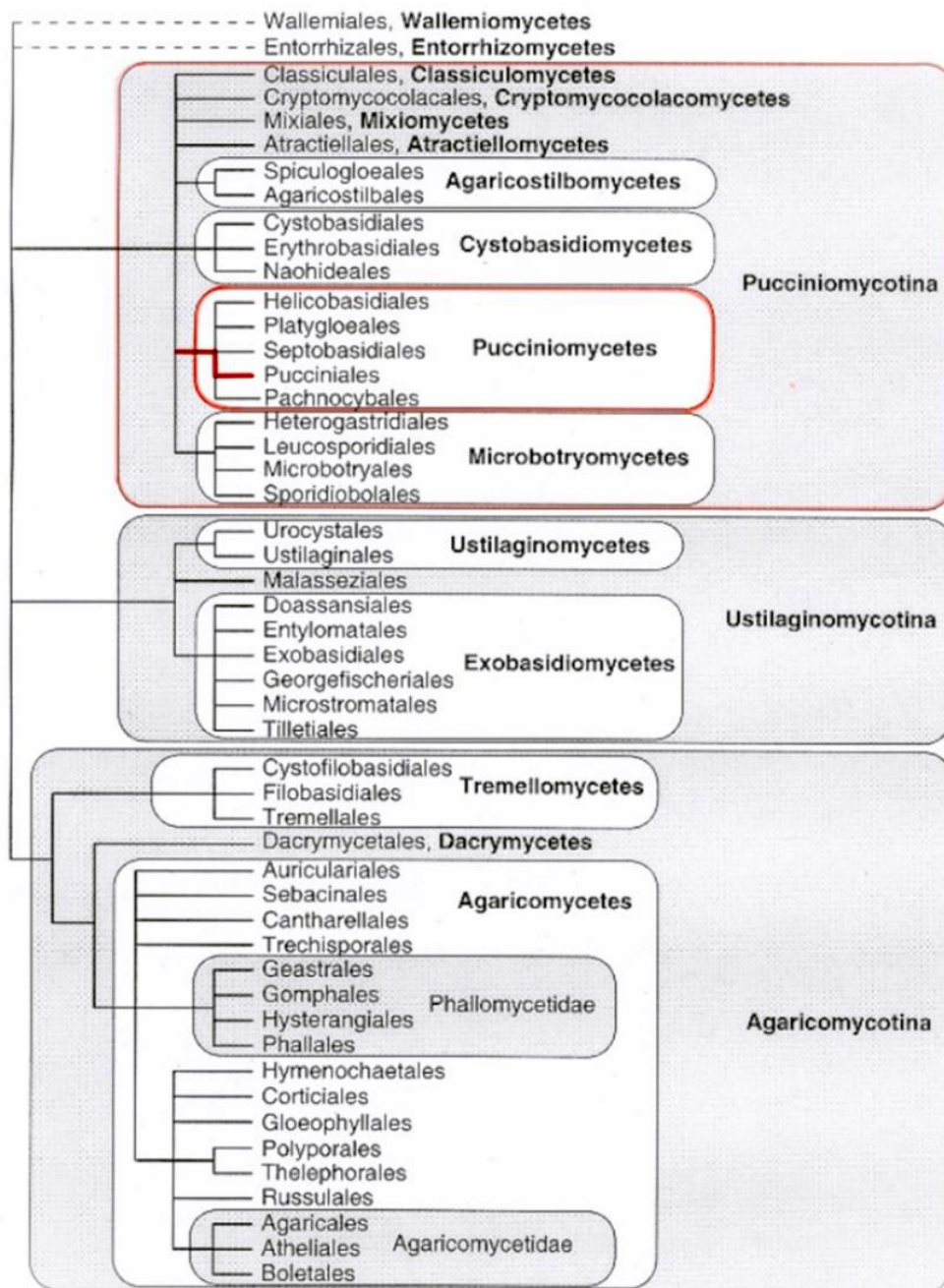
Rzi mají unikátní a velmi složitý životní cyklus, během něhož mohou produkovat až 5 typů výtrusů (spor) na dvou druzích hostitelských rostlin (Webster a Weber, 2007), často z nepříbuzných skupin (Aime et al., 2018). Během koevoluce si jednotlivé druhy rzí vytvořily velmi specifickou vazbu se svými hostiteli, které nutně potřebují kvůli výživě, růstu a rozmnožování. Rzi známe jako významné patogeny způsobující závažné nemoci kulturních rostlin, jež se často projevují tvorbou myceliálních kupek s rezavou, oranžovou či žlutou barvou, podle nichž tato skupina dostala svůj název (Agrios, 2005).

#### 3.2. Taxonomické členění rzí

Rzi (v této BP je předmětem studia řád Pucciniales) jsou zástupci třídy Pucciniomycetes, pododdělení Pucciniomycotina, oddělení Basidiomycota, podříše Dikarya, říše Fungi, skupiny eukaryotních organismů zvané Opisthokonta.

Řád Pucciniales se dále člení do několika čeledí, nejčastěji jsou uváděny Pucciniaceae, Pucciniastraceae, Coleosporiaceae, Cronartiaceae, Gymnosporangiaceae, Mikronegeriaceae, Melampsoraceae, Phakopsoraceae, Chasoniaceae, Uropyxidaceae, Pileolariaceae, Raveneliaceae, Phragmidiaceae, a Puccinosiraceae (Cummins a Hiratsuka, 2003).

Nejvíce druhů zahrnují rody *Puccinia* a *Uromyces* z čeledi Pucciniaceae (Webster a Webera, 2007). Dodnes není taxonomické členění rzí zcela ustáleno, díky pokroku v molekulárních metodách a detailním výzkumům.



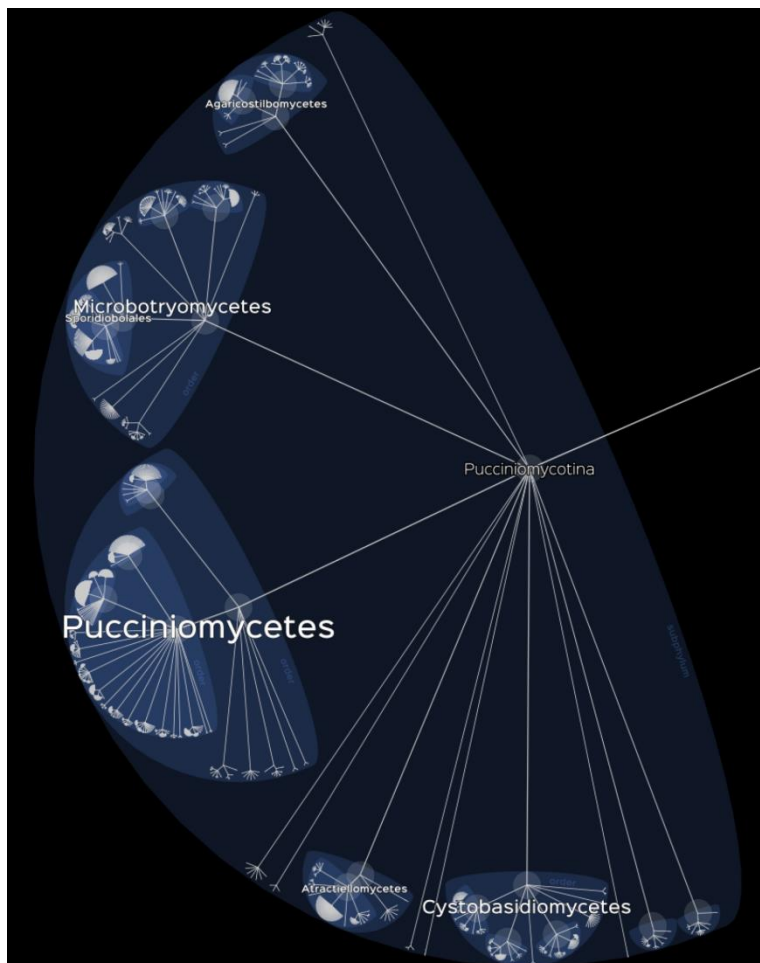
Obrázek 1 Starší taxonomické členění rzi (odd. Pucciniomycotina) a příbuzenské vztahy s dalšími skupinami stopkovýtusých hub (DT upraveno podle Hibbett et al., 2007).

### 3.3. Fylogeneze

Nejbližší příbuznou skupinou pro oddělení Pucciniomycotina (rzi) je pravděpodobně pododdělení Ustilaginomycotina (sněti). Tento předpoklad byl podepřen výzkumy na zástupcích řádu Microbotryales (podod. Pucciniomycotina), u nichž byl prokázán podobný životní cyklus jako u snětí. (Schäfer et al., 2010).

Rzi jsou monofyletická skupina, která spolu se sesterskou skupinou snětí (pododd. Ustilaginomycotina) tvoří přechodnou heterogenní skupinu mezi vřeckovýtrusnými a stopkovýtrusnými houbami (Spatofora, 2007). Rzi spolu s pododd. snětí představují odvozené skupiny odd. Basidiomycota. Existují přesvědčivé důkazy monofylie jednotlivých pododdělní z odd. Basidiomycota podpořené fylogenetickými analýzami sekvencí genů rRNA a genů kódujících proteiny (Hibbett and Thorn, 2001).

Průzkumy rozšiřují znalosti o vztazích v rámci Basidiomycota a ukázaly, že některé morfologické znaky, na které byl kladen důraz při klasifikaci na vyšší úrovni, např. morfologie bazidií, morfologie hyf, typ sacharidů v buněčném složení (Hibbett and Thorn, 2001). Dodnes výzkumy na poli genetiky nalézají nové geny kódující proteiny ribozomální RNA (rRNA), jenž rozšiřují naše znalosti o příbuzenských vztazích v odd. Basidiomycota.



Obrázek 2 Postavení rzí tř. Pucciniomycetes v rámci odd. Pucciniomycotina) (DT upraveno podle Lifemap, 2023)..

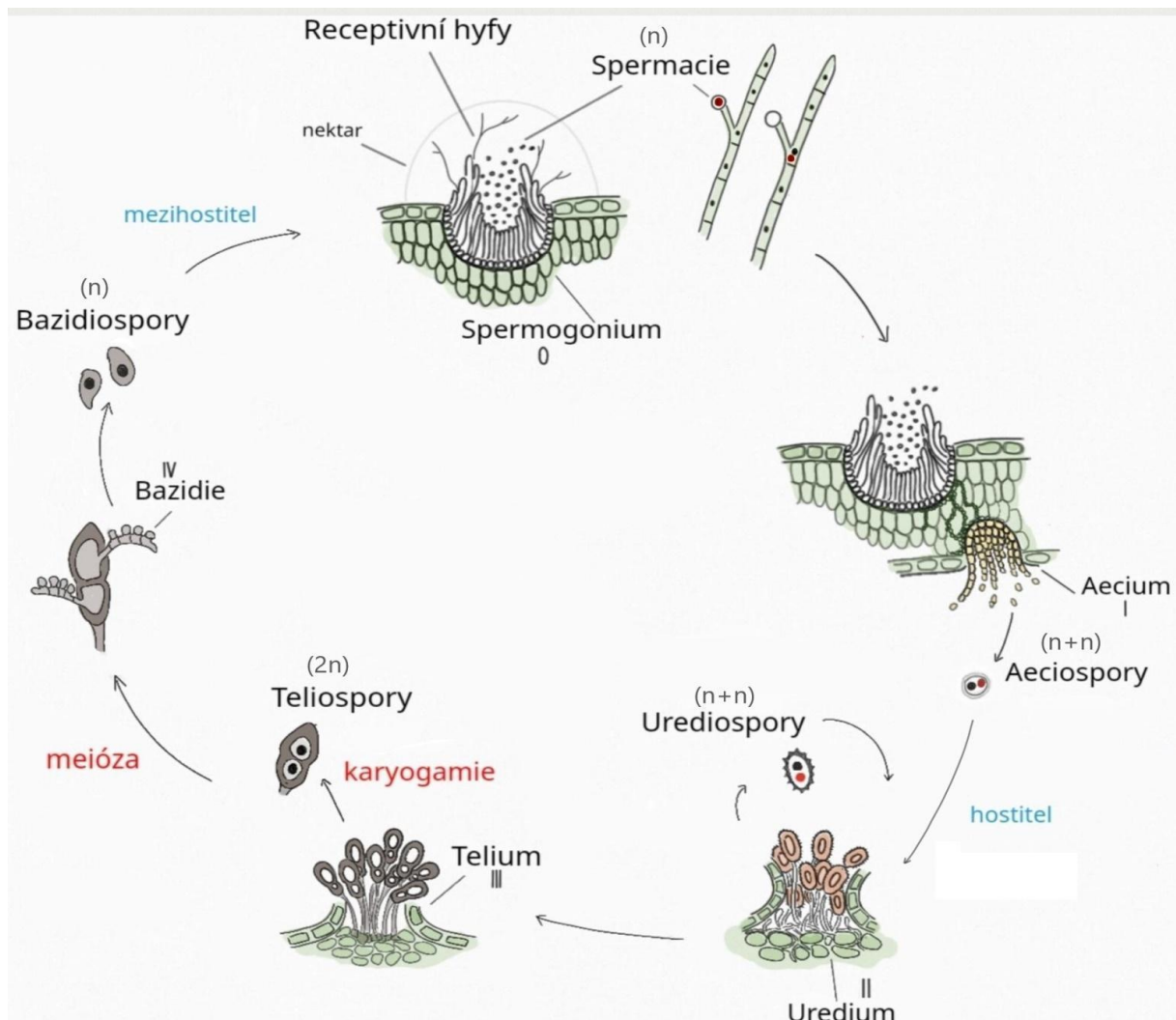
### 3.4. Morfologie

Stejně jako ostatní vláknité houbové organismy je stélka rzí tvořena hyfami, které jsou přehrádkované a splétají mycelium. Základní stavební sloučeninou buněčných stěn je polysacharid chitin a DOPLNIT. Jako zásobní látky slouží rzím několik typů monosacharidů jako manóza, glukóza, galaktóza a fruktóza (Marková, 2009). Na rozdíl od jiných skupin z oddělení Basidiomycota, hyfy nevytvářejí přezky, protože mezi buňkami v hyfě nejsou dolipóry, vyskytuje se u nich pouze centrální pór s parentozómem sloužícím jako ucpávka (Kirk et al., 2008). Rzi jsou parazité, proto si vyvinuly penetrační struktury apresoria a k čerpání živin z buňky hostitele struktury zvané haustoria (Kolmer, 2009). U rzí je možné, stejně jako u ostatních bazidiomycet, odlišit mycelium primární (jednojaderné, klíčí z bazidiospor (Obr. 3), proniká do buněk hostitele přímo přes kutikulu tzv. penetrační hyfou) a sekundární (dvoujaderné, klíčí z aecio- a urediospor, do těla hostitele proniká pomocí apresorií přes stomata) (Kalina a Váňa, 2005). Intercelulární mycelium roste mezibuněčnými prostorami a do buněk hostitele následně vysílá haustoria, která zprostředkovávají získávání živin a zajišťují sekreci efektorů, které jsou nezbytné pro manipulaci obranných mechanismů hostitele (Figueroa, 2020).

Rez svého hostitele neusmrcuje, ale využívá jeho zdroje ke svému přežití a v drtivé většině způsobí pletivu a orgánům hostitelské rostliny deformace v důsledku hypertrofie (zvětšování objemu buněk) či hyperplazie (nekontrolované množení buněk). Uvnitř infikovaných orgánů hostitele dochází ke změně rovnováhy fytohormonů. Na makroskopické úrovni infekce často způsobuje vznik nápadných nádorů, falešných květů a tzv. witches' broom (čarověníků) (Cummins a Huratsuka, 2003).

Pro rzi je též charakteristické, že se u nich nevyvíjejí plodnice jako u ostatních skupin Bazidiomycota, místo toho pod epidermis hostitele vytvářejí tzv. výtrusné kupky (sori) se sporami, jenž se uvolní při prasknutí epidermis hostitele (Kolmer, 2009). K rozmnožování a rozšiřování slouží tedy různé typy spor (spermacie, aeciospory, urediospory, teliospory a bazidiospory) produkované v odpovídajících útvarech (spermogonia, aecia, uredia, telia a bazidie). Na základě počtu typů spor, které rzi během života produkují, a střídání hostitele vs. mezihostitele se dělí jejich životní cykly na makro-, demi-, hemi- a mikro – cyklické.

Na myceliu se vyvíjejí i spermogonia produkující spermacie spolu s nektarem, jenž má přilákat opylovače. Tím zajistí přenos spermií na další rostlinu. Přenos je tedy zprostředkován několika způsoby – anemogamií, zoogamií, entomogamií, hydrogamií. Často rez inhibuje svého hostitele k tvorbě tzv. pseudokvětů. Jedná se o přetvořené vrcholové listy, jenž jsou vytvářeny změnou metabolismu způsobenou vlivem rzí, a které slouží nalákání opylovače a přenesení spory ze spermogonia (Sedlářová et al., 2021).



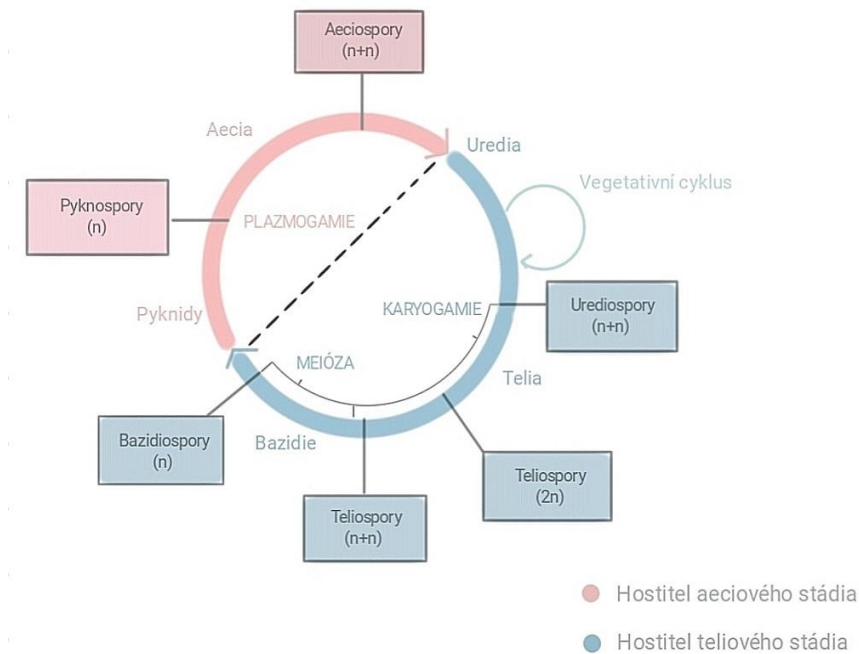
Obrázek 3. Schéma makrocyclického životního cyklu druhu rodu *Puccinia graminis* (DT, upraveno podle Kolmer, 2013).

### 3.5. Životní cyklus

Vývojových cyklů existuje několik typů, podle nichž rzi rozdělujeme na druhy s kompletním a rzi se zkráceným životním cyklem. Rzi se mohou specializovat pouze na jediný hostitelský rostlinný druh, nebo během svého životního cyklu střídají dva nepříbuzné druhy rostlin. Podle toho, kolik hostitelských druhů rez vystřídá, se dělí na heteroecické (dvoubužné) a autoecické (jednobyžné) (Hamelin, 2022). Celkem se u rzi vyskytují čtyři typy cyklů - makrocyclický, demicyclický, hemicyclický a mikrocyclický. Poslední tři patří mezi rzi se zkráceným cyklem. Typ makrocyclický řadíme mezi rzi s cyklem kompletním (McTaggart at al., 2022).

#### 3.5.1. Makrocyclický cyklus

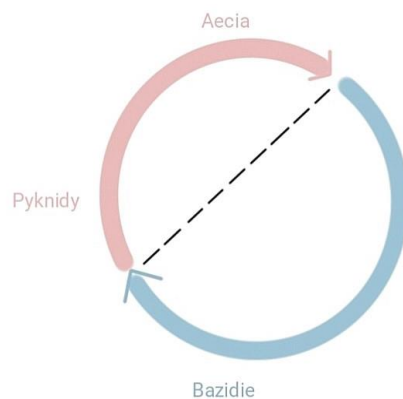
Makrocyclický životní cyklus je nejsložitějším a zároveň nejběžnějším typem, převažujícím u dvoubužných druhů. Rozlišují se během něj 5 stádií produkujících spory v daném pořadí.



Obrázek 4 Schématické znázornění makrocyclického životního cyklu (DT, upraveno podle Sedlářová et al., 2021).

### 3.5.2. Demicyklický cyklus

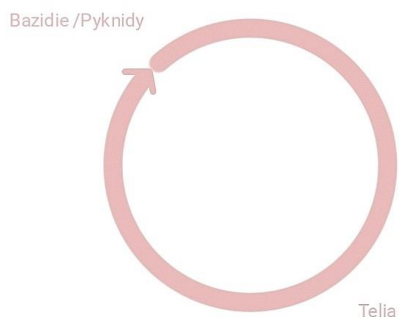
Demicyklický cyklus má ve srovnání s makrocyclickým cyklem celkový průběh zkrácený. Vytváří se při něm pouze aeciospory, bazidiospory a spermacie. Netvoří se urediospory (Urban, 1984).



Obrázek 5 Schématické znázornění demicyklického životního cyklu (DT, upraveno podle Sedlářová et al., 2021).

### 3.5.3. Mikrocyklický cyklus

Mikrocyklický cyklus rzí je zkrácen o jednu nebo více fází, chybí fáze aeciální a urediální. Místo toho se při infekci a rozmnožování spoléhají především na bazidiospory, spermacie a teliospory (Littlefield, 1981).



Obrázek 6 Schématické znázornění mikrocyklického životního cyklu (DT, upraveno podle Sedlářová et al., 2021).

#### 3.5.4. Hemicyklický cyklus

V hemicyklickém cyklu chybí aeciospory a spermacie.



Obrázek 7 Schématické znázornění mikrocyklického životního cyklu (DT, upraveno podle Sedlářová et al., 2021).

### 3.6. Rozmnožování

Rzi jsou sice označovány jako nejprimitivnější stopkovýtrusné houby, ovšem jejich rozmnožování je jedno z nejsložitějších v říši hub. Rzi mají rozmnožování pohlavní i nepohlavní uskutečněná pomocí spor.

Rzi se pohlavně rozmnožují tzv. gameto-somatogamií (Sharma, 1989). Jde o ojedinělý případ pohlavního rozmnožování v rámci oddělení Bazidiomycota, kdy dochází ke kopulaci spermacií (pyknospor) s přijímací hyfou na spermogoniu, vzniká dikaryotická bazidie, v níž proběhne karyogamie, meióza a následně vznikají bazidiospory.

Toto rozmnožování se vyznačuje tvorbou spermogonia (0) lahvicovitého tvaru pod epidermis hostitele, z něhož se uvolňují kulovité pohlavní buňky spermacie spolu s nasládlým nektarem. Tato čirá tekutina přiláká hmyz, který zajistí přenos spermacií na přijímací (receptivní) hyfu, která vyrůstá na spermogoniu. Proběhne kopulace a v tomto místě se na povrchu listu vytváří aecium (I), struktura nesoucí nepohlavní dikaryotické aeciospory. Aeciové stádium se vyskytuje hlavně na počátku



vegetačního období, protože jej nazýváme „jarní“. Tento typ spor je schopen infikovat dalšího hostitele jiného druhu. Vyklíčením aeciospor se začíná tvořit dikaryotické mycelium, které postupně prorůstá skrz listové pletivo hlavního hostitele. Po určité době se na hostiteli zakládá rozmnožovací struktura tzv. uredium (II). Urediové stádium neboli „letní“ se objevuje v hlavní vegetační sezóně, kdy rez vytváří typ spor zvaný urediospory, jenž se obvykle vytvářejí v řetězcích nebo shlucích. Urediospory jsou obvykle tenkostěnné, často s ostny nebo přívěsky na povrchu. Jejich primární funkcí je rychlé a účinné šíření za účelem iniciace nových infekcí. Urediospory jsou vysoce přizpůsobeny k přenosu na velké vzdálenosti různými způsoby, jako je anemogamií, hydrogamií i entomogamií (Newcombe, 2004)

Koncem hlavního vegetačního období rez zakládá novou rozmnožovací strukturu tzv. telium (III), z něhož vyrůstají (zimní spory) teliospory, které tuto strukturu přerůstají a kryjí. Teliospory nejsou infekčním typem spor, ale dormantním typem spor, tlustými stěnami uzpůsobeným k přečkání nepříznivých zimních podmínek. Zimní stádium je obvykle posledním v životním cyklu rzi, ve kterém dojde ke karyogamii. Jakmile nastanou vhodné podmínky, proběhne meióza, teliospora vyklíčí a zahajuje se proces infekce za vzniku příčně dělených bazidií (IV) nesoucí pohlavní bazidiospory (n) (Aime et al., 2018). Bazidiospory jsou klíčové pro šíření rzi na velké vzdálenosti a rozšiřování populací rzi. Jejich malé rozměry a nízká hmotnost jim umožňují snadný přenos vzdušnými proudy nebo vodou, což umožňuje kolonizaci na nových hostitelských rostlinách. Infekcí nového hostitele a vyklíčením bazidiospory v hyfu, pronikající do tkáně hostitele, začíná životní cyklus nanovo a místo této infekce se zbarví pro rzi charakteristickou oranžovo-žlutou barvou.

### 3.6.1. Morfologie rozmnožovacích struktur a spor

Rzi vytvářejí specializované struktury známé jako výtrusy (spory), které v jejich životním cyklu mají klíčový význam. Slouží jako hlavní způsob rozmnožování a šíření. Jsou to mikroskopické útvary přizpůsobené k přežití v nepříznivých podmínkách prostředí a následné infekci hostitelských rostlin. Spory plní několik základních funkcí, které přispívají k jejich úspěšné kolonizaci rostlinných hostitelů. Pro přežití a šíření rzi je rozhodující schopnost šířit se na velké vzdálenosti, k tomu jim napomáhá jejich lehkost. Snadno se přenáší anemogamicky (vzdušnými proudy), hydrogamicky (vodou), entogamicky (hmyzem) a dalšími prostředky. Rzi si vyvinuly mechanismy, které usnadňují šíření spor, jako jsou specializované struktury nebo přívěsky, které napomáhají přichycení na přenašeče nebo usnadňují šíření větrem. Zároveň mají vytvořeny i mechanismy, jenž zajišťují přežití do doby, než nastanou vhodné podmínky pro klíčení.

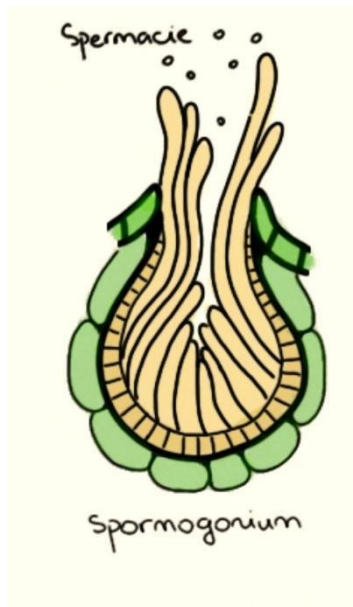
V závislosti na druhu mohou rzi produkovat různé typy spor, včetně teliospor, urediospor, bazidiospor, spermacií a aeciospor. Každý typ výtrusů slouží v životním cyklu ke specifickému účelu a umožňuje rzím rozmnožovat se pohlavně i nepohlavně.

Morfologie výtrusů rzí vykazuje složité struktury, které jsou dobře přizpůsobeny jejich ekologickým úlohám. A ačkoliv mezi různými druhy existují rozdíly, lze pozorovat určité obecné charakteristiky – tvar, velikost, povrch, pigment a klíčící struktury. (Aime et al., 2017).

Velikost spor se obvykle pohybuje od 10 do 100  $\mu\text{m}$  v závislosti na druhu. Vykazují různé tvary, včetně kulovitých, eliptických, válcovitých nebo nepravidelných forem. Morfologie spor často odpovídá jejich funkční úloze a specifickým požadavkům na šíření a infekci. Vnější povrch spor rzí je pokryt složitým ornamentálním vzorem. Tento vzor může zahrnovat hřebeny, bradavice, hroty nebo síťovinu, které slouží jako rozlišovací znaky pro identifikaci druhu. Tyto povrchové znaky napomáhají přichycení spor na přenašeče, zvyšují účinnost šíření a poskytují ochranu před stresovými faktory prostředí. Pigmentace je dalším významným aspektem morfologie spor rzí. Spory mohou mít různé barvy, včetně žluté, oranžové, hnědé, černé nebo dokonce bezbarvé. Pigmenty přispívají nejen k identifikaci spor, ale hrají také roli při ochraně spor před UV zářením, teplem nebo vysycháním (Gautam, 2021).

Po dosažení vhodné hostitelské rostliny spory rzí vyklíčí a zahájí proces infekce. V závislosti na druhu může klíčení zahrnovat tvorbu specializovaných struktur, jako jsou apresoria nebo zárodečné trubice. Tyto struktury umožňují sporám navázat kontakt s povrchem hostitele a usnadňují pronikání do rostlinných pletiv (Kolmer et al., 2009).

### 3.6.1.1. Spermacie



Spermacie = pyknoสปory jsou jednobuněčné samčí rozmnořovací výtrusy produkované na spermogoniích, specializovaných strukturách, které se podílejí na pohlavním rozmnořování rezavých hub. Vznikají po infekci bazidiosporami. Jsou zodpovědné za oplodnění receptivních struktur zvaných receptivní hyfy. Jsou obvykle malé s jemnou a tenkou stěnou, která umožňuje snadné uvolňování a šíření. Tvar může být v závislosti na druhu kulovitý, oválný nebo protáhlý. Spermacie jsou často bezbarvé. Na rozdíl od jiných typů spor rzi obvykle postrádají výraznou pigmentaci (Gautam, 2021, Aime et al., 2018).

Obrázek 8 Obecné schéma spermogonia

### 3.6.1.2. Aeciospory

Aeciospory jsou produkovány během aeciového stádia rzi. Vytvářejí se v plodničkách zvaných aecia a jsou zodpovědné za iniciaci primárních infekcí na mezihostitelských rostlinách. Aecia mohou mít různé tvary a velikosti a mohou být zapuštěna do rostlinných pletiv nebo se objevovat jako vyvýšené struktury na povrchu hostitelské rostliny, nejčastěji na spodní straně listu. Uchycení aeciospor na aeciích je rozhodující pro jejich šíření a následnou infekci náhradní hostitelské rostliny. Jejich spory jsou obvykle malé a jednobuněčné, velikost se může lišit, ale obecně jsou menší než urediniospory a tvar může být v závislosti na druhu kulovitý, oválný nebo protáhlý. Na pohled mohou působit průsvitně nebo mírně pigmentovaně. Stěna výtrusů může mít hladký povrch nebo může vykazovat jemné ornamenty, jako jsou hřebeny či hrbolky (Gautam, 2021).



Obrázek 9 Obecné schéma aecia, aeciospory *Gymnosporangia cornutum*.

### 3.6.1.3. Urediospory

Urediospory, také známé jako letní výtrusy, jsou typem nepohlavních výtrusů produkovaných rzemi během urediálního stádia jejich životního cyklu. Tyto spory jsou typicky produkovány v řetězcích nebo shlucích na specializovaných strukturách nazývaných uredia. Uredia se na infikovaných rostlinných pletivech vyskytují jako vyvýšené struktury nebo puchýřky. Urediospory jsou často hustě zabaleny uvnitř uredií a připraveny k uvolnění, rozptýlení a rozšíření populace. Jsou jednobuněčné, obvykle tenkostěnné, často s ostny nebo přívěsky na jejich povrchu. Jejich primární funkcí je rychlé a účinné rozptýlení k iniciaci nových infekcí. Urediospory jsou vysoce přizpůsobeny pro šíření na dlouhé vzdálenosti různými způsoby, jako je vítr, déšť nebo hmyzí přenašeči. Jejich velikost se pohybuje od několika do několika desítek mikrometrů v průměru. Tvar urediospor se může lišit, ale často jsou kulovité, oválné nebo elipsoidní. Některé druhy mohou mít urediospory protáhlé nebo nepravidelného tvaru s výraznou pigmentací, která přispívá k jejich identifikaci a rozlišení. Barva urediospor se může značně lišit, včetně odstínů žluté, oranžové, hnědé nebo dokonce tmavších barev (Gautam, 2021).



Obrázek 10 Obecné schéma uredia, urediospory *Phragmidia mucronatum*.

### 3.6.1.4. Teliospory

Teliospory (nebo také teleospory) jsou typem tlustostěnných klidových spor, které rzi produkují během teliového stádia pohlavního rozmnožování. Jsou obvykle posledním stadiem životního cyklu, během něhož dochází ke karyogamii. Tvoří se ve strukturách zvaných telia na konci vegetačního období. Teliospory jsou tmavě zbarvené, od hnědé po černou, velké, kulovitého nebo elipsoidního

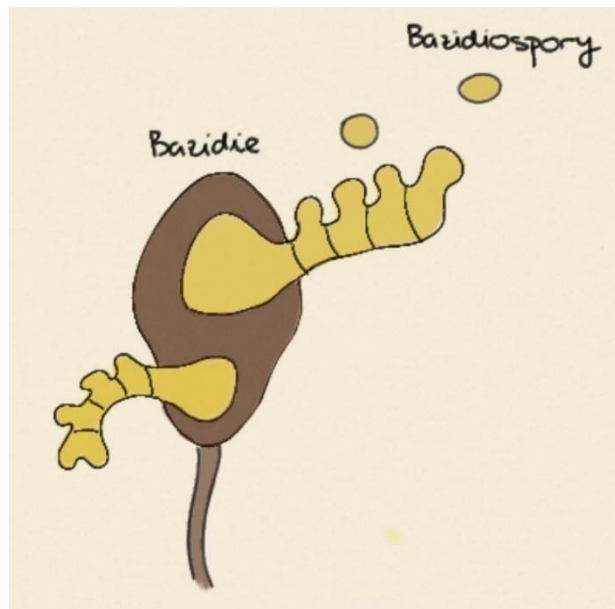
tvaru. Jejich silné stěny poskytují ochranu před nepříznivými podmínkami prostředí a zajišťují jejich přežití v období nepříznivých podmínek, dokud nejsou k dispozici vhodné hostitelské rostliny. Předpokládá se, že tmavá pigmentace poskytuje ochranu před stresovými faktory prostředí, včetně UV záření a vysychání. Vnější vrstva může mít drsný nebo strukturovaný vzhled. Teliospory mohou mít různé povrchové znaky, včetně hřebenů, bradavic, ostnů nebo síťování. Tyto struktury jsou často druhově specifické a mohou pomoci při identifikaci rzi. Povrchové znaky také hrají roli při přichycování spor na přenašeče za účelem jejich šíření (Gautam, 2021).



Obrázek 11. Obecné schéma telia s teliosporami, detail teliospor *Phragmidia rubi-idaei*.

### 3.6.1.5. Bazidiospory

Basidiospory jsou typem pohlavních ( $1n$ ) spor, které vznikají klíčením teliospor. Tyto spory jsou obvykle jednobuněčné a jsou nesený na přehrádkovaných bazidiích, což jsou specializované struktury, které se vytvářejí během bazidiální fáze životního cyklu rzi po meióze. Basidiospory jsou klíčové pro šíření rzi na velké vzdálenosti a rozšiřování populací rzi. Obvykle jsou malé a jednobuněčné. Jejich velikost se pohybuje od několika do několika desítek mikrometrů v průměru. Tvar bazidiospor se může lišit, ale často jsou kulovité, oválné nebo elipsoidní. Některé druhy mohou mít spory též protáhlé nebo nepravidelně tvarované. Často jsou bezbarvé nebo světlé, na rozdíl od jiných typů spor totiž nemají bazidiospory obecně výraznou pigmentaci. Mohou se tedy jevit jako průsvitné. Basidiospory mají tenkou a jemnou stěnu, která napomáhá jejich šíření. Na povrchu mohou mít jemnou ornamentaci, jako jsou ostny, bradavice nebo síťování. Tyto povrchové znaky jsou sice méně časté než u jiných typů spor, ale mohou pomoci při identifikaci a rozlišování druhů (Gautam, 2021).



Obrázek 12 Obecné schéma klíčící teliospory s bazidiosporami.

### 3.7. Ekologie rzí a interakce s hostitelem

Houby jsou heterotrofní organismy a jako takové získávají živiny třemi možnými způsoby – saprofytně, mutualistickým soužitím (symbioticky a paraziticky). Rzi označujeme jako obligátní (závazné) biotrofní parazity, jsou svému hostiteli dokonale přizpůsobeny a jejich růst a rozmnožování probíhají výhradně na daném živém hostiteli. Svým působením při menší míře infekce hostitele nezahubí, mění ovšem fyziologii a morfologii rostliny (Kalina a Váňa, 2005).

### 3.8. Přehled nejčastějších čeledí řádu Pucciniales v ČR

#### 3.8.1. Čeleď Coleosporiaceae

Čeleď Coleosporiaceae je poměrně rozsáhlá skupina zahrnující přes 200 druhů rzí, jenž řadíme do 6 rodů. Mezi známé rody čeledi Coleosporiaceae patří rody *Coleosporium*, *Peridium*, a *Thekospora*. Zástupci vytvářejí velká, měchýřkovitá aecia. Nevytvářejí promycelium, ale karyogamie a meióza probíhá přímo v teliosporách, ty jsou po vyklíčení rozdělené přepážkou (Kolmer, 2009).



Obrázek 13 Detail uredií puchýřnatky podbělové (*Coleosporium tussilaginis*, (Pers.) Lev.) na devětsilu bílém (*Petasites albus* (L.) (Fabian Ernst, 23. 9. 2018, Haltern, Německo), uredia (DT, 17. 1. 2023).

### 3.8.2. Čeleď Gymnosporangiaceae

Zahrnuje přes 3 rody *Gymnosporangium*, *Gymnotelium* a *Peridiospora*.



Obrázek 14 Spermogonia *Gymnosporangium cornutum* Arthur na jeřábu ptačím (*Sorbus aucuparia* L.) (Magnus Friberg, 31. 12. 2022, Švédsko) aeciospory (Fabian Ernst, 15. 8. 2020).



Obrázek 15 Telia *Gymnosporangium clavariiforme* (Wulfen) na jalovci obecném (*Juniperus communis* L.) (Magnus Friberg, 14. 5. 2022, Kvismaren, Švédsko).

### 3.8.3. Čeleď Melampsoraceae

Zástupci Melampsoraceae vytvářejí přisedlé teliospory bez stopek, jenž se tvoří ve sloupcích v telium (Kolmer, 2009). Má pouze jeden rod *Melampsora*.



Obrázek 16 Uredia *Melampsora apitea* Thümen na vrbě jivě (*Salix caprea* L.) (Jasper Sharp, Londýn, 12. 8. 2022).



### 3.8.4. Čeleď Phragmidiaceae

Tato čeleď zahrnuje 7 rodů, z nichž nejběžnější jsou rody *Arthuriomyces*, *Phragmidium*, *Trachyspora*, *Triphragmium*.



Obrázek 17 Rez růží (*Phragmidium mucronatum* (Pers.) Schltdl.) na růži šípkové (*Rosa canina* L.), teliospory, urediospory. (DT, 26. 8. 2022, Částkov, Uherské Hradiště).



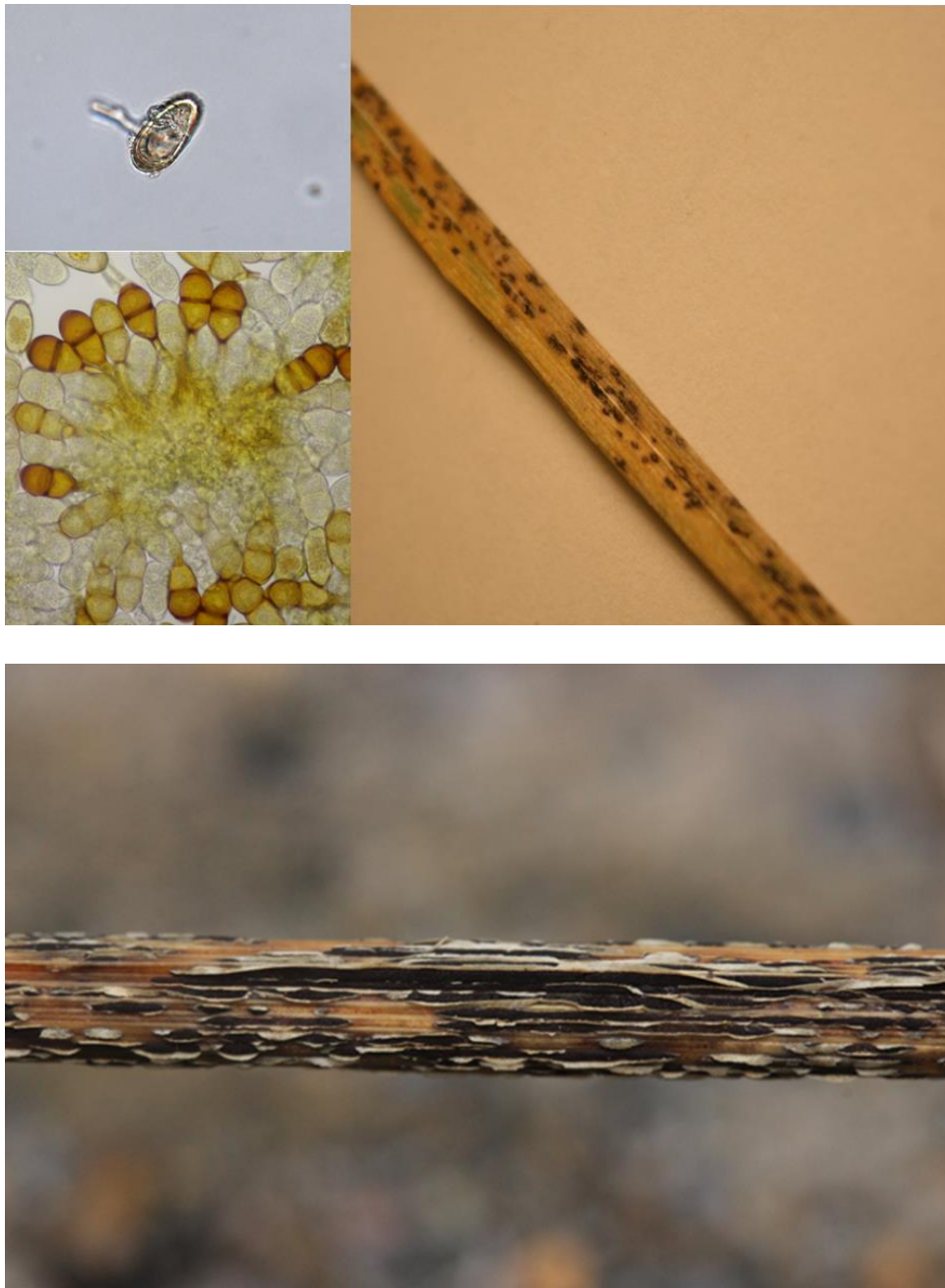
Obrázek 18 Telia, uredia a teliospora rzi maliníkové (*Phragmidium rubi-idaei* (DC.) P. Karst.) na ostružiníku maliníku (*Rubus idaeus* L.) (DT.. 26. 5. 2022, Kelníky, Zlín).

### 3.8.5. Čeleď Pucciniaceae

Pucciniaceae je nejběžnější a největší čeleď s 22 rody a téměř 5000 druhy (Gautam, 2022).

Nejnámějšími rody z této čeledi jsou rody *Endophyllum*, *Puccinia*, *Puccinosira*, *Uromyces*.

Nejdůležitějším rozlišovacím znakem jsou stopkaté teliospory. Teliospory jsou v této čeledi jedno- i dvou- buněčné. Jednobuněčné teliospory vznikají u rodu *Uromyces*, dvoubuněčné u rodu *Puccinia*



Obrázek 19 Urediospory, telia a teliospory (Fabian Ernst, 13. 10. 2020, Německo) rzi travní (*Puccinia graminis* Pers.) (DT, 16. 1. 2023, Kelníky, Zlín).

### 3.8.6. Čeleď Pucciniastraceae

Čeledi Pucciniastraceae zahrnuje 5 rodů, z nichž nejznámější jsou rody *Hyalopsora*, *Pucciniastrum*. Teliospory se netvoří v sorusu, ale jsou jednotlivě zapařeny do tkáně hostitele. Mezi časté hostitele patří zástupci čeledi Abietoideae (*Abies*, *Tsuga*) na nichž vznikají spermogonia a aecia na jehlicích (Schöller, 2022). Uredinia a telia vznikají na kapradinách.



Obrázek 20 Rez šiřková (*Pucciniastrum areolatum* (Fr.) G. H. Otth) na šiřce smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) H. Karst.) (Magnus Friberg, 14. 5. 2022, Kvismaren, Švédsko).

### 3.8.7. Čeleď Raveneliaceae

Mezi rody čeledi Raveneliaceae patří *Dicheirinia*, *Nyssopsora*, *Triphragmiopsis*, *Triphragmium*.



Obrázek 21 Aecia *Triphragmium ulmariae* (DC.) Link na tužebníku jilmovém (*Filipendula ulmaria* L. Maxim.) (AJ Cann, Narborough Bog, 18. 6. 2015), detail urediospor (Enrique Rubio, Cerreno-Austrias, 6. 6. 2019).

### 3.8.8. Čeleď Tranzscheliaceae

Tranzscheliaceae je čeleď s pouze jediným rodem (*Tranzschelia*).



Obrázek 22 Telia a detail teliospor *Tranzschelia anemones* (Pers.) Nannf. na sasance hájní (*Anemone nemorosa* L.) (Magnus Friberg, 14. 5. 2022, Kvismaren, Švédsko).

## 4. Materiál a metody

Během zpracování bakalářské práce byl sběr a dokumentace získaných vzorků z řádu Pucciniales, herbarizace spolu s vypracováním edukačních materiálů do powerpointové prezentace a pracovních listů, které mohou být využity v běžných hodinách biologie na středních školách, též v laboratorních cvičeních a biologických seminářích. Pro názornost byly graficky znázorněny nekompletní životní cykly rzi a perokresbově zpracován kompletní životní cyklus *Puccinia graminis*, který je exemplárním zástupcem pro názornou ukázkou takového cyklu.

### 4.1. Sběr vzorků v terénu a herbarizace

Celkem bylo sesbíráno 11 druhů rzi z několika čeledí řádu Pucciniales v různých stádiích v okolí Zlínského, Olomouckého, Jihomoravského Plzeňského kraje během celého kalendářního roku, a symptomatické rostliny herbarizovány. Herbářové schedy u fytopatogenů zahrnují český a latinský název druhu rzi i hostitelské rostliny, stádium vývoje (0 spermogonium, I aecium, II uredium, III telium a IV bazidium), lokalita s GPS souřadnicemi a nadmořskou výškou, datum sběru, autor sběru a určení. K určení zástupců jsem využila internetového katalogu houbových parazitů <https://bladmineerders.nl/>.

### 4.2. Fotodokumentace

Byla vytvořena sbírka makroskopických a mikroskopických fotek různých druhů vyskytujících se v Evropě, určené pro předložení studentům jako dodatečná ukázkou různých stádií na odlišných hostitelských rostlinách.

Makroskopické snímky byly pořízeny digitálním fotoaparátem značky Canon EOS 400d a mobilním zařízením značky Huawei P30 lite a následně byly doostřeny a sestříhány v programu Zoner Photo Studio X. Fotografie jsou pořízeny autorem bakalářské práce a doplněny o snímky, které byly použity se svolením pořizovatele Magnuse Frieberga.

Mikroskopické snímky byly pořízeny ve fytopatologické laboratoři KB PŘF UP v Olomouci-Holici na mikroskopu BX60 se CCD kamerou DP73 a softwarem FV10-ASW 3.0 Viewer (Olympus). Z herbarizovaných vzorků byly z rozmnožovacích struktur žiletkou sejmuty spory, které byly naneseny do kapky vody na podložním sklíčku a přikryty sklíčkem krycím. Následně byl preparát vložen do mikroskopu a zdokumentován.

### 4.3. Zpracování didaktických materiálů

Prezentace byly vytvořeny za účelem vzdělávání studentů na středních školách a to z důvodu nedostatečného výkladu na dané téma. Cílem prezentace je stručně a srozumitelně představit řád Pucciniales a objasnit studentům jeho význam ve světě. V prezentaci jsem postupovala od základní charakteristiky, popisu stavby těla rzí a rozdílu od ostatních skupin z odd. Basidiomycota. Po objasnění životní formy rzí, byl vyzdvihnut význam v zemědělství. Zdůrazněné byly typy životních cyklů s vysvětlením jejich rozdílů pomocí vlastních grafických schémat těchto cyklů. Dále byl uveden exemplární životní cyklus na zástupci *Puccinia graminis* a několik zástupců rzí, jenž se vyskytují na území ČR. V závěru jsou zmíněny způsoby ochrany rostlin vůči rzím. Prezentace byly vytvořeny v programu MS PowerPoint 2018, za dodržení obecných zásad pro tvorbu prezentací – názornost, přehlednost a maximální stručnost informací u jednotlivých slidů. (Lepil, 2010). Prezentace jsou doplněny o vlastní grafická schémata a fotografické snímky vytvořené v programu Tayasui Sketches.

Pracovní list byl zpracován pro využití informací získaných z prezentace o rzích. Cílem listu je procvičení a fixace nabytých znalostí. Úkoly v listech jsou zpracovány jako testové otázky doplněné o grafická schémata pro vizualizaci a názornost. Pracovní list byly vytvářeny v programu MS Word 2023.

Při vytváření informačních a výukových materiálů jsem vycházela z obecných didaktických zásad – zejména ze zásady vědeckosti, zásady názornosti, zásady posloupnosti, zásady přiměřenosti a srozumitelnosti (Dostál, 2011). Rovněž jsem se řídila i dle kurikulárních dokumentů, které komplexním způsobem vymezují cíle, obsah a koncepci vzdělávání v České republice.

## 5. Výsledky

Výsledkem mé bakalářské práce je vytvoření informačního a výukového materiálu na téma Rzi (Pucciniales) a to pomocí powerpointové prezentace a pracovních listů, fotodokumentace a herbářových položek. Též byla zpracována pedagogická příprava edukační jednotky určený jako doporučení vyučujícímu pro vedení dané hodiny.

### 5.1. Fotodokumentace – makroskopické a mikroskopické snímky

Výsledkem bakalářské práce bylo sesbírat a vytvořit sbírky - fotografické se snímky makroskopickými a mikroskopickými spolu s jejich popisem.

Sbírka s fotografickými snímky obsahuje 18 zástupců s jejich makroskopickými i mikroskopickými fotografiemi, jenž zachycující různá stádia rzi spolu s jejich popisem.

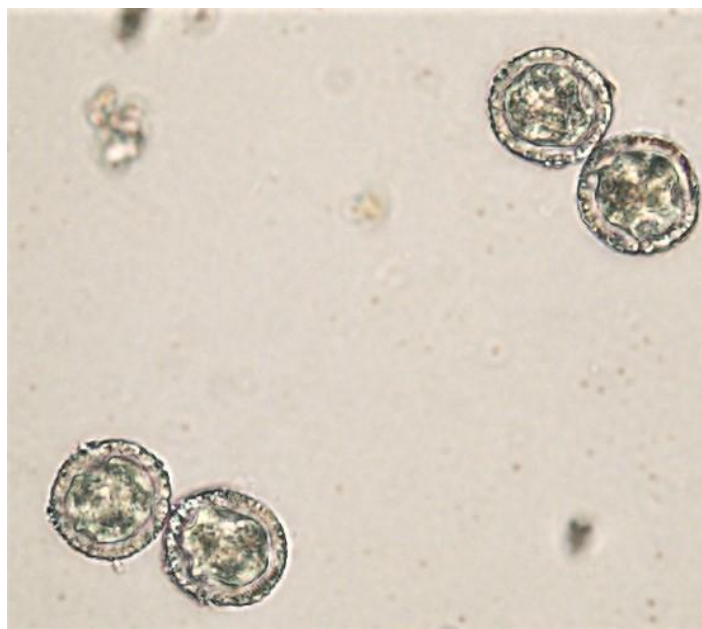


Aecia rzi rákosové (*Puccinia phragmitis* (Shum.) Körn.) na *Rumex acetosa* (L.) (DT, 25. 5. 2022, Slanisko u Nesytu, CHKO Pálava).

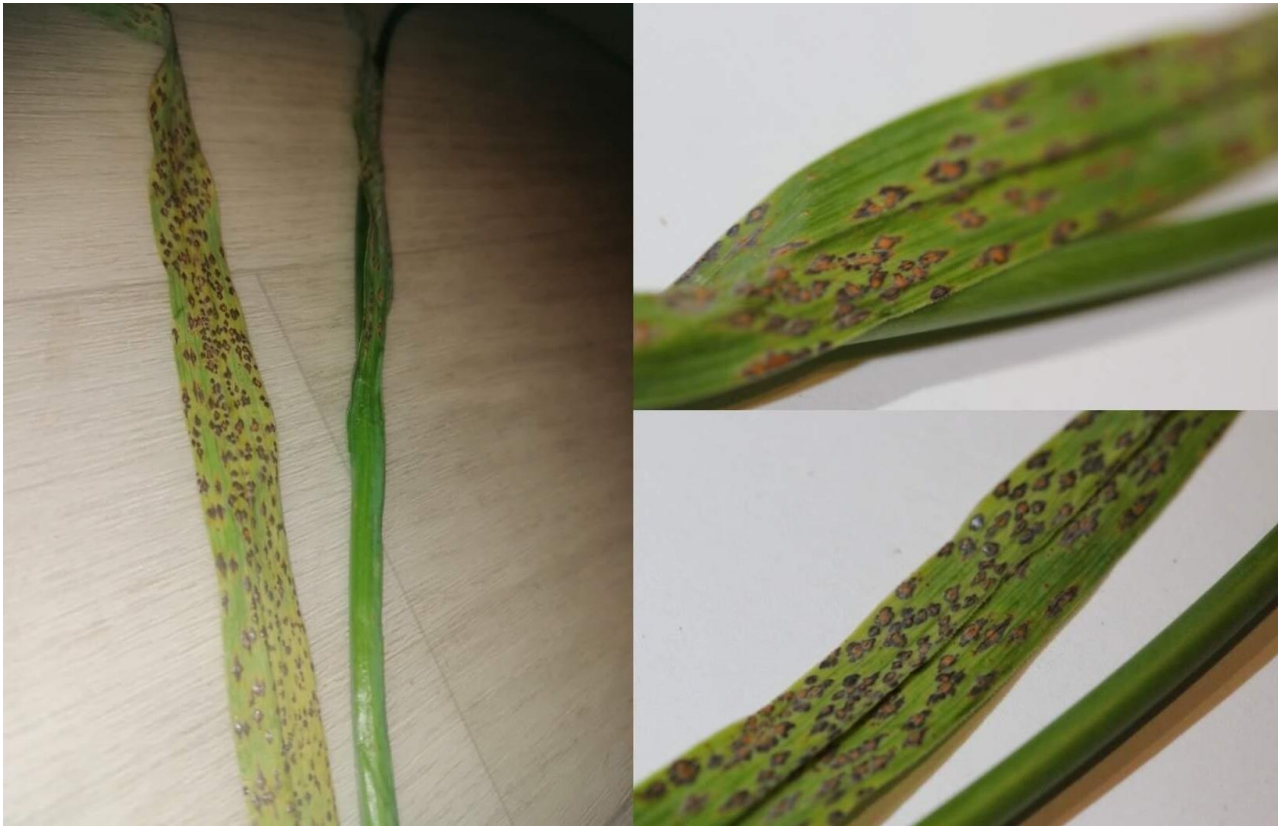




Uredia a telia rzi růži (*Phragmidium mucronatum* (Pers.) Schltl.) na růži (*Rosa canina* L.)(DT, 26. 8. 2022, Kelníky, Zlín), detail teliospor...



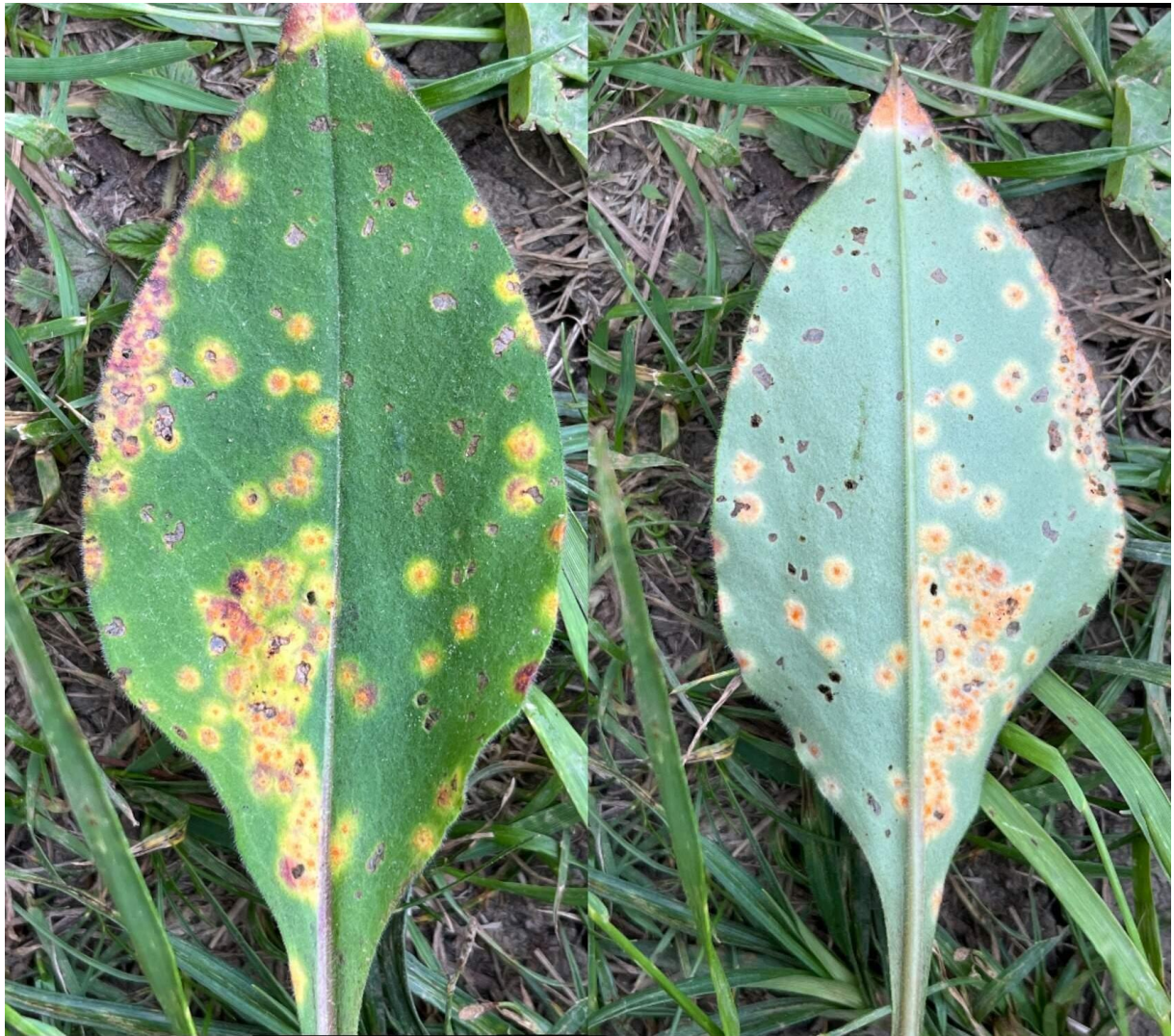
...a detail urediospor (DT, 17. 1 2023).



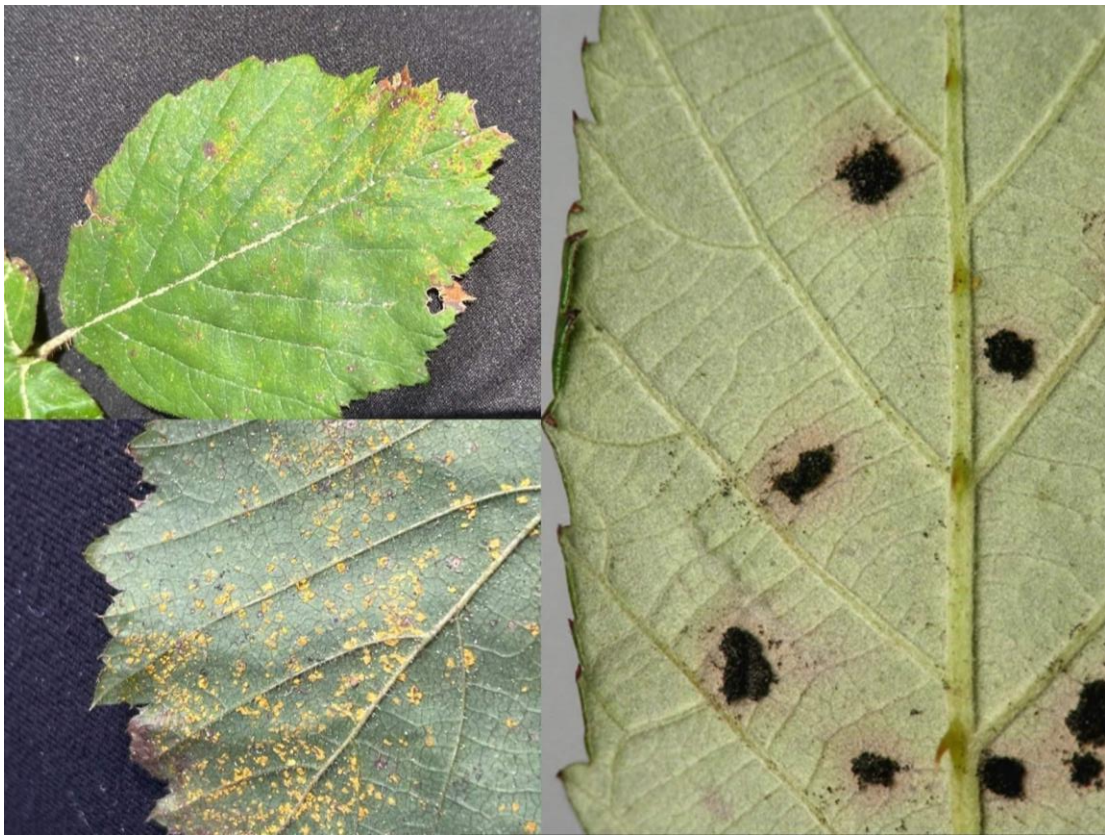
Uredium rzi rákosové (*Puccinia phragmitis* (Shum.) Körn.) na rákosu obecném (*Phragmites australis* (Cav.) Steud.) (DT, 28. 5. 2022, Kelníky, Zlín).



Aecia rzi pryšce chvojky (*Euphorbia cyparissias* L.), detail aecia (*Uromyces pisi* Person, Liro,) (DT, 24. 5. 2022, Čertoryje, Hodonín).



Spermogonia a aecia *Puccinia symphyti-bromorum* Müller na plicníku horském (*Pulmonaria montana* L.)(DT, 24. 5. 2022, Čertoryje, Hodonín).



Uredia, detail telia rzi maliníkové (*Phragmidium rubi-idaei* (DC) P. Karst) na ostružiníku maliníku (*Rubus idaeus* L.) (DT, 26. 5. 2022, Horní Bečva)...



...a detail teliospor (DT, 17. 1 2023).



Aecia s aeciosporami rzi kopřivové (*Puccinia urticata* (Kern)) na kopřivě dvoudomé (*Urtica dioica* L.) (DT, 26. 5. 2022, Horní Bečva & Magnus Fireberg, 31. 12. 2022, Kvismaren, Švédsko).



*Aecia Trachyspora alchemillae* Persoon, Fuckel na *Alchemilla* sp. (Magnus Frieberg, 2. 6. 2023, Kvismaren, Švédsko).



Aecia rzi korunkaté (*Puccinia coronata* Corda) na krušině olšové (*Frangula alnus* L.) (Magnus Frieberg, 17. 6. 2022, Kvismaren, Švédsko).





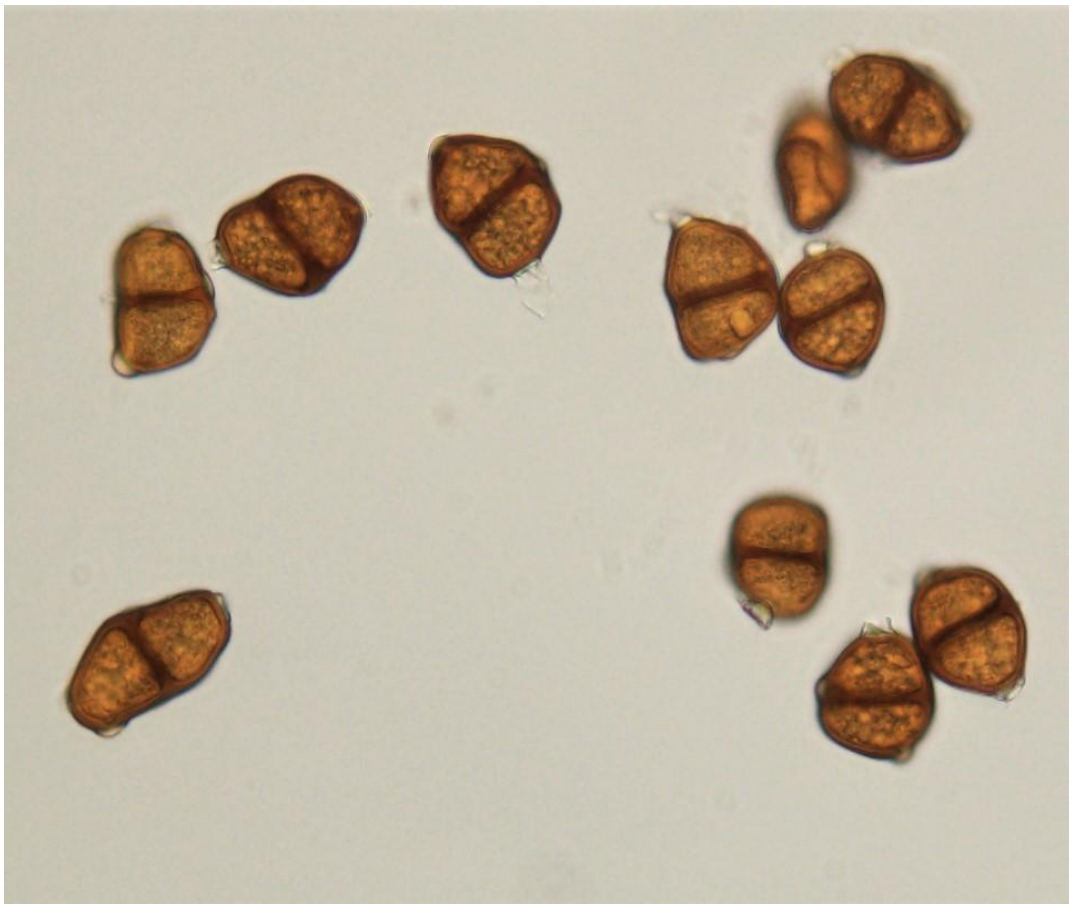
*Aecia Arthuriomyces peckianus* (Howe) Cumm. & Hiratsuka na ostružiníku arktickém (*Rubus arcticus* L.) (Magnus Frieberg, 28. 5. 2023, Kvismaren, Švédsko).



Rez šišková (*Pucciniastrum areolatum* (Fr.) G. H. Otth) na šišce smrku ztepilého (*Picea abies* L.) H. Karst.) (Magnus Friberg, 14. 5. 2022, Kvismaren, Švédsko).



Telia rzi bršlicové (*Puccinia aegopodii*, Schumacher) na bršlici kozí noze (*Aegopodium podagraria* L.) (Magnus Frieberg, 14. 5. 2022, Kvismaren, Švédsko)...



...a detail teliospor (DT, 17. 1 2023).



Aecia obnaženky hrušňové (*Gymnosporangium clavariiforme* (Wulfen) de Candolle) na hlohu jednosemenném (*Crataegus monogyn*) (Magnus Frieberg, 14. 5. 2022, Kvismaren, Švédsko).



Telia a detail teliospor *Tranzschelia anemones* (Pers.) Nannf. na sasance hájní (*Anemone nemorosa* L.) (Magnus Friberg, 14. 5. 2022, Kvismaren, Švédsko).



Telia a detail teliospor *Phragmidium bulbosum* (Fries) Schlechtendal na ostružiníku huňatém (*Rubus gracilis*) (DT, 16. 1. 2022, Kelníky, Zlín).

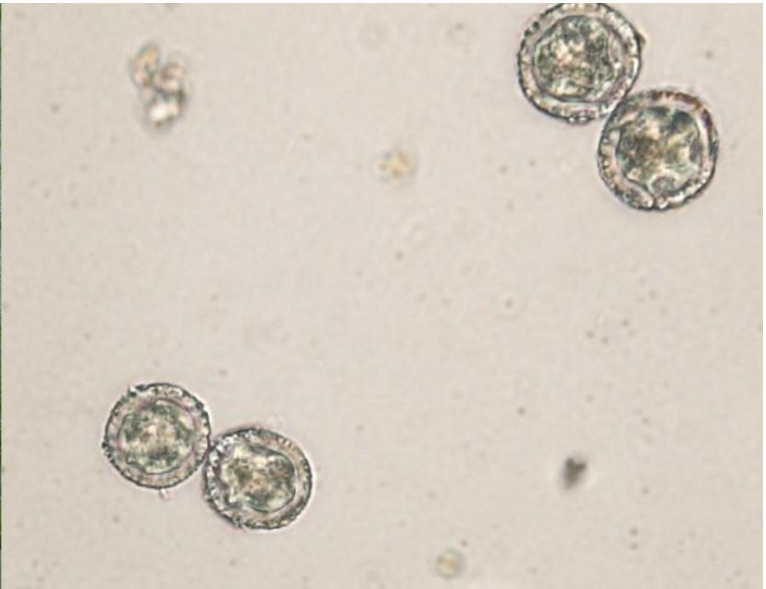


Urediospory, telia a teliospory (Fabian Ernst, 13. 10. 2020, Hilchenback, Německo) rzi travní (*Puccinia graminis Pers.*) na *Festuca gigantea* (DT, 16. 1. 2023, Kelníky, Zlín).



Telia *Puccinia punctiformis* (Str.) Röhl na *Cirsium arvense* (Ernst Fabian, 16. 5. 2022, Garmisch-Partenkirchenu. Německo) a detail teliospor (DT, 17. 1 2023).





Aecia *Aecidium ranunculi-acris* na pryskyřníku plazivém (*Ranunculus repens* L.) (Ernst Fabian, 30. 5. 2023, Garmisch-Partenkirchenu.Německo)

## 5.2. PowerPointová prezentace

Součástí výsledků bylo vypracování powerpointové prezentace určené pro výuku v hodinách biologie na středních školách. Cílem bylo stručně a srozumitelně vysvětlit studentům kapitolu o Pucciniales, aby na konci dané hodiny byli schopni samostatně skupinu charakterizovat, vysvětlit význam a vyjmenovat běžné zástupce .



## RZI (*PUCCINIALES*)

Daniela Tomášová

Tato prezentace je součástí bakalářské práce na téma “Materiály k výuce biologie – Rzi (*Pucciniales*)” a vznikla jako vzdělávací materiál určený pro výuku biologie na středních školách.

Katedra botaniky PŘF UP v Olomouci  
2023

## RZI (*PUCCINIALES*)

rez korunkatá (*Puccinia coronata*) na krušíně olšové

- Obligátně biotrofní parazité
- Intercelulární mycelium s haustorií
- Hyfy bez přezek, přepážky bez doliporů
- Onemocnění -> hypertrofie, hyperplazie, nádory, čarověníky, ...

- Netvoří plodnice -> výtrusné kupky (sori)



- Netvoří plodnice -> výtrusné kupky (sori)



*Puccinia urticata* na kopřivě dvoudomé (Magnus Friberg)



Sorus na povrchu hostitele

<https://images.fineartamerica.com/images-medium-large-5/rust-fungus-steve-gschmeissner.jpg>



*Puccinia coronata* na řešetlák počistivý (Magnus Friberg)

# ROZMNOŽOVÁNÍ

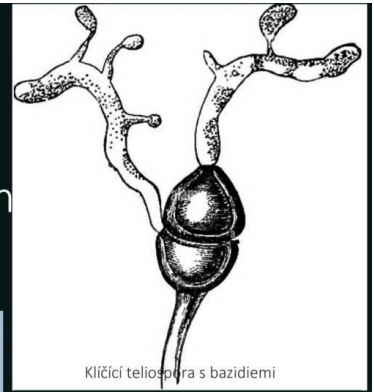
- Pohlavní: gameto-somatogamie probíhající ve spermaciích
- Nepohlavní: pomocí spor
  - Bazidiospory
  - Spermacie
  - Aeciospory
  - Urediospory
  - Teliospory



*Aecia Puccinia urticata* (Kern) na *Urtica dioica*, (DT)

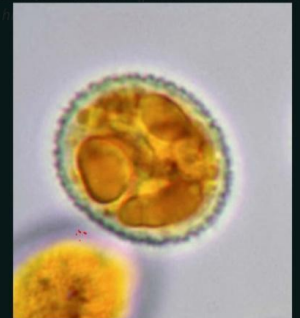


*Teliospory Phragmidium rubi-idaei* (DC.) Karst. na *Rubus idaeus*, (DT) (Pers.)



Klíčící teliospora s bazidiemi

<https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcR8tXQ-CR34HtUm3dRwqRk2AVrXc5F1A-v9whQ>



*Urediospora Trachyspora alchemillae* Fuckel na *Alchemilla* sp

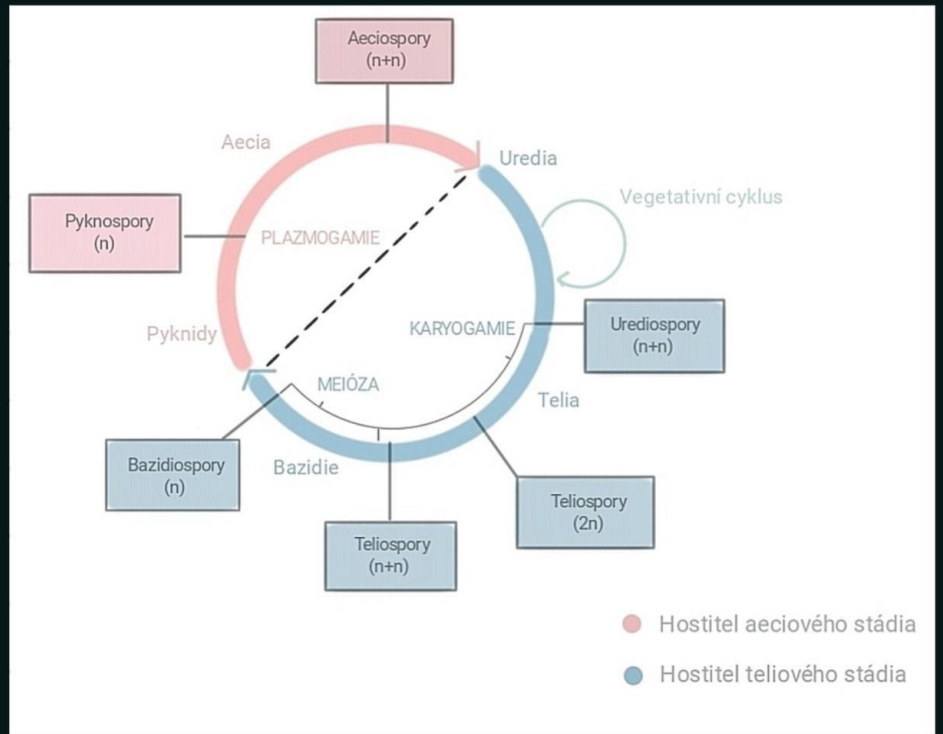
<https://blatnosporech.cz/wp-content/uploads/2016/11/588755.jpg>

# ŽIVOTNÍ CYKLUS

- Makrocyklický – 5 spor
- Mikrocyklický – bez aeciospor, urediospor
- Demicyklický – bez urediospor
- Hemicyklický – bez aeciospor, spermacií

# ŽIVOTNÍ CYKLUS

- Makrocyklický – 5 spor



Schématické znázornění makrocyklického životního cyklu (DT, upraveno podle Sedlářová et al., 2021).

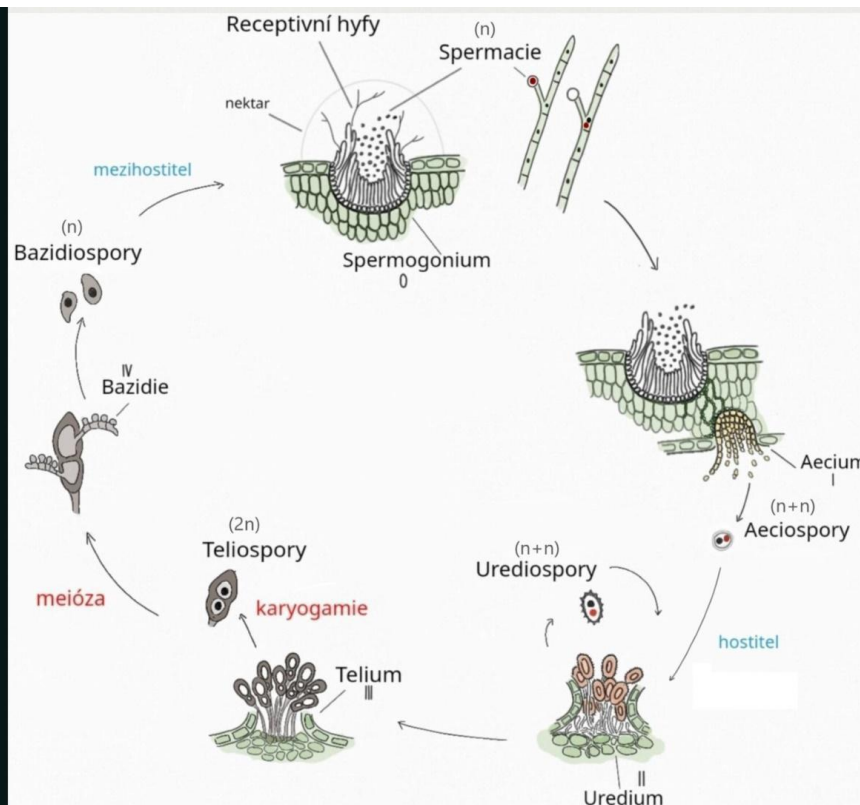


Schéma makrocyklického životního cyklu druhu rodu *Puccinia graminis* (DT, upraveno podle Kolmer, 2013).

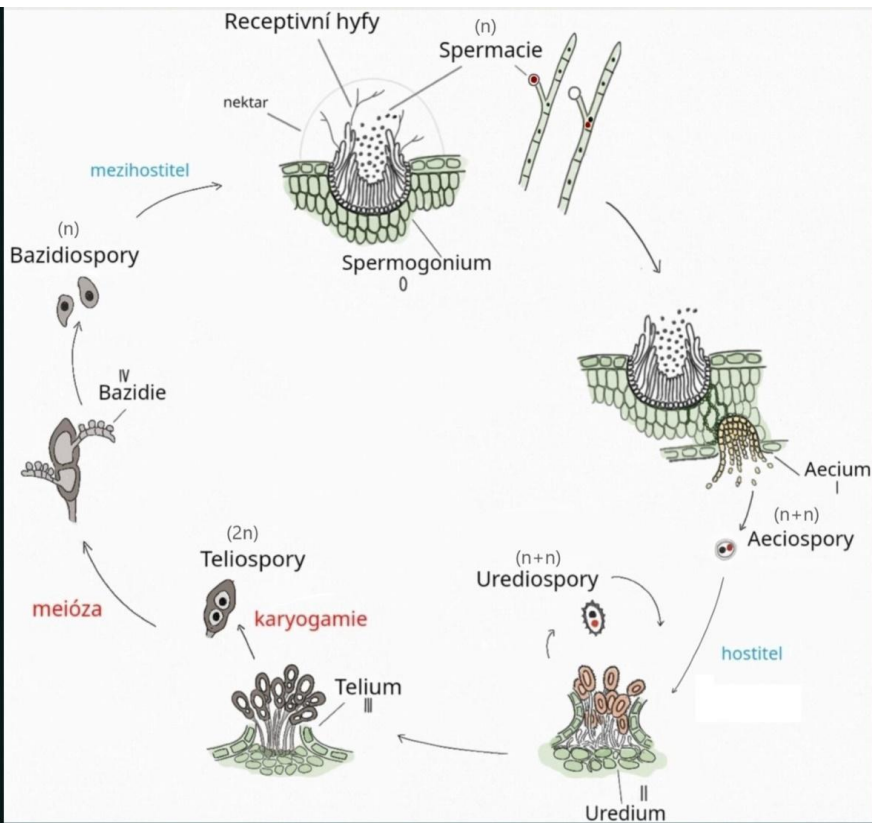


Schéma makrocyklického životního cyklu druhu *Puccinia graminis* (DT, upraveno podle Kolmer, 2013).



Dříšťál obecný (*Berberis vulgaris*)

<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTJBeRtkwVhXY2y5MZJeovKWZMF05xiDxbpw&usqp=CAU> - 10

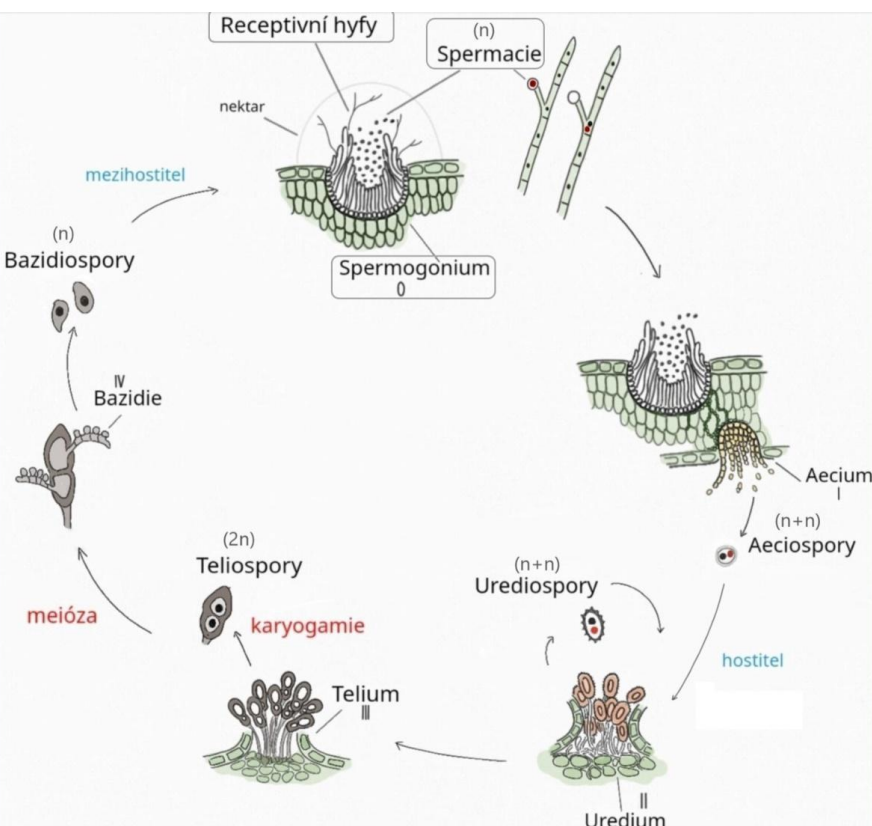
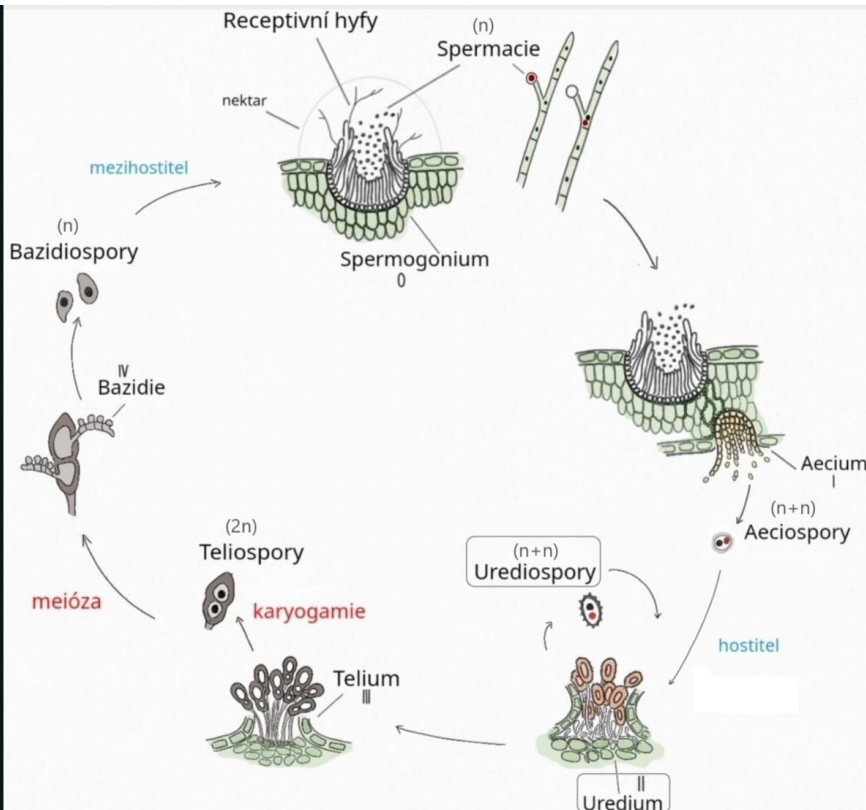


Schéma makrocyklického životního cyklu druhu *Puccinia graminis* (DT, upraveno podle Kolmer, 2013).



Spermogonium

[https://bladmineerders.nl/wp-content/uploads/2021/08/6002\\_210808\\_00.gif](https://bladmineerders.nl/wp-content/uploads/2021/08/6002_210808_00.gif)



<https://plantwiseplusknowledgebank.org/doi/10.1079/PWK.2012.7801775>



Urediospory (Fabian Ernst)

Schéma makrocyclického životního cyklu druhu *Puccinia graminis* (DT, upraveno podle Kolmer, 2013).  
 Σχημα μακροκυκλικού ζωοτινίου κύκλου οργάνου *Puccinia graminis* (DT, upraveno podle Kolmer, 2013).

<https://www.researchgate.net/publication/312424241>



Telium

<http://www.dorsetnature.co.uk/images/ungi/i-181a4.jpg>



Teliospory (Fabian Ernst)

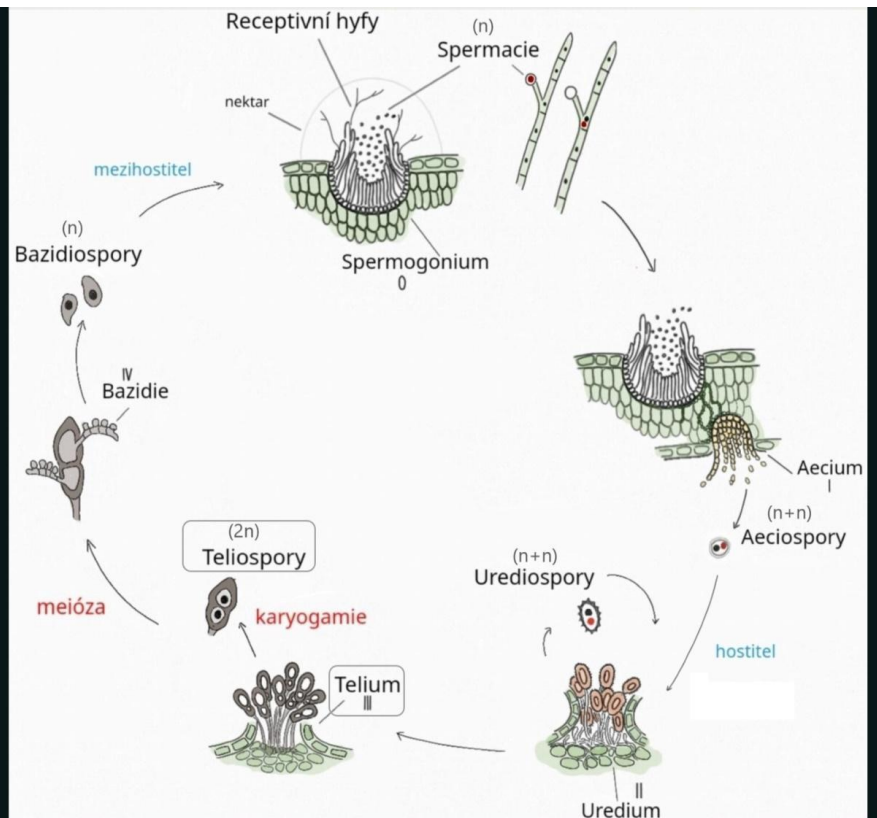


Schéma makrocyclického životního cyklu druhu *Puccinia graminis* (DT, upraveno podle Kolmer, 2013).



Schéma makrocyclického životního cyklu druhu *Puccinia graminis* (DT, upraveno podle Kolmer, 2013).





Bazidiospory

<https://www4.uwsp.edu/biology/courses/botlab/images/Lab18Fung12/18IB1d-2.jpg>

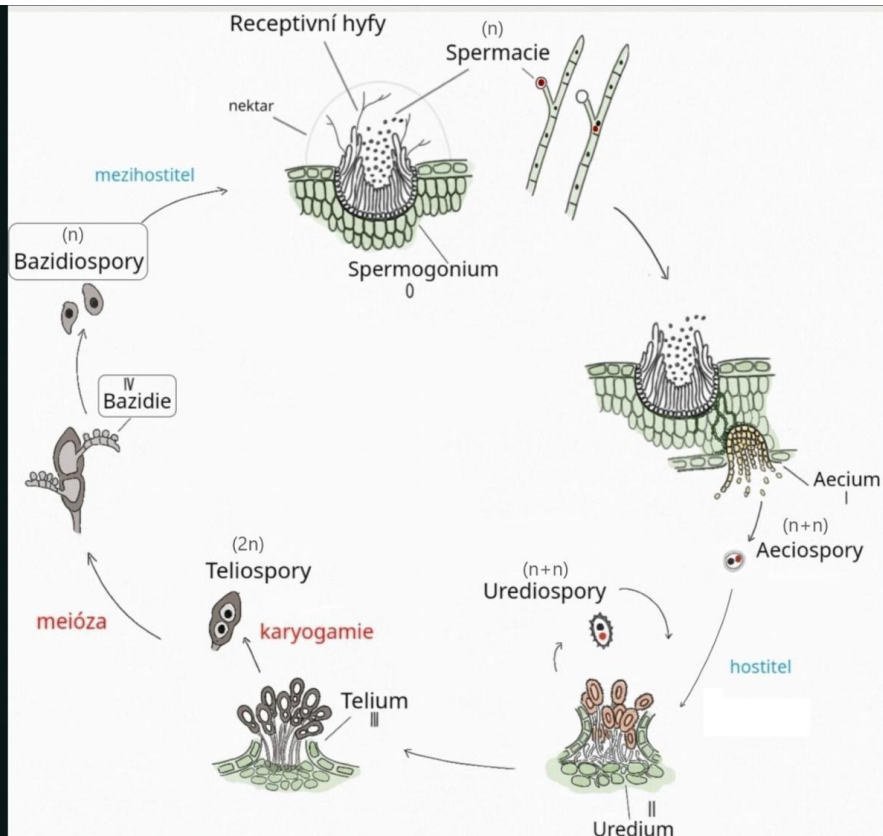
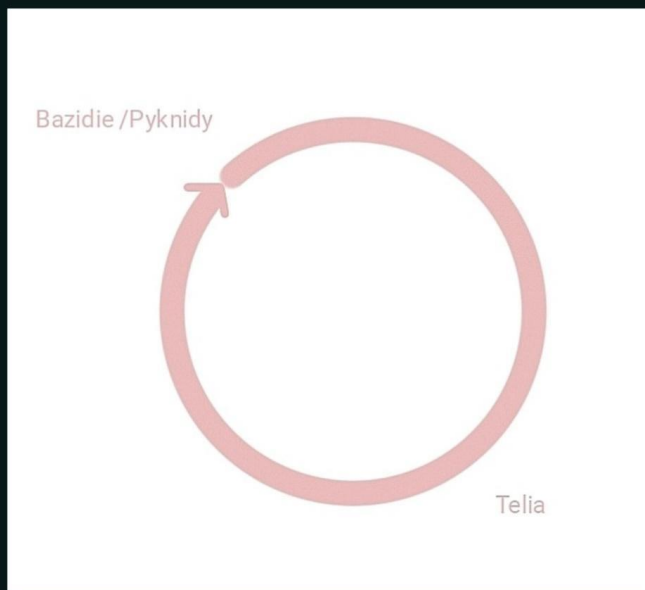


Schéma makrocyckického životního cyklu druhu *Puccinia graminis* (DT, upraveno podle Kolmer, 2013).

# ŽIVOTNÍ CYKLUS

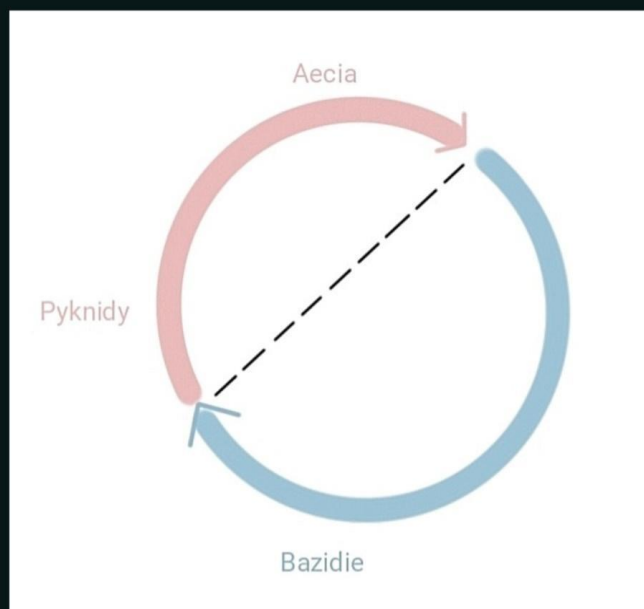
- Mikrocyckický – bez aeciospor, urediospor



Schématické znázornění mikrocyckického životního cyklu (DT, upraveno podle Sedlářová et al., 2021).

# ŽIVOTNÍ CYKLUS

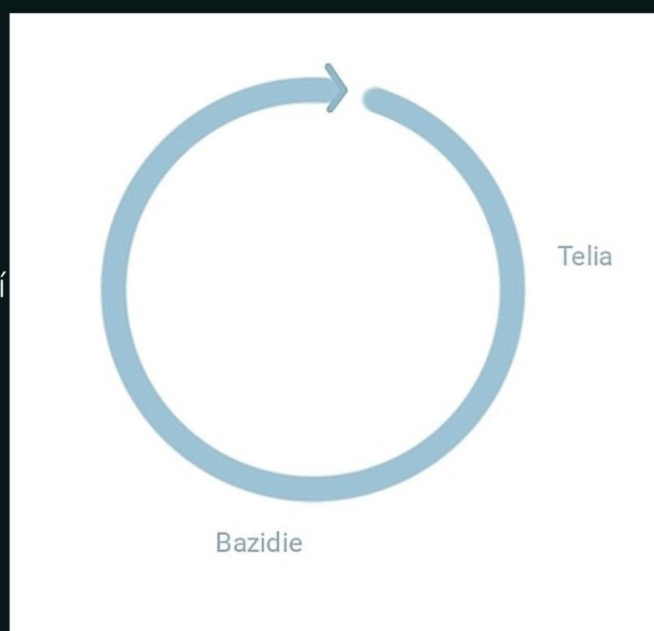
- Demicyklický – bez urediospor



Schématické znázornění demicyklického životního cyklu (DT, upraveno podle Sedlářová et al., 2021).

# ŽIVOTNÍ CYKLUS

- Hemicyklický – bez aeciospor, spermacií



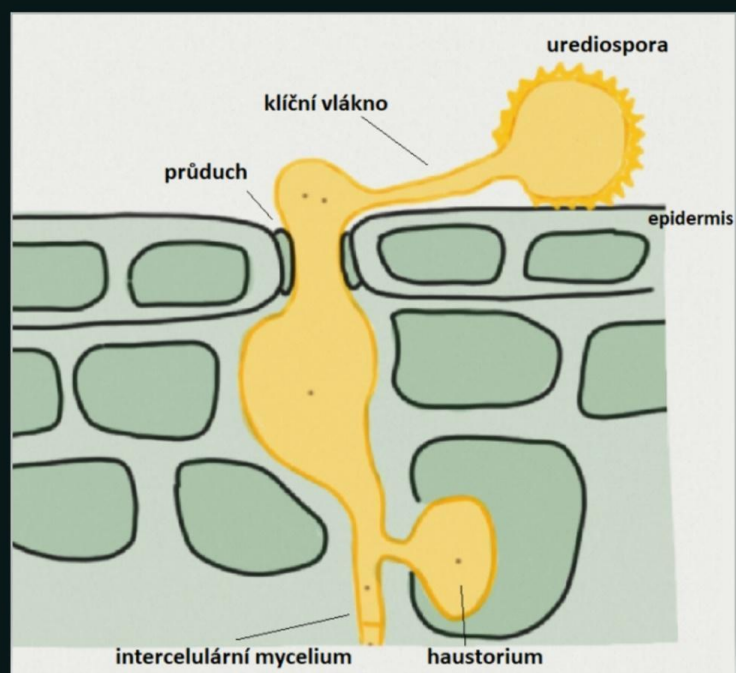
Schématické znázornění hemicyklického životního cyklu (DT, upraveno podle Sedlářová et al., 2021).

# ŽIVOTNÍ CYKLUS

- Jednobytné (autoecické) – jeden hostitel
- Dvoubytčné (heteroecické) – více hostitelů

## INFEKCE

- Haustorium - výživa



Nepřímá penetrace přes průduch (DT, upraveno podle Sedlářová et al., 2021).



rez kopřivová  
*Puccinia urticata*



rez šišková  
*Thekopsora*  
*areolata*



*Trachyspora*  
*alchemillae*  
na kontryhelu



rez pšeničná  
*Puccinia triticina*



## VÝZNAM



[https://www.zdrave.cz/media/cache/article\\_detail/files/img/article/2576/wheat-1556698\\_1280.jpg](https://www.zdrave.cz/media/cache/article_detail/files/img/article/2576/wheat-1556698_1280.jpg)

# VÝZNAM



[https://www.youtube.com/watch?v=AKY\\_pelBZek&ab\\_channel=ChrisHammang](https://www.youtube.com/watch?v=AKY_pelBZek&ab_channel=ChrisHammang)

## Významné patogeny kulturních rostlin

### Ztráty (př. pšenice setá)

rez plevová - 5,5 tun ročně

rez pšeničná – 20% produkce

# OCHRANA PŘED RZÍ

- Postřik fungicidy schválenými ÚKZÚZ
- Šlechtění



## Zdroje

Tomášová, D. (2023): Bakalářská práce **MATERIÁLY K VÝUCE BIOLOGIE - RZI (PUCCINIALES)**

**Autor perokreseb:** Daniela Tomášová

**Perokresby překresleny dle:**

Kolmer, J. A. (2013): slide 9-16

Sedlářová M., Mieslerová B., Drábková Trojanová Z., Lebeda A. (2021): slide 8, 17-19, 21

**Autor fotografií:** fotografie byly použity se svolením autora (Magnus Friberg) - snímek 1-5, 22-26, (Fabian Ernst) - snímek 14

**Zdroje fotografií:**

<https://images.fineartamerica.com/images-medium-large-5/rust-fungus-steve-gschmeissner.jpg> - snímek 5 (sorus)

<https://bladmineerders.nl/wp-content/uploads/beeld/1625P87755.jpg> - 6

<https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRghxOsEVQ4HTcum3dBwqpRK22VFKivSSFIMxYV9wh0hRtPnRhr> -6

<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTJBeRtkwVhXY2y5MZJeoVkwZMF05xiDxbpzw&usqp=CAU> - 10

[https://bladmineerders.nl/wp-content/uploads/2021/08/6002\\_210808\\_00.gif](https://bladmineerders.nl/wp-content/uploads/2021/08/6002_210808_00.gif) - 11

[https://jule.pflanzenbestimmung.de/wordpress/wp-content/uploads/2018/08/Puccinia-graminis\\_Berberis-vulgaris\\_JKruise-1-768x576.jpg](https://jule.pflanzenbestimmung.de/wordpress/wp-content/uploads/2018/08/Puccinia-graminis_Berberis-vulgaris_JKruise-1-768x576.jpg) - 12

<https://www.plantpathogen.org/images/GenericPlates/Puccinia.jpg> - 12

<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSBZ1sTePgNORuFScuo5cvuPIHVdvdASk64WA&usqp=CAU> - 13

<https://plantwiseplusknowledgebank.org/doi/10.1079/PWKB.20127801775> - 14

<http://www.dorsetnature.co.uk/images/fungi/f-181a4.jpg> - 15

<https://www4.uwsp.edu/biology/courses/botlab/images/Lab18Fungi2/18IB1d-2.jpg> - 16

[https://www.zdrave.cz/media/cache/article\\_detail/files/img/article/2576/wheat-1556698\\_1280.jpg](https://www.zdrave.cz/media/cache/article_detail/files/img/article/2576/wheat-1556698_1280.jpg) - snímek 27,28



### 5.3. Pracovní list

Pracovní list je určen studentům pro zopakování a fixaci nabytých znalostí z hodiny. Obsahuje úkoly s testovými otázkami a psychomotorickými cvičeními.

## **RZI (PUCCINIALES) PRACOVNÍ LIST**

**Daniela Tomášová**

**Univerzita Palackého v Olomouci**



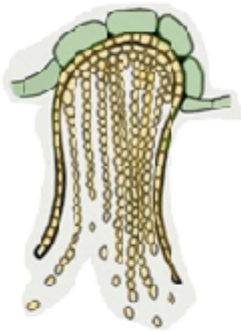
I. Správně spojte obrázek s pojmem:



Teliospory



Aecium



Spermogonium

Klíčící teliospora s bazidiosporami



Urediospory

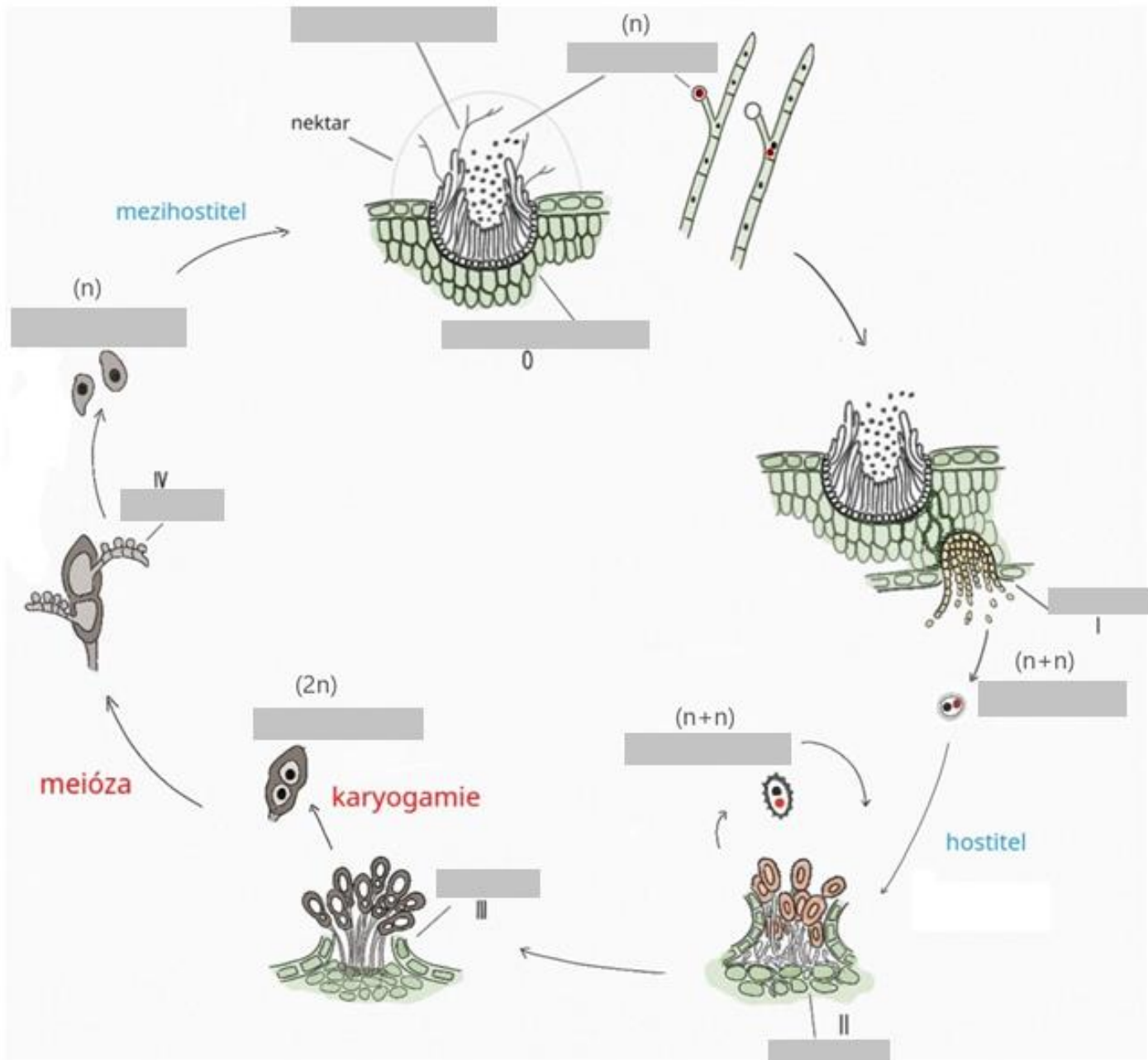
I. II. V následujících otázkách vyberte jednu správnou odpověď z možností:

1. Obligátní parazit je organismus, který...
  - a. Parazituje pouze na rostlinách
  - b. Který může přežít i bez hostitele
  - c. Nedokáže přežít bez hostitele
  - d. Parazituje pouze na zvířatech
  
2. Biotrofní parazit je organismus, který...
  - a. Parazituje pouze na živých hostitelích
  - b. Parazituje pouze na neživých hostitelích
  - c. Parazituje na živých i neživých hostitelích
  - d. Nepotřebuje k přežití hostitele

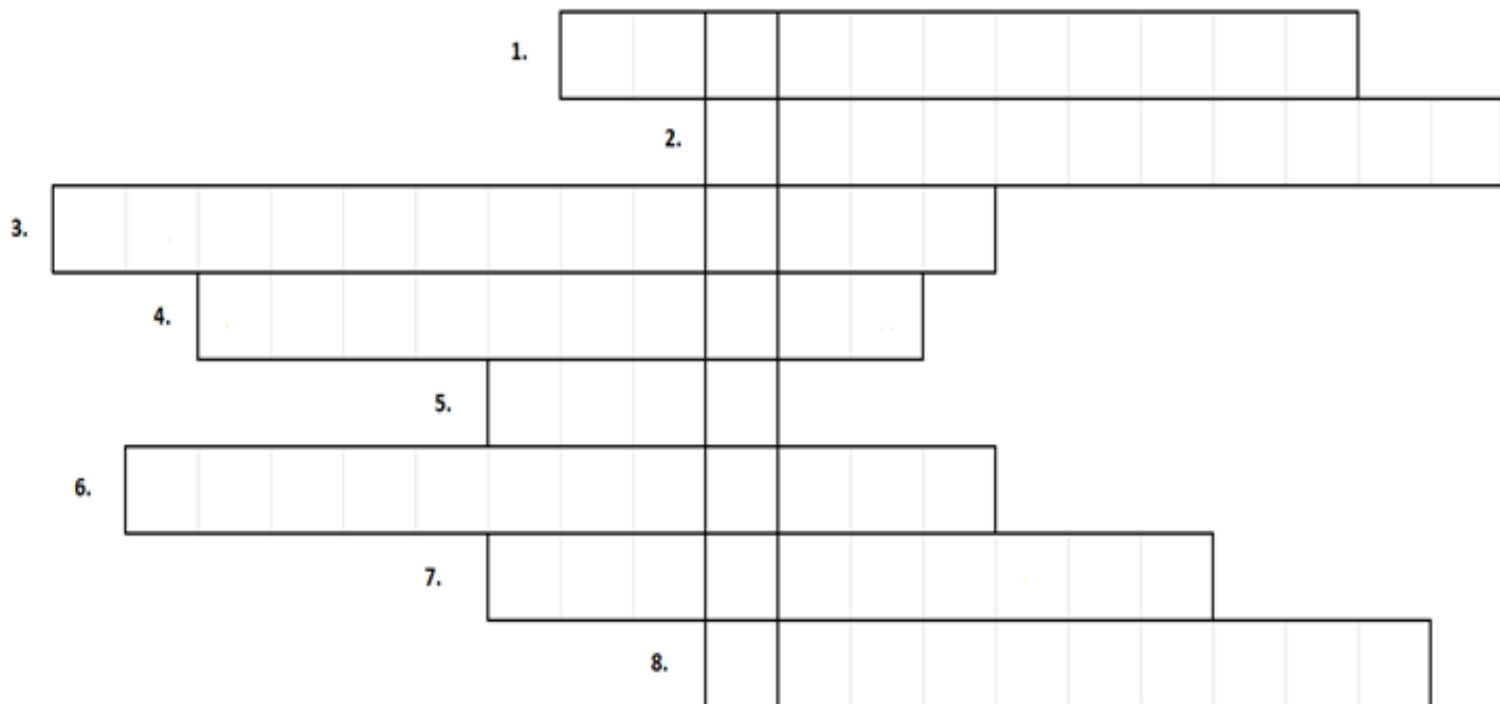
3. Kterou z nemocí nezpůsobují rzi
  - a. Nádory
  - b. Moniliózu
  - c. Hyperplazii
  - d. Čarověníky
  
4. Jaké útvary vytvářejí rzi místo plodnic
  - a. Zoospory
  - b. Askospory
  - c. Výtrusné kupky
  - d. Vřecka
  
5. Jak se nazývají struktury sloužící k čerpání živin hostitele:
  - a. Haustoria
  - b. Emergence
  - c. Spory
  - d. Mycelium
  
6. Letní spory rzí se nazývají
  - a. Uredia
  - b. Urediospory
  - c. Telia
  - d. Teliospory
  
7. Zimní spory rzí se nazývají
  - a. Uredia
  - b. Urediospory
  - c. Teila
  - d. Teliospory
  
8. Životní cyklus rzí, během něž je vytvořeno 5 typů spor na dvou hostitelských rostlinách se nazývá:
  - a. Mikrocyklický
  - b. Hemicyklický
  - c. Demicyklický

d. Makrocyklický

II. III. Doplňte pojmy v makrocyklickém životním cyklu:



III. IV. Doplňte křížovku a zjisti tajenku



1. Rzi způsobují svým hostitelům ...
2. Letní spora rzi se nazývá...
3. Rzi patří do oddělení ...
4. ... rzi, které nemění svého hostitele.
5. Výtrusné kupky = ...
6. ... je struktura nesoucí pyknospory a receptivní hyfy.
7. Zimní spora rzi se nazývá ...
8. Jarní spora rzi se nazývá ...

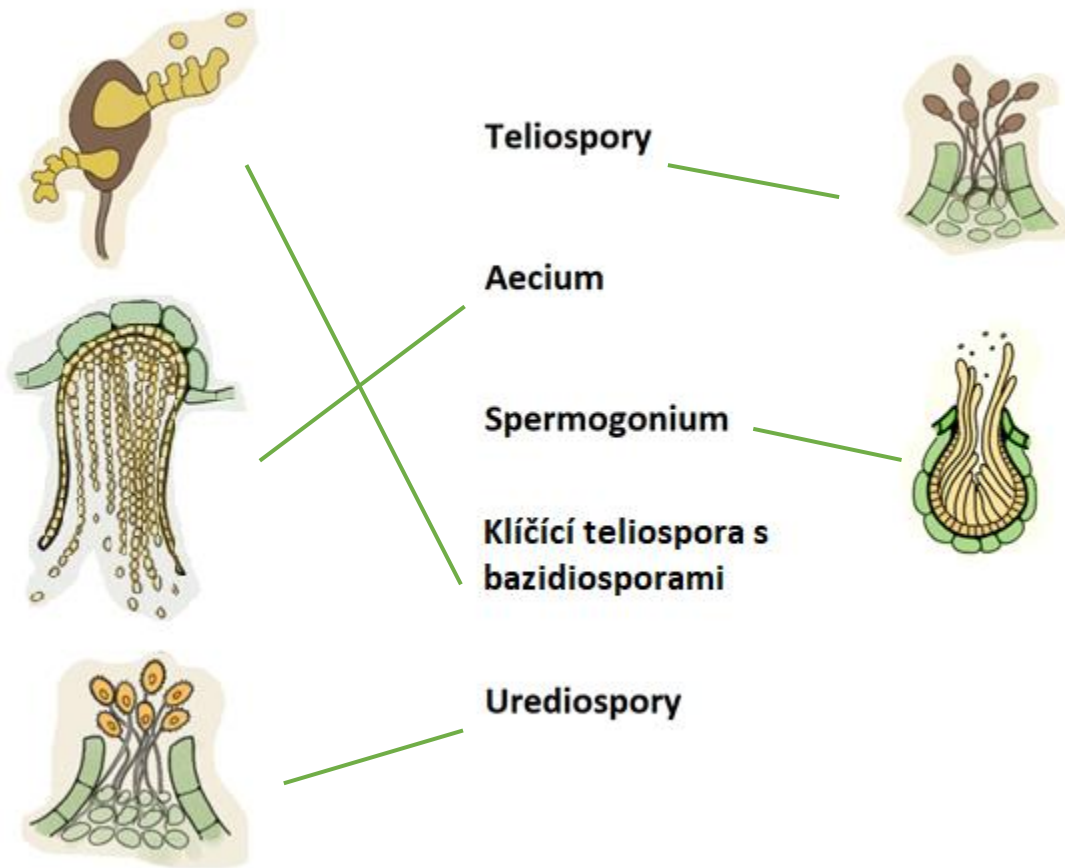
#### 5.4. Pracovní list s řešením

**RZI (PUCCINIALES)**  
**PRACOVNÍ LIST - ŘEŠENÍ**

**Daniela Tomášová**  
**Univerzita Palackého v Olomouci**



I. I. Správně spojte obrázek s pojmem:



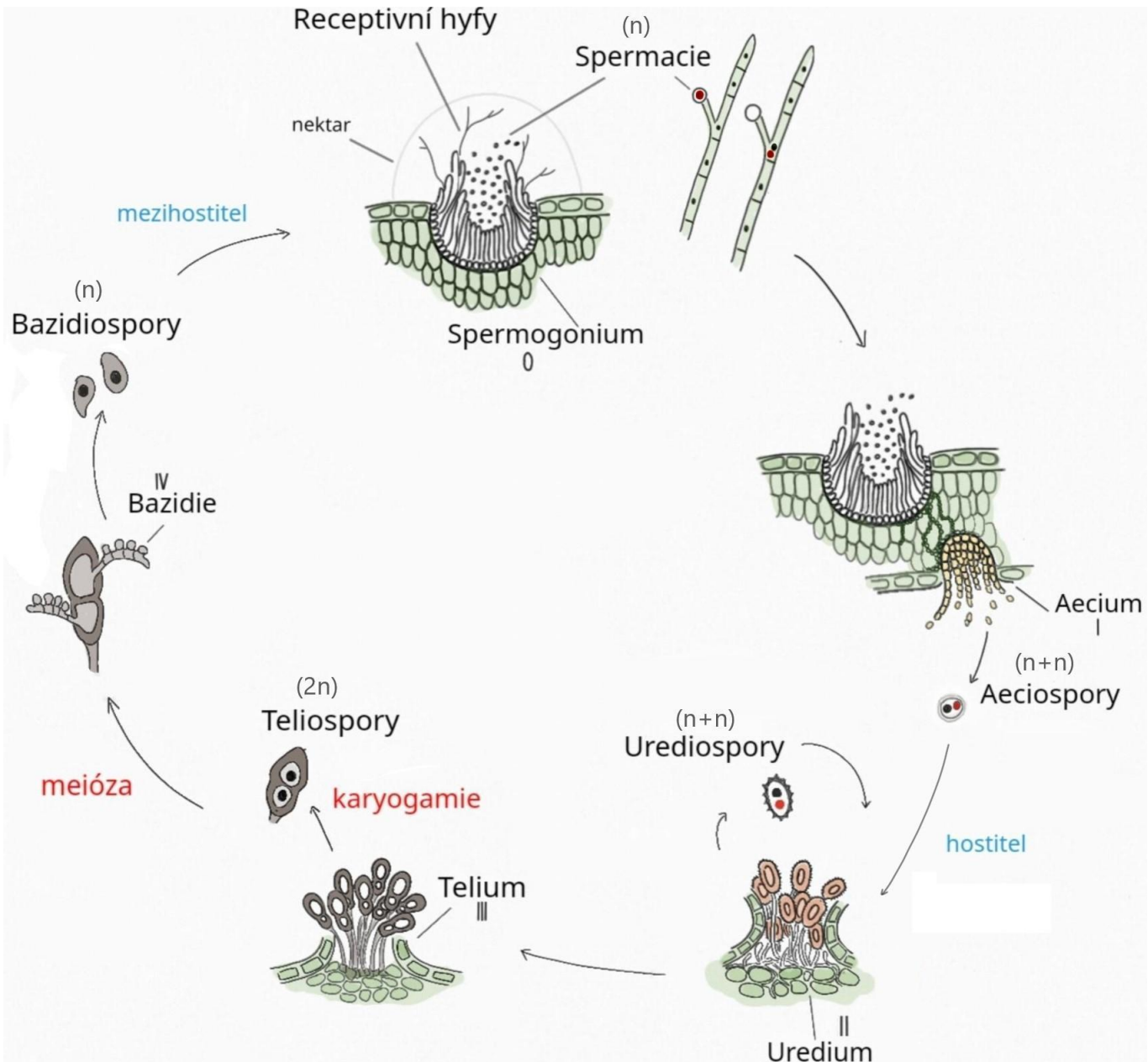
II. II. V následujících otázkách vyberte jednu správnou odpověď z možností:

1. Obligátní parazit je organismus, který...
  - a. Parazituje pouze na rostlinách
  - b. Který může přežít i bez hostitele
  - c. Nedokáže přežít bez hostitele**
  - d. Parazituje pouze na zvířatech
  
2. Biotrofní parazit je organismus, který...
  - a. Parazituje pouze na živých hostitelích**
  - b. Parazituje pouze na neživých hostitelích
  - c. Parazituje na živých i neživých hostitelích
  - d. Nepotřebuje k přežití hostitele

3. Kterou z nemocí nezpůsobují rzi
  - a. Nádory
  - b. Moniliózu**
  - c. Hyperplazii
  - d. Čarověníky
  
4. Jaké útvary vytvářejí rzi místo plodnic:
  - a. Zoospory
  - b. Askospory
  - c. Výtrusné kupky**
  - d. Vřecka
  
5. Jak se nazývají struktury sloužící k čerpání živin hostitele:
  - a. Haustoria**
  - b. Emergence
  - c. Spory
  - d. Mycelium
  
6. Letní spory rzi se nazývají:
  - a. Uredia
  - b. Urediospory**
  - c. Telia
  - d. Teliospory
  
7. Zimní spory rzi se nazývají:
  - a. Uredia
  - b. Urediospory
  - c. Telia
  - d. Teliospory**
  
8. Životní cyklus rzi, během něž je vytvořeno 5 typů spor na dvou hostitelských rostlinách se nazývá:
  - a. Mikrocyklický
  - b. Hemicyklický
  - c. Demicyklický
  - d. Makrocyklický**



III. III. Doplňte pojmy v makrocyclickém životním cyklu:





## 6. Diskuse

Rzi patří k odedávna k nejzávažnějším patogenům rostlin a hlavně obilnin. V Evropě napadají všechny druhy pěstovaných obilnin, z nichž ekonomicky nejvýznamnější je pšenice, na které parazitují až tři druhy rzí, a to rez pšeničná (*Puccinia triticina*), rez plevová (*Puccinia striiformis*) a u nás nejčastější rez travní (*Puccinia graminis*). Poslední dva druhy se u nás vyskytují ve víceletých intervalech, a to v epidemickém měřítku, zato rez plevelová se u nás šíří každoročně. Opakované výskyty mají souvislost se vznikem a šířením nových ras spolu s vhodnými podmínkami pro jejich rozvoj (DOPLNIT). Celosvětově rozšířená rez plevová si získala pozornost mezi roky 2013 a 2015 epidemickým rozšířením v Evropě. V návaznosti na to se pěstitelé pokusili vyšlechtit rezistentní odrůdy obilnin, ale navzdory jejich snahám stále vyvíjejí nové rasy schopné obranu rostlin překonat. Mezi poslední silně agresivní a adaptabilní rasy rzí plevové patří např. Warrior (genetická skupina PstS7), Kranich (genetická skupina PstS8) a v posledních letech čtyři rasy ze skupiny PstS10 (Hovmøller et al., 2021) Pro pěstitele je nejvýhodnější vybírat odrůdy s kombinovanou rezistencí ke všem rzím, které se vyskytují na pšenici a při nižším stupni napadení zapojit ochranou chemickou, tj. postřik fungicidy schválenými ÚKZÚZ (Hanzalová, 2023).

Determinace rzí je u některých druhů poměrně náročná, vychází z hostitelského okruhu, symptomů, morfologie rozmnožovacích orgánů rzí a mikroskopoznaků produkovaných spor. Na vybavení laboratoře náročnější jsou determinační znaky v podobě molekulárních markerů a proteomiky. U rozmnožovacích struktur je vhodné umět poznat jednotlivá stádia rozmnožovacích struktur podle jejich tvaru, barvy a umístění, což zvládnou i studenti SŠ a detaily mikroskopie je mohou zaujmout. U samotných spor jsou pro determinaci důležité mikroznaky (tvar, velikost, počet a uspořádání buněk, stopky, pigmentace, struktura povrchu). Nejvhodnějším stádiem pro determinaci jsou zimní stádia teliospory (Ellis, 2021).

Na středních školách se v rámci biologie téma hub probírá jen okrajově, zahrnuje obecnou charakteristiku jednotlivých oddělení, popis jejich rozdílů a výčet zástupců. Menším skupinám hub, jako jsou právě rzi, se nedostává tolik pozornosti, i když mají velký hospodářský význam (Merwe, 2007). Je pochopitelné, že kvůli časovému omezení a učebnímu plánu škol se spousta skupin organismů vůbec nestihne probrat. Přínosem může být téma rzí probrat detailněji například pro střední školy zemědělské či všeobecná gymnázia. Danou hodinu by bylo vhodné navázat na pododdělení Agaricomycetes, zdůraznit hlavní rozdíly rzí od makromycet (absence plodnic, složitost vazby na hostitele, atd.), uvést výskyt a význam (i v historickém kontextu). Na závěr doporučuji uvést příklady rzí, jež jsou nejzávažnějšími patogeny plodin ve střední Evropě a problémy ochrany, kdy planě rostoucí rostliny mohou být rezervoárem inokula pro kulturní patosystém (Sedlářová et al., 2021).

## 7. Závěr

V rámci mé bakalářské práce jsem vytvořila didaktické materiály, které jsou využitelné ve výuce biologie hub na středních školách.

Podkladem pro vytvoření didaktických materiálů (ppt prezentace, pracovní listy) byla zpracována literární rešerše o charakteristice, taxonomii a fylogenetických vztazích rzí a dalších stopkovýtusých hub. V souvislosti s tématem bakalářské práce jsem se více zaměřila na charakteristiku typů životních cyklů, které jsou doplněny o schematicky zpracované nákresy vytvořené v grafickém programu s důrazem na základní rozmnožovací struktury, jejich spory a procesy, jimiž procházejí (karyogamii meióza a střídání hostitele) pro jednodušší pochopení jednotlivých cyklů.

Didaktické materiály jsou zpracovány formou powerpointové prezentace doplněné o fotografické snímky různých druhů rzí a pracovních listů. V prezentacích jsou zpracovány informace probírané v rámci středoškolského i vysokoškolského učiva, jež je vhodné probrat ve výuce biologie na středních školách. Byly zpracovány i pracovní listy k ucelení znalostí, pro zpestření výuky a ověření znalostí nabytých žáky v hodinách biologie. Pro doplnění těchto hodin se mohou též využít i herbářové položky a fotografické snímky. Zároveň byla vypracována pedagogická příprava hodiny, jenž slouží jako návod pro vyučující. Je poskytnut vyučujícím jako osnova, podle níž se mohou řídit a vést výuku.

## 8. Literatura

- Agrios G. (2005) Plant Pathology. 5th Edition, Elsevier Academic Press, Amsterdam, 26-27, 398-401.
- Aime M. C., Bell C. D., Wilson A. W. (2018): Deconstructing the evolutionary complexity between rust fungi (Pucciniales) and their plant hosts. *Studies in Mycology* vol. 89: 143-152.
- Bubák F. (1906): Houby české. Díl 1, Rezy (Uredinales). Fr. Řivínáč, Praha: 300 str.
- Cummins G. B., Hiratsuka Y. (2003): *Illustrated Genera of Rust Fungi*, 3rd Edition. APS, St. Paul, Minnesota, USA: 225 str.
- Dostál J. (2011): *Tvorba výukových materiálů*. Univerzita Palackého, Olomouc: 83 str.
- Ellis W. N. (2021): *Plant Parasites of Europe* [online]. Dostupné z: <https://bladminerders.nl/> [cit. 2021-03-28].
- Figuroa M., Dodds P. N., & Henningsen E. (2020). Evolution of virulence in rust fungi — multiple solutions to one problem. *Current Opinion in Plant Biology*, 56: 20–27.
- Gautam A., Avasthi S., Verma R. K., & Jeewon R. (2021): Indian Pucciniales: taxonomic outline with important descriptive notes. *Mycosphere* 12(1): 89–162.
- Hanzalová A. (2023). Bude rez plevová škodit i v roce 2023? *Agromanuál.cz* [online]. 12. 4. 2023. Dostupné <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/choroby/bude-rez-plevova-skodit-i-v-roce-2023>
- Hamelin R. C. (2022). Rust diseases of forest trees. In Elsevier eBooks (pp. 201–213).
- Hibbett D. S., & Thorn R. G. (2001). Basidiomycota: homobasidiomycetes. In Springer eBooks (pp. 121–168).
- Hibbett D. S., Binder M., Bischoff J. F., Blackwell M., Cannon P. F., Eriksson O., Huhndorf S. M., James T. Y., Kirk P. M., Lücking R., Lumbsch H. T., Lutzoni F., Matheny P. B., McLaughlin D. J., Powell M. J., Redhead S. A., Schoch C. L., Spatafora J. W., Stalpers J. A., . . . Zhang N. (2007). A higher-level phylogenetic classification of the Fungi. *Mycological Research*, 111(5), 509–547.
- Hovmøller M. S., Meyer K., Goyeau H., Patpour M., Thach T., Rodriguez-Algaba J., Hansen J.G. Justesen A. F. (2021): Report and press release about race phenotyping and genotyping of *Puccinia striiformis*, *P. graminis* and *P. triticina*, 2020. Aarhus University, 20 str.
- Kalina T., Váňa J. (2005): *Sinice, řasy, houby, mechorošty a podobné organismy v současné biologii*. Karolinum, Praha, 608 str.

- Kirk P.M., Cannon P.F., Minter D.W., & Stalpers J.A. (2008). Dictionary of the Fungi, 10th ed.
- Kolmer J. A., Ordonez M. E., Groth J. V. (2009): The Rust Fungi. In: Encyclopedia of Life Sciences (ELS). John Wiley & Sons, Ltd: Chichester.
- Kolmer J. A. (2013): Leaf Rust of Wheat: Pathogen biology, variation and host resistance. *Forests*, 4(1): 70–84.
- Lepil O. (2010): Teorie a praxe tvorby výukových materiálů. Univerzita Palackého, Olomouc, 98 str.
- Littlefield L. (1981): Biology of the Plant Rusts: An Introduction, 103 str..
- Aime M. C., McTaggart A. R., Mondo S. J., Duplessis S.. (2017): Chapter Seven - Phylogenetics and Phylogenomics of Rust Fungi. *Advances in Genetics*, Volume 100: 267-307.
- McTaggart A. R, James T. Y., Idnurm A., Park R. F., Shuey L. S., Demers M. N. K., Aime M. C. (2022): Sexual reproduction is the null hypothesis for life cycles of rust fungi. *PLOS Pathogens*: 18(5).
- Newcombe G. (2004): PATHOLOGY | Rust diseases. In Elsevier eBooks (pp. 785–792).
- Sedlářová M., Mieslerová B., Drábková Trojanová Z., Lebeda A. (2021): Biotrofní houby a peronosporý planě rostoucích rostlin. Česká fytopatologická společnost, Praha, 168 str.
- Sharma O. P. (1989): Textbook of fungi. Tata McGraw-Hill Publishing Co. Ltd., New Delhi, 365 str.
- Schäfer A., Kemler M., Bauer R., & Begerow D. (2010). The illustrated life cycle of *Microbotryum* on the host plant *Silene latifolia*. *Botany*, 88(10), 875–885.
- Schöller M., Braun U., Buchheit R., Staudinger T., & Bubner B. (2022). Studies on European rust fungi, Pucciniales: molecular phylogeny, taxonomy, and nomenclature of miscellaneous genera and species in Pucciniastraceae and Coleosporiaceae. *Mycological Progress*, 21(8).
- Urban Z., Marková J. (2009): Catalogue of rust fungi of the Czech and Slovak Republics. Karolinum, Praha, 366 str.
- Urban Z., & Marková J. (1984): Ecology and evolution of *Puccinia graminis* Pers. *Česká Mykologie*, 38(2), 65-95.
- Van Der Merwe M., Ericson L., Walker J., Thrall P. H., & Burdon J. J. (2007). Evolutionary relationships among species of *Puccinia* and *Uromyces* (*Pucciniaceae*, *Uredinales*) inferred from partial protein coding gene phylogenies. *Mycological Research*, 111(2), 163–175.

Webster J., Weber R. W. S. (2007): Introduction to Fungi. Cambridge University Press, New York, United States of America. ISBN-13 978-0-511-27783-2.

### Internetové zdroje

[http://www.nuov.cz/uploads/AE/evaluacni\\_nastroje/11\\_Metody\\_a\\_formy\\_vyuky.pdf](http://www.nuov.cz/uploads/AE/evaluacni_nastroje/11_Metody_a_formy_vyuky.pdf)

<http://thescientistgardener.blogspot.com/2010/09/orange-mystery-dust.html>

<https://imperiumromanum.pl/en/roman-religion/roman-feasts/robitalia/>

<https://www.apsnet.org/edcenter/disandpath/fungalbasidio/pdlessons/Pages/StemRust.aspx>

## Seznam obrázků

Obrázek 1 Starší taxonomické členění rzi (odd. Pucciniomycotina) a příbuzenské vztahy s dalšími skupinami stopkovýtrosých hub (DT upraveno podle Hibbett et al., 2007). .....	11
Obrázek 2 Postavení rzi tř. Pucciniomycetes v rámci odd. Pucciniomycotina) (DT upraveno podle Lifemap, 2023).....	12
Obrázek 3. Schéma makrocyclického životního cyklu druhu rodu <i>Puccinia graminis</i> (DT, upraveno podle Kolmer, 2013). .....	14
Obrázek 4 Obecné schéma spermogonia (DT, upraveno podle Kolmer, 2013) .....	19
Obrázek 5 Obecné schéma aecia (DT, upraveno podle Kolmer, 2013), aeciospory <i>Gymnosporangia cornutum</i> .....	19
Obrázek 6 Obecné schéma uredia (DT, upraveno podle Kolmer, 2013), urediospory <i>Phragmidia mucronatum</i> .....	20
Obrázek 7. Obecné schéma telia s teliosporami (DT, upraveno podle Kolmer, 2013), detail teliospor <i>Phragmidia rubi-idaei</i> . .....	21
Obrázek 8 Obecné schéma klíčící teliospory s bazidiosporami (DT, upraveno podle Kolmer, 2013). ..	22
Obrázek 9 Detail uredií puchýřnatky podbělové ( <i>Coleosporium tussilaginis</i> , (Pers.) Lev.) na devětsilu bílém ( <i>Petasites albus</i> (L.) (Fabian Ernst, 23. 9. 2018, Haltern, Německo), uredia (DT, 17. 1. 2023). ..	23
Obrázek 10 Spermogonia <i>Gymnosporangium cornutum</i> Arthur na jeřábu ptačím ( <i>Sorbus aucuparia</i> L.) (Magnus Friberg, 31. 12. 2022, Švédsko) aeciospory (Fabian Ernst, 15. 8. 2020).....	23
Obrázek 11 Telia <i>Gymnosporangium clavariiforme</i> (Wulfen) na jalovci obecném ( <i>Juniperus communis</i> L.) (Magnus Friberg, 14. 5. 2022, Kvismaren, Švédsko).....	24
Obrázek 12 Uredia <i>Melampsora apitea</i> Thümen na vrbě jívě ( <i>Salix caprea</i> L.) (Jasper Sharp, Londýn, 12. 8. 2022).....	24
Obrázek 13 Rez růží ( <i>Phragmidium mucronatum</i> (Pers.) Schltdl.) na růži šípkové ( <i>Rosa canina</i> L.), teliospory, urediospory. (DT, 26. 8. 2022, Částkov, Uherské Hradiště). .....	25
Obrázek 14 Telia, uredia a teliospora rzi maliníkové ( <i>Phragmidium rubi-idaei</i> (DC.) P. Karst.) na ostružiníku maliníku ( <i>Rubus idaeus</i> L.) (DT.. 26. 5. 2022, Kelníky, Zlín). .....	26
Obrázek 15 Urediospory, telia a teliospory (Fabian Ernst, 13. 10. 2020, Německo) rzi travní ( <i>Puccinia graminis</i> Pers.) (DT, 16. 1. 2023, Kelníky, Zlín). .....	27
Obrázek 16 Rez šišková ( <i>Pucciniastrum areolatum</i> (Fr.) G. H. Otth) na šišce smrku ztepilého ( <i>Picea abies</i> (L.) H. Karst.) (Magnus Friberg, 14. 5. 2022, Kvismaren, Švédsko). .....	28
Obrázek 17 Aecia <i>Triphragmium ulmariae</i> (DC.) Link na tužebníku jilmovém ( <i>Filipendula ulmaria</i> L. Maxim.) (AJ Cann, Narborough Bog, 18. 6. 2015), detail urediospor (Enrique Rubio, Cerreno-Austrias, 6. 6. 2019).....	29



Obrázek 18 Telia a detail teliospor *Tranzschelia anemones* (Pers.) Nannf. na sasance hájní (*Anemone nemorosa* L.) (Magnus Friberg, 14. 5. 2022, Kvismaren, Švédsko). ..... 29

## 9. Přílohy

Příloha 1 - Herbář zástupců rzí řádu Pucciniales

# HERBÁŘ SE ZÁSTUPCI RZÍ ŘÁDU *PUCCINIALES*

Daniela Tomášová

Katedra botaniky, Přf UP v Olomouci

2023



FUNGI BOHEMIAE ET MORAVIAE

*Puccinia symphyti-bromorum* (Müll), I  
(houby stopkovýtřusé)

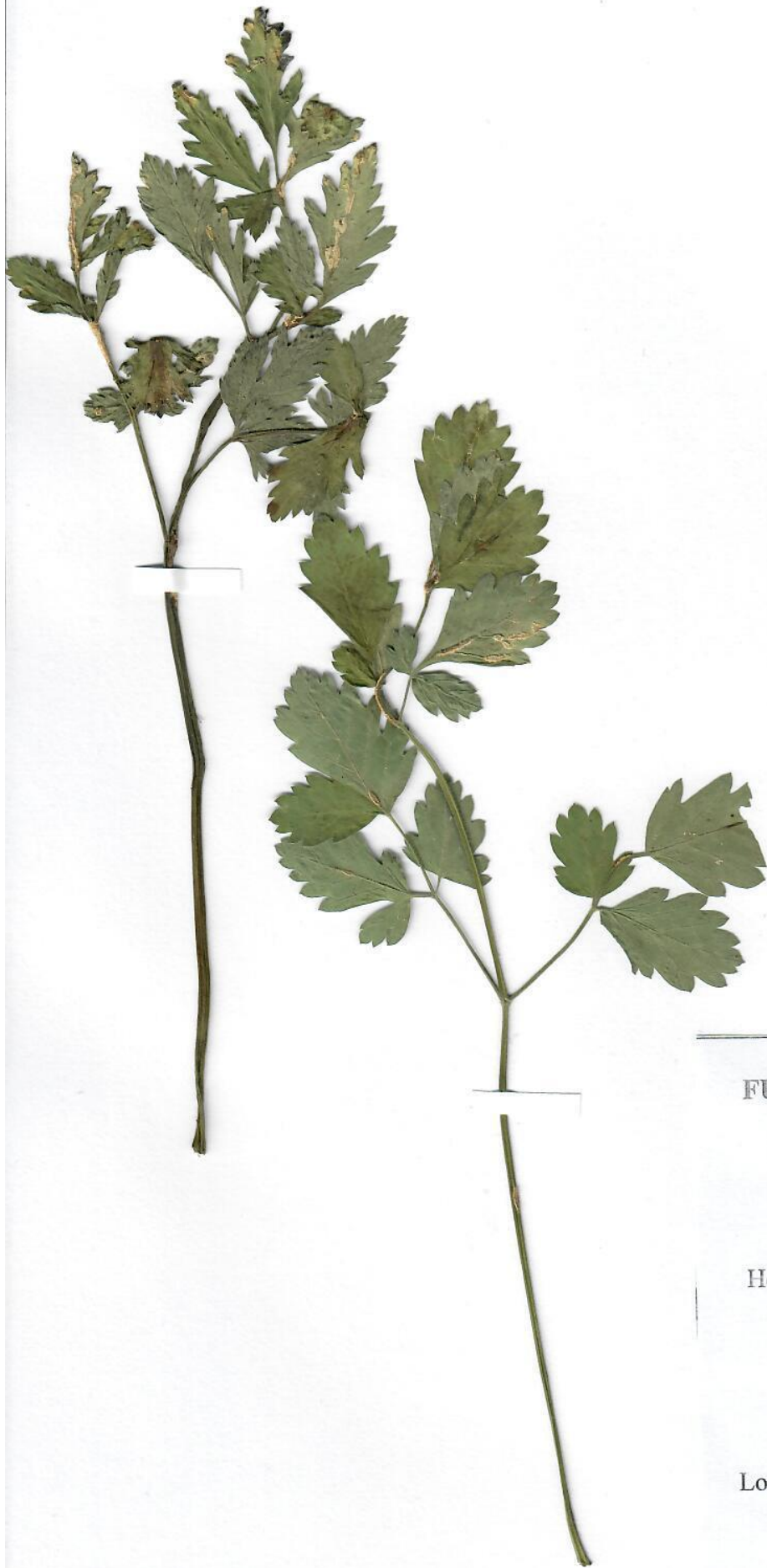
Hostitelská rostlina: *Pulmonaria officinalis*  
Plicník lékařský

Loc: Čertoryje, CHKO Bílé Karpaty, okres  
Hodonín

GPS: 48.8552431N, 17.4139342E

S.M. 386 m n. m Leg. D. Tomášová

Dat. 24. 5. 2022 Det. D. Tomášová



FUNGI BOHEMIAE ET MORAVIAE

*Puccinia chaerophylli* (Purton), I  
(houby stopkovýtřusé)

Hostitelská rostlina: *Chaerophyllum aureum*  
(L.)  
Krabalice zlatoplodá

Loc. Horská chata Třeštík - CHKO  
Beskydy, okres Frýdek Místek

GPS: 49.4033190N, 18.3843312E

S.M. 850 m n. m. Leg. M. Sedlářová  
Dat. 27. 5. 2022 Det. D. Tomášová



**FUNGI BOHEMIAE ET MORAVIAE**

*Phragmidium mucronatum* (Pers.) Schltdl., II,  
III

Rez růží (houby stopkovýtrusné)

Hostitelská rostlina: *Rosa canina* (L.)  
Růže šípková

Loc. Rozárium, okres Olomouc

GPS: 49.5922726S, 17.2626705E

S.M. 210 m n. m. Leg. M. Sedlářová  
Dat. 29. 5. 2021 Det. D. Tomášová

FUNGI BOHEMIAE ET MORAVIAE

*Uromyces pisi* (Pers.) Liro, I  
Rez hrachová (houby stopkovýtrusé)

Hostitelská rostlina: *Euphorbia cyparissias* (L.)  
Pryšec chvojka

Loc. Čertoryje, CHKO Bílé Karpaty, okres  
Hodonín

GPS: 48.8552431N, 17.4139342E

S.M. 386 m n. m. Leg. D. Tomášová  
Dat. 24. 5. 2022 Det. D. Tomášová



FUNGI BOHEMIAE ET MORAVIAE

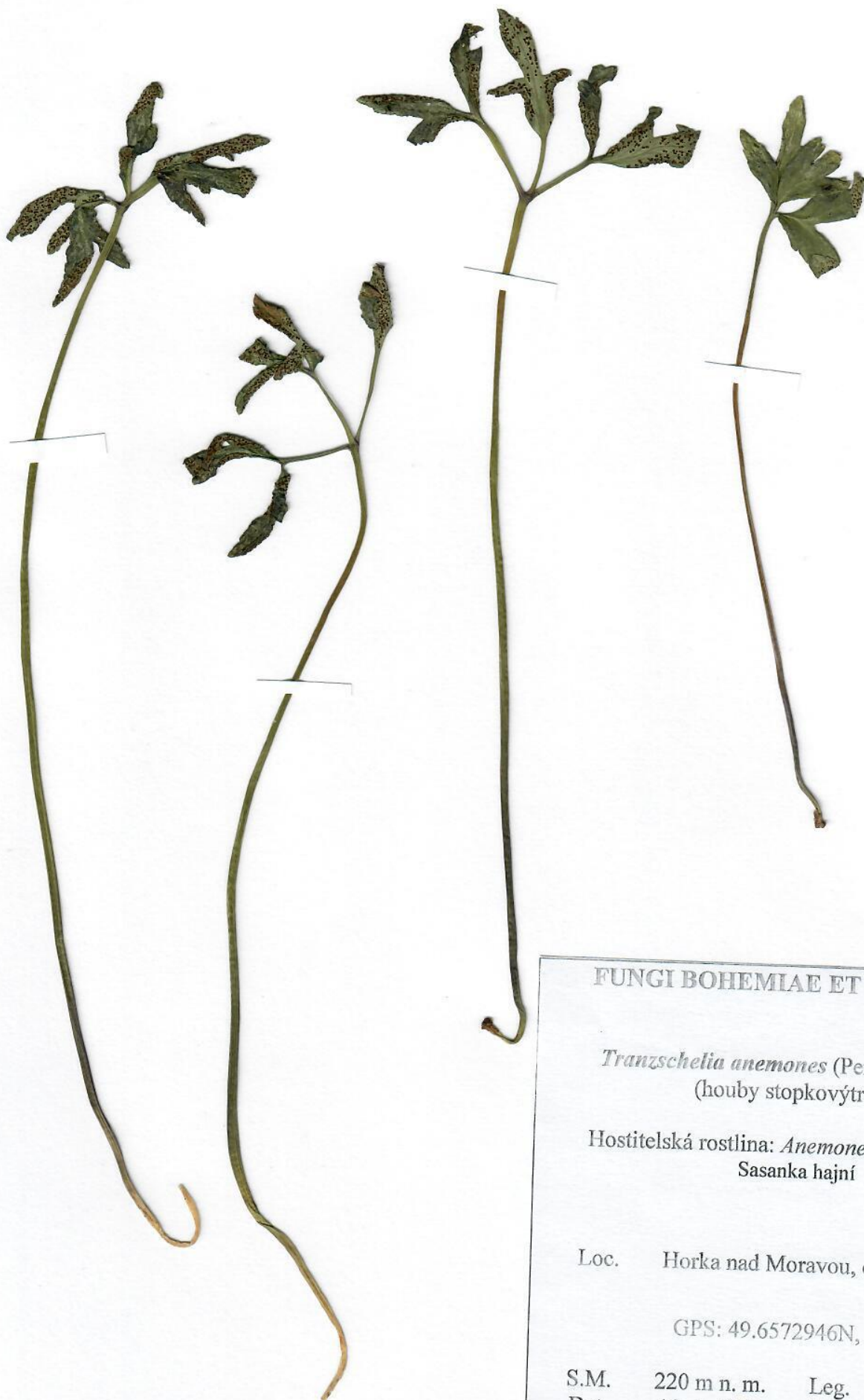
*Puccinia graminis* (Pers.), III  
Rez travní (houby stopkovýtřusé)

Hostitelská rostlina: *Poa longifolia* (L)  
Lipnice luční,

Loc. Kelníky, okres Zlín

GPS: 49.1093479N, 17.6484701E

S.M. 280 m n. m. Leg. D. Tomášová  
Dat. 27. 12. 2022 Det. D. Tomášová



FUNGI BOHEMIAE ET MORAVIAE

*Tranzschelia anemones* (Pers.) Nannf., III  
(houby stopkovýtrusé)

Hostitelská rostlina: *Anemone nemorosa* (L.)  
Sasanka hajní

Loc. Horka nad Moravou, okres Olomouc

GPS: 49.6572946N, 17.2035480E

S.M. 220 m n. m. Leg. D. Tomášová  
Dat. 10. 4. 2021 Det. D. Tomášová





FUNGI BOHEMIAE ET MORAVIAE

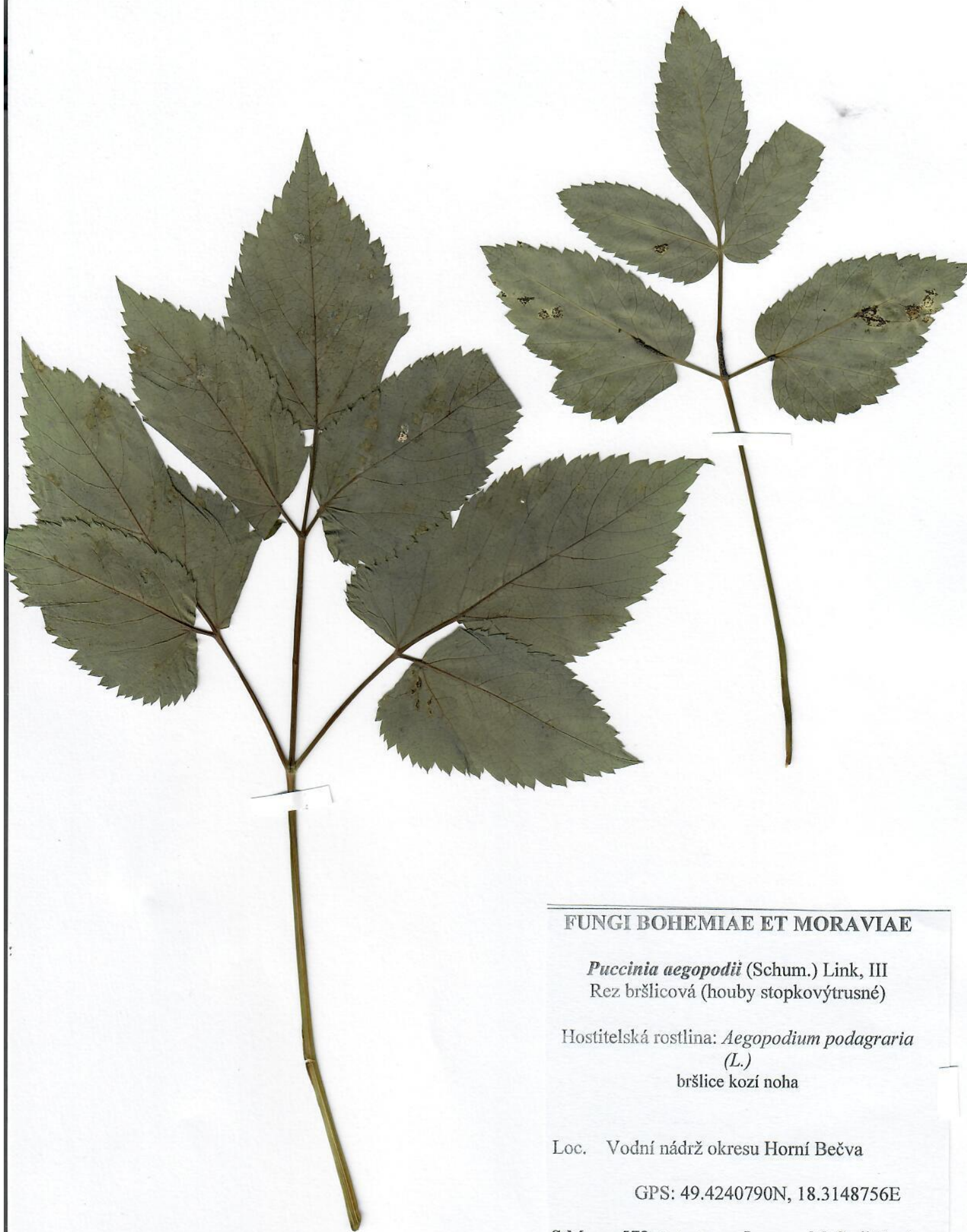
*Puccinia urticata* (Kern), I  
Rez kopřivová (houby stopkovýtrose)

Hostitelská rostlina: *Urtica dioica* (L.)  
Kopřiva dvoudomá

Loc: Vodní nádrž okresu Horní Bečva

GPS: 49.4240790N, 18.3148756E

S.M. 572 m n. m. Leg. D. Tomášová  
Dat. 26. 5. 2022 Det. D. Tomášová



FUNGI BOHEMIAE ET MORAVIAE

*Puccinia aegopodii* (Schum.) Link, III  
Rez bršlicová (houby stopkovýtusné)

Hostitelská rostlina: *Aegopodium podagraria*  
(L.)  
bršlice kozí noha

Loc. Vodní nádrž okresu Horní Bečva

GPS: 49.4240790N, 18.3148756E

S.M. 572 m n. m. Leg. M. Sedlářová  
Dat. 26. 5. 2022 Det. D. Tomášová



FUNGI BOHEMIAE ET MORAVIAE

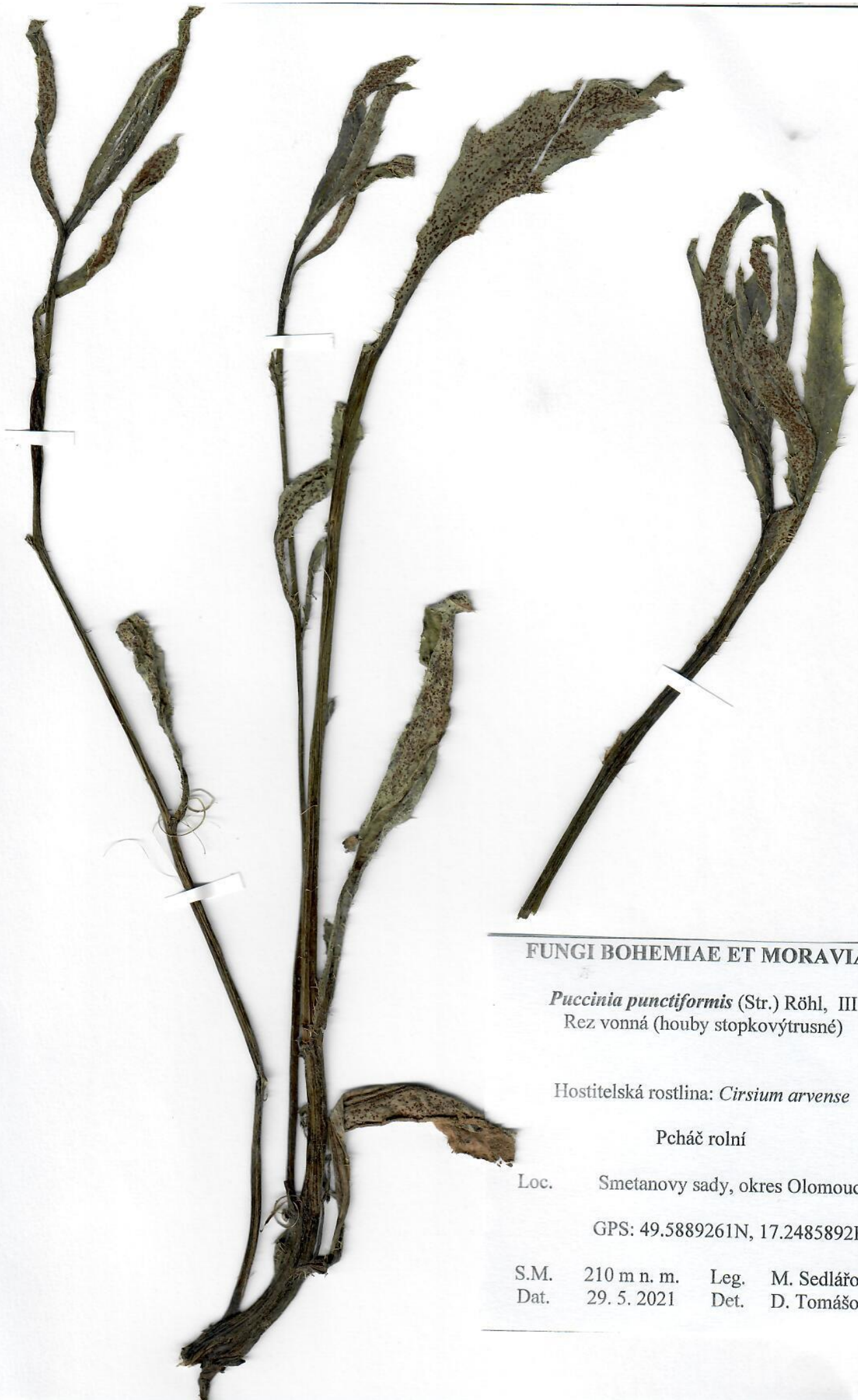
*Aecidium ranunculi-acris* (Pers.), I  
(houby stopkovýtrose)

Hostitelská rostlina: *Ranunculus repens* (L.)  
Pryskyřník plazivý

Loc. Horská chata Třeštík – CHKO  
Beskydy, okres Frýdek Místek

GPS: 49.4033190N, 18.3843312E

S.M. 850 m n. m. Leg. M. Sedlářová  
Dat. 27. 5. 2022 Det. D. Tomášová



FUNGI BOHEMIAE ET MORAVIAE

*Puccinia punctiformis* (Str.) Röhl, III  
Rez vonná (houby stopkovýtusné)

Hostitelská rostlina: *Cirsium arvense*

Pcháč rolní

Loc. Smetanovy sady, okres Olomouc

GPS: 49.5889261N, 17.2485892E

S.M. 210 m n. m. Leg. M. Sedlářová  
Dat. 29. 5. 2021 Det. D. Tomášová



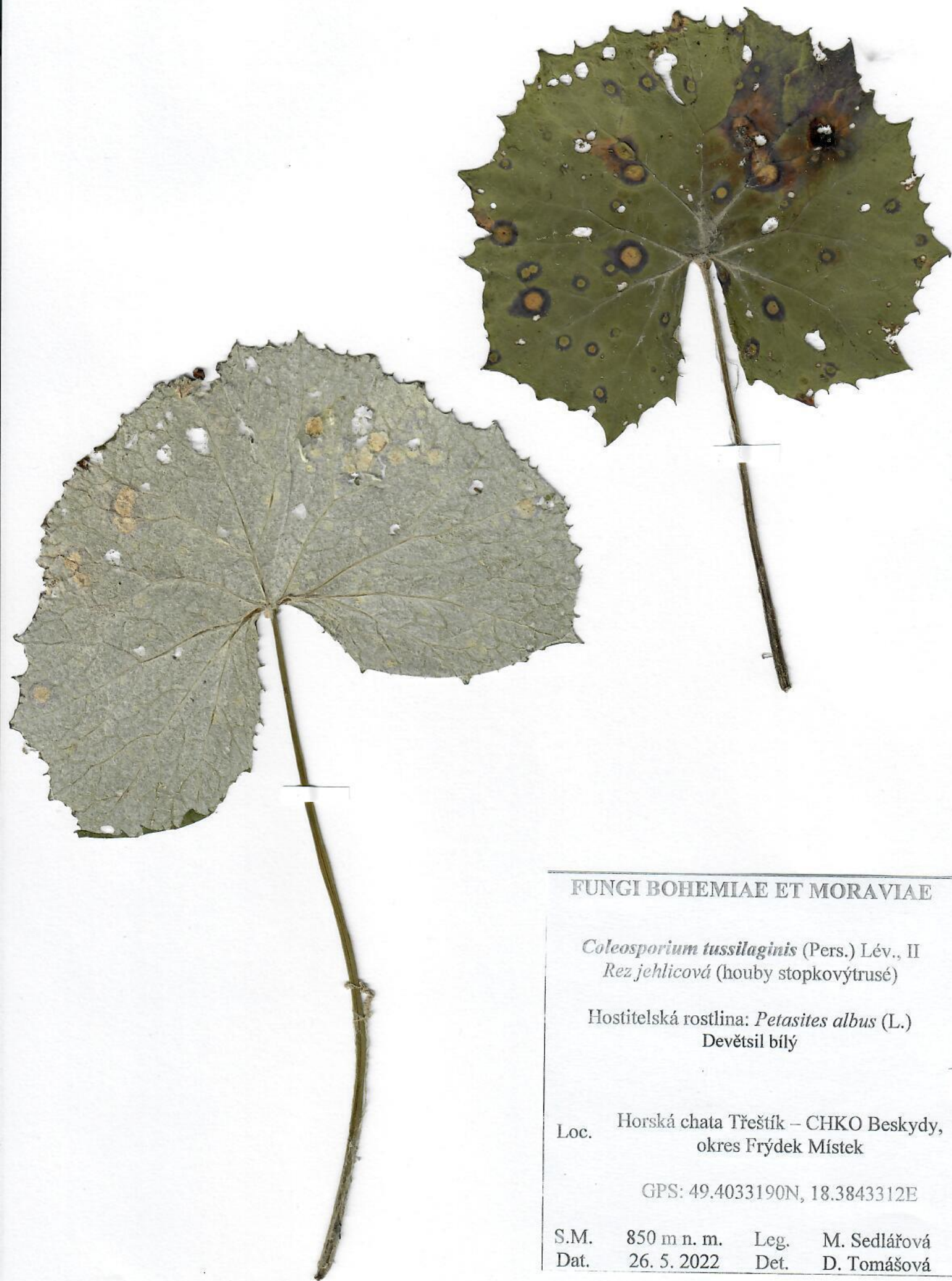
FUNGI BOHEMIAE ET MORAVIAE

*Trachyspora alchemillae* (Pers.) Fuckel, II  
(houby stopkovýtřusé)

Hostitelská rostlina: *Alchemilla* sp.  
Kontryhel

Loc. Ústí, okres Tachov  
GPS: 49.812543N, 12.761871E

S.M. 450 m n. m. Leg. D. Tomášová  
Dat. 3. 6, 2022 Det. D. Tomášová



FUNGI BOHEMIAE ET MORAVIAE

*Coleosporium tussilaginis* (Pers.) Lév., II  
Rez jehlicová (houby stopkovýtřusé)

Hostitelská rostlina: *Petasites albus* (L.)  
Devětsil bílý

Loc. Horská chata Třeštík – CHKO Beskydy,  
okres Frýdek Místek

GPS: 49.4033190N, 18.3843312E

S.M. 850 m n. m. Leg. M. Sedlářová  
Dat. 26. 5. 2022 Det. D. Tomášová



FUNGI BOHEMIAE ET MORAVIAE

*Phragmidium rubi-idaei* (DC.) Karst, III  
Rez maliníku (houby stopkovýtusné)

Hostitelská rostlina: *Rubus* sp.  
Ostružiník

Loc. Kelníky, okres Zlín

GPS: 49.1093479N, 17.6484701E

S.M. 280 m n. m. Leg. D. Tomášová  
Dat. 27. 12. 2022 Det. D. Tomášová

## Podrobná pedagogická příprava na edukační jednotku

a) **Obor/předmět:** 1. ročník, biologie

b) **Téma:** Rzi (Pucciniales)

**Tematický celek:** Fungi

**Počet hodin věnovaný tématu:** 1 vyučovací hodina

**Požadovaný výstup učení:** žák dokáže popsat stavbu rzí, základy ekologie rzí, životní cykly rzí, význam rzí v přírodě, uvede základní zástupce

**Mezipředmětové vztahy:** chemie, biochemie (fotosyntéza, toxické látky),

geologie (vývoj organismů na zemi)

**Průřezová témata:** fytopatologie – důsledky výskytu rzí v zemědělském průmyslu

c) **Výukové cíle k vybranému tématu**

- **kognitivní:** žák je schopen definovat rzi, popsat jejich stavbu, vysvětlit, jak infikují hostitele, vyjmenovat zástupce, porovnat s ostatními pododděleními Basidiomycota, žák vysvětlí podmínky pro přežití rzí, popíše rozmnožování rzí, uvede příklad dopadu rzí v zemědělství
- **psychomotorické:** žák je schopen nakreslit obecné schéma typu spor
- **afektivní:** žák je ochoten ve vyučovací hodině poslouchat a vnímat

d) **Úlohy**

- úlohy na kognitivní cíle:

Definuj rzi.  
Popiš stavbu mycelia.



Vysvětli průběh infekce hostitele a uveď podmínky nezbytné pro její průběh.

Vyjmenuj základní zástupce rzí.

Uveď příklad místa výskytu rzí.

Vysvětli význam rzí.

Uveď příklad dopadu rzí v zemědělství.

- úlohy na psychomotorické cíle:

Nakresli do sešitu obecné schéma spor rzí.

- úlohy na afektivní cíle:

Zamysli se nad dopadem rzí pro život na Zemi.

Zamysli se, proč je hostitel nezbytný pro život rzí.

#### e) Prostředky

- osnova výkladu: písemná příprava (příloha

Žák si zapíše zápis probrané látky do sešitu za pomoci učebnice. Součástí budou také nakreslená schémata spor vybraných zástupců rzí.

- výukové metody

– klasické výukové metody – metoda slovní (vysvětlování, přednáška, rozhovor)

– metoda názorně praktická (předvádění, pozorování)

– metoda dovednostně-praktická (mikroskopování)

– aktivizující metody – metoda diskuzní

– komplexní výukové metody – hromadná a frontální výuka

- didaktická technika a pomůcky

– tabule, projektor, prezentace, učebnice, mikroskop, zkumavky se vzorky

#### f) Struktura a organizace hodiny

Během vyučovací hodiny se očekává probrání teoretické části o rzích, praktické pozorování a mikroskopování.

<i>Úvod + motivace</i>	5 min	Organizační záležitosti, zápis do třídní knihy, seznámení žáků s programem hodiny, motivace žáků – vliv rzí na květenu a následně na zemědělský průmysl
<i>Expozice</i>	15 min	Výklad o rzích doplněný prezentací a obrázky
<i>Fixace</i>	20 min	Ukázka vzorků rzí v mikroskopických preparátech, příprava preparátu, praktické, pozorování rzí pod mikroskopem, debata s žáky, otázky kladené žákům v průběhu práce
<i>Aplikace</i>		
<i>Diagnóza</i>		
<i>Závěr</i>	5 min	Závěrečné shrnutí poznatků o rzích

- Organizační forma – frontální výuka
- Časová náročnost domácí přípravy – 20 min (vypracování zápisu, příprava na písemné opakování)

## Teoretická příprava na edukační jednotku

### 1. Úvod

Rzi patří mezi houby z oddělení Basidiomycota. Jedná se o obligátně biotrofní parazity cévnatých rostlin. Obligátním parazitem rozumíme takové parazity, kteří bez svého hostitele nedokáží přežít. Biotrofní parazit je takový, jenž ke svému přežití potřebuje hostitele živého.

### 2. Stavba těla

Tvoří přehrádkovaná mycelia tvořená houbovými buňkami – hyfami, jimž na rozdíl od jiných pododd. chybí přezky a dolipory.

Na rozdíl od ostatních pododd. Basidiomycota si rzi nevytvářejí plodnice, ale místo toho tvoří na povrchu těla hostitele výrazné struktury, jenž nazýváme výtrusné kupky tzv. sori.

### 3. Rozmnožování

Rzi se mohou rozmnožovat pohlavně i nepohlavně. Oba dva typy jsou uskutečněné pomocí různých typů spor. Pohlavní rozmnožování se nazývá gameto-somatogamie kdy dochází ke kopulaci spermacií (pyknospor) s přijímací hyfou na spermogoniu, vzniká dikaryotická bazidie, v níž proběhne karyogamie, meióza a následně vznikají bazidiospory. Mezi spory, které u rzi vznikají patří aeciospory, urediospory, teliospory, bazidiospory a spermacie.

### 4. Životní cyklus

Životní cykly se u různých druhů rostlin liší. Celkem existují čtyři typy životních cyklů z nichž nejběžnější je životní cyklus makrocyclický. Tento cyklus obsahuje tvorbu 5 různých spor v daném pořadí a probíhá na dvou druhově různých hostitelích. Jako příklad si vezměme životní cyklus rzi *Puccinia graminis*. Mezihostitelem pro tento druh je dříšťál obecný, ne němž se na jaro začínají tvořit spermogonia a receptivní hyfy. Spermogonia uvolňují spermacie a sladký bezbarvý nektar. Tato tekutina láká opylovače, kteří na sebe nachytají spermacie a přenesou je na receptivní hyfu, kde dojde ke kopulaci a tvorbě nové struktury – aecia. Aecium vytváří tzv. jarní spory aeciospory, které jsou přeneseny na hlavního hostitele pšenici setou, kterého infikuje a vytváří uredia. Uredia tvoří letní typ spor urediospory. Na konci vegetačního období se tvoří telia z nichž vyrůstají zimní spory – teliospory, jenž jsou velmi odolné vůči nepříznivým podmínkám. Pomocí teliospor přečkává rez zimu

a při vhodných podmínkách teliospora klíčí v bazidia s bazidiosporami. Ty jsou infekčním typem spor, které opět infikují svého meziphostitele dříšťál.

Další typy životních cyklů jsou zkrácené o 1 či více stádií. Mikrocyklický netvoří aeciospory ani urediospory. Demicyklický netvoří urediospory a hemicyklický netvoří aeciospory a spermacie.

Podle toho, na kolik druhů se konkrétní rez vyskytuje, se rzi dělí na jednobytčné a dvoubytčné. Jednobytčné potřebují pro dokončení životního cyklu potřebují pouze jednoho hostitele. Dvoubytčné rzi naopak potřebují alespoň dva druhově odlišné hostitele.

## 5. Infekce

Mycelium rzi je schopno pronikat přes epidermis do buněk hostitele, odkud pomocí haustorií čerpá živiny od hostitele. Tímto způsobem mohou rzi způsobovat svým hostitelům změnu fyziologie, jenž se projevuje hyperplazií, hypertrofií, nádory a čarověníky.

## 6. Zástupci

Mezi nejběžnější zástupce, jenž se u nás vyskytují patří – rez travní a plevová. Dále rez kopřivová, rez šišková a rzi na kontryhelu a rez pšeničná.

## 7. Význam

Rzi patří mezi významné patogeny kulturních rostlin, které znehodnocují značnou část úrody a způsobují tak velké roční ztráty obilovin. Například rez plevová ročně napadá přes 5 tun sklizně.

## 8. Ochrana

Proti každoročním ztrátám se zemědělci brání několika způsoby. Nejúčinnějším je šlechtění nových ras kulturních rostlin, jenž jsou odolnější vůči rzím. Používají se i postřiky fungicidy, které byly schváleny ústředním kontrolním a zkušebním ústavem.