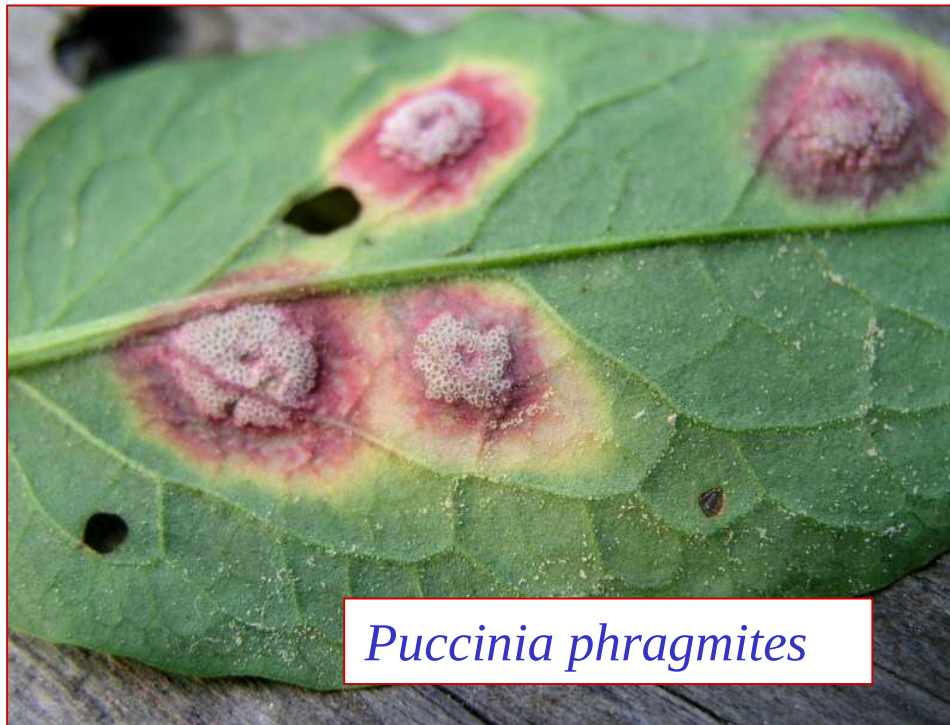


Subphyllum: Pucciniomycotina

Tř: Pucciniomycetes

Řád: Pucciniales

- 8.000 druhů
- Monofyletická vývojová skupina
- Karyogamie a meiosa se odehrávají odděleně v různých částech basidie - probasidie a metabasidie
- Metabasidium je transversálně septované a basidie jsou produkovány laterálně
- Septální pór nemá dolipór
- Mycelium netvoří přezky





Ř: Pucciniales

Gymnosporangium sabinae – teliární stádium na jalovci



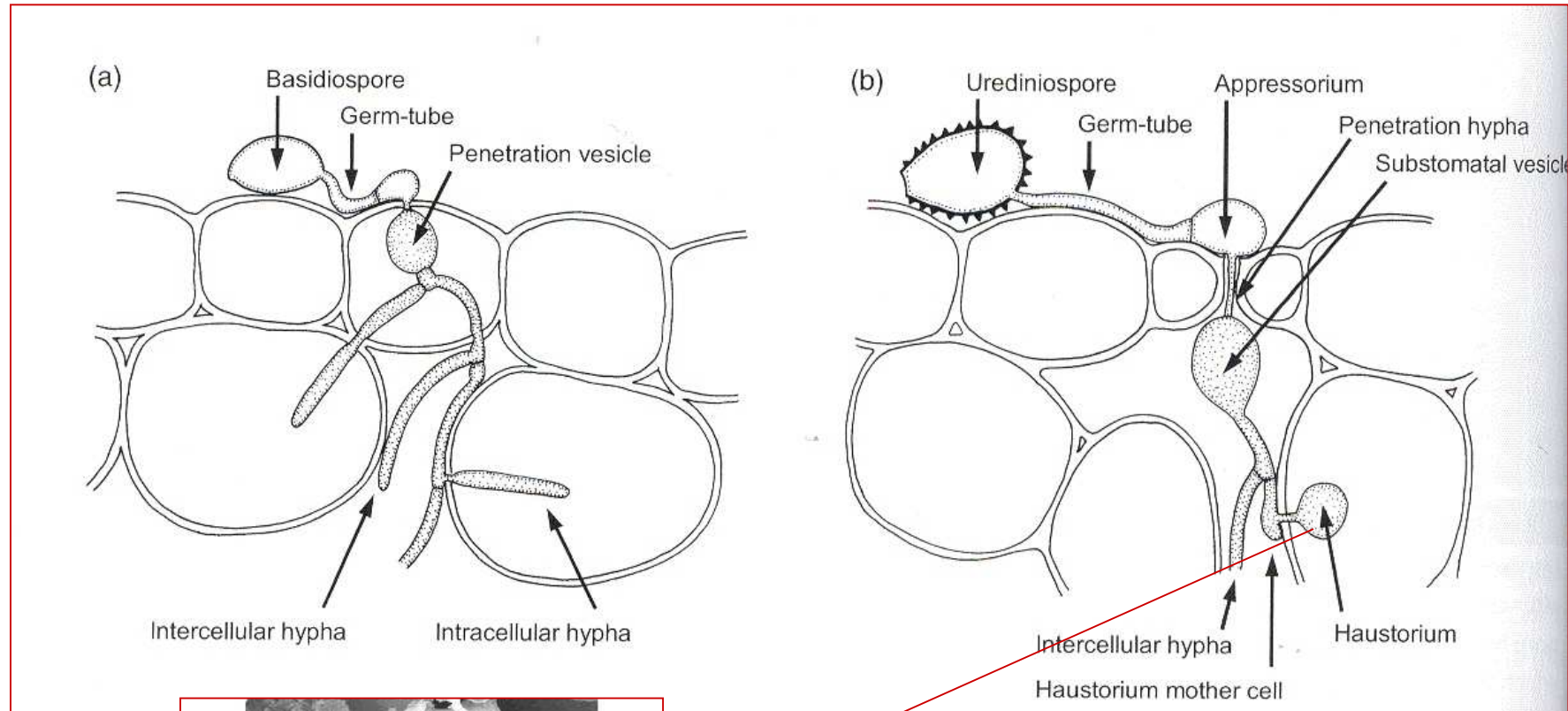
- **obligátní parazité rostlin (obligátní biotrófové) (Pteridophyta, Gymnospermní i angiospermní rostliny)**
- Parasitismus je geneticky kódován jak u hostitelské R tak u HO– geny agresivity a patogenity, rostlina – geny pro rezistenci (funguje to jako klíč a zámek)
- **parazitické myceliární struktury** - apresorium, penetrační hrot, **Haustorium**
- pravděpodobný vývoj a vznik je datován k období Křídý
- (144-66 mil.let) a Kenozoika (výskyt prvních kvetoucích rostlin)



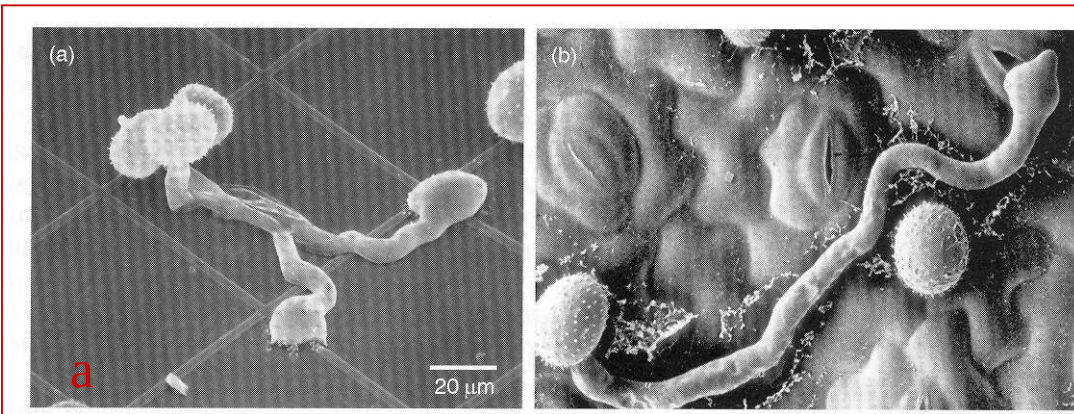
Infekční proces

- **Klíčení spóry** (př. Uredospora – autoinhibiční látky: methyl 4-dimethyltoxycinamát musí být odbourán před klíčením spóry, proces odbourání je několika-úrovňový proces založený na výměně informací mezi houbou a rostlinou a to jak na fyzikální, biochemické a molekulární úrovni. Jedním ze základních kroků je hydratace spóry a formace adhezní mucilagenní vrstvy (kutinázy a esterázy)
- **Klíční vlákno** (glukany a proteiny, směrem k přirozenému vstupu do listu – stomata, hydatody – klíční vlákno tlačí na okraj stoma, to se otevírá a z klíční hyfy se začíná formovat apresorium, zároveň aktivují transportní Ca^{2+} -nosiče, integriny a mikrotubuly dochází k rozšiřování a růstu hyfy – tento jev se nazývá **thigmotropismus**)
- **Apresorium** (formuje se v důsledku thigmotropické reakce, skrze přirozené otvory – hydatody, stomata)
- **Penetrační hrot** (formuje se z apresoria, proniká hostitelskou buňkou a na spodu tvoří tzv. substomatální váčky)
- **Parazitická hyfa** – intercelulární (vyrůstá ze substomatálních váčků a na povrchu mezofylových buněk vytváří **haustoriální mateřskou buňku** ta zprostředkovává penetraci (velmi úzký penetrační hrot) skrze buňku R a uvnitř vytváří haustorium)
- **Haustorium** (parazitický útvar, prstovitého nebo kulovitého tvaru, obsahují kompletní organely jako hyfa, haustoriální cytoplasma je obklopena haustoriální membránou, extrahaustoriální matrix je obklopena extrahaustoriální membránou (modifikovaná rostlinná plasmalema).

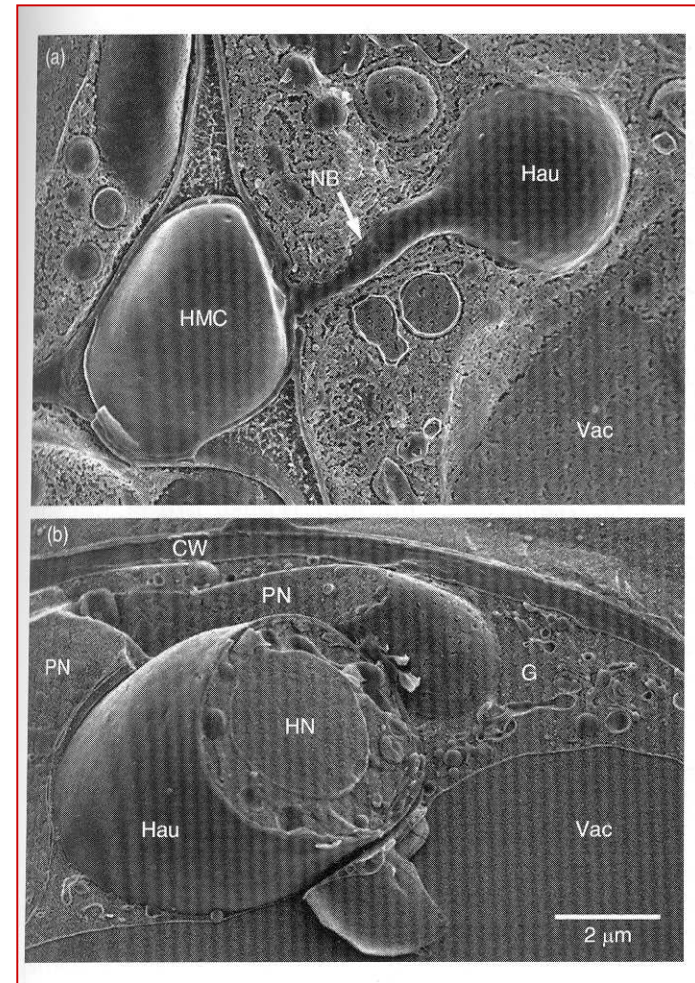
Klíčící basidiospóra – monokaryotické mycelium (intra i intercelulární růst) a haustorium M-typu (podlouhlé)

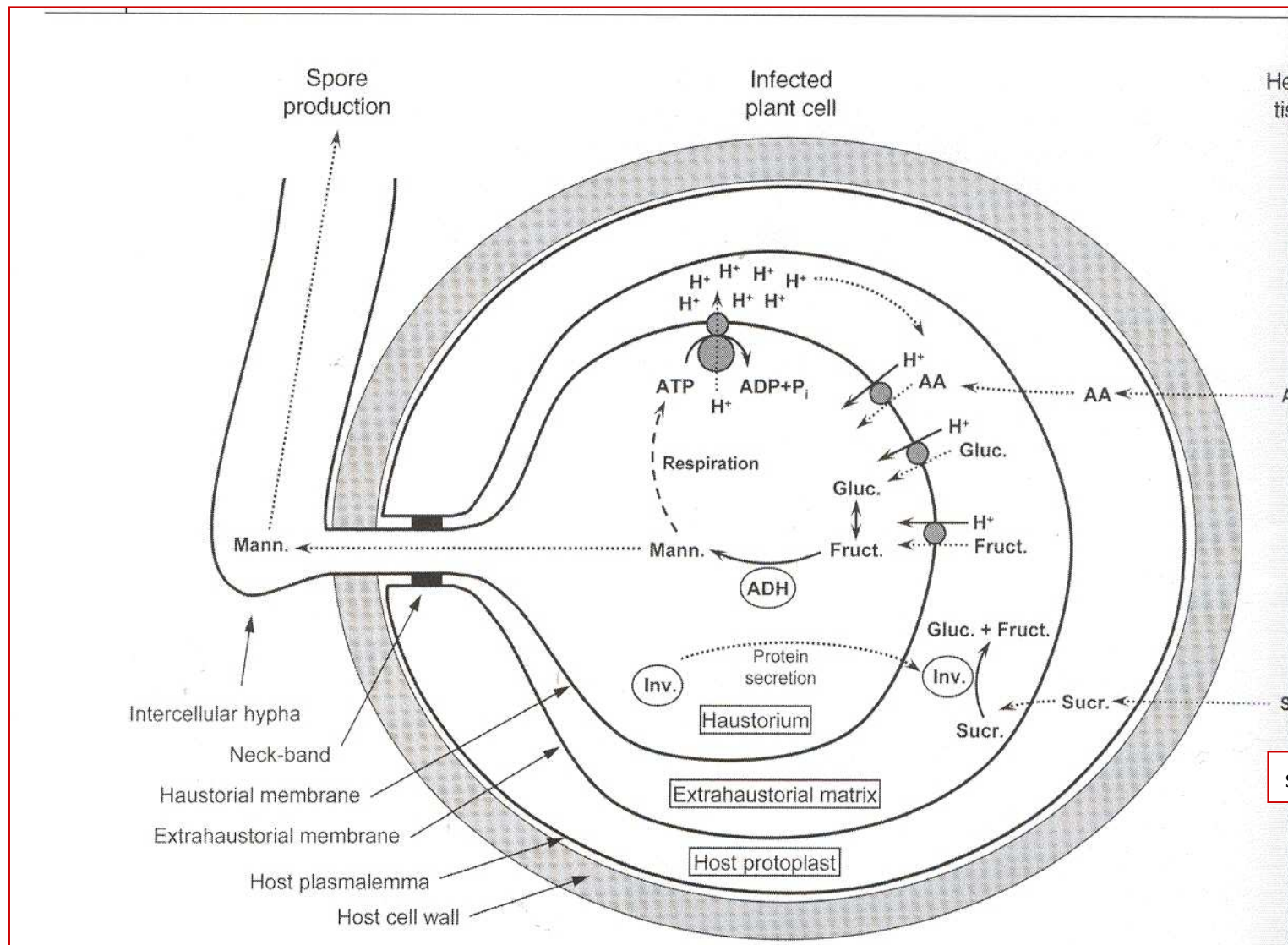


Klíčící urediniospóra: dikaryotické klíčící vlákno formuje apresorium nad stomatálním otvorem a jako penetrační hrot prorůstá do mezofylových buněk, mycelium je intercelulární, haustoria jsou globózní (D-haustoria).



a: Klíčící urediniospóra (polystyren s mřížkou – tvoří haustoria jakmile dosáhne překážky na povrchu (thigmotropismus) b: klíčící uredospóra na povrchu listu, formace apresoria nad průduchem



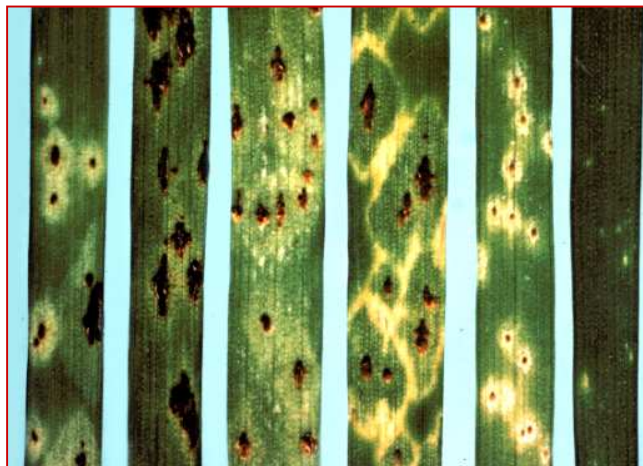


sacharóza

Transport živin skrze haustorium – protonový gradient (H^+), enzymatické reakce (plné šipky) a difúzní gradient a translokace (přerušované šipky). Sacharóza je invertázou v extrahaustoriálním matrix štěpena na glukózu a fruktózu, pomocí specializovaných přenašečů se dostávají přes haustoriální membránu do haustoria, kde jsou konvertovány na manitol (transportní cukr) pomocí alkohol dehydrogenázy.

Rezistence u hostitelských rostlin

- **Hypersensitivní reakce** (molekulární a biochemické reakce v místě kontaktu mezi spórou a rostlinnou buňkou tj. R obětuje jednu buňku nebo několik okolních k tomu, aby zbrzdila nebo zastavila patogena)
- **Koncepce gen proti genu** - R=geny rezistence a citlivosti x Houba=geny virulence a avirulence, rostlina je rezistentní pokud její geny jsou v interaktivním systému dominantní a geny virulence jsou recesivní. Inkompatibilní reakce – (hostitel a patogen k sobě nepasují) hostitel má dominantní geny avirulence a hostitelská rostlina geny rezistence.
- Rzi mají schopnost překonávat major-genovou rezistenci u rostlin, vytváří rasy specifické pro kultivary



primární mycelium (z teliospóry, basidiospóry)

- septované, haploidní, jednojaderné
- vzniká z homokaryotické basidiospóry
- má omezený růst
- je základem pro tvorbu pletiv pohlavních orgánů ve tkáních hostitelské rostliny

sekundární mycelium (aeciospóra, uredospóra)

- dikaryotické, dvoujaderné (jádra kompatibilní, haploidní) - **dikaryotické spóry - disperze na jiného hostitele**
- sekundární mycelium rzí netvoří **přezky**
- ve vrcholu hyfy se tvoří primitivní septa k oddělení dvou binukleátních článků, přičemž ten vrcholový se neustále dělí a prodlužuje

- **karyogamie** - **teliospóry, teliospóra** se stává součástí basidie
- **neprodukují basidiokarp**

Životní cyklus

makrocyklické rzi (*Puccinia graminis* - rez travní)

Hostitelské rostliny: 1/ Dřišťál sp. (*Berberis* sp)

2/ Travniny (*Poaceae*)

Fáze 0 - spermogonia nesou spermacie (n) (+) a receptivní hyfy (n) (-) (dřišťál)

↓ dikaryotizace

fáze I - Aecia + aeciospóry (n+n) (dřišťál)

↓ infikuje traviny

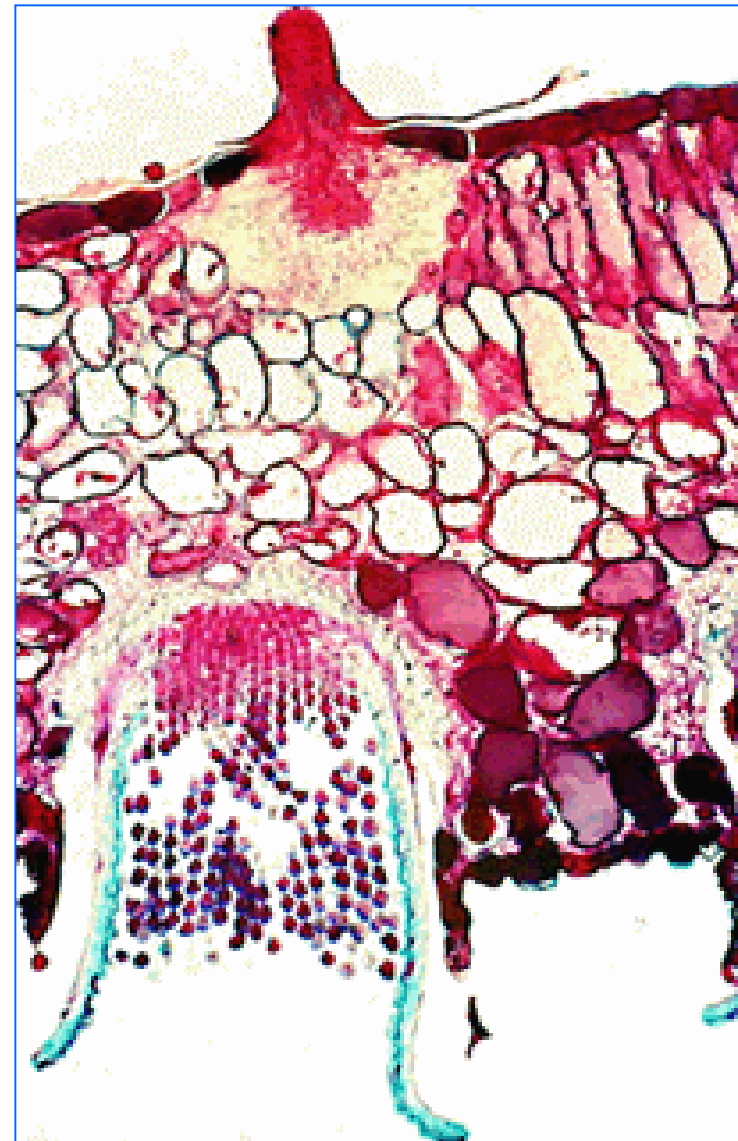
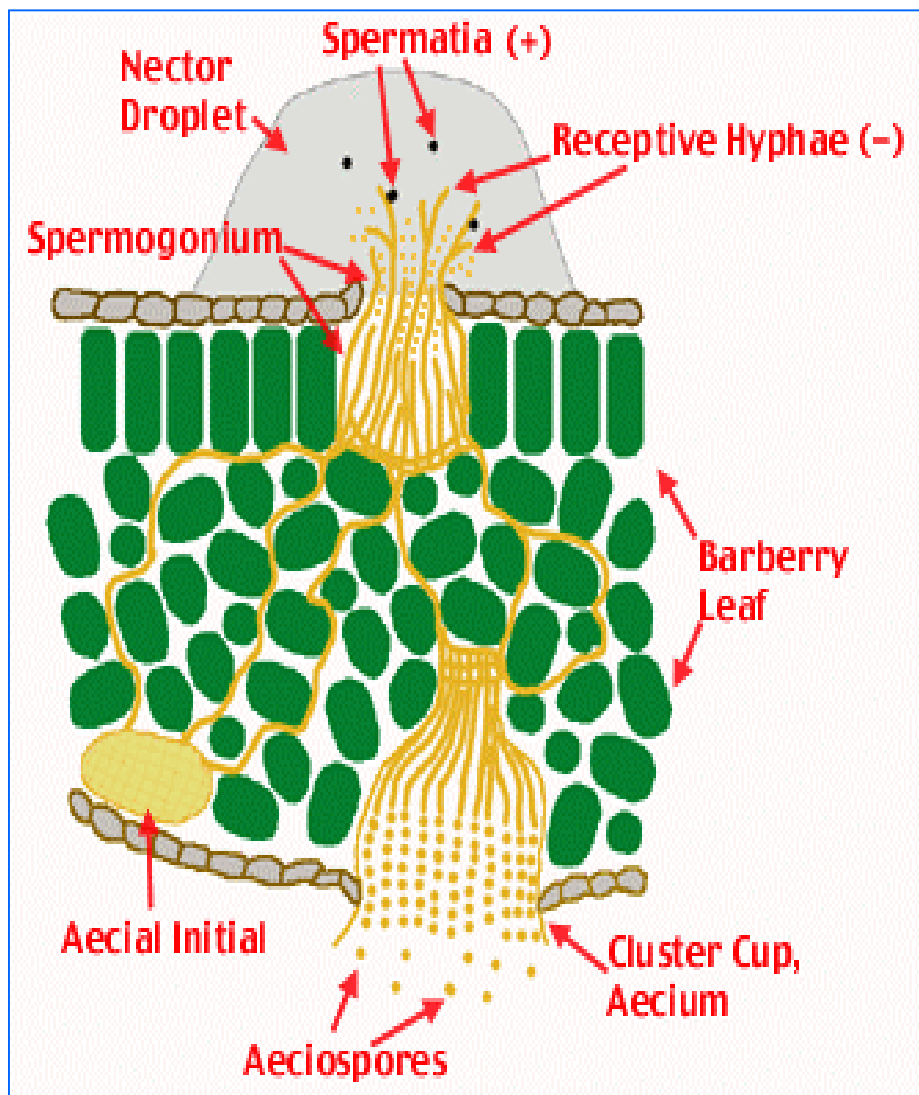
fáze II - Uredinia + uredospóry (n+n) (travina) infekční fáze

↓

fáze III - Telia + teliospóry (n+n → 2n) (travina) fúze jader, přezimování, meioza

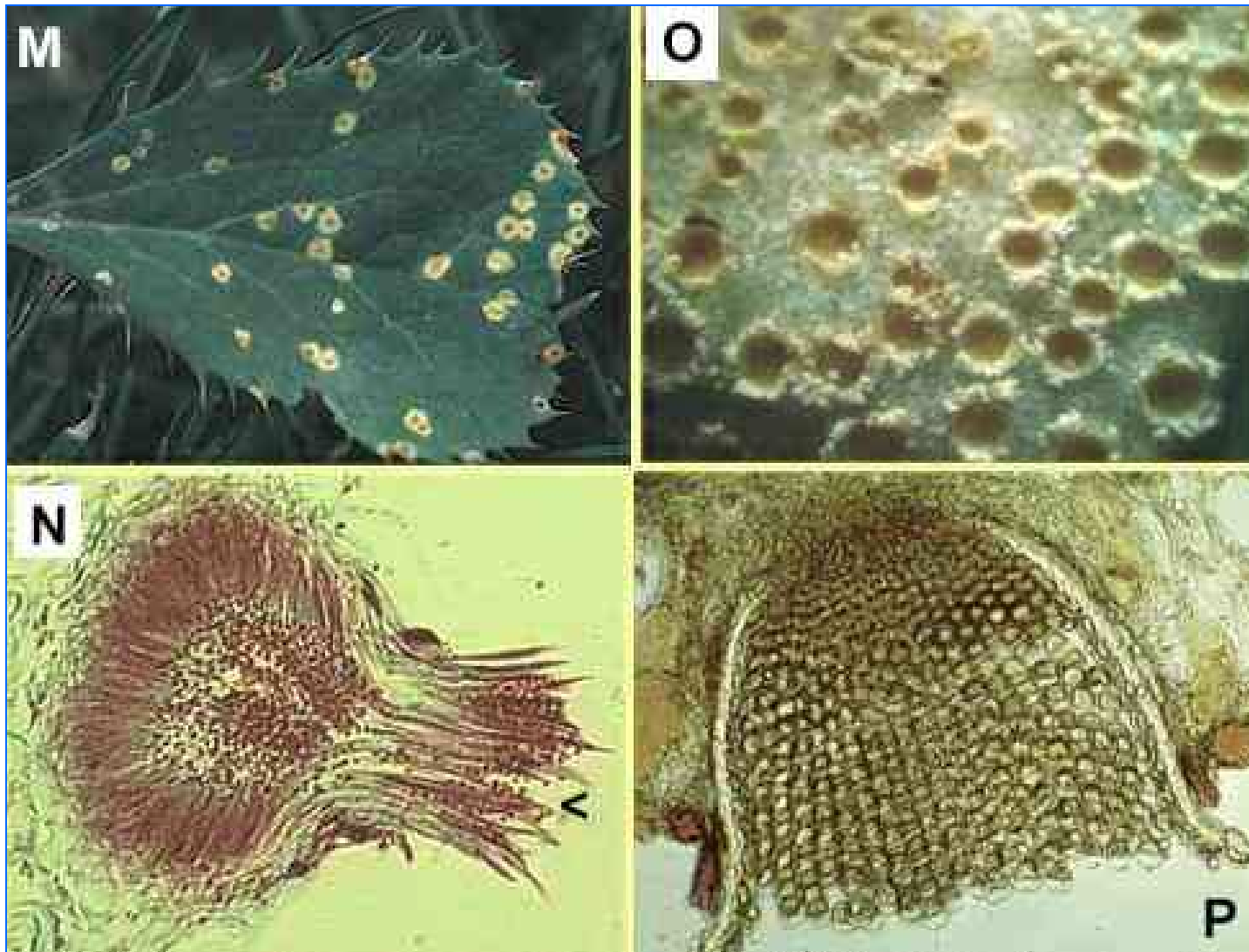
↓

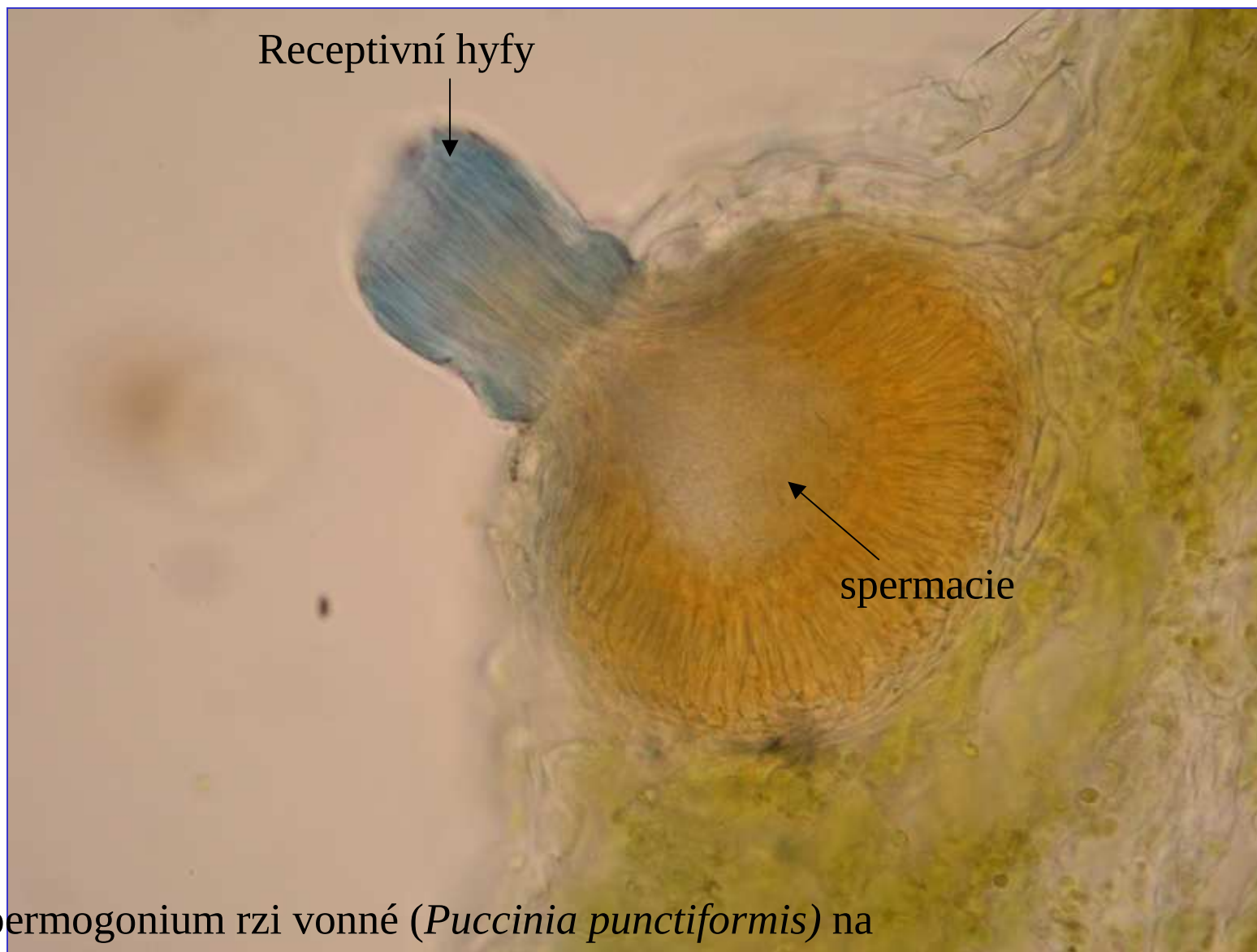
fáze IV - basidia + basidiospóry (n) (travina) infikuje dřišťál



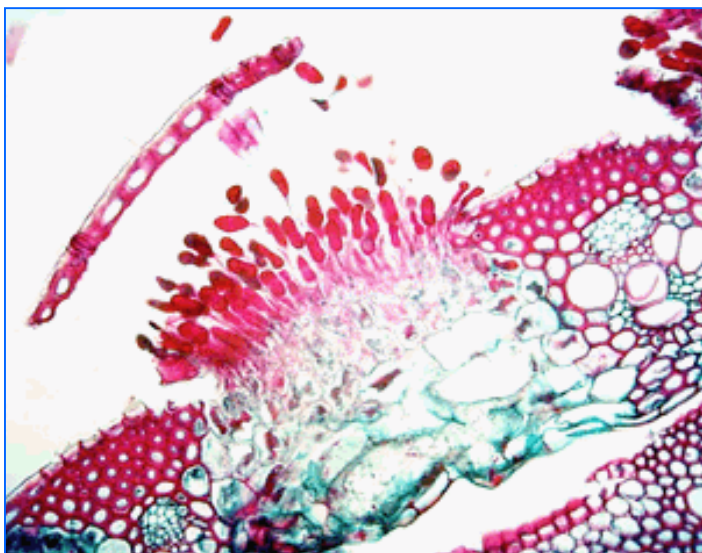
Spermogonium a aecium (*Puccinia graminis*/ list dřišťálu)

Spermogonium a aecium (*Puccinia graminis*/ list dřišt'álu)





Spermogonium rzi vonné (*Puccinia punctiformis*) na
pcháči osetu



uredinium



uredospóra



**List obilniny s ložisky
(sori, pustuly) rzi travní**



telia



teliospóry



**Formace basidie a
basidiospór**

Životní cykly:

- **makrocyklické rzi** - formují všech pět typů spór
-
- **demicyklické rzi** - chybí urediální fáze ($\pm$ spermaciální)
-
- **mikrocyklické rzi** - chybí: urediální, aecidiální fáze – homothalické nebo nepohlavní druhy

Rzi mají a/ dva hostitele - **heteroaecické**

b/ jednoho hostitele - **autoecické**

Významné determinační znaky při určování rzi:

1/ hostitel

2/ typ aecia (pět základních typů)

3/ morfologie teliospóry

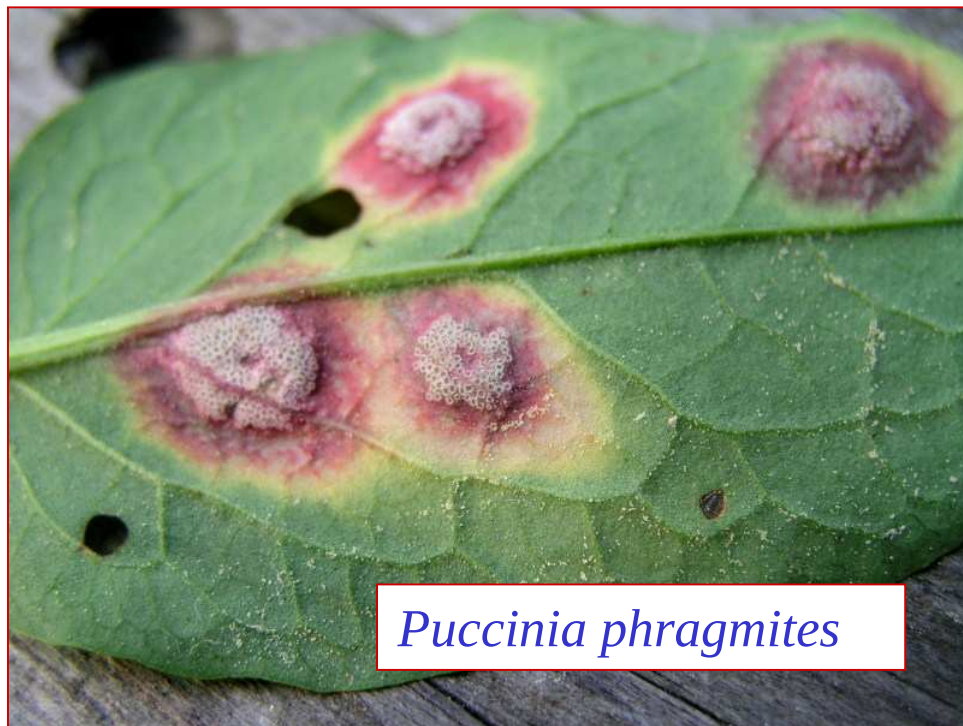
Tranzschel's law – Transcheliho zákon

Aecidiální stádia makrocyklických rzí, které byla nalezena na R
druzích kolonizovanými také některých **mikrocyklickým druhem**
mají vzájemně morfologicky podobné **teliospóry**.

(Telia mikrocyklických rzí napodobují aecia makrocyklických předků.)

Př: Na Krušině olšové můžete najít mikrocyklickou rez (*Puccinia mesnieranana*) pouze ve formě telií, teliospory jsou výrazné s výrůstky. Velmi podobné teliospory můžeme najít u rzi *P. coronata*, ale na obilovinách (oves), aeciální fáze *P. coronata* probíhá na krušině (nebo obdobně některé rostliny čeledi Rhamnaceae).





Puccinia phragmites

Aecidiální fáze na Šťovíku



2. Hostitel: *Phragmites australis*



Melapsora larici -populi na *Populus tremula* (uredia), aecidiální fáze na *Larix decidua*



Uredia a uredospory rzi slézové
Mikrocyclická rez



Puccinia malvaceorum

Kavkova BFJU 2004



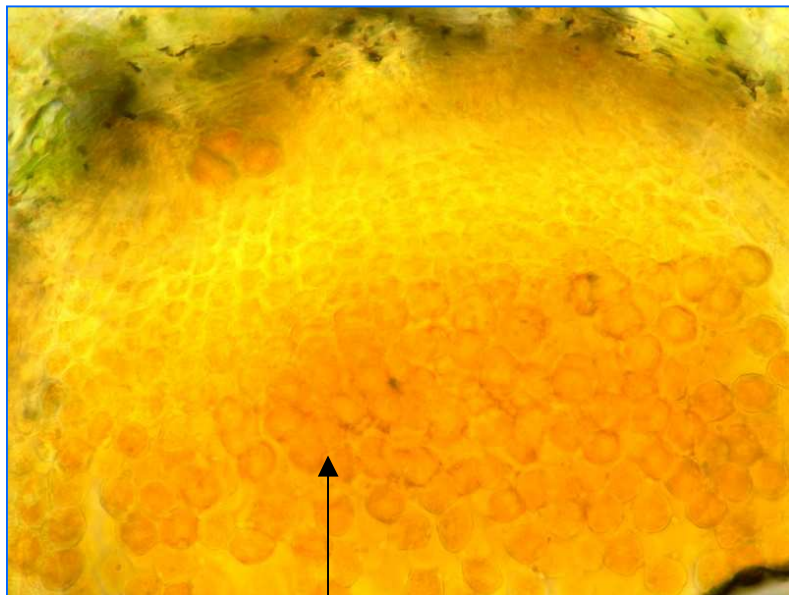
Puccinia obscura na chudobce - aecium

Rez hrušňová

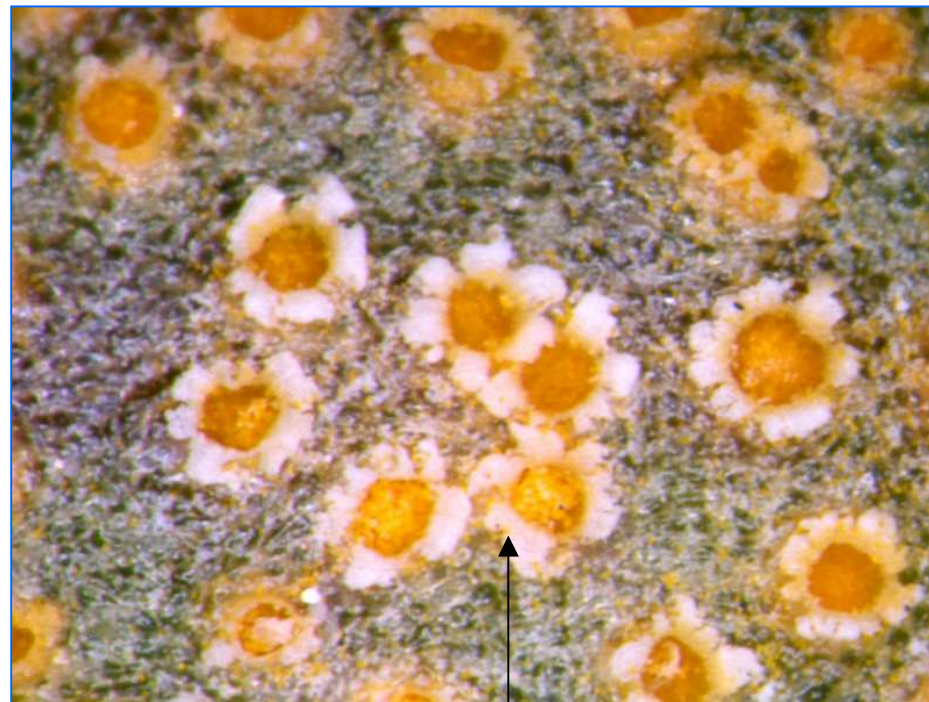
- Spermogonia a aecia na Rosaceae
- Netvoří urediniální fázi
- Telia se tvoří na č: Cupressaceae – tvorba telií je spojena s poškozením kůry - nádory
- Demicyklické



***Coleosporium seneciensis* na Starčeku obecném – aeciální stadium**



Aeciospory jsou dikaryotické a
formují se v řetízkách



Ložisko kryje *Peridie*

•(č: *Melampsoraceae*) rod *Cronartium sp.*

- 20 druhů
- Makrocyklické a heteroaecické rzi
- Hlavní hostitel (*Ribes sp.* - mycelium je každý rok obnovováno)+ alternující (*Pinus sp.*) (vytrvalé mycelium *Peridermium sp* nebo *Endocronartium sp.* aeciospory jsou schopné opakovaně infikovat stejného hostitele – *Pinus sp.*)
- Původ Asie, k nám se dostal kolem roku 1900

Cronartium ribicola: aecia typu peridium na rodu *Pinus sp.*



Uredia a telia na rodu *Ribes*



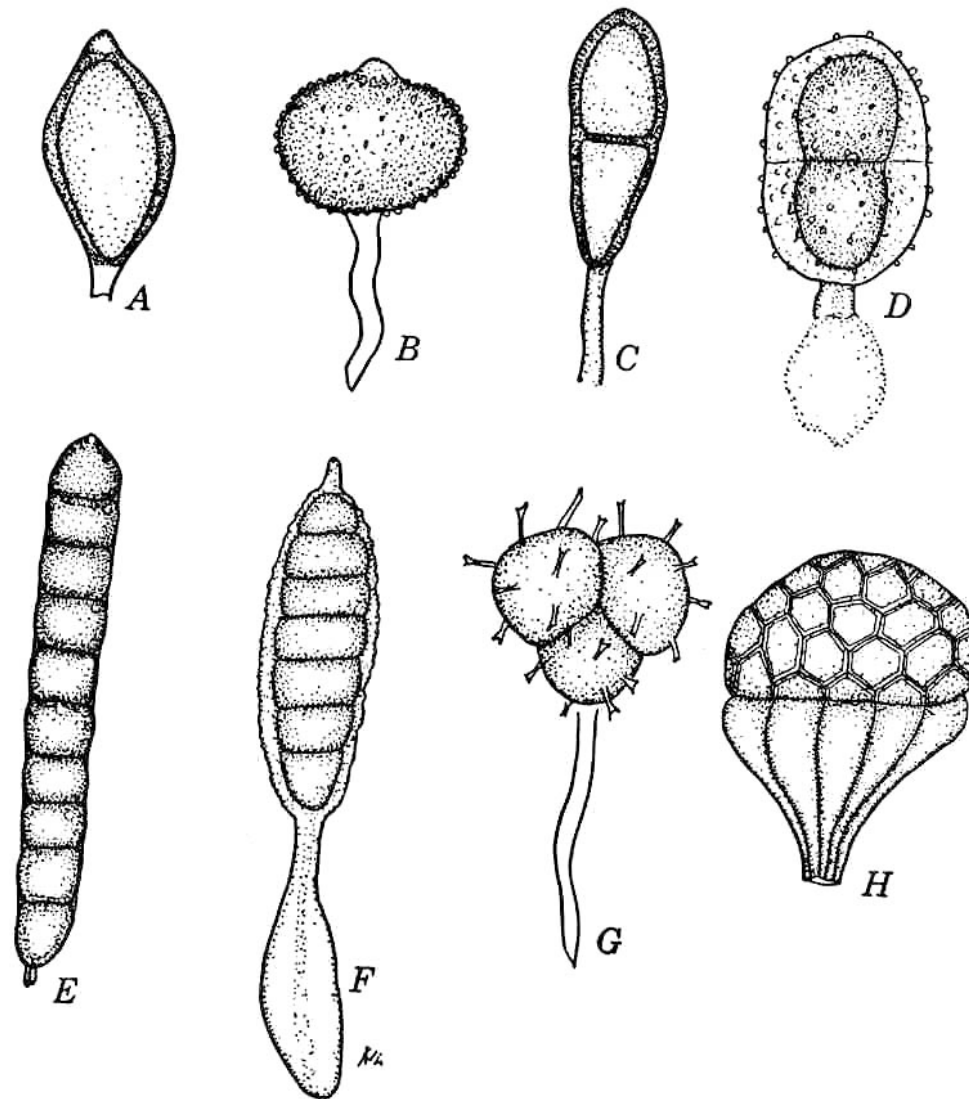
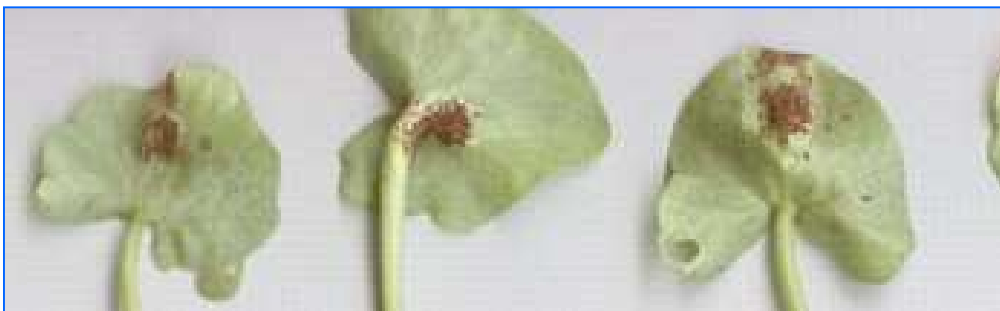
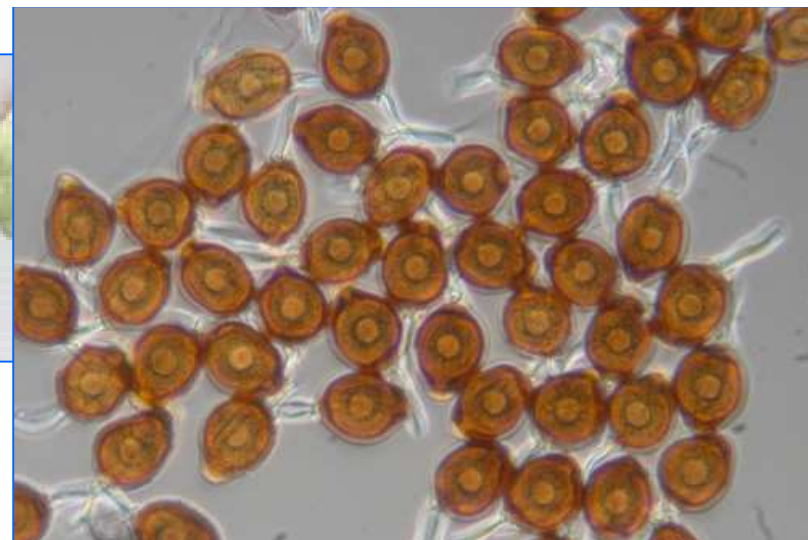


Figure 20-19 Various types of teliospores representing eight genera of rusts: (A) *Uromyces*, (B) *Pileolaria*, (C) *Puccinia*, (D) *Uropyxis*, (E) *Xenodochus*, (F) *Phragmidium*, (G) *Nyssospora*, (H) *Ravenelia*. [(B, D, E, H) Redrawn from Cummins by permission from *Manual of the Rusts of the United States and Canada*, by J. C. Arthur (1934), Purdue Research Foundation, Lafayette, IN.]



Telia a teliospóry *Uromyces ficariae* na
Ficaria verna (Orsej jarní)



Teliospory-*Phragmidium mucronatum*
(Rez růžová) makrocyklická rez, autoecická
hostitelé č. Rosaceae



Teliospóry *Puccinia elachorioides* –
Rez třtinová



Puccinia punctiformis – Rez vonná
(*Cirsium arvense*) Pcháč oset

Řád: Septobasidiales

- obligátní spojení s červci (Homoptera: Coccoidea)
- tenkostěnné probasidium produkuje septovanou metabasidií
- basidiospóry infikují červce prostřednictvím infekční hyfy a haustoria
- na povrchu hmyzu tvoří **myceliální krustu**
- kolonizace rody *Septobasidium* a *Uredinella* nevede ke smrti hostitele, ten pouze není schopen rozmnožování
- tropické a subtropické pásmo

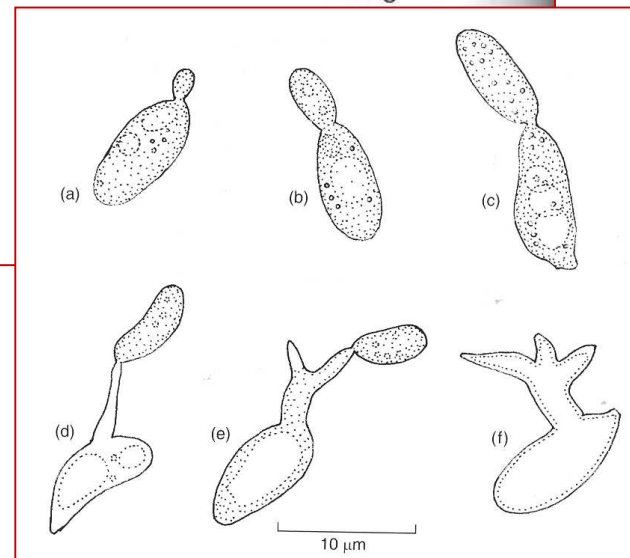
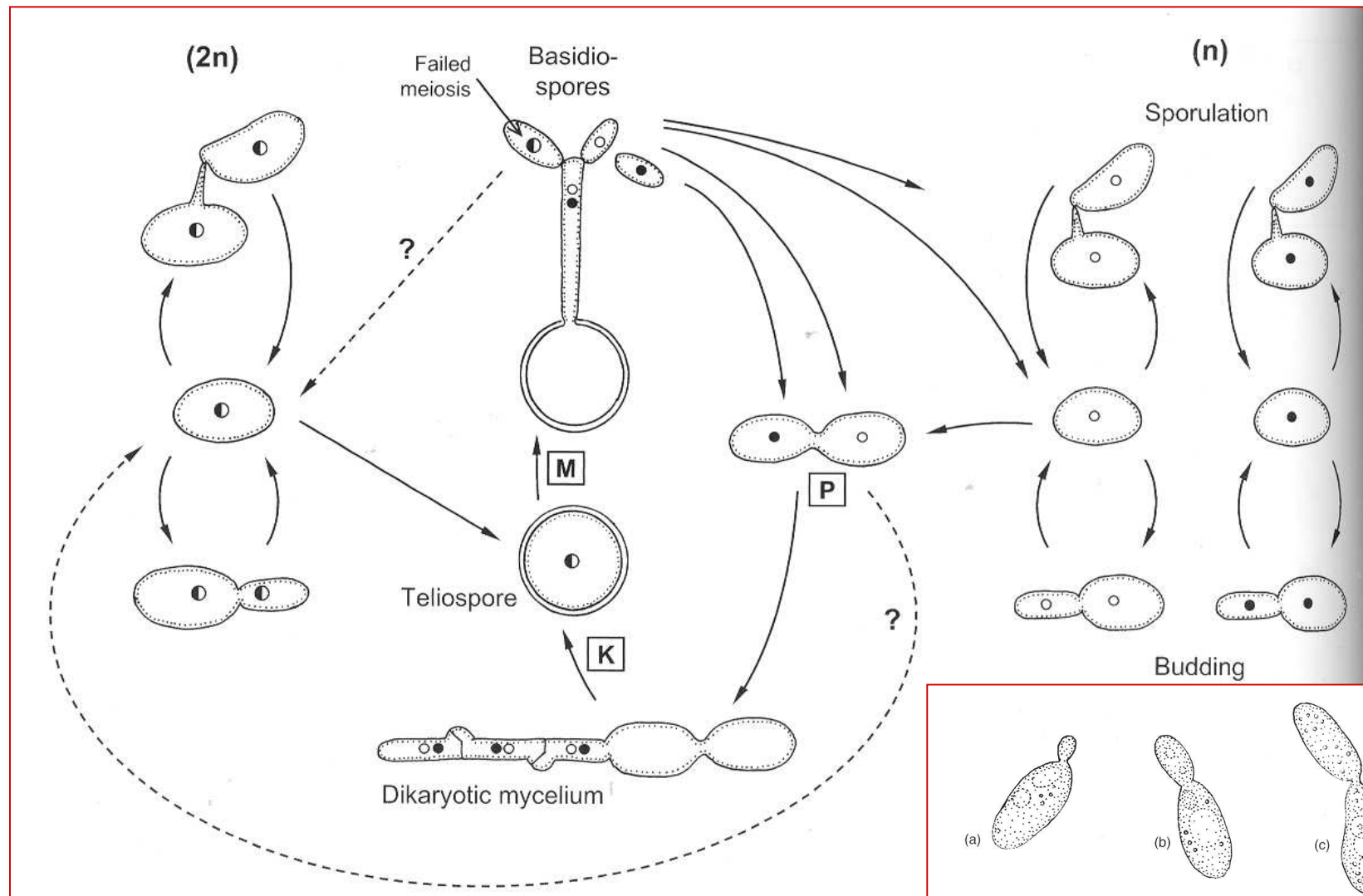


Tř: Microbotryomycetes
Řád: Microbotryales

- Kvasinkovitá stádia
- Některé druhy obsahují karotenoidy (produkce se zvyšuje oxidativním stresem)
- *Rhodosporidium* spp. (tel.)
- *Rhotodula* spp. (an.)
- Vegetativně se množí pučením
- Neprodukují balistokonodie
- Střídání haploidní a diploidní fáze v životním cyklu
- Při 2n fázi se formují teliospóry
- Nacházejí se v půdě, v mořích ve fyloplánu rostlin

Řád: Sporidiobolales

- Rod: (an.) *Sporobolomyces* spp.
- (tel.) *Sporidiobolus* spp.
- Produkuje balistokonodie
- Vegetativně se množí pučením
- Střídání haploidní a diploidní fáze v životním cyklu
- Při 2n fázi se formují teliospóry
- Nacházejí se v půdě, v mořích, ve fyloplánu rostlin
- *Sporobolomyces roseus* jako indikátor čistoty ovzduší (pozitivní)



Životní cyklus *Sporidiobolus salmonicolor*: $2n$ fáze – plasmogamie dvou kompatibilních kvasinkovitých buněk (nebo vede k formaci dikaryotického pseudomycelia a následně teliospóry, kde před klíčením dochází k meioze.

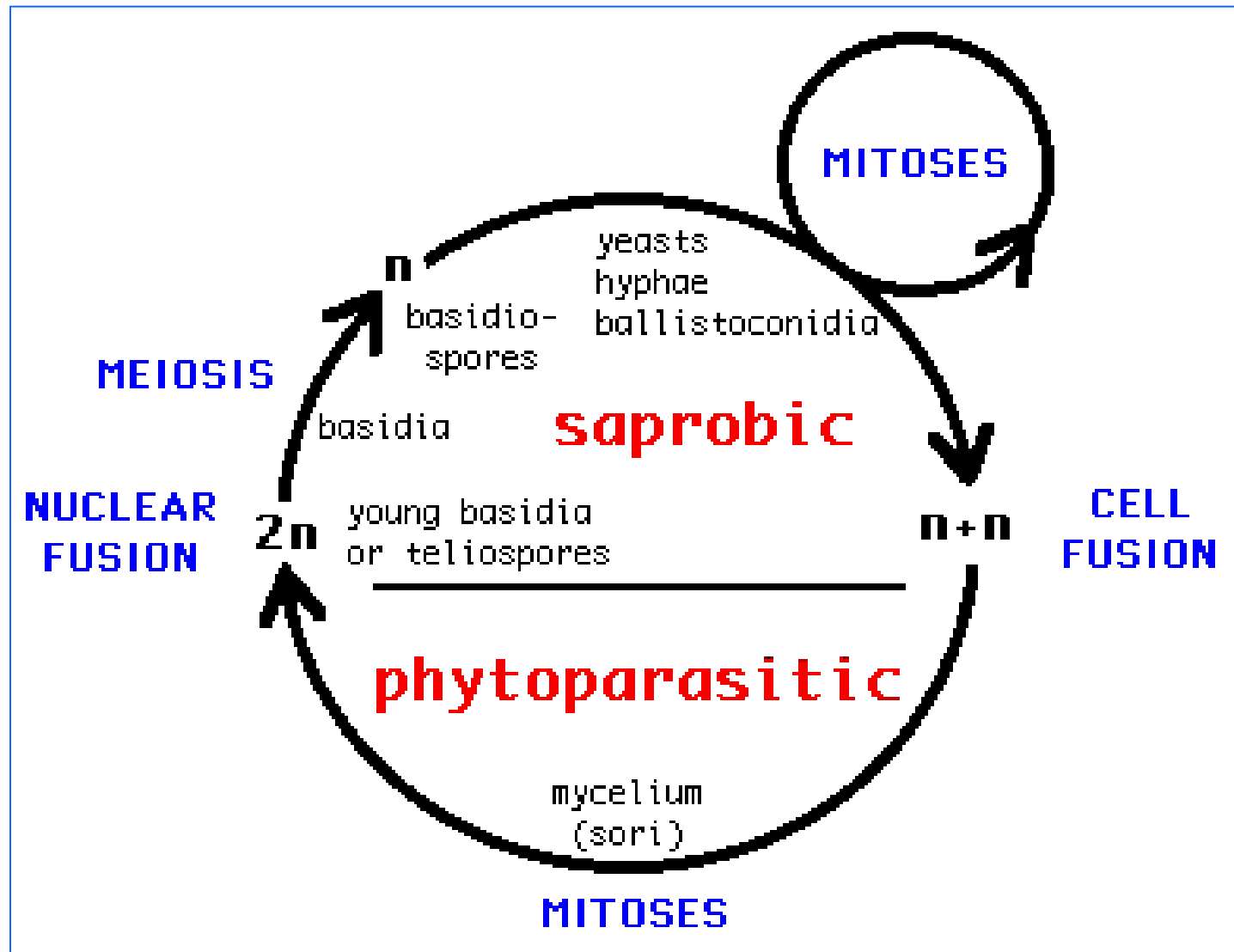
Subphyllum: Ustilaginomycotina

Tř: Ustilaginomycetes

Řád: Ustilaginales (Sněti)

- monofyletická skupina (1997, Begerow et al.), sesterská paraelní k Hyphomycetes (sacharidy bs a sekundární struktura 5S rRNA)
- parazitují na dřevinách, bylinách, kapradinách i mechorostech
- teliospóry pouze sněti na bylinách, v parenchymatických pletivech
- organotropní, **hypertrofie a hyperplazie** pletiv
- jsou více příbuzné s Hyphomycetes než s Urediniomycetes -
typ **B 5S rRNA**, mycelium je septované s póry **bez vrstev parentozómů**
póry jsou uzavíratelné **trojvrstevnou membranózní zátkou**
Glukóza je hlavní sacharidová jednotka buněčné stěny (xylóza)

Generalizovaný životní cyklus



Č: Ustilaginaceae (Sněti prašné)

- jednoděložné rostliny, symptomy: deformace a nádory
- masa snětivých teliospór
- morfogenetické změny během životního cyklu
- nepatogenní haploidní kvasinkovité buňky - feromony pro opačné párovací typy → **fúze - dikaryotické parazitické mycelium**
- feromonový systém je založen na allelickém systému - loci **a** a loci **b**
vláknité dikaryotické mycelium v hostiteli
- teliospóra (**probasidium**) klíčí v metabasidium (**promycelium**) a basidiospóra (**sporidie**)
- Rod: *Ustilago maydis*, *Ustilago nuda*, *Ustilago tritici*

Ustilago maydis

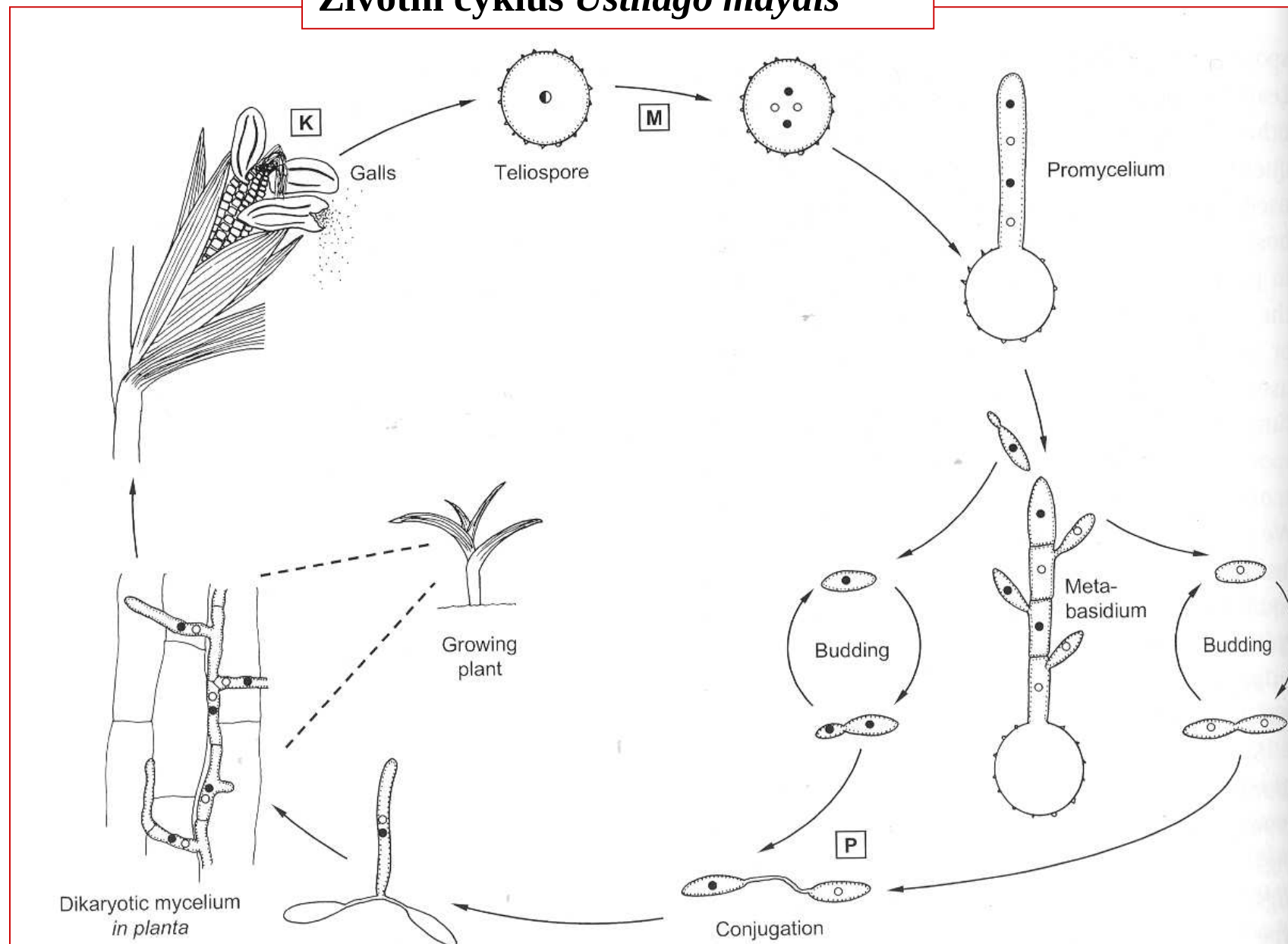


Sněť kukuřičná



Sněťivé nádory na listech a v palici kukuřice

Životní cyklus *Ustilago maydis*



Ustilago avenae – Prašná sněť ovesná





Tolyposporium ehrnbergii

Řád: Tilletiales

Č: Tilletiaceae (sněti mazlavé)

- liší se způsobem klíčení teliospór
- ve zralé teliospóře dochází ke karyogamii a meióze + 2x mitotické dělení a jádra migrují do promycelia (není septátní)
- basidie (**soridie**) (mitóza, dceřiná jádra putují zpět do promycelu)
- sousedící soridie opačného párovacího typu fúzí – **dikaryon**
- aseptátní promycelium - klíčí ve tvaru **písmene H** a produkuje **spirálovité sporidie**



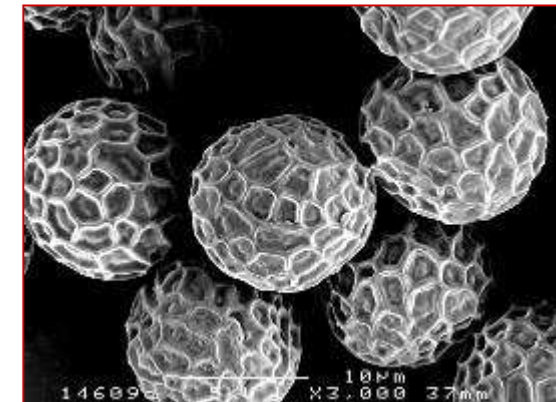
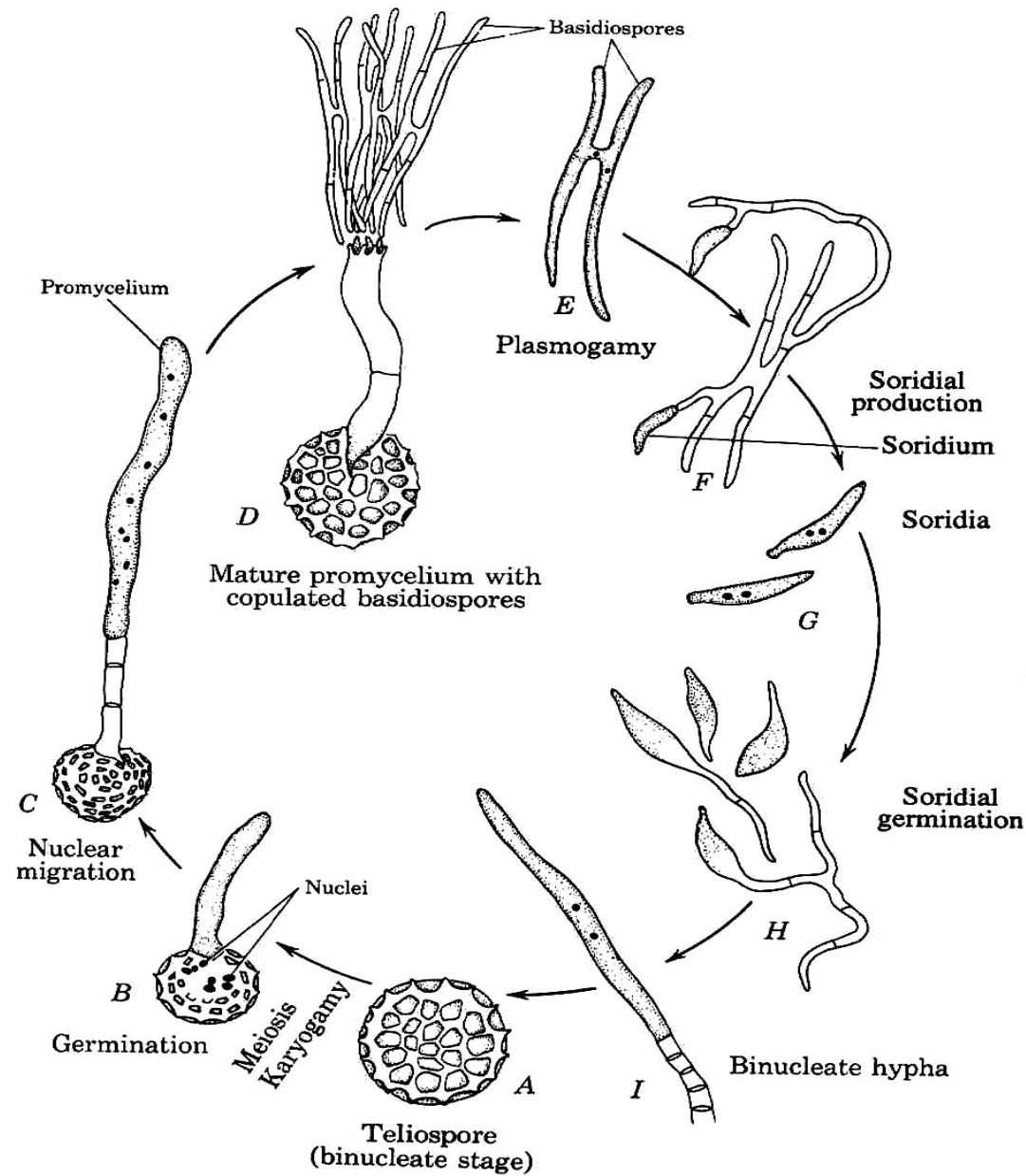


Figure 21-13 Life cycle of *Tilletia caries*. [(B, C, E, G, I) Redrawn by permission of the authors from *Bunt or Stinking Smut of Wheat* (planographed) (1941), Holton and Heald, Burgess Publishing Co., Minneapolis. (D, F, H) Redrawn by permission from *Manual of Plant Diseases* by F. D. Heald (1926), McGraw-Hill Book Co., New York.]

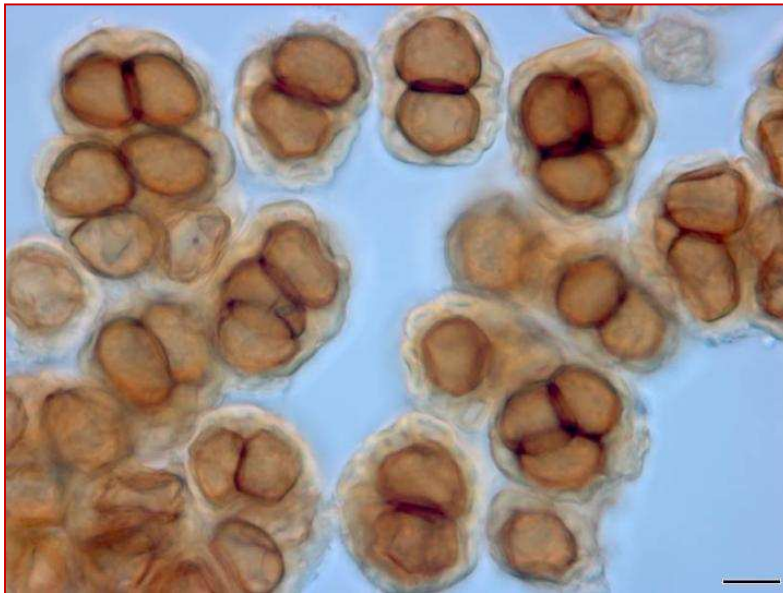
Tilletia tritici-Sněť pšeničná

Tilletia walkeri - Sněť rýžová



Rod: *Urocystis* spp.

Teliospory obsahují více melanizovaných buněk
obklopených sterilními buňkami.



Class: Exobasidiomycetes

Ř. Exobasidiales

- parazité na kvetoucích rostlinách především č: Ericaceae
 - deformace hostitelských pletiv
 - na hymeniálním povrchu produkují holobazidie
 - vyklíčí v sekundární spóry

č: Exobasidiaceae

- jemné větvené intercelulární septované s pórem mycelium
 - krátká **vakovitá haustoria**
- na kolonizovaných orgánech hostitele se formují basidie (banánovitý tvar a hillum)
 - u některých druhů ihned klíčí v sekundární mycelium na kterém se tvoří sekundární spóry
- přezimuje ve formě perenujícího mycelia na kořenech rostlin
 - homothalické druhy

Exobasidium vaccinii



Exobasidium azalea



Zvídavá otázka: Jaké jsou odlišnosti a podobnosti mezi *Puccinia graminis* a *Tilletia tritici*?

Použité zdroje informací:

<http://www.mycoweb.com>

<http://www.mycology.com>

<http://www.ucmp.berkeley.edu/fungi/fungisy.html>

<http://www.mycoweb.com/systematics.html>

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

<http://tolweb.org/Fungi>

<http://www.ilmyco.gen.chicago.il.us>

<http://en.wikipedia.org>

www.syngenta.cz

www.apsnet.org

Papoušek J. (2004) Velký fotoatlas hub z Jižních Čech

Alexopoulos C.J., Mims C.W., Blackwell (1996) Introductory Mycology pp 868

<http://mykoweb.prf.jcu.cz/Urediniomycetes/>

<http://mykoweb.prf.jcu.cz/Ustilaginales/>