

Opylení a oplození u krytosemenných rostlin

květenství

vývoj poznání o opylování rostlin

dehiscence prašníků

přenos pylu

klíčení pylu a růst pylové láčky

syngamie a konfluace



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tato prezentace je spolufinancována
Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky

Sylabus přednášky

- **Květenství** (snímky 3 – 9)
 - hroznovitá
 - vrcholičnatá
 - jednoduchá
 - složená
- **Opylení** (snímky 10 – 25)
 - způsoby opylení (autogamie, alogamie)
 - přenos pylu
 - struktura a růst pylové láčky
- **Dvojitě oplození** - průběh (snímky 26 – 34)

Květenství - inflorescence

- **soubory květů** (zpravidla v horní části lodyhy)
- květy vyrůstají v úžlabí **listenů**
- **listeny** nebo **listence** (na květních stopkách) mohou být pestře zbarveny = zvýšení nápadnosti květenství



<http://www.latin-wife.com/Colombian-Flowers-/Bougainvillea-glabra.asp>



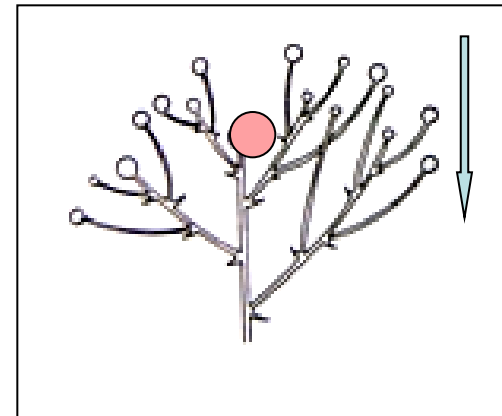
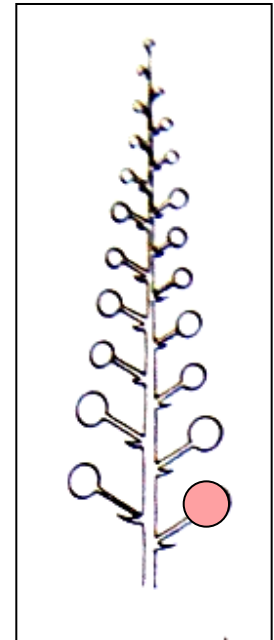
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Poinsettia_2.jpg

Květenství

dělení podle způsobu větvení

- **hroznovitá** (racemózní) – monopodiální
 - akropetální vývoj
 - výchozí forma = **hrozen** (*racemus*)

- **vrcholičnatá** (cymózní) – sympodiální
 - bazipetální vývoj
 - výchozí forma = **vrcholík** (*cymus*)



http://web2.mendelu.cz/af_211_multitext/obecna_botanika/texty-organologie-kvetenstvi.html
http://www.botanickafotogalerie.cz/napoveda/typ_kvetenstvi.php

autorka kreseb: Anna Skoumalová-Hadačová

Hroznovitá květenství - jednoduchá

1 - hrozen



2 - klas



3 - klásek



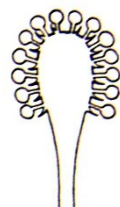
4 - jehněda

5 - palice

6 - hlávka, strboul

7 - chocholík

8 - úbor



6



7



8



http://web2.mendelu.cz/af_211_multitext/obecna_botanika/texty-organologie-kvetenstvi.html

http://apps.faf.cuni.cz/daidalea/docs/morphology/09_Kvety_a_kvetenstvi.pdf

http://www.botanickafotogalerie.cz/napoveda/typ_kvetenstvi.php

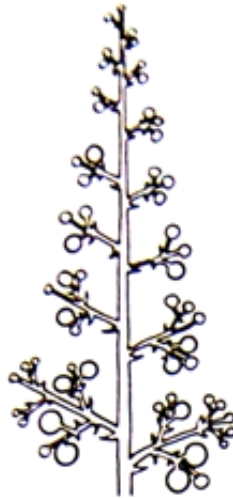
autorka kreseb: Anna Skoumalová-Hadačová

Hroznovitá květenství – složená homotaktická

složený okolík



lata



chocholičnatá lata



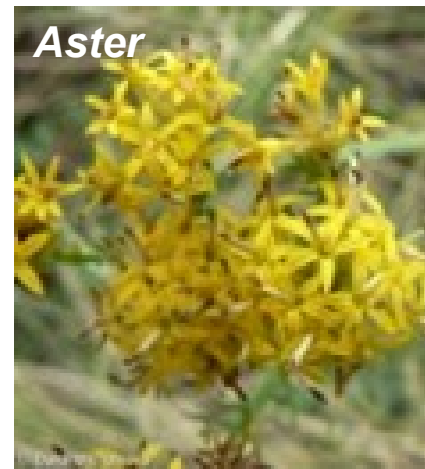
Angelika



Syringa



Poa



Aster



Crambe

Vrcholičnatá květenství jednoduchá

víceramenná

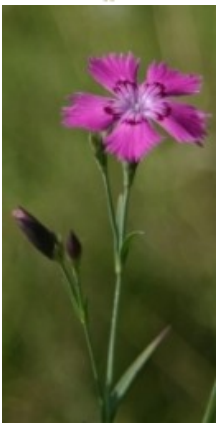
jednoramenná

dvouramenná
dichasium
jednoduché

mnohoramenná
viz dále
v.k. složená

monochasium

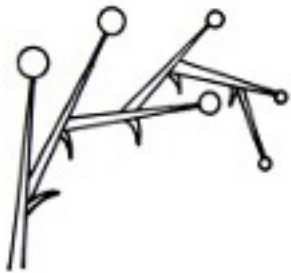
vidlan



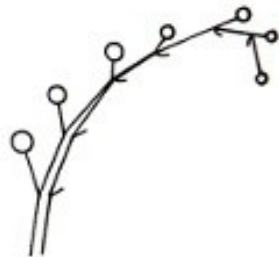
vijan
srpek
šroubel
vějířek

Vrcholičnatá květenství jednoduchá, jednoramenná

vijan



srpek



šroubel



vějířek



Myosotis



Gladiolus



Hemerocallis



Iris

větve **neleží** v jedné rovině s osou květenství a **zakládají se střídavě** na obou stranách = květy jsou ve dvou řadách

větve **leží** v jedné rovině s osou květenství a zakládají se všechny **na jedné straně**

větve **neleží** v jedné rovině s osou květenství a vyrůstají **na téže straně** větve = květy odchýleny na stejnou stranu

větve **leží** v jedné rovině s osou květenství a **zakládají se střídavě** na protilehlých stranách

Vrcholičnatá květenství složená (homotaktická)

složené dichasium

mnohoramenný
vrcholík



Sambucus

kružel



Luzula

vidlan vijanů

vidlan šroubelů

http://web2.mendelu.cz/af_211_multitext/obecna_botanika/texty-organologie-kvetenstvi.html

http://apps.faf.cuni.cz/daidalea/docs/morphology/09_Kvety_a_kvetenstvi.pdf

http://www.botanickafotogalerie.cz/napoveda/typ_kvetenstvi.php

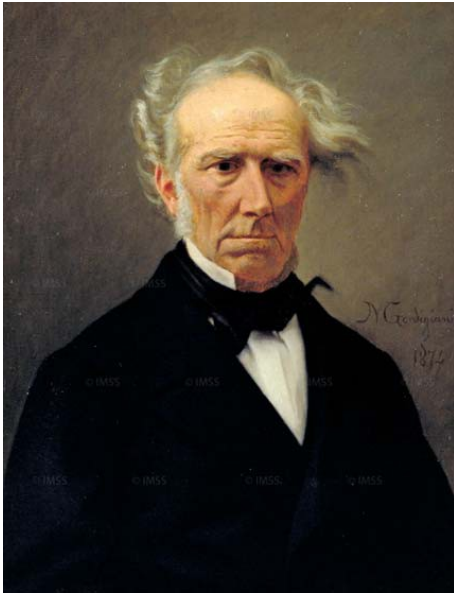
autorka kreseb: Anna Skoumalová-Hadačová

Počátky poznání procesu opylování

- Německý lékař a botanik **Rudolf Jakob Camerarius** (1665 – 1721) – první pokusy popisující pohlavnost rostlin, domníval se, že přenos pylu se děje jen **větrem** (1694 - *De sexu plantarum epistola*)
- Anglický zahradník **Philip Miller** objevuje opylování **hmyzem** (*The Gardeners and Florists dictionary, London 1724*)
- Německý botanik **Johann Jakob Dillenius** (1687 – 1747) objevil **kleistogamii** = vznik plodů a semen i tam, kde se květy vůbec neotevírají
- Německý botanik **Joseph Gottlieb Kölreuter** (1733 -1806) již rozlišoval celkem čtyři typy rozmnožování rostlin:
 - **autogamii** jako důsledek pohybu tyčinek a pestíků
 - autogamii v uzavřených květech = **kleistogamii**
 - **anemofilii**
 - **entomofilii**



První krok ke správnému vysvětlení oplození

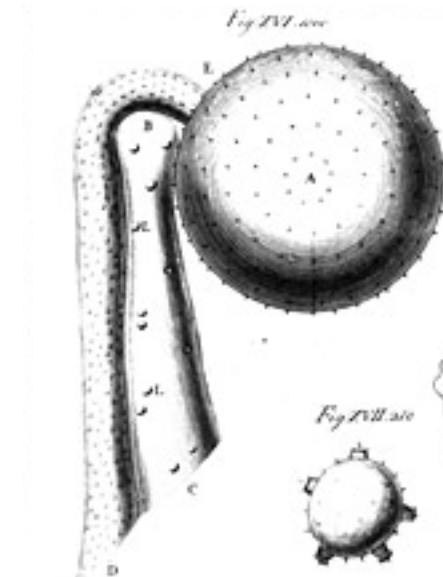


Batta Amici

1823 - Giovanni Battista Amici
(1786-1863) prof. fyziky v Modeně
= objev pylové láčky, jež proroste skrz čnělku
do semeníku u *Portulaca oleracea*

(Osservazioni microscopiche sopra varie piante,
Memorie della Società Italiana delle Scienze,
19: 234 –255, Modena 1823)

1840 - zavedl do mikroskopické
techniky používání **olejové imerze**



Abiotický a biotický přenos pylu

- vítr (větrosnubnost - *anemogamie*)
- voda (*hydrogamie*)
- opylovači
 - hmyz (hmyzosnubnost - *entomogamie*)
 - jiný živočich
 - ptáci (*ornitogamie*)
 - letouni (*chiropterogamie*)
 - vačnatci, savci
 - měkkýši (*malakogamie*)



Anemogamie - přenos pylu pomocí větru

- **přizpůsobení květů:**

- **redukce květních obalů** – není třeba lákat opylovače, ale velké investice do množství pylu (oleje + bílkoviny)

- „výroba“ pylu se energeticky „prodrazí“

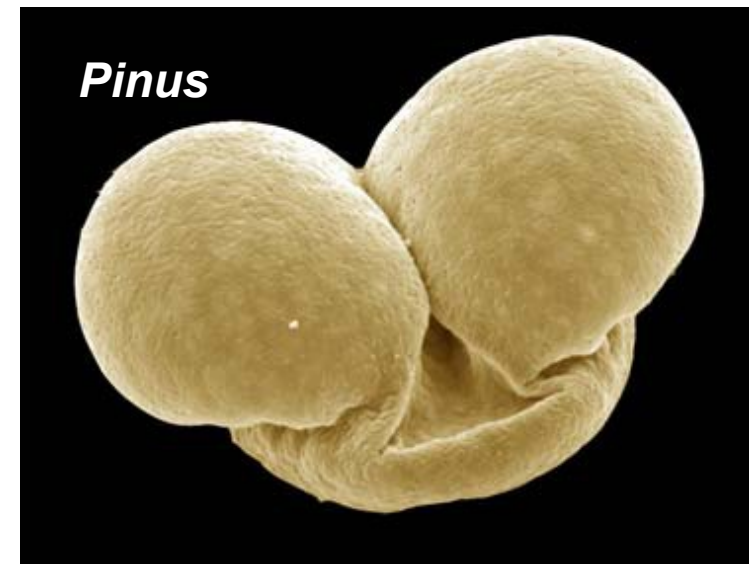
- **tyčinky** - dlouhé nitky, pohyblivé prašníky (např. vrtivé prašníky trav)

- **pyl** = drobný, lehký, sypký, někdy s létacím zařízením = vzdušné vaky

- **blizna** - dlouhá, chlupatá

- **doba kvetení** před vývojem listů, které by bránily přenosu pylu

výskyt: trávy, ostřice, jehličnany, ořešák, dub, bříza, topol, jasan, líska



Hydrogamie - přenos pylu pomocí vody

ve vodním sloupci, v proudu i na hladině

- **přizpůsobení květů:**

- **redukované květní obaly**

- **dlouhé blizny** k zachytávání pylu

- **pyl** - dlouhý nebo slepující se → lepší splývání ve vodě a zachycení na blizně

- **výskyt:** hvězdoše (*Callitriche*), růžkatce (*Ceratophyllum*), vodní mor (*Elodea*), některé rdesty (*Potamogeton*)



Hmyzosnubnost - entomogamie

- nejstarší způsob zoogamního opylování a zároveň nejčastější způsob opylování krytosemenných rostlin
- prvními opylovači byli **brouci** (viz cykas), pak **blanokřídlí**, **dvoukřídlí**, **motýli**,...
- **přizpůsobení květů:**
 - hmyz má dobrý čich → **květy voní nebo páchnou**
 - **zvětšení květních obalů**
 - hmyz je citlivější na modré části spektra a UV → **přizpůsobení barev květů** (noční motýli – bílé květy)
 - „**naváděcí čáry**“ do středu květu a k nektariím
 - strategie lákání opylovačů

produkce pylu, pylového tmelu a nektaru

zvyšování teploty

napodobování tvarů



Ornithogamie

- přenašeči pylu = **ptáci**
- **přizpůsobení květů:**
 - ptáci mají špatný čich → **květy nevoní**
 - ptáci mají dobrý zrak, spektrum vnímaných barev se blíží našemu → **červené květy**
 - **robustní a velké květy** uzpůsobené na větší hmotnost opylovače (ale existují výjimky, např. květy opylované kolibříky mohou být na tenkých stopkách a otočené dolů → kolibřík opyluje za letu pod květem)
- **příklady:**
 - dřeviny rodu **Protea** (J. Afrika) – strdimilové (*Nectarinidae*)
 - australská rostlina **Anygozanthos** „klokaní tlapa“ – medosavky
 - Hawaii - šatovníci



Chiropterogamie

- přenašeči pylu = **letouni**
- **přizpůsobení:**
 - květy se otvírají **v noci či za šera**
 - mají **světlou barvu**
 - vydávají **pachy plesnivění, kažení, hnití...**
- **příklady:**
 - **baobab a kaloni**
 - **divoké banánovníky a kaloni** → každou noc se odklopí nejvyšší listen a zpřístupní řadu květů a každou noc přilétá hejno kaloňů hodovat na nektaru. Přitom nanášejí na sebe pyl nebo opylují s již dříve nabraným pylem. Následující ráno listen i s květy uvadne a odpadne a zůstanou jen semeníky s oplozenými vajíčky. Nejdříve se odklápí listeny s květy samičími a až jsou všechny oplozeny, pak se otvírají květy samčí (**proterogynie**)

Samosprašnost (autogamie)

- = **samoopylení** = opylení květu přenesením pylu **stejného genotypu** z prašníku na bliznu
- pyl z téhož květu (= **idiogamie**) – nutnost existence oboupohlavného květu a časová synchronizace dozrávání vajíček a pylu
 - přenos pylu při vzájemném dotyku tyčinek a pestíku (větrem, zavírání a otvírání květu - **chasmogamie**)
 - květy se **vůbec neotvírají** a opylení proběhne přímo v neotevřeném květu (v poupěti), kde se prašík s pylem přímo dotkne blizny = **kleistogamie** (krytosnubnost), kleistogamický květ (ječmen, *Viola*, *Oxalis*, *Drosera*)
 - pyl z květu téže rostliny (= **geitonogamie**)

Výhody samosprašnosti

- záruka vytvoření potomstva
- není třeba opylovačů - výhodné v oblastech s nedostatkem opylovačů (např. v horách) nebo při rychlém osídlování krátkodobých biotopů
- udržují se dobře adaptované genotypy
- minimální genetické ztráty
- není třeba vynakládat energii na lákání opylovačů

příklady:

hrách

Arabidopsis



Nevýhody samosprašnosti

především evoluční:

- nedochází ke vzniku nových kombinací v genomu
- mohou se kumulovat nevhodné mutace
- klesá podíl heterozygotních jedinců v následujících generacích a vzrůstá homozygotnost, vznikají tzv. čisté linie.
- roste „inbreeding“ mezi blízce příbuznými liniemi

Strategie zabránění samoopylení

- neslučitelnost (**inkompatibilita**) pylu a blizny daného jedince
- **časové oddělení zralosti pohlaví:**
 - **protogynie** (proterogynie) = nejprve dozrávají vajíčka v semeníku (jabloň, *Clematis*)
 - **protandrie** (proterandrie) = nejprve dozrávají pylová zrna (šalvěje, zvonky)
- **prostorové oddělení pohlaví:**
 - **dvoudomost**
 - **heterostylie** (různočnělečnost) = pyl z tyčinek se nemůže přenést na bliznu, i morfologické rozdíly (prvosenka, len, kyprej)
 - **distylie**
 - **tristylie**
- **samčí sterilita**

Inkompatibilita (neslučitelnost)

= neschopnost rostlin tvořit semena, přestože mají funkční gamety

před 200 lety – J. G. Kölreuter

Verbascum:

po samoopylení netvořila semena

po cizosprášení ano



- Stout (1917) - studium fertility *Cichorium intybus*

Cizosprašnost (allogamie)

= přenesení pylu z tyčinek na bliznu květu jiného genotypu

- **nevýhody:**
 - potřeba druhého jedince
 - vyšší náročnost spojená s přenosem pylu = investice do přizpůsobení a množství pylu
 - nutnost tvorby odměn a lákadel pro opylovače
- **evoluční výhoda:** vznik nových kombinací v genomu – možnost reagovat na měnící se podmínky

Samosprašnost a cizosprašnost v ovocnářství

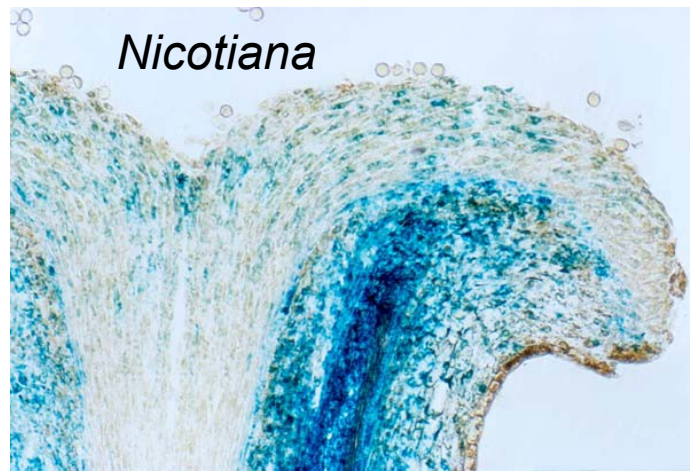
- **samosprašný** je strom nebo kultivar, pokud stačí k oplození pyl z libovolně umístěného květu **stejného kultivaru** (např. některé **broskvoně, meruňky, višně**)
- **cizosprašný** je strom nebo kultivar, pokud k opylení potřebuje **jiný kultivar** (na druhém stromu nebo i na větvi přiroubované na strom, o jehož opylení se jedná (např. **hrušně, jabloně, třešně, rybíz**))

Adheze pylu na blizny – první kontakt

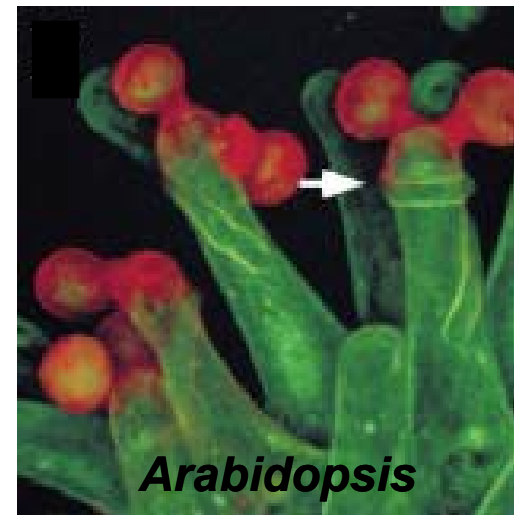
je podmíněná:

- morfologií exiny pylového zrna
- pylovým tmelem (lipidy a proteiny, glykoproteiny)
- typem blizny (Hanf 1935) - vlhká nebo suchá blizna)

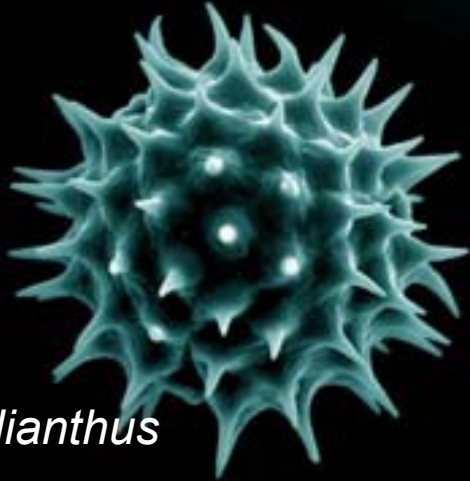
vlhké blizny – v době zralosti pokryté tekutým **exudátem** = voda, glycidy, lipidy
(*Solanaceae*, *Liliaceae*, *Poaceae*)



suché blizny – kryté proteiny, kutikulou nebo voskem
(*Brassicaceae*, *Caryophyllaceae*)



Morfologie exiny pylového zrna



Helianthus

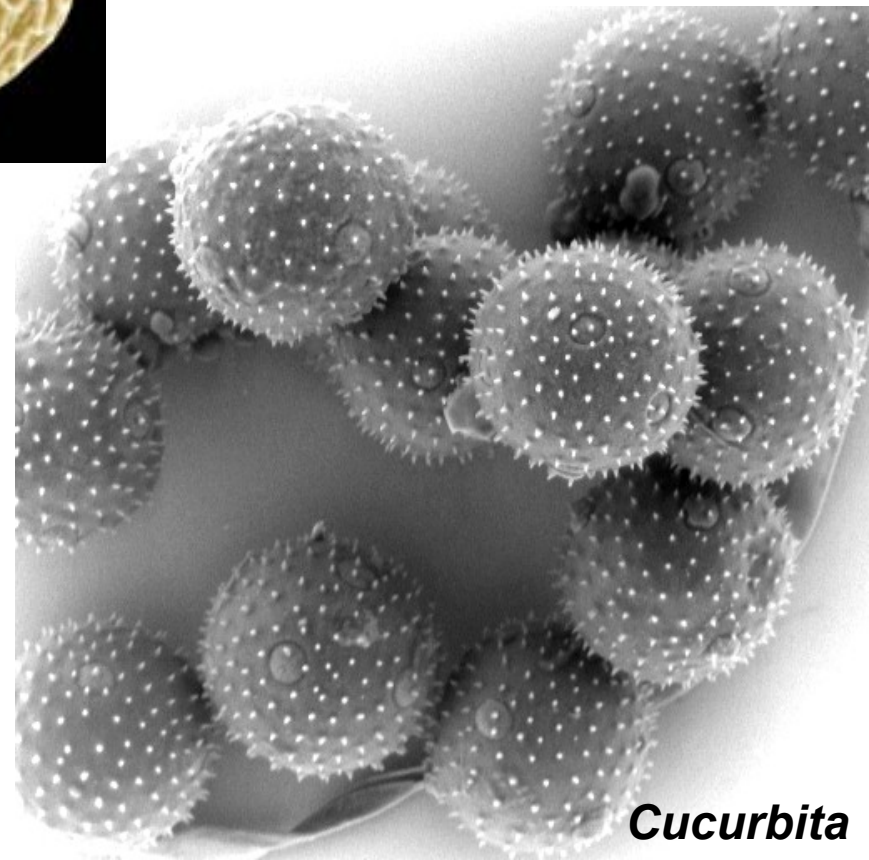


Passiflora

- zralé pylové zrno v době antheze
- metabolicky v klidu
 - silně desikované (obsah vody jen 15 – 35%)



Lilium



Cucurbita

Místa interakcí samčího gametogytu s pestíkem

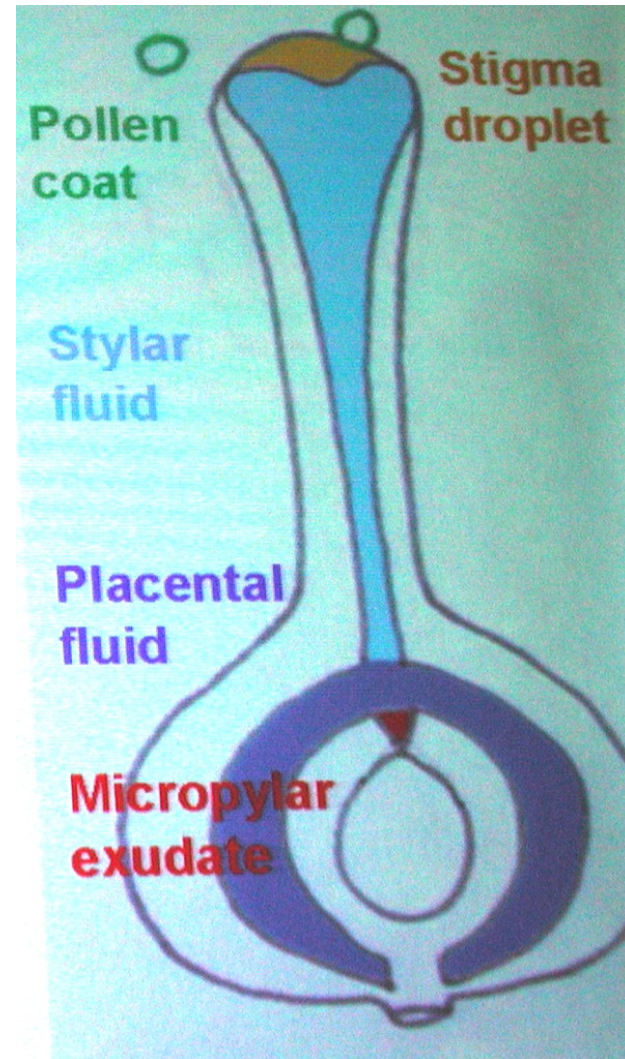
povrch pylového zrna:
pylový tmel
proteiny ve sporodermě

bliznový exudát

tekutina kanálu čnělky

placentární tekutina

exudát mikropyle

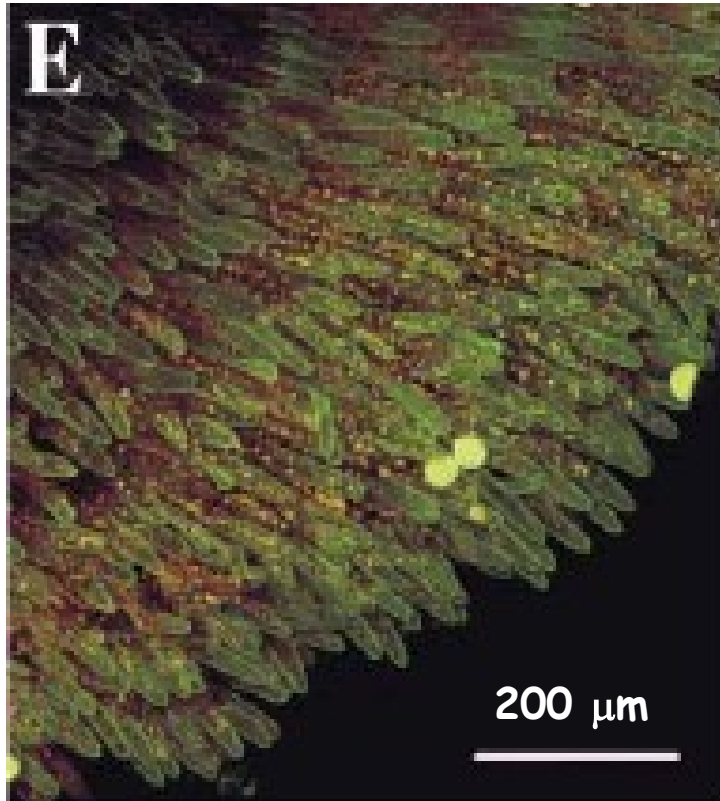


Willemsee (*Haworthia* – vlhká blizna)

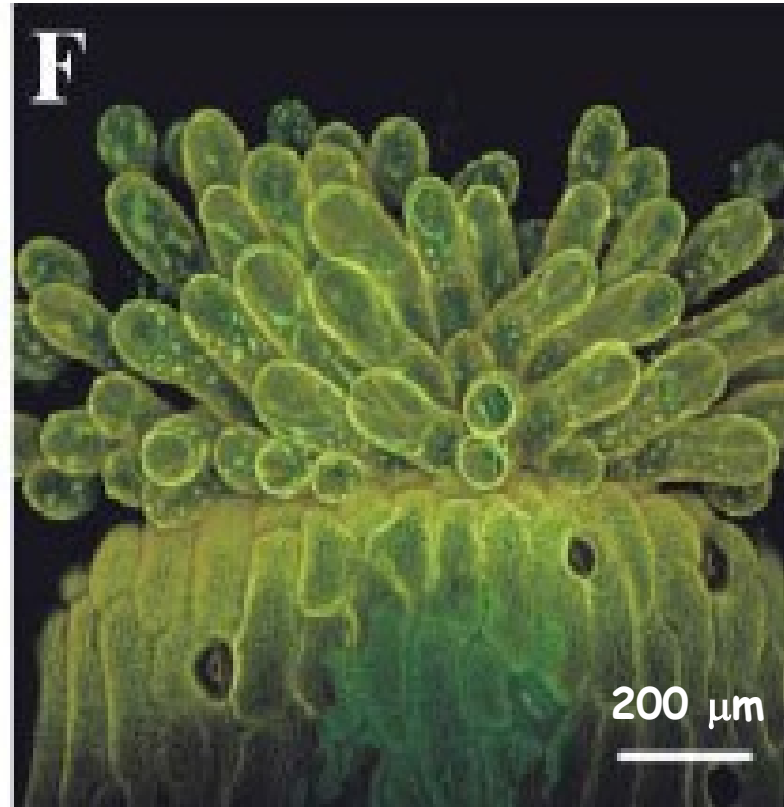
Suché blizny a 3 buněčný pyl

- **inkompatibilita sporofytického** typu se projevuje **již na povrchu blizny** (proteiny z tapeta)
- je daná **genotypem rostliny**, která produkuje pyl (**sporofytem**)
- bez ohledu na genotyp si pyl ponechává fenotypovou reakci dominantní alely

Suché blizny – s papilami



blizna *Torenia fournieri*
barvena Auraminem O



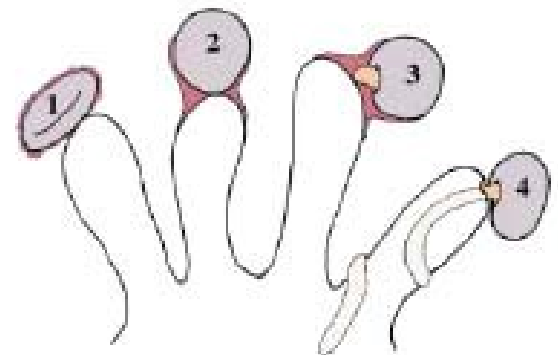
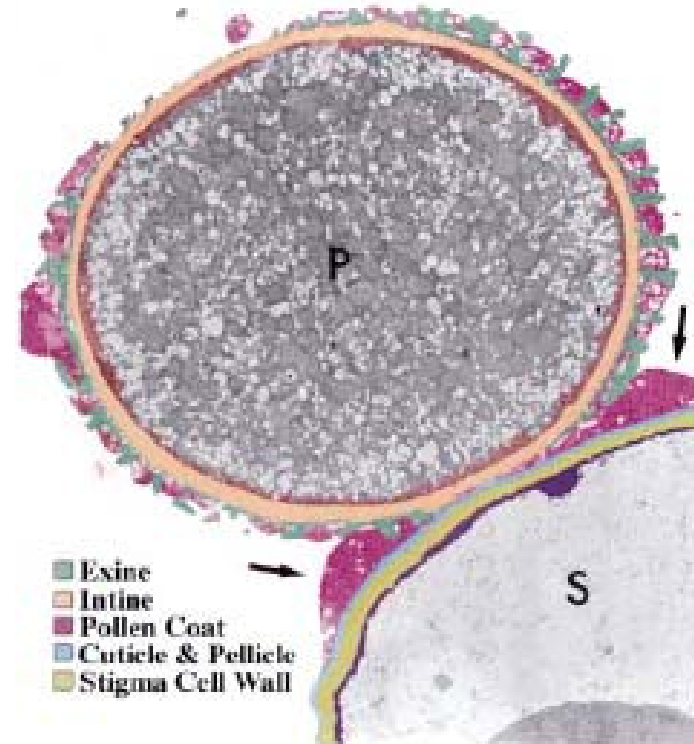
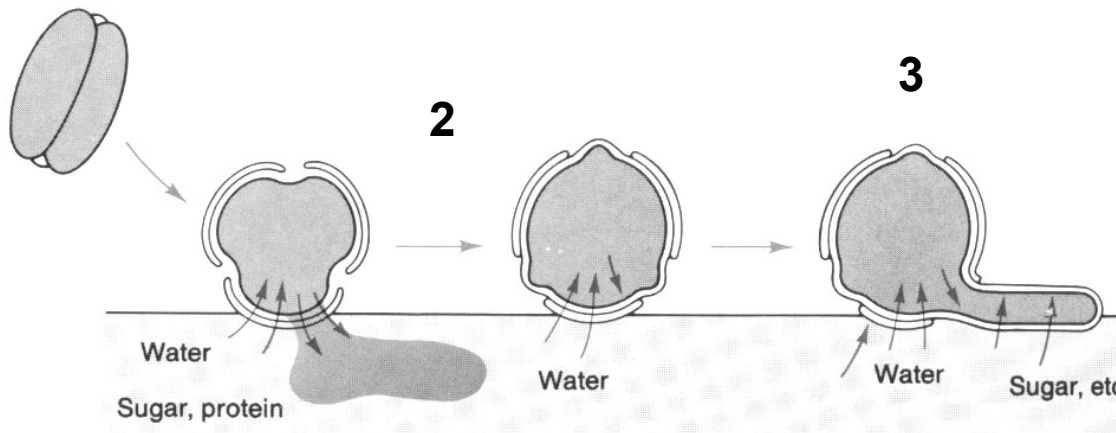
blizna *Arabidopsis*
barvena FM1-43

Vlhké blizny a dvoubuněčný pyl

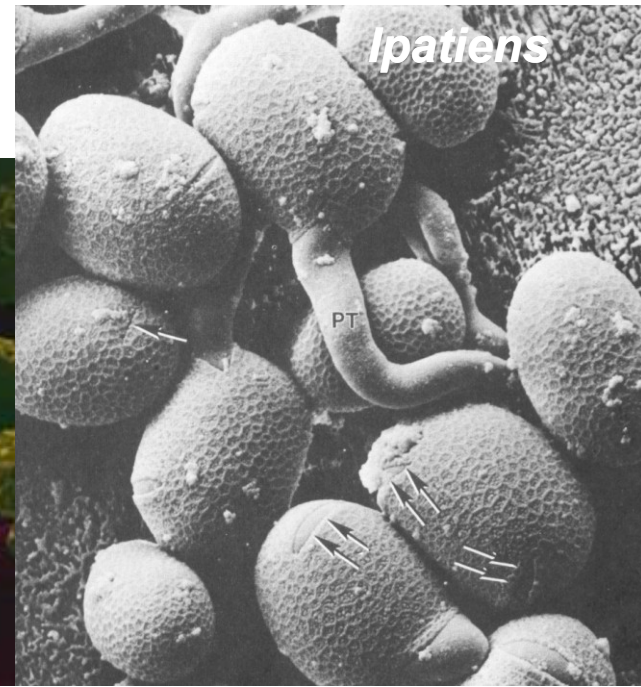
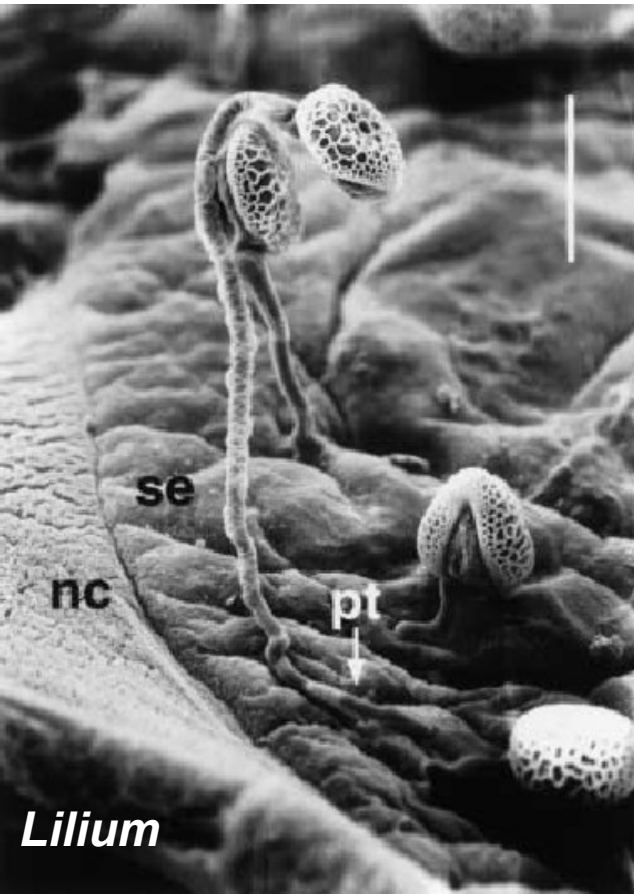
- **inkompatibilita gametofytického typu** se projevuje až při prorůstání pylových láček přes pletiva čnělky a zárodečného vaku = zastavování růstu pyl. láček
- je určována **genotypem samotného pylového zrna (gametofytu)**
- u čeledí *Viciaceae*, *Solanaceae*

Stadia klíčení pylu

1. adheze pylového zrna na blizně
2. rehydratace pylového zrna
3. klíčení pylového zrna
4. růst pylové láčky



Klíčení pylového zrna

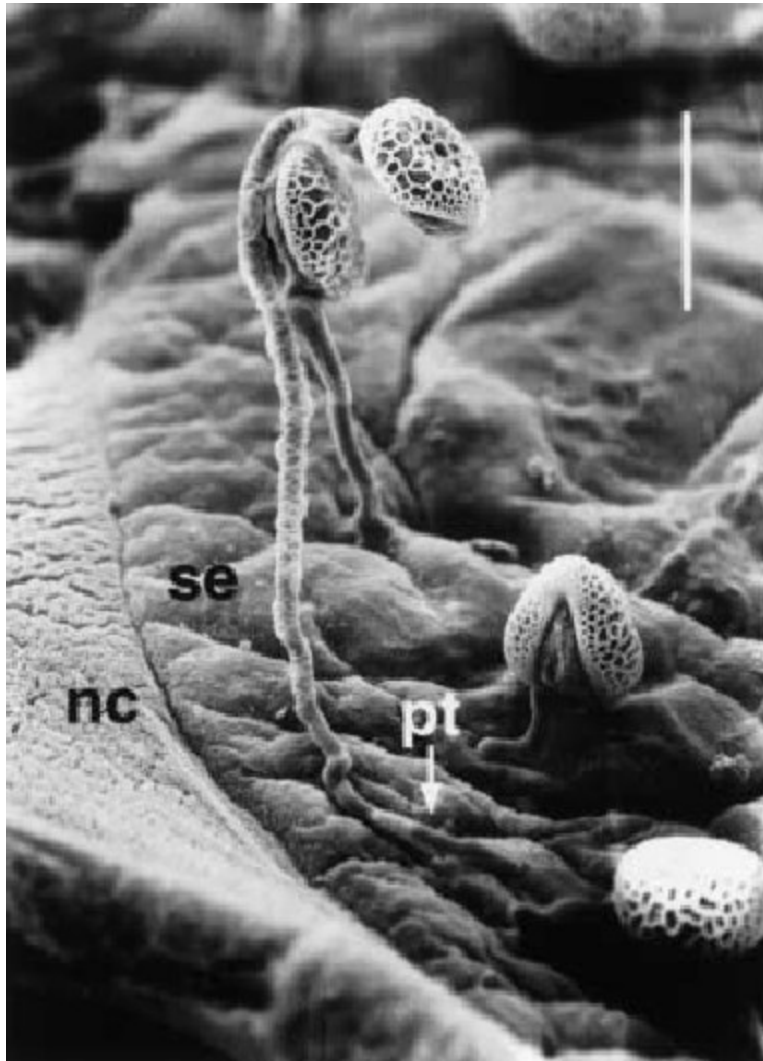


- hydratace pylu
- přesun aktinového cytoskeletu k místu klíčení
- přesun vegetativního jádra
- typy klíčení:
 - **monosyfonické** – nejčastější (u růží – větvení pylové láčky)
 - **polysyfonické** (*Daphne mezereum* – lýkovec jedovatý, *Althaea* - proskurník topolovka, *Scabiosa* – hlaváč)

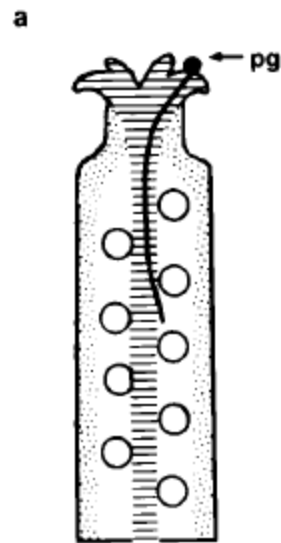
Ontogeneze pylové láčky

- **aktivace pylového zrna - hydratace**
- **klíčení pylového zrna**
- **invaze pylové láčky do blizny – esterasy (kutinasy), proteasy, RNAsy**
- **růst pylové láčky**
- **stárnutí pylové láčky**

Plné a duté čnělky

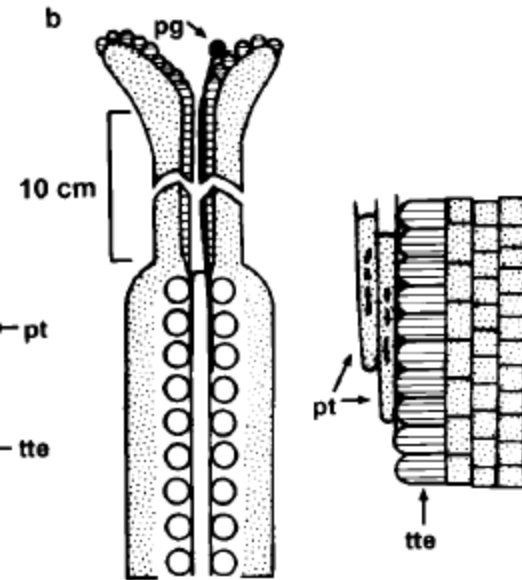


Převodové pletivo



Arabidopsis

Kanálek ohraničený žláznatou pokožkou

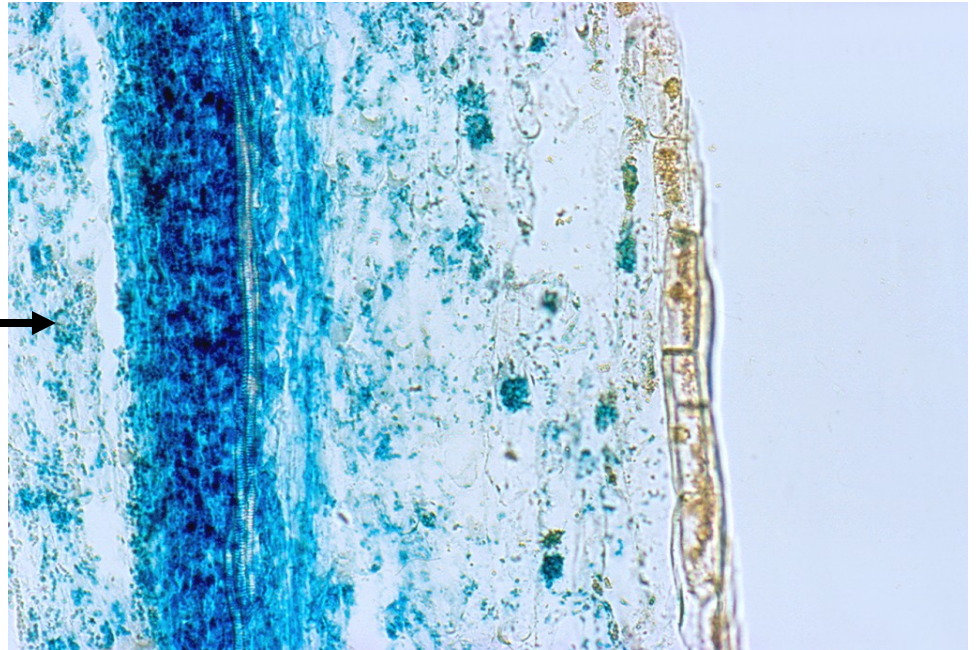


Lilium

Lord 2001

Podélný kryostatový řez čnělkou tabáku

převodové pletivo =
podélně protáhlé buňky
s mezibuněčným prostorem
vyplněným pektiny i proteiny



plná čnělka s převodovým pletivem

Pylová láčka

- Prasknutí intiny a růst pylové láčky
- Do rostoucí pylové láčky se přesouvá celý obsah pylového zrna, v pylovém zrnu tvorba vakuoly
- Intenzivní proudění cytoplazmy v rostoucí láčce
- BS se skládá s pektinů, kalózy, celulózy (6-7 %) a hemicelulóz (nejvíc pektinů ve vrch. části, postupně přibývá kalóza)
- Tvorba kalózových zátek

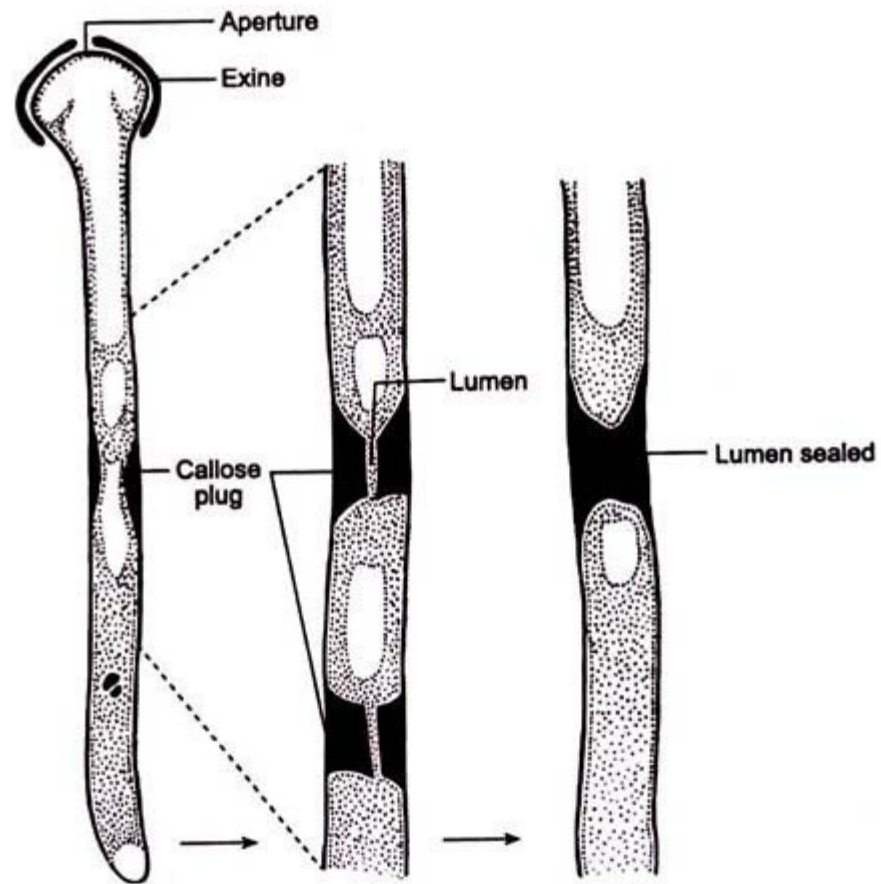
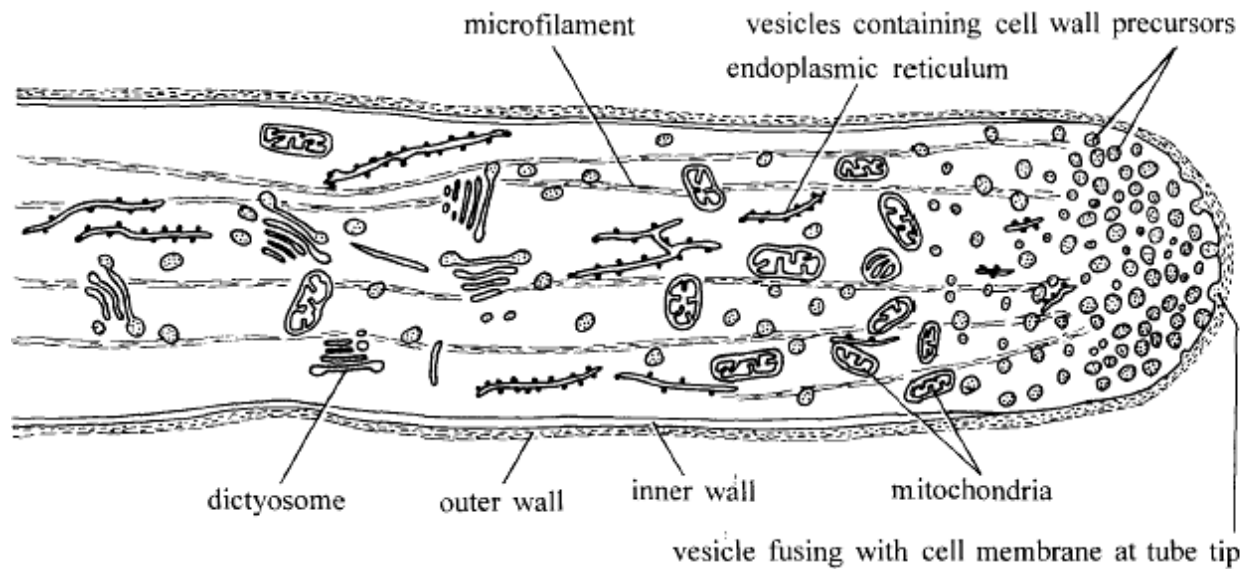


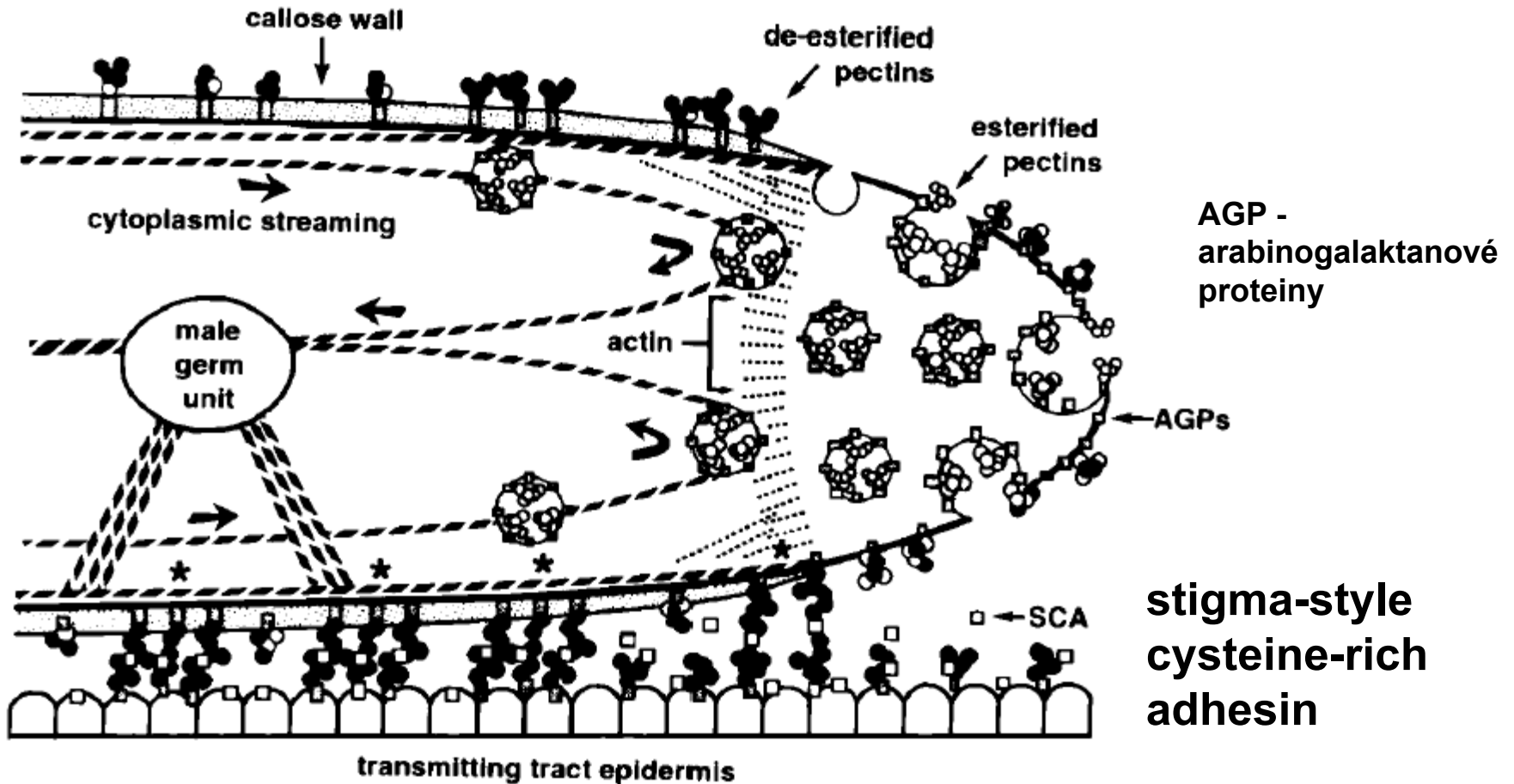
Fig. 6.7 : Different stages of callose plug formation in a growing pollen tube.

Struktura pylové láčky

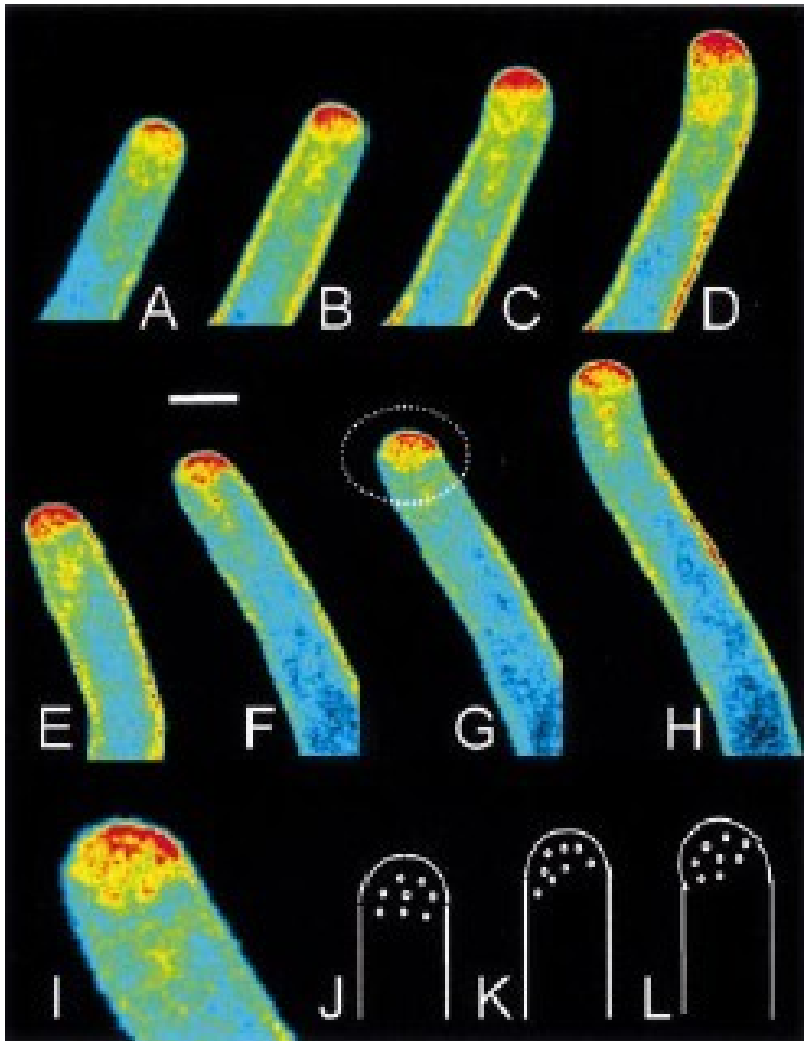
- čepička
- pod čepičkou = zóna vysokého obsahu proteinů
- zóna komplexního endomembránového systému
- vakuolizovaná část (kalózové zátky)



Model pro růst pylové láčky lilie



Růst pylových láček



vrcholový

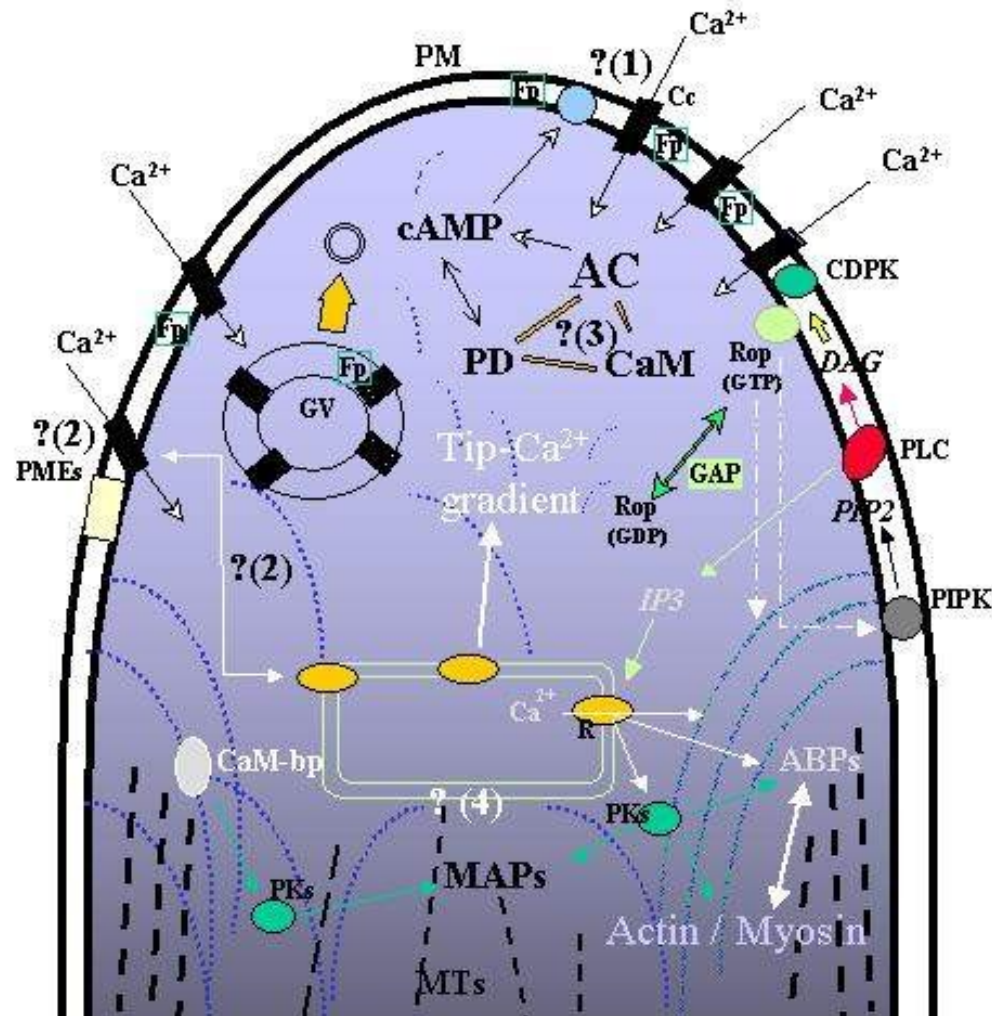
nejrychlejší po vyklíčení
(0,5 – 3 mm/hod.)

vysoce polarizovaná fúze váčků,
které transportují složky buněčné
stěny k vrcholu

hlavní roli v regulaci
hraje gradient $[Ca^{2+}]$

Camacho et Malhó 2003

Model pro růst pylové láčky *Agapanthus*



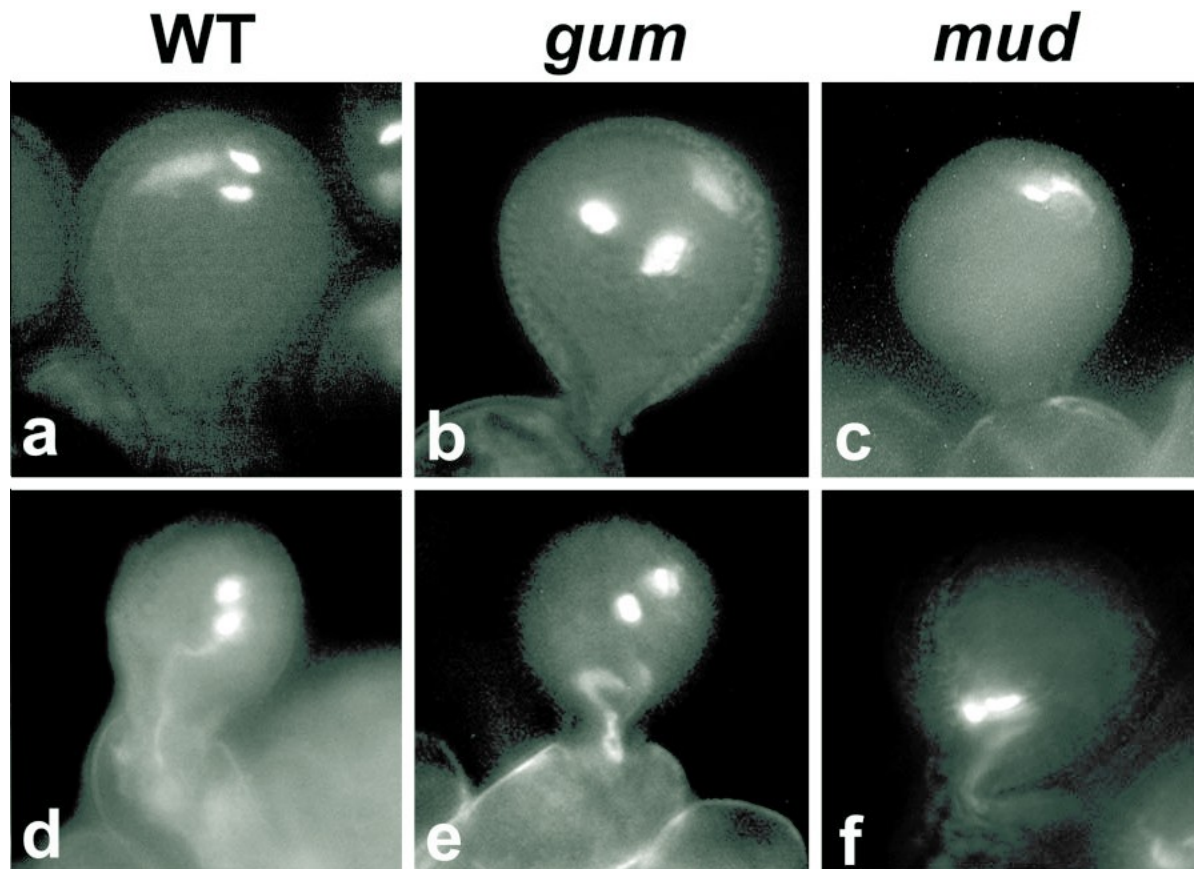
fosfolipáza C
fosfatidilinositol
difosfát

Camacho et Malhó (2003)

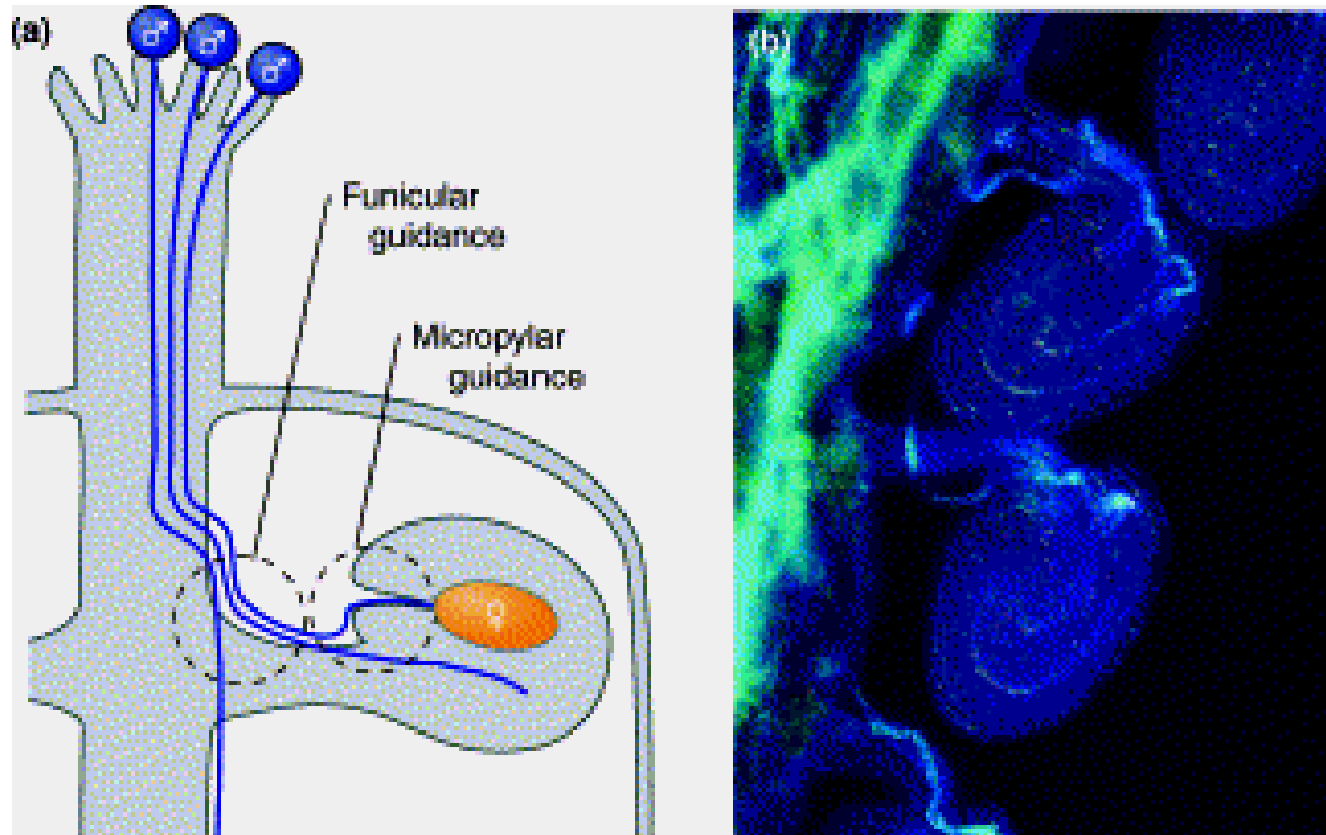
Endo-exocytosis in the pollen tube apex is differentially regulated by Ca²⁺ and GTPases.

J. Exper.Bot.

Přesun MGU v průběhu klíčení pylu u *Arabidopsis*



Fáze vedení pylové láčky u *Arabidopsis thaliana*.



suchá blizna

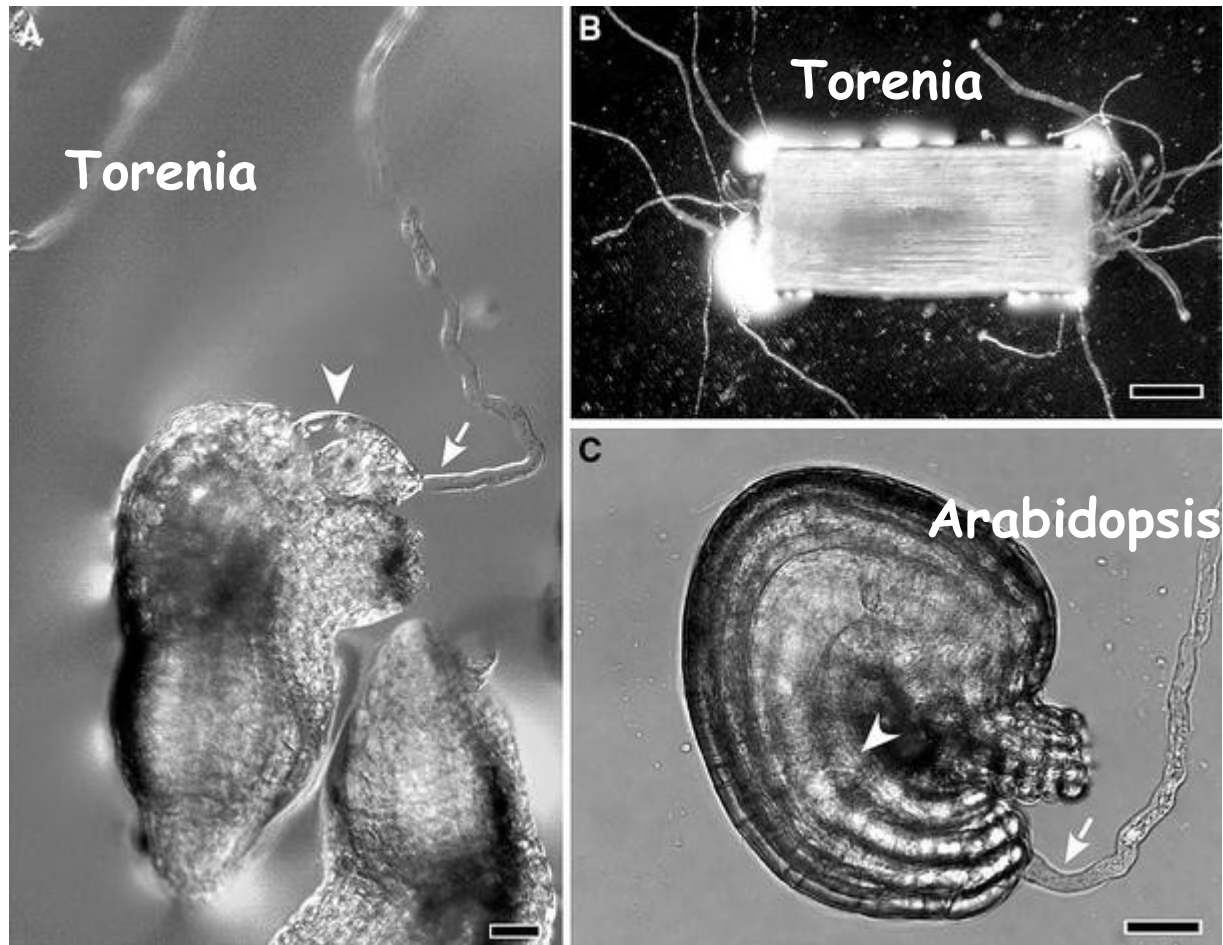
Higashiyama *et al.* 2003, *Curr. Opinion in Plant Biology*

Stárnutí pylové láčky

pozorováno jen u láček pěstovaných *in vitro*

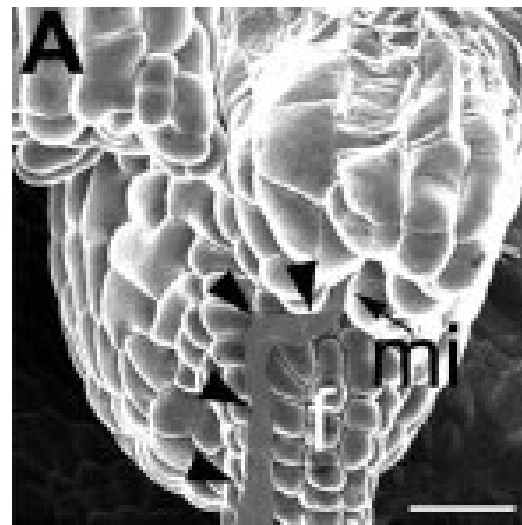
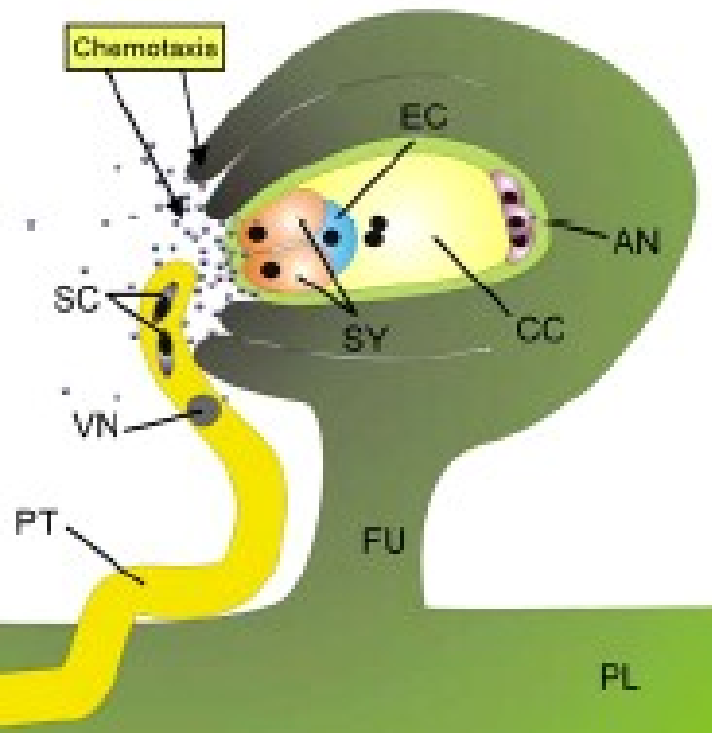
- zastavení růstu
- vytvoření kalózové čepičky na vrcholu láčky
- vakuolizace vrcholové části
- degenerace celého obsahu

Regulace růstu pylových láček

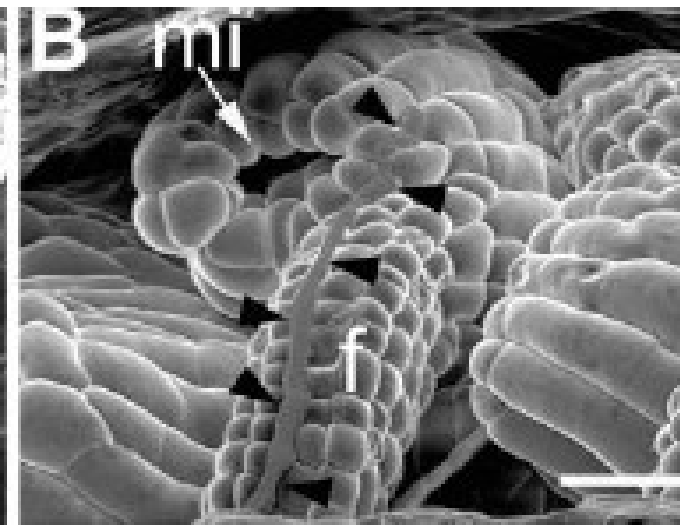


Higashiyama et Hamamura 2007

Navigace pylové láčky



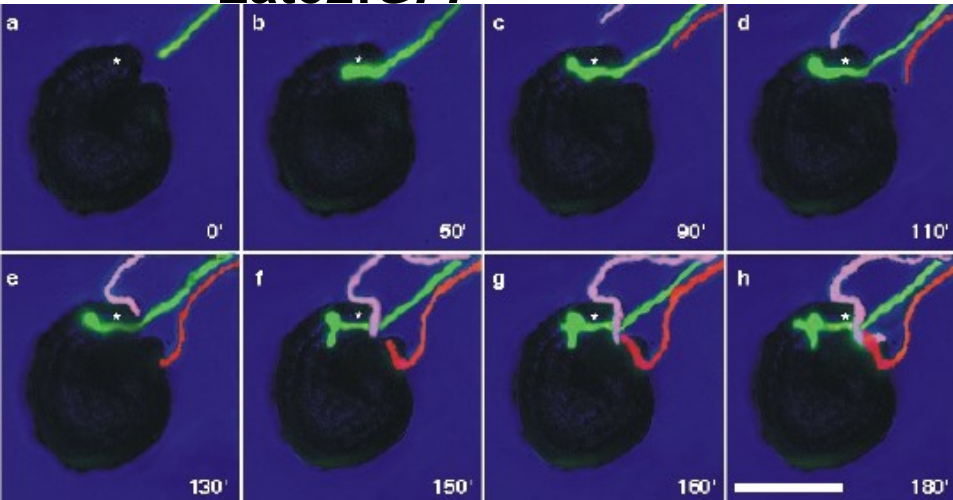
WT



magamata FG mutant

A. thaliana - růst pylových láček *in vitro*

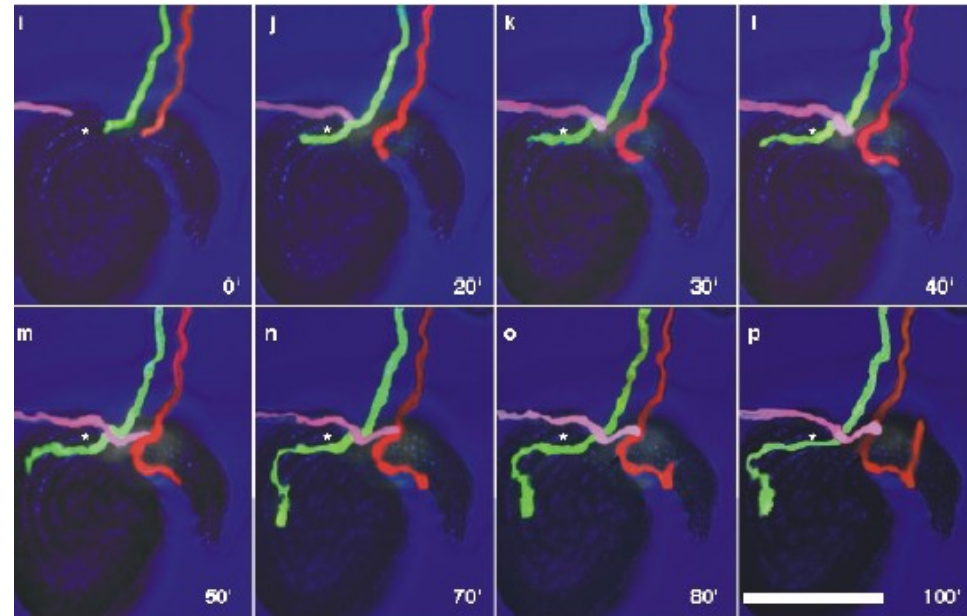
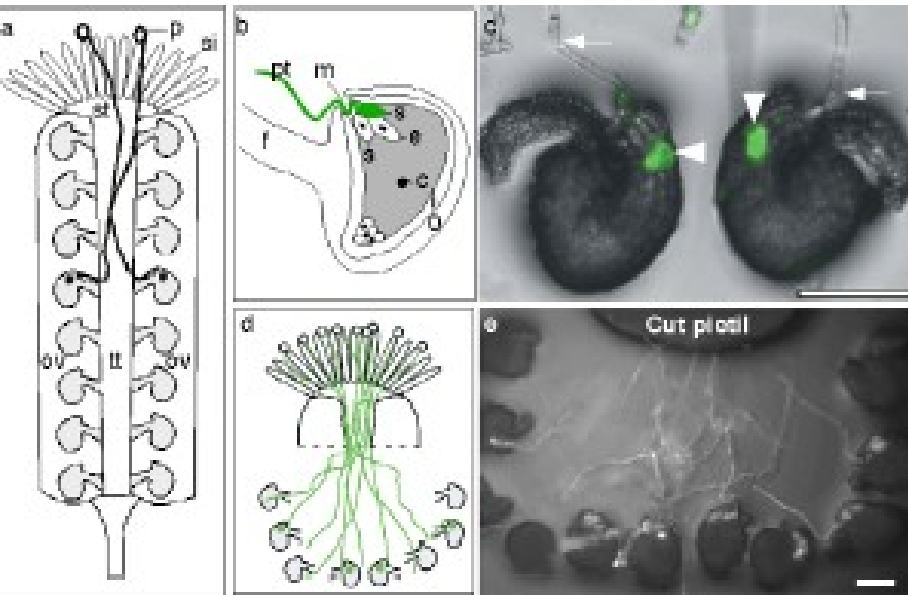
Lat52:GFP



Palanivelu a Preuss 2006

neoplozená vajíčka *A. thaliana* emitují difuzibilní, vývojově regulované, druhově specifické atraktanty

vajíčka penetrovaná pylovými láčkami rychle uvolňují repelenty



Oplození u rostlin

jednoduché (syngamie)

rostliny cévnaté výtrusné

rostliny nahosemenné

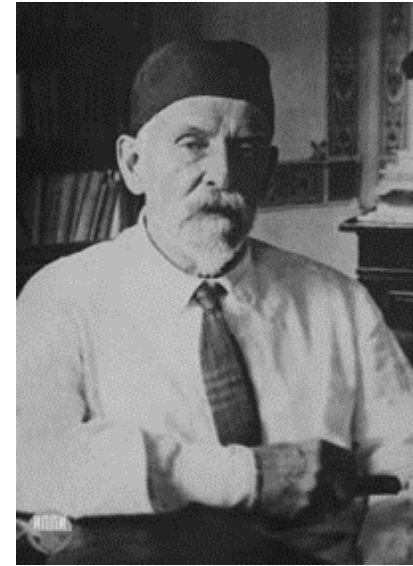
dvojí (syngamie a konfluace)

rostliny krytosemenné (dvouděložné a jednoděložné)

Dvojí oplození u krytosemenných rostlin

1898 - popsal ruský botanik **Sergej Gavrilovič Navašin**

- Novyje nabljudenija nad oplodotvorenijem u *Fritillaria tenella* i *Lilium martagon* (součást sborníku Dněvnik X. sjezda ruskich estěstvoispytatělej i vračej v Kijevě)
- krátké sdělení v německém časopise **Botanisches Zentralblatt** *Neue Beobachtungen über Befruchtung bei Fritillaria tenella und Lilium martagon*



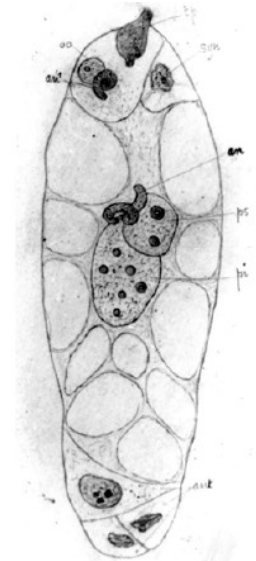
1899 nezávisle na něm Francouz: **Jean-Louis Guignard**

1882 – popsal vývoj zárodečného vaku z buněk nucelu

1883 – potvrdil Flemingem pozorované podélné dělení chromozomů

1889 – potvrdil Strassburgerem popsanou meiozu

1899 – popsal dvojí oplození u rostlin



keiten sind auf die mannigfaltigste Weise combinirt. Man sieht daraus, dass sich die von Ascherson aus der \pm dichten resp. fehlenden Haarbekleidung der Blätter und Scheiden genommenen Unterschiede zwischen den var. var. *Siegertiana*, *cujavica* und *Browniana* nicht festhalten lassen. Da ich mir die einzelnen Haare auf den Schläuchen der schlesischen und theilweise auch der russischen *Siegertiana* nicht wohl als den Anfang zur Ausbildung einer Schutzvorrichtung, sondern nur umgekehrt als Relict eines früher stärker entwickelten Haarkleides vorstellen kann, so bleibt mir eben nur die Annahme einer Grundform mit behaarten Schläuchen, was, wie wir sehen werden, für die Nomenclatur von ziemlicher Bedeutung ist.

(Fortsetzung folgt).

Botanische Ausstellungen u. Congresse.

Bericht über die Sitzungen der botanischen Section der Naturforscherversammlung in Kiew (Russland) vom 20. bis 30. August 1898.

Sitzung am 22. August.

Leiter der Section: Prof. Baranetzky, Prof. Nawaschin, Herr Pariewitsch und Herr N. Zinger.

Prof. Tichomtrow (Moskau) theilt seine Untersuchungen mit über Mechanische Elemente der Gewebe bei *Cinchona*.

Bis jetzt steht in den Lehrbüchern der Pharmakognosie die ältere Definition der Bastfasern bei *Cinchona* als so dickwandige Zellen, dass deren Höhlung nur ein Punkt oder eine enge Spalte ist. Nach des Ref. Untersuchungen der frischen China-Rinde in Java (Staatspflanzungen Lembang und Nagrak), an *Cinchona Ledgeriana*, *C. Calisaya*, *C. Weddelliana*, *C. Schukrafti*, *C. Succirubra*, und *C. officinalis* angestellt, erweist es sich, dass in der ganz unbeschädigten Rinde die innersten Bastfasern eine im Vergleiche zur dünnwandigen Zellmembran bedeutende Höhlung haben. Später wurde dasselbe auch bei den wildwachsenden *Cinchonen* Amerikas erwiesen, was früher in Folge mangelhafter Präparierung ausser Acht gelassen worden ist.

Prof. Palladin (Warschau) spricht:

Ueber den Einfluss des Lichtes auf synthetische Prozesse in den grünen Pflanzentheilen.

Bei der Etiolirung der *Vicia-Faba*-Keimlinge erhält man bekanntlich kleine, gelbliche Blätter, welche viel Eiweiss, keinen Kohlenwasserstoff und keine Stärke enthalten. Diese Blätter cultivirte Ref. auf einer 10% Lösung von Rohrzucker. Der Zucker wird dabei zu Stärke verarbeitet. Ref. untersuchte die verschie-

1898: Sergej G. Nawašin: popis dvojitého oplození u *Fritillaria* a *Lilium* na zasedání botanické sekce Přírodovědné společnosti v Kyjevě v Rusku (24.8. 1898) - krátké sdělení publikováno v německém časopisu Botanisches Zentralblatt

Prof. Nawaschin (Kiew) spricht über seine „Neuen Beobachtungen über Befruchtung bei *Fritillaria tenella* und *Lilium Martagon*.“

In Bezug auf Bildung des Sexualapparates hatte der Ref. die Bildung der echten Cellulosemembranen an sämtlichen 3 Zellen des Sexualapparates beobachtet. Vor dem Eindringen der männlichen Sexualzellen in den Embryosack werden diese Membranen aufgesaugt. Die beiden männlichen Zellen dringen in das Protoplasma des Embryosackes ein und sind beinahe spindelförmig, indem ihr Körper unter verschiedenen Umständen sich sehr mannigfaltig biegt. Ref. glaubt, dass dieselben beweglich seien. Eine der beiden männlichen Zellen dringt in das Ei ein, die andere copulirt mit dem näheren Polkerne. In beiden Fällen verschmelzen die Kerne erst nach einem gewissen Zeitraume.

Der mit der männlichen Zelle copulirende Polkern copulirt weiter mit dem anderen Polkerne, worauf sämtliche Kerne verschmelzen. Das Verschmelzen des Eies mit der männlichen Zelle geht noch später vor sich, wenn im Embryosacke schon bis 8 Endospermkerne vorhanden sind.

Der Embryo zeigt normale Entwicklung.

Herr Prof. Belajew macht nach dieser Mittheilung in einigen Worten auf die Wichtigkeit der Beobachtungen Prof. Nawaschin's aufmerksam.

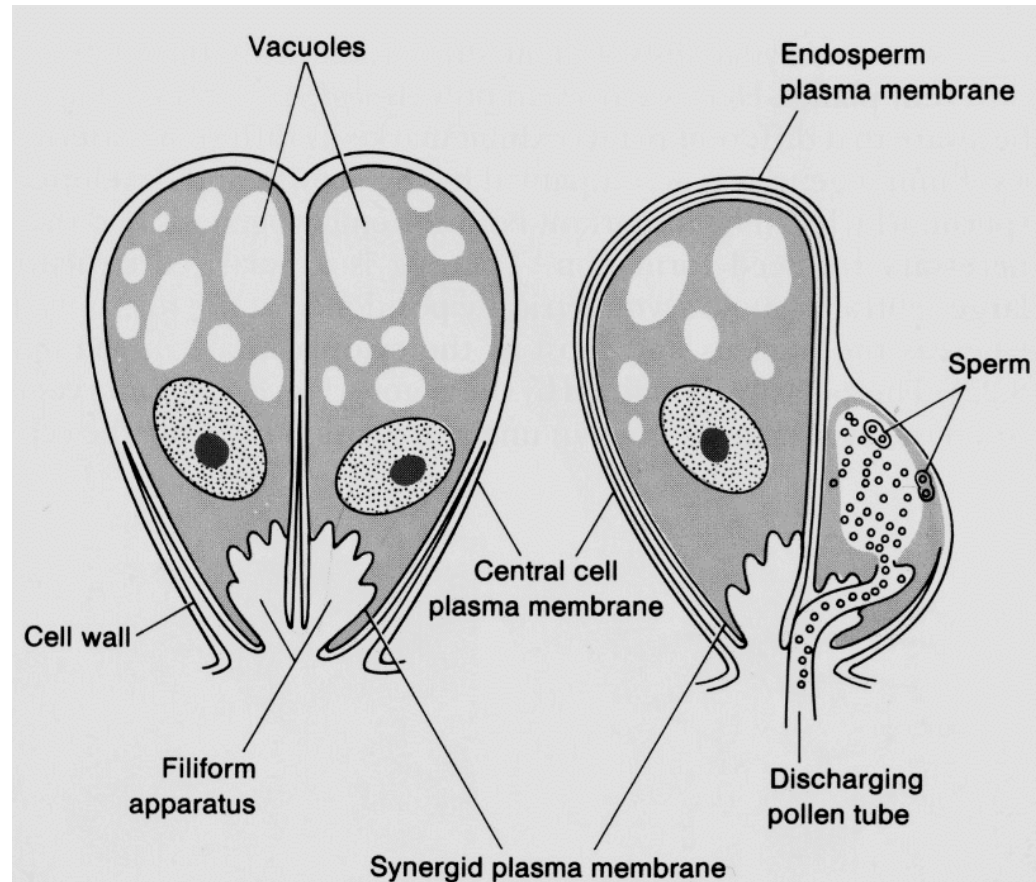
Typy růstu pylové láčky do zárodečného vaku

- přes mikropyle (**porogamie**) - nejčastěji
- chalázou (**chalázogamie**)
- přes integumenty (**mezogamie**)

pylová láčka vstupuje do zárodečného vaku přes **receptivní synergidu**

známky receptivity synergidy:

- reorganizace cytoskeletu
- Ca^{2+} akumulace
- degenerace organel a plazmatické membrány



Průběh oplození

- vstup pylové láčky do synergidy
- DNasa degeneruje vegetativní jádro a jádro synergidy
- spermatická buňka je přenesena do vaječné buňky a druhá do centrální buňky (**apozice plazmatických membrán**)
- svazky aktinových mikrofilament tvoří dvě koronovité struktury – zprostředkují **kontakt jader**
- **karyogamie** – splývání jader:
 - syngamie
 - konfluace
- **plazmagamie** – splývání cytoplazmy

Karyogamie a plasmagamie

karyogamie = splývání jader

syngamie – splývání jader vaječné a spermatické buňky - **zygota**

konfluace – splývání polárních jader centrální buňky zárodečného vaku a spermatické buňky – **primární jádro endospermu**

plasmagamie = splývání cytoplasmy buněk

