

Opylení a oplození u krytosemenných rostlin

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

Vývoj poznání o rostlinné sexualitě

Počátky poznání procesu opylování

Rudolf Jakob Camerarius (1665 -1721)



německý lékař a botanik, ředitel
botanických zahrad v Tübingen (1687)

studium reprodukce rostlin - první
pokusy popisující pohlavnost rostlin,
domníval se, že přenos pylu se děje jen
větrem

bažanka *Mercurialis*
špenát *Spinacia*, *Ricinus*, *Zea*

1694 - *De sexu plantarum epistola*

Počátky poznání procesu opylování

- 20. léta 18. století anglický zahradník **Philip Miller** objevuje opylování hmyzem (*The Gardeners and Florists dictionary*, London 1724).
- první polovina 18. stol. - **Johann Jacob Dillenius** (1687 - 1747) objevil kleistogamii = vznik plodů a semen i tam, kde se květy vůbec neotvírají.

Joseph Gottlieb Kölreuter

1733 -1806

německý botanik
vystudoval na univerzitě v Tübingen
pracoval i v St. Peterburku



získal semena po umělém opylování
Dianthus, Hyoscyamus, Matthiola, Nicotiana

Joseph Gottlieb Koelreuter

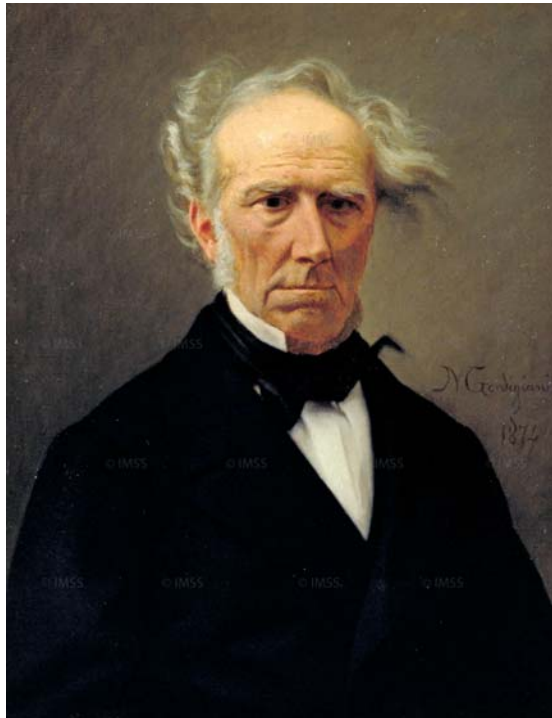
1733 -1806

- považován za zakladatele nauky o biologii kvetení
- 1756 - 1760 při svých hybridizačních, kultivačních pokusech a pozorováních již rozlišoval celkem čtyři typy rozmnožování rostlin:
 - autogamii v uzavřených květech = **kleistogamii**
 - **autogamii** jako důsledek pohybu tyčinek a pestíků
 - **anemofilii**
 - **entomofilii**

Vorläufige Nachricht von einigen das Geschlecht der Pflanzen betreffenden Versuchen und Beobachtungen (Leipzig 1761)

Giovanni Battista Amici

(1786-1863) prof. fyziky v Modeně

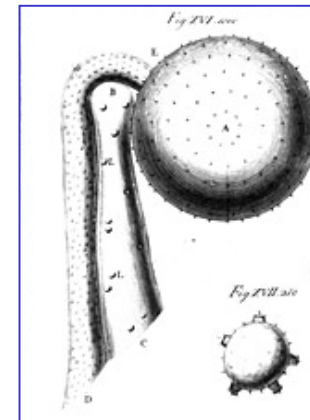


G. B. Amici

1840 zavedl používání olejové imerze do mikroskopické techniky

1823 - první krok ke správnému vysvětlení oplození = 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)



Dehiscence prašníků

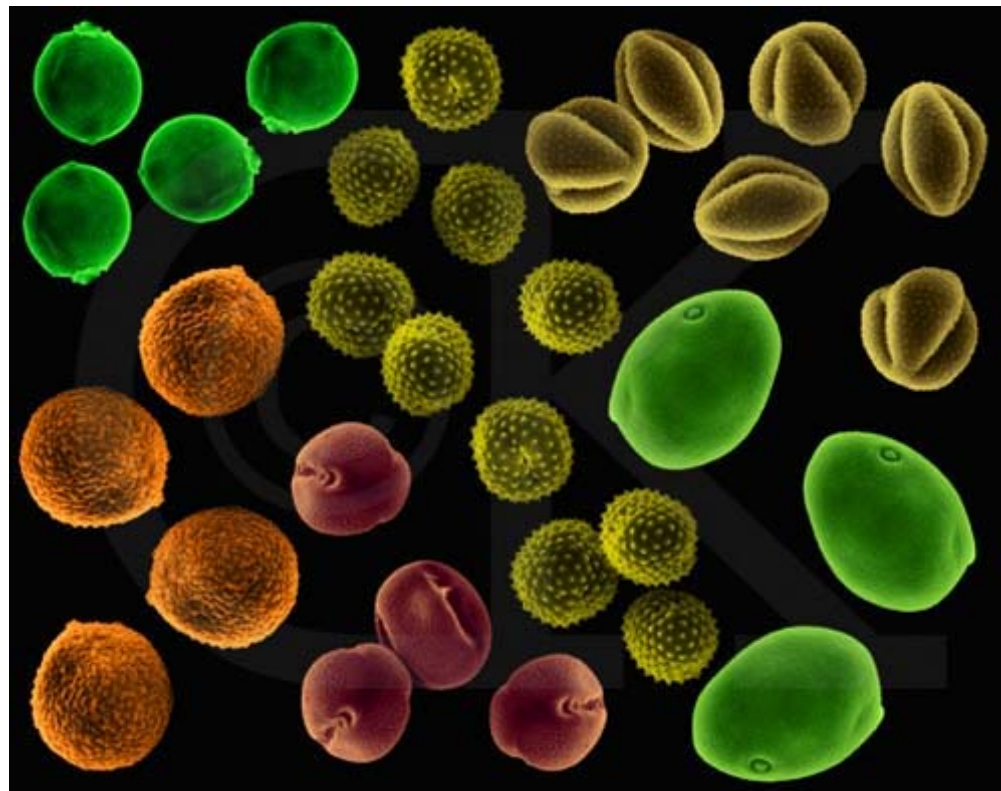
- koordinována s dozráváním pylu
- zahrnuje program postupné destrukce buněk
- je zakončena prasknutím stomia
- kontrola JA

fáze dehiscence:

1. degenerace střední vrstvy a tapeta
2. expanze buněk endothecia - fibrosní stěna
3. degenerace septa mezi prašnými pouzdry
4. prasknutí stomia
5. nerovnoměrné sesycháním buněk endothecia

Zralé pylové zrno při dehiscenci

- metabolicky v klidu
- silně desikované (obsah vody jen 15 - 35%)



Přenos pylu

Samosprašnost (autogamie)

samoopylení = opylení květu přenesením vlastního pylu z prašníku na bliznu

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

Výhody samoopylení

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

hrách, *Arabidopsis*



Nevýhody samoopylení

- 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 blízkce příbuznými liniemi

Samosprašnost v ovocnářství

- **samosprašný** je strom nebo kultivar, pokud se opylí pylem 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)

Strategie zabránění samoopylení

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

Heterostylie u prvosenky (distylie)

V prašnicích **douhočnělných** květů s krátkými nitkami tyčinek vzniká **pyl jemnější**, jehož zrnka odpovídají velikostí drobnějším papilám na bliznách **krátkočnělných** květů. Pylová zrna z květů s dlouhými nitkami tyčinek lépe klíčí a pylové láčky rychleji rostou na bliznách **douhočnělných** květů.



Krátkočnělné květy vytvářejí **větší pylová zrna**, která se lépe uchytí mezi většími bliznovými papilami **douhočnělných** květů. Pyl z květů s krátkými nitkami tyčinek lépe klíčí na bliznách s **krátkou čnělkou**.



Cizosprašnost (allogamie)

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

Zprostředkování přenosu pylu

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



Wikipedia

Anemogamie

- uskutečnění přenosu pylu pomocí větru
- přizpůsobení květů:
 - redukce květních částí - není třeba lákat opylovače, ale velké investice do množství pylu (oleje + bílkoviny) → výroba se energeticky „prodrazí“
 - tyčinky - dlouhé nitky, pohyblivé prašníky (např. vrtivé prašníky trav)
 - pyl = drobný, lehký, sypký, někdy s létacím zařízením - měchýřky
 - blizna - dlouhá, chlupatá
- listnáče kvetou před vývojem listů, které by bránily přenosu pylu
- výskyt: trávy, ostřice, jehličnany, ořešák, dub, bříza, topol, jasan, líska

Hydrogamie

- přenos pylu pomocí vody - jak ve vodním sloupci, v proudu i na hladině
- přizpůsobení květů:
 - redukované květní části
 - dlouhé blizny k zachytávání pylu
 - pyl - dlouhý nebo slepující se → lepší splývání ve vodě a zachycení na blizně
- výskyt:
hvězdoše (r. *Callitriche*), růžkatce (r. *Ceratophyllum*), vodní mor (r. *Elodea*), některé rdesty (r. *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:
 - hmyz má dobrý čich → květy voní nebo páchnou
 - hmyz je citlivější na modré části spektra a UV → přizpůsobení barev květů (noční motýli - bílé květy)
 - „naváděcí čáry do středu květu a k nektariím“
 - produkce pylu a nektaru

Strategie lákání opylovačů

- zvyšování teploty
 - cykasy - brouci
 - *Crocus*
 - *Dracunculus*

drakovec obecný Dracunculus vulgaris
- může zvýšit teplotu v květu až o
22°C



Ornithogamie

- přenašeči pylu = ptáci
- přizpůsobení:
 - 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:
 - J. Afrika - dřeviny rodu *Protea* - strdimilové (*Nectarinidae*)
 - australská rostlina *Anygozanthos* „klokaní tlapa“ - medosavky
 - Hawaii - šatovníci

Protea cynaroides

stříbřenec pcháčohlavý (Presl 1846), stříbrnec (Presl 1848), protea (Mareček 1999)

původem z Jižní Afriky -
jižní oblasti provincie Kapsko

Dnes je pěstována jako řezaná
květina v tropech a subtropích
celého světa, zejména v
Austrálii, na Novém Zélandě a
na Havaji.



Chiropterogamie

- přenašeči pylu = letouni
 - přizpůsobení:
 - rostliny 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 - pyl na sebe nanášejí nebo opylují s již dříve nabytým 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)

Klíčení pylu a růst pylové láčky

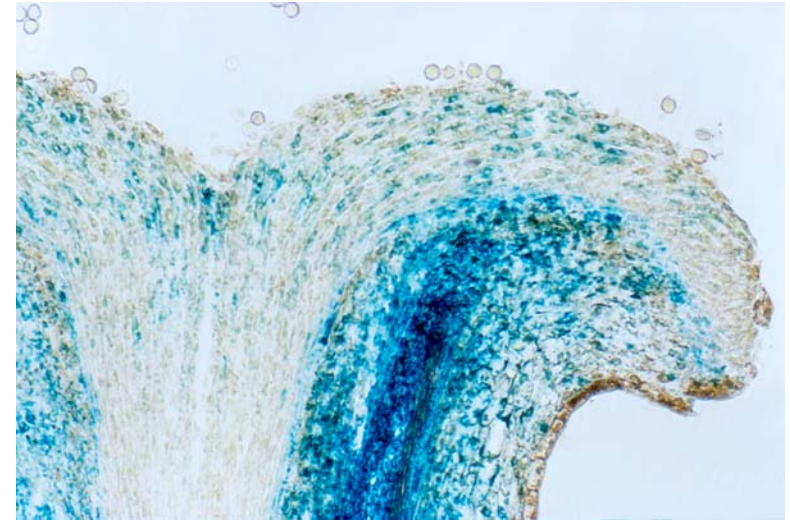
Adheze pylu na blizny - první kontakt

- přenos pylu - biotické nebo nebiotické přenašeče
- adheze pylu podmíněná:
 - morfologií exiny
 - pylovým tmelem (lipidy a proteiny, glykoproteiny)
 - typem blizny (exudát nebo pelikula)

Typy blizen (Hanf 1935)

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

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



Inkompatibilita (neslučitelnost)

= neschopnost rostlin tvořit semena, přestože mají funkční gamety

před 200 lety - **J.G. Kölreuter**

Verbascum:

po samoopylení netvořila semena

po cizosprášení ano

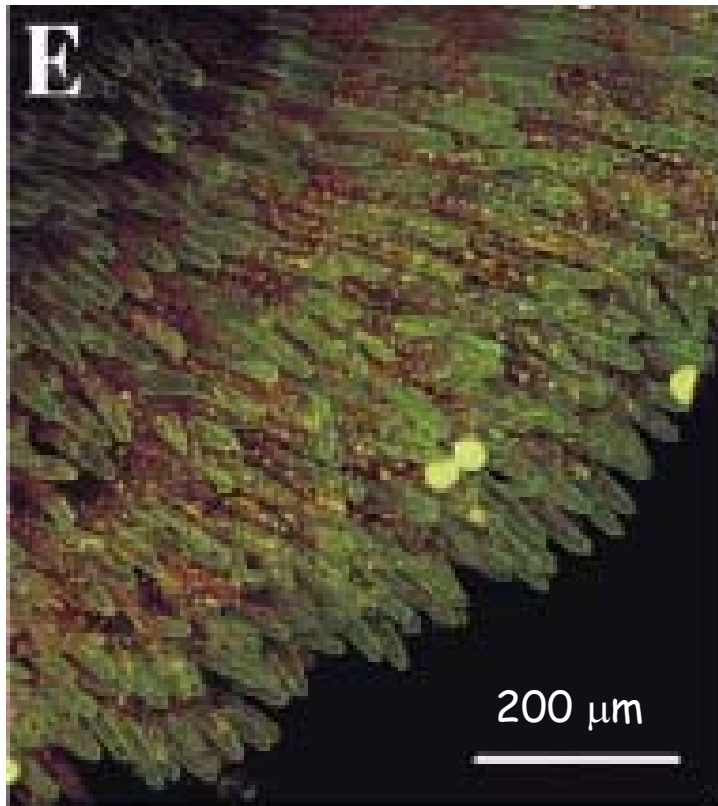


- **Stout (1917)** - studium fertility *Cichorium intybus*

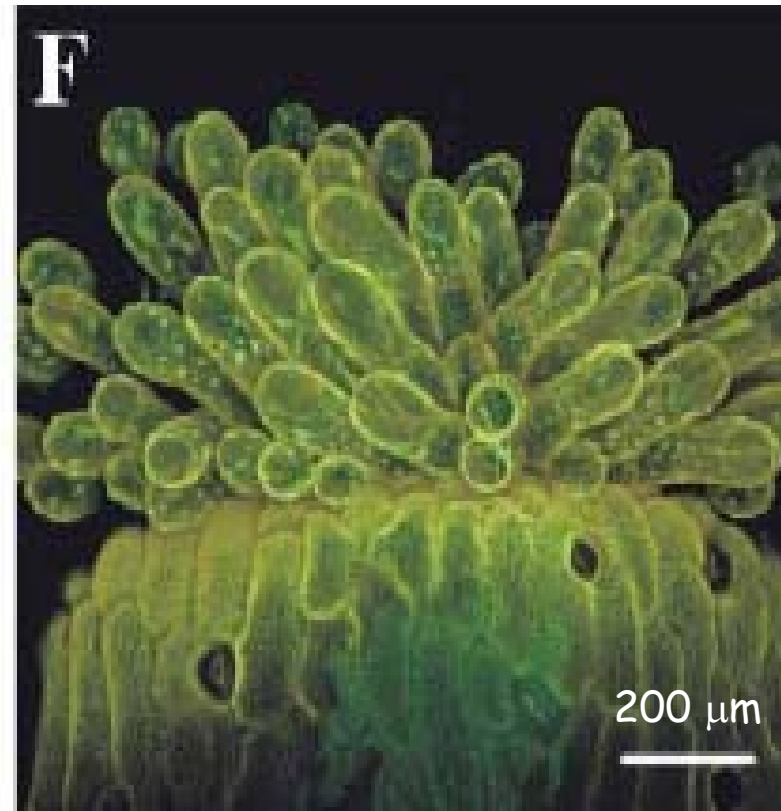
Suché blizny a 3 buněčný pyl

- již na povrchu blizny se projevuje inkompatibilita sporofytického typu (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*

Místa interakcí samčího gametogytu s pestíkem

povrch pylového zrna:
pylový tmel
proteiny ve sporodermě

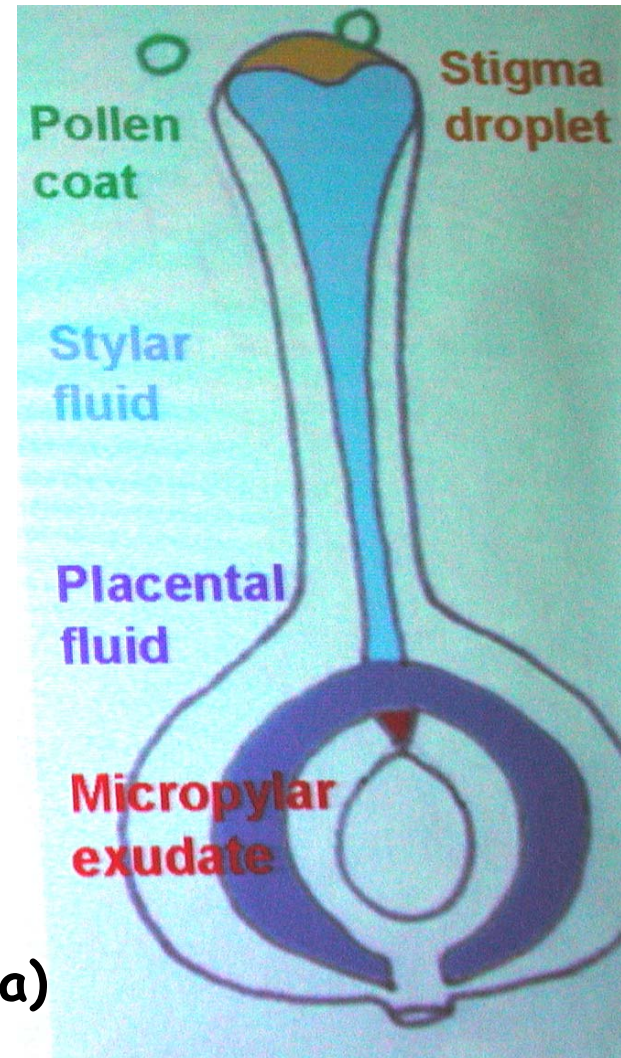
bliznový exudát

tekutina kanálu čnělky

placentární tekutina

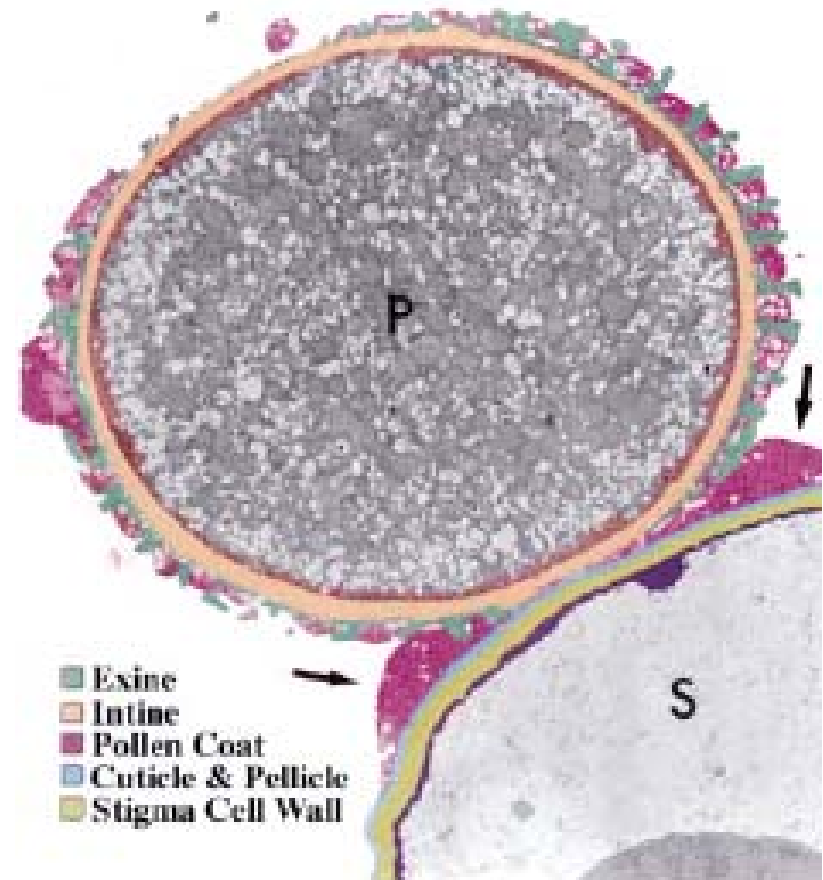
exudát mikropyle

Willemssee (*Haworthia* - vlhká blizna)

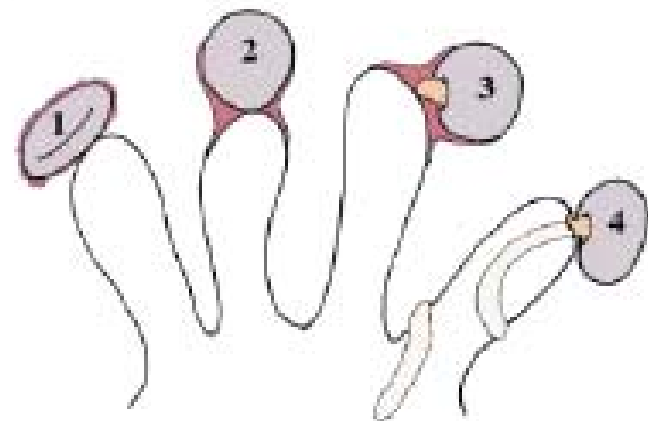


Stadia klíčení pylu

Edlund *et al.* 2004

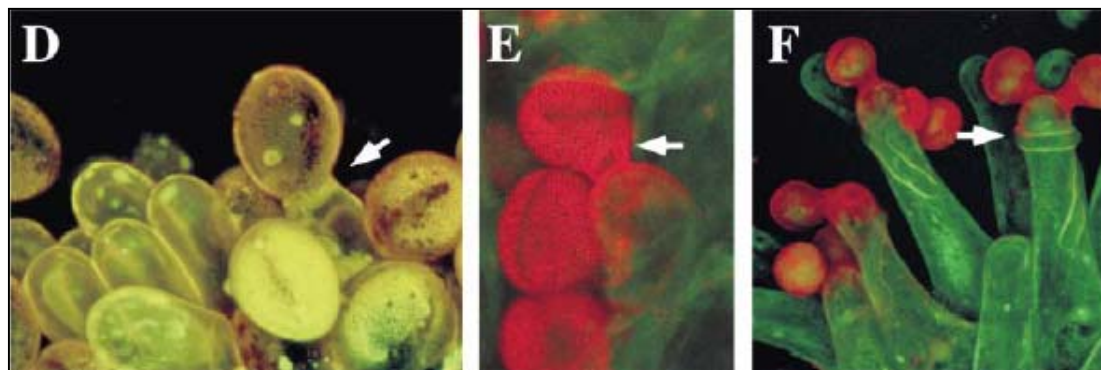
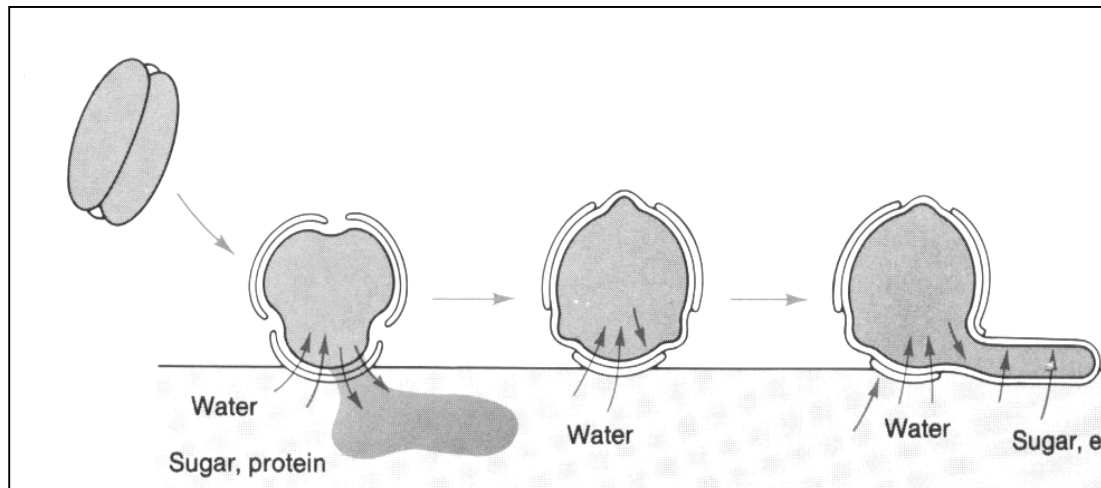


1. adheze na blizně
2. rehydratace pylového zrna
3. klíčení pylového zrna
4. růst pylové láčky

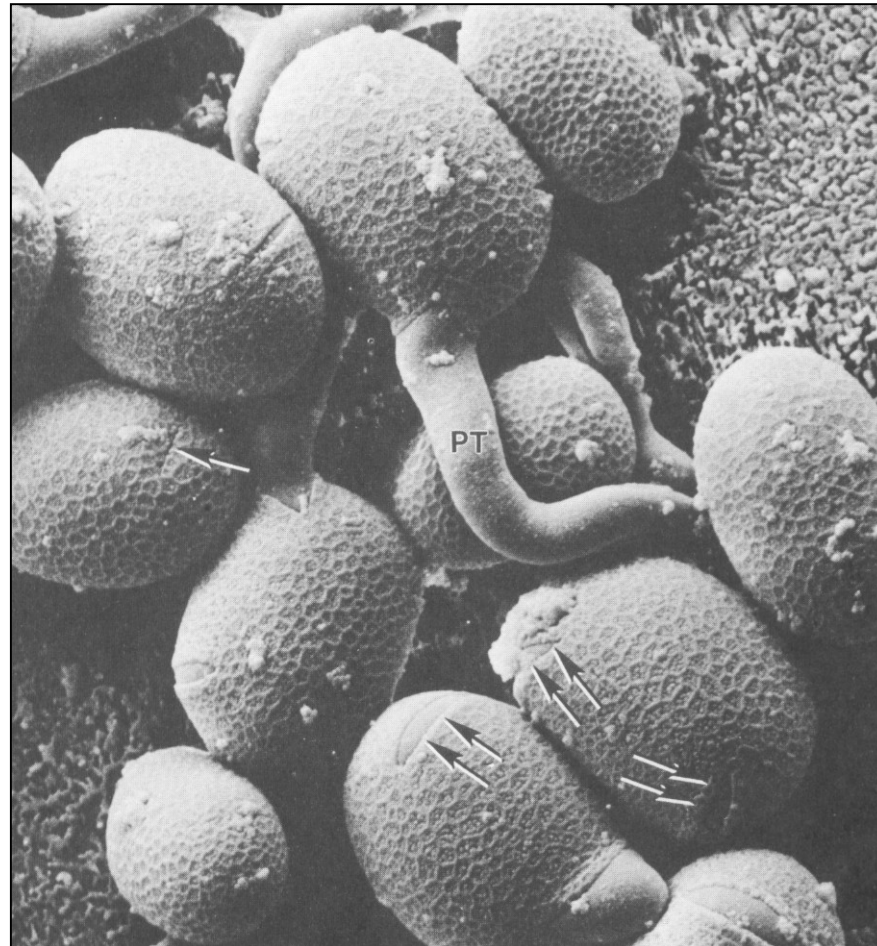


Aktivace pylového zrna

rehydratace ve vlhku (na blizně, *in vitro*)



Klíčící pylová zrna netýkavky *Impatiens glandulifera*



(Cresti *et al.* 1992)

Klíčení pylového zrna

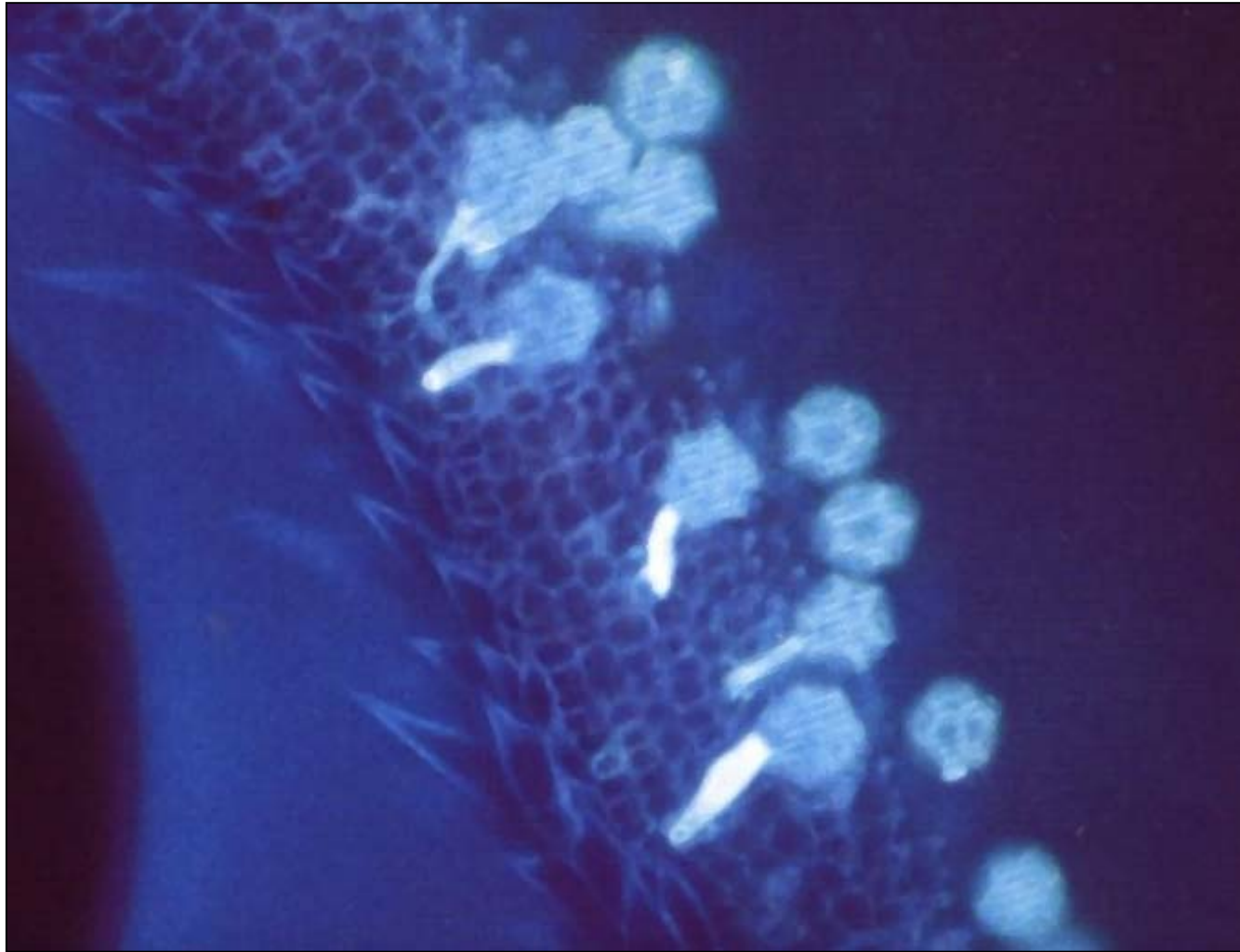
- hydratace pylu
- aktinový cytoskelet se přesunuje k místu klíčení
- přesunuje se vegetativní jádro

typy klíčení:

monosyfonické - nejčastější (u růží - větvení)

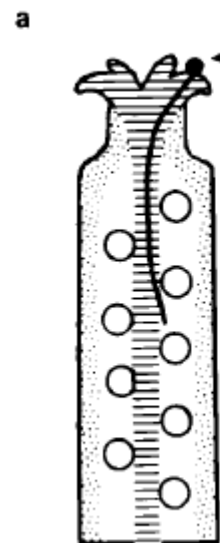
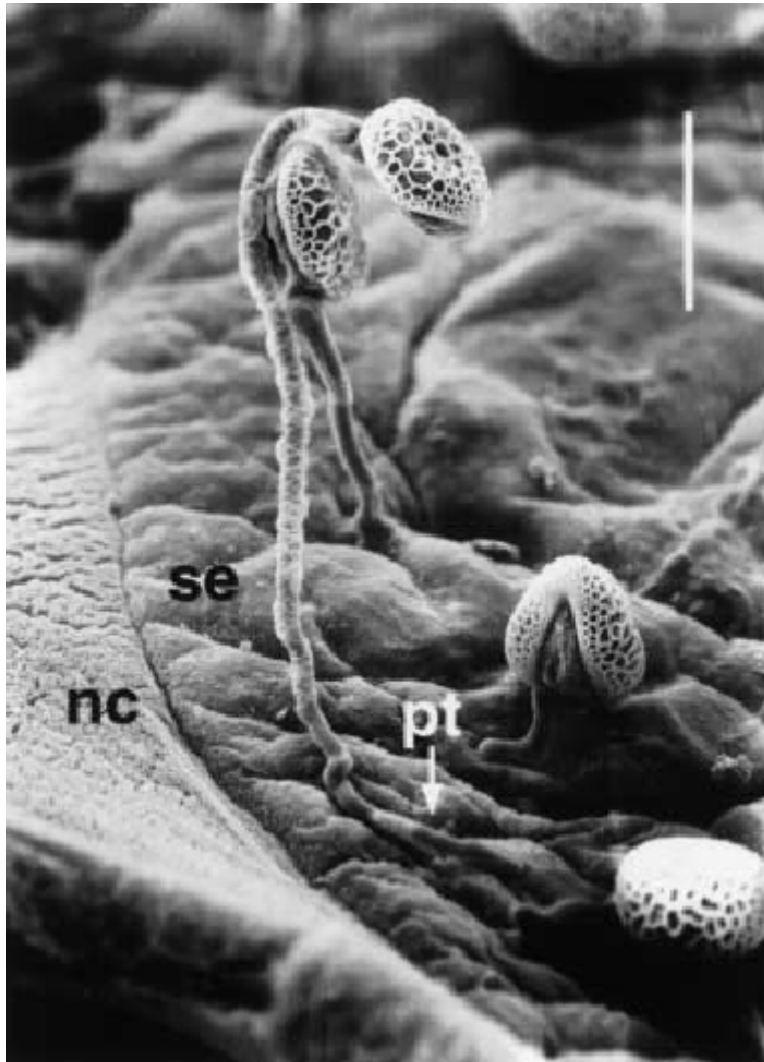
polysyfonické (*Daphne mezereum* - lýkovec jedovatý,
Althaea - proskurník topolovka, *Scabiosa* - hlaváč)

Fluorescence pylových láček pylu klíčícího na blizně

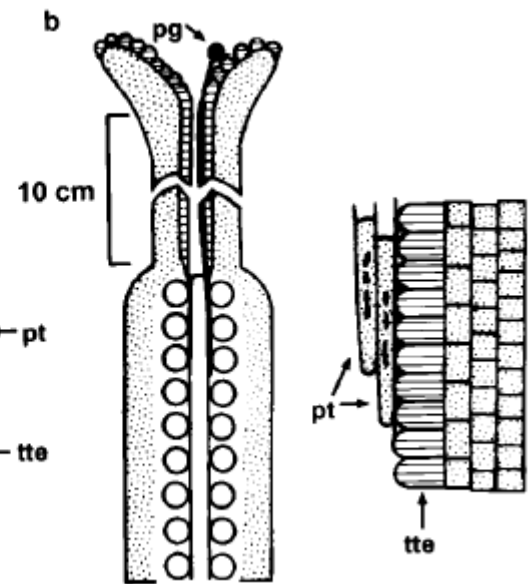


Anilinová modř, UV

Plné a duté čnělky



Arabidopsis



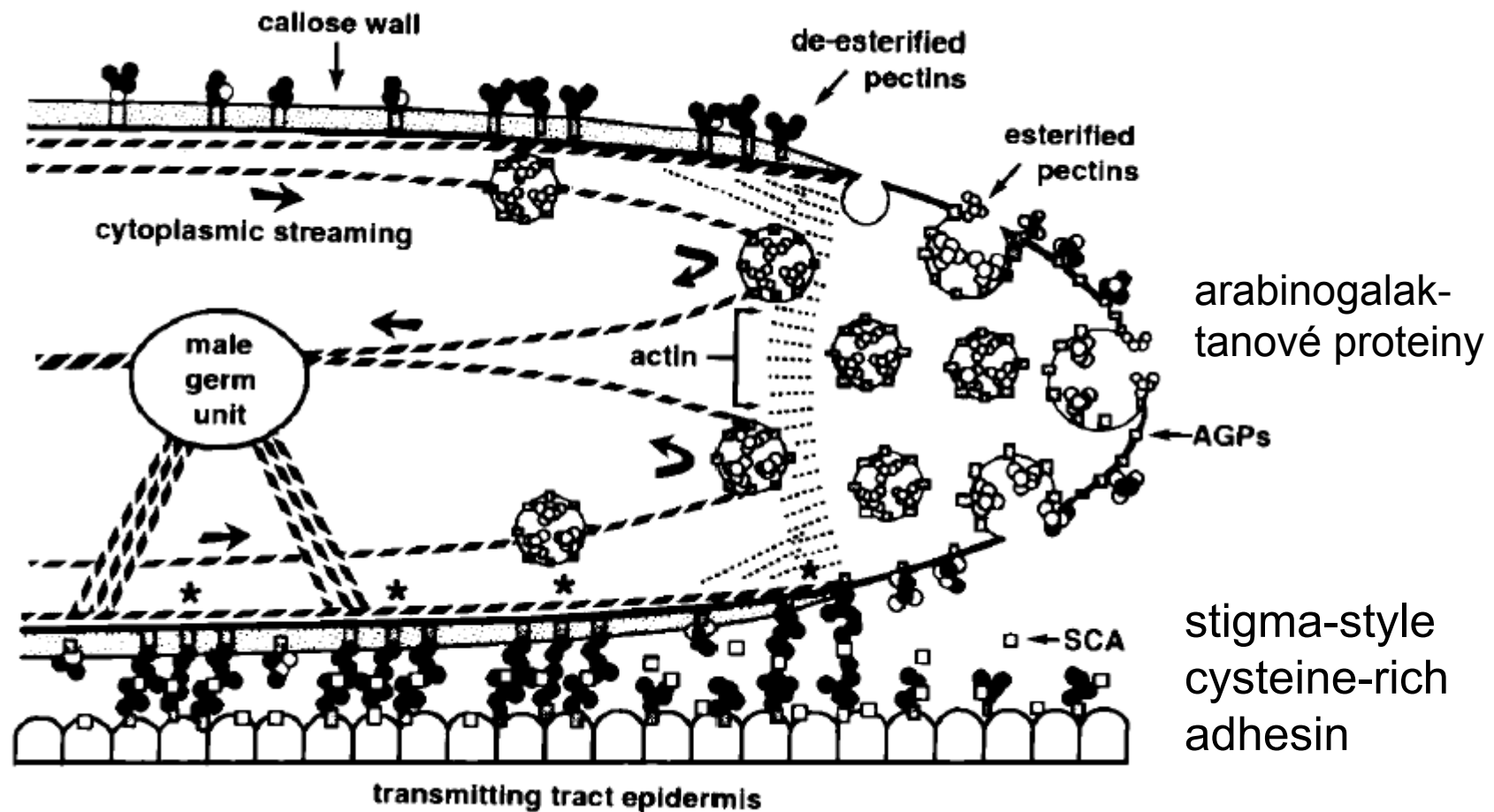
Lilium

Lord 2001

Zóny pylové láčky

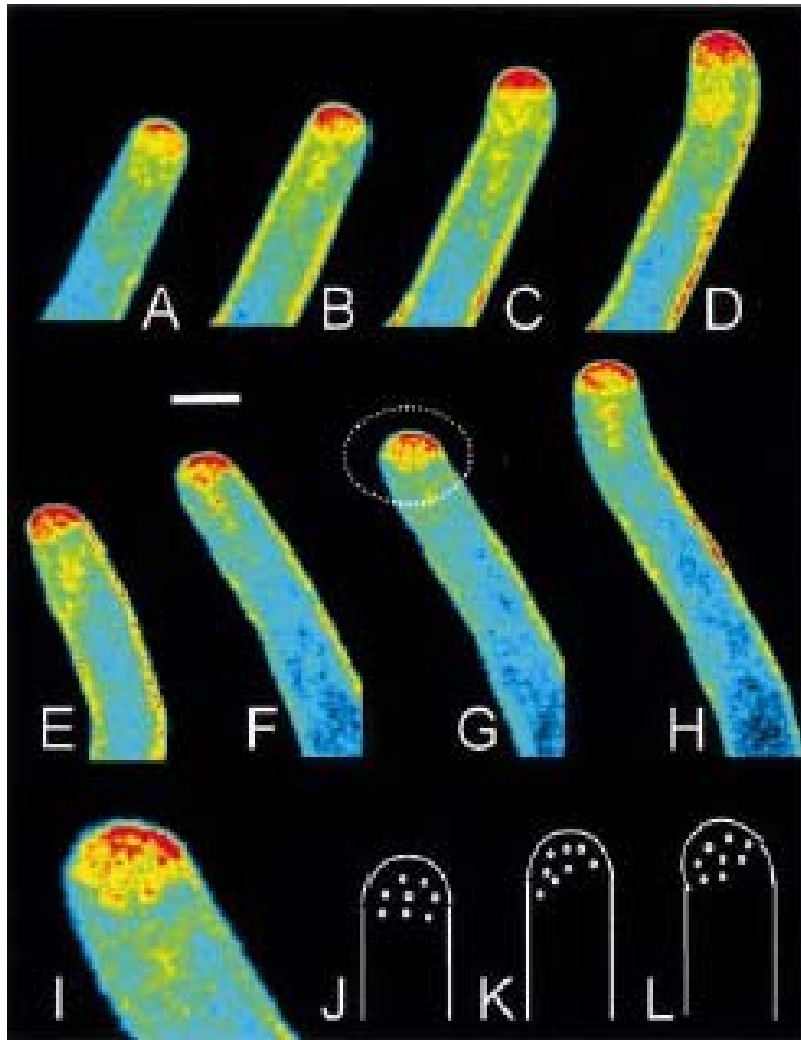
- čepička
- pod čepičkou = zóna vysokého obsahu proteinů
- zóna komplexního endomembránového systému
- vakuolizovaná část (kalózové zátky)

Model pro růst pylové láčky lilie



Lord 2000

Růst pylových láček



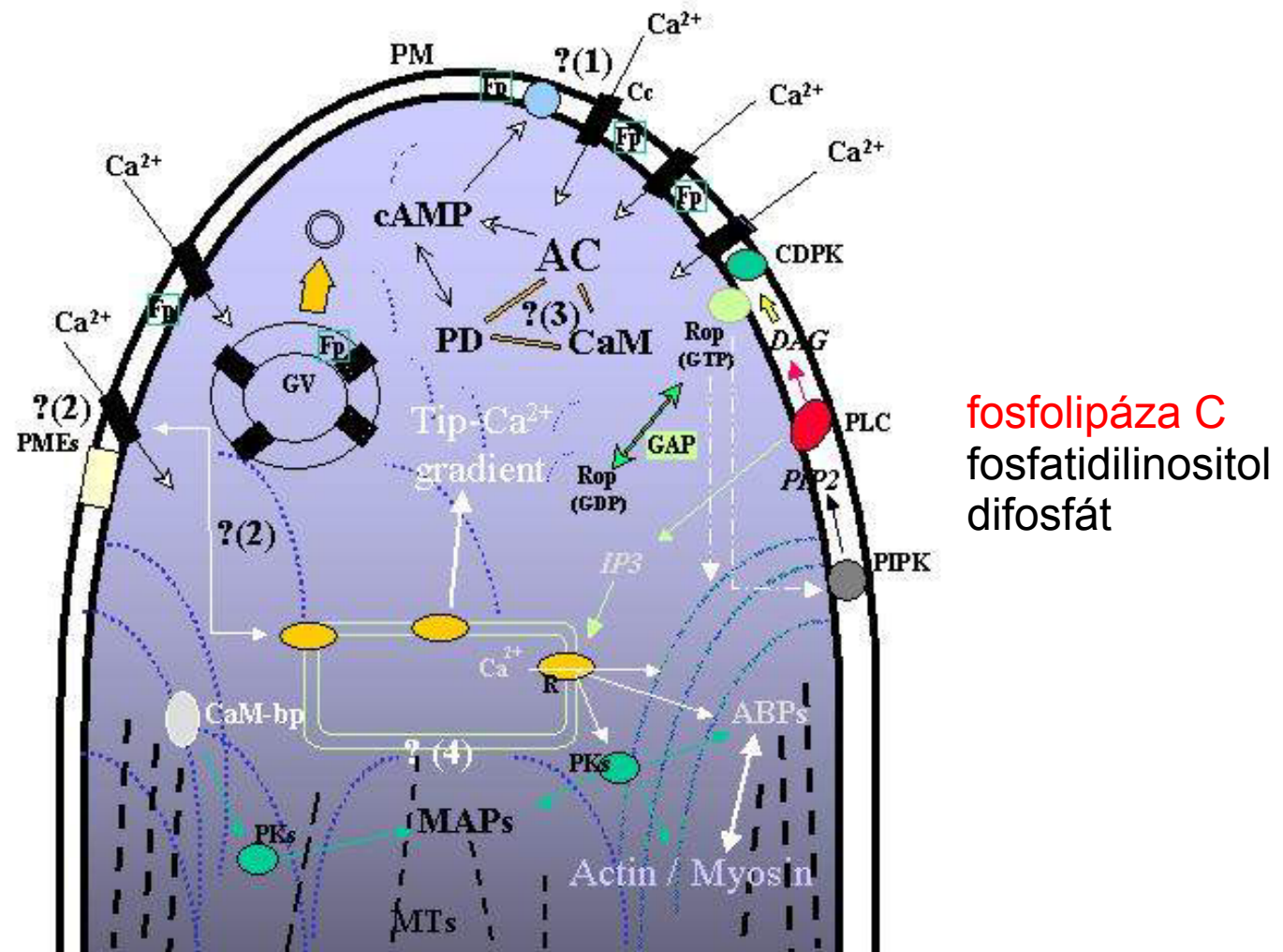
rychlost až 50um /min
je umožněna vysoce
polarizovanou fúzí váčků,
které transportují složky
buněčné stěny k vrcholu

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

barvení barvivem FM1-43
ukazuje lokalizaci
endocytických váčků na
vrcholu pylové láčky

Camacho et Malhó 2003

Model pro růst pylové láčky *Agapanthus*

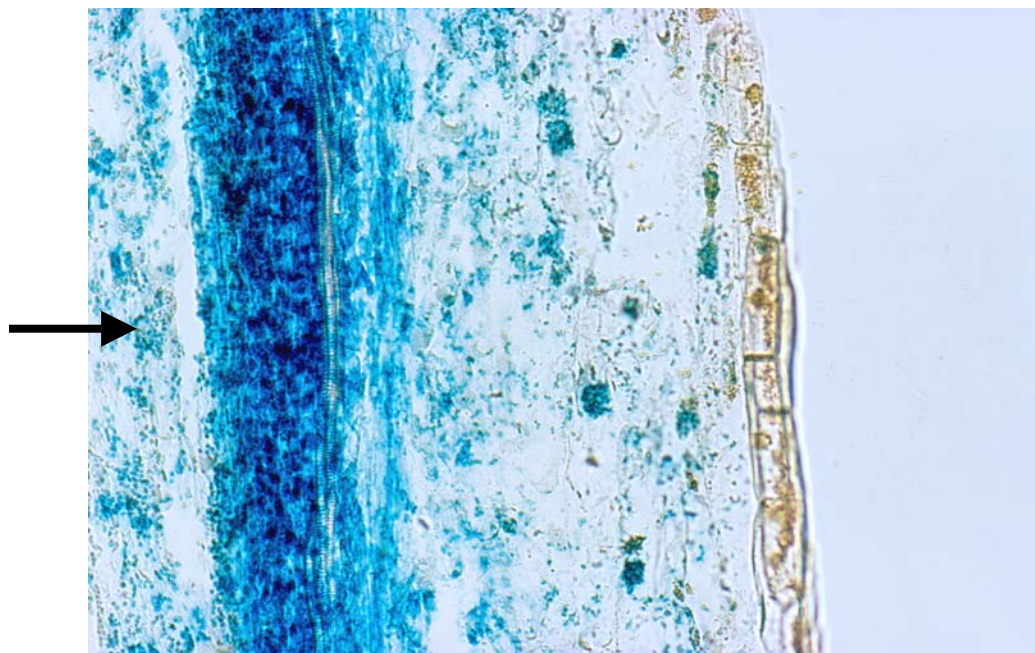


Camacho *et* Malhó (2003)

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

Podélný kryostatový řez čnělkou tabáku

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

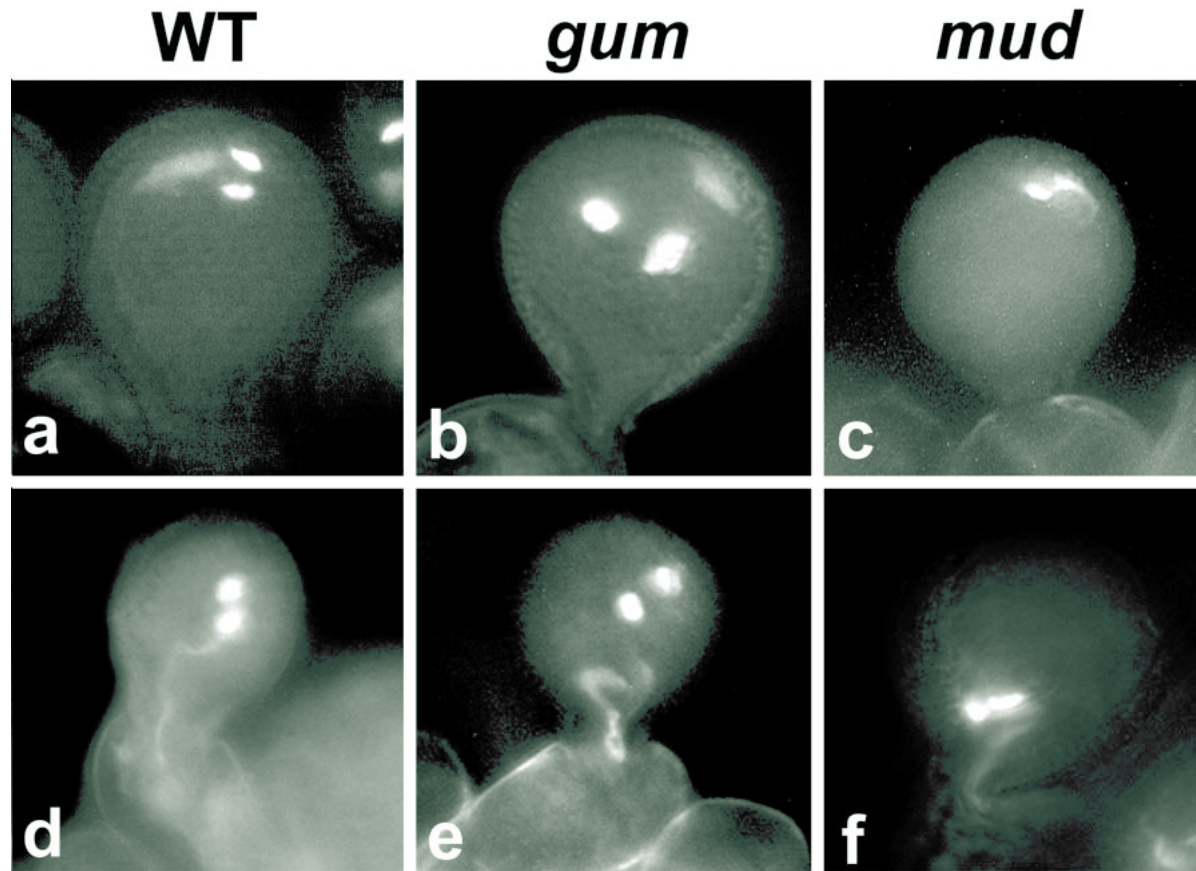


plná čnělka s převodovým pletivem

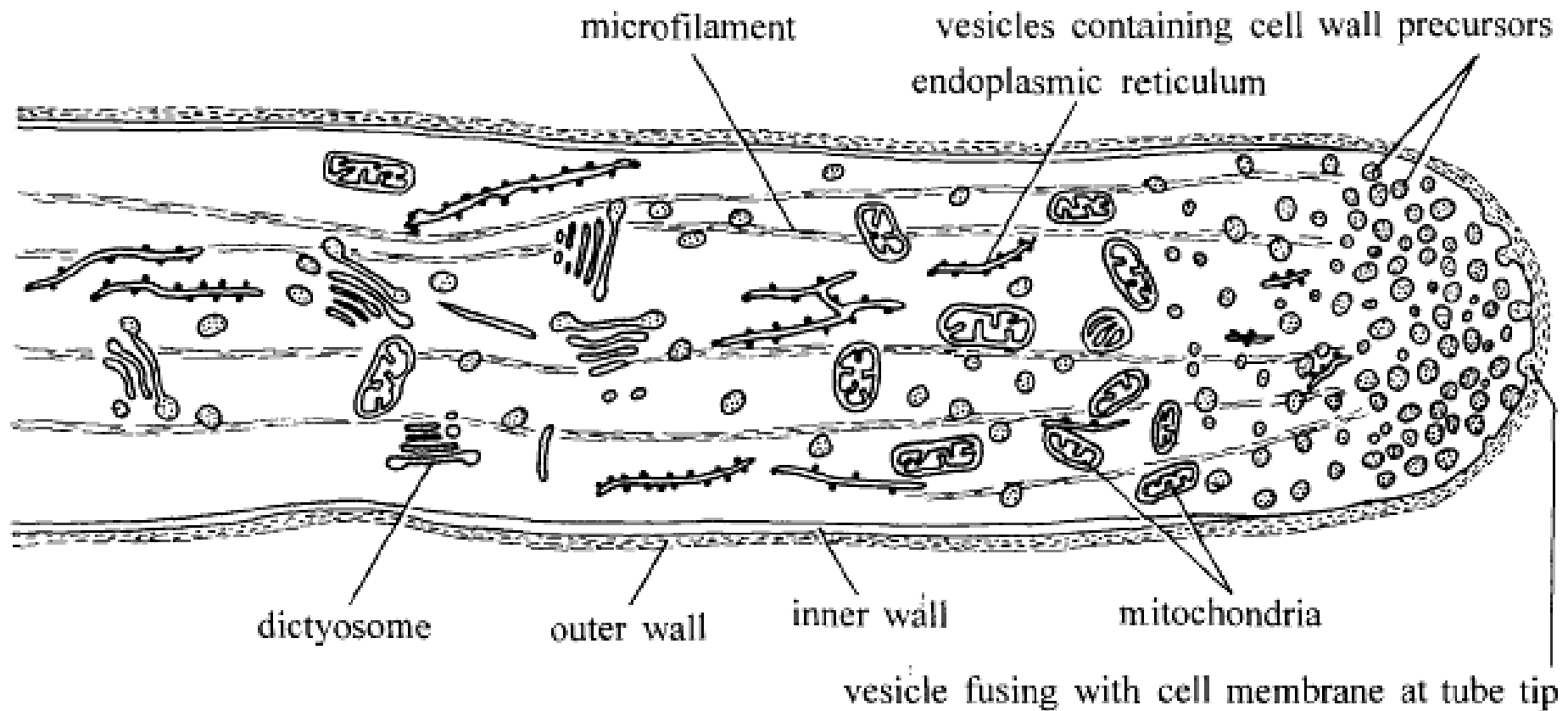
Ontogeneze pylové láčky

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

Přesun MGU v průběhu klíčení pylu u *Arabidopsis*

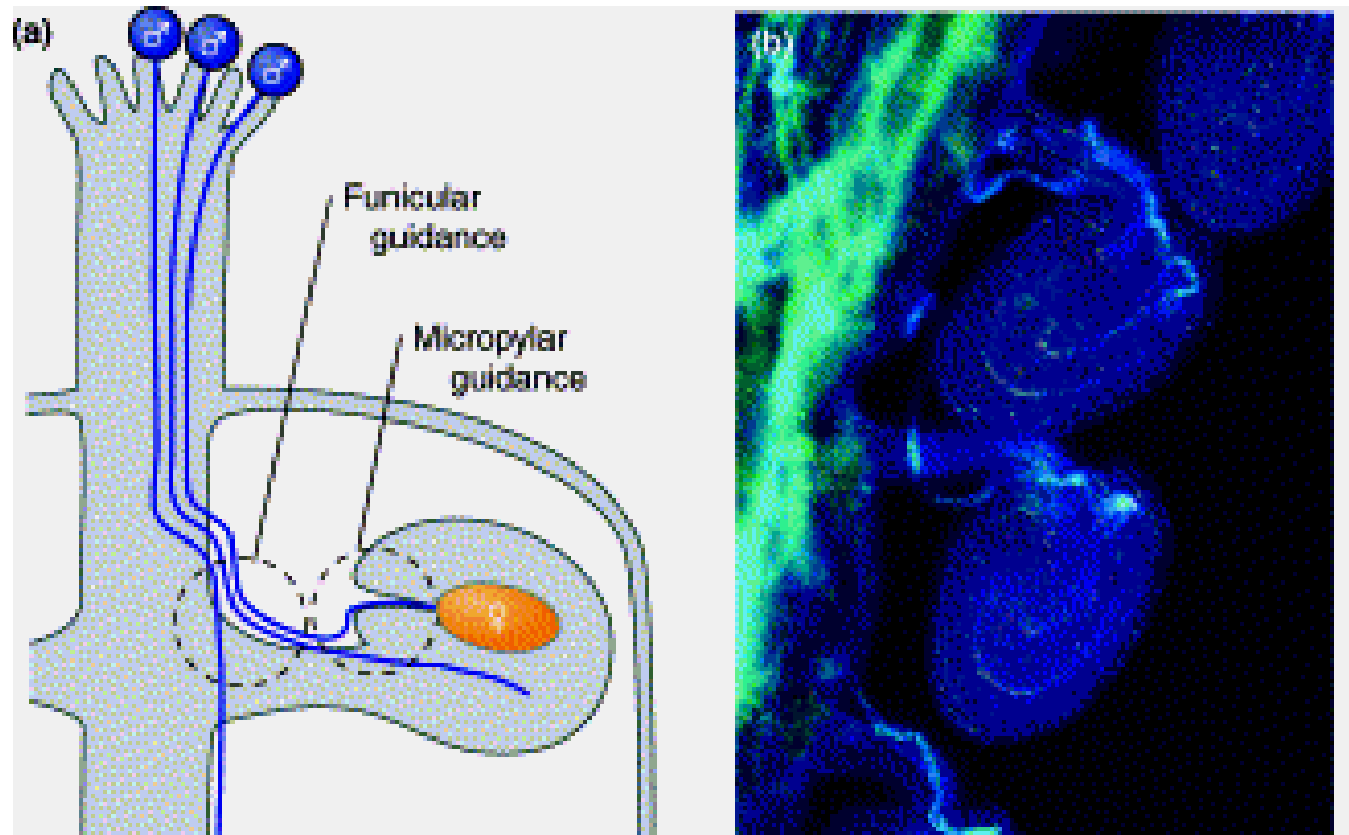


Struktura vrcholu pylové láčky



Mascarenhas 1993

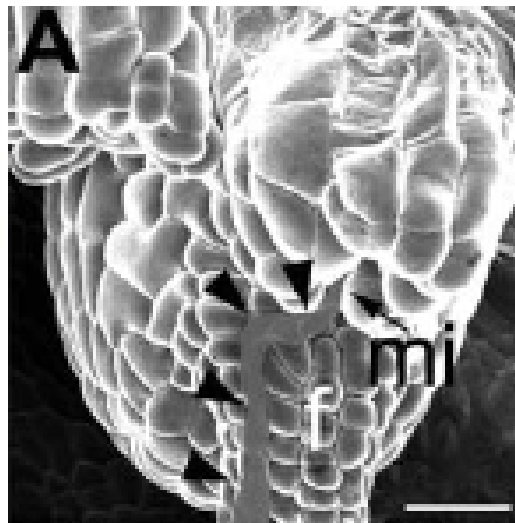
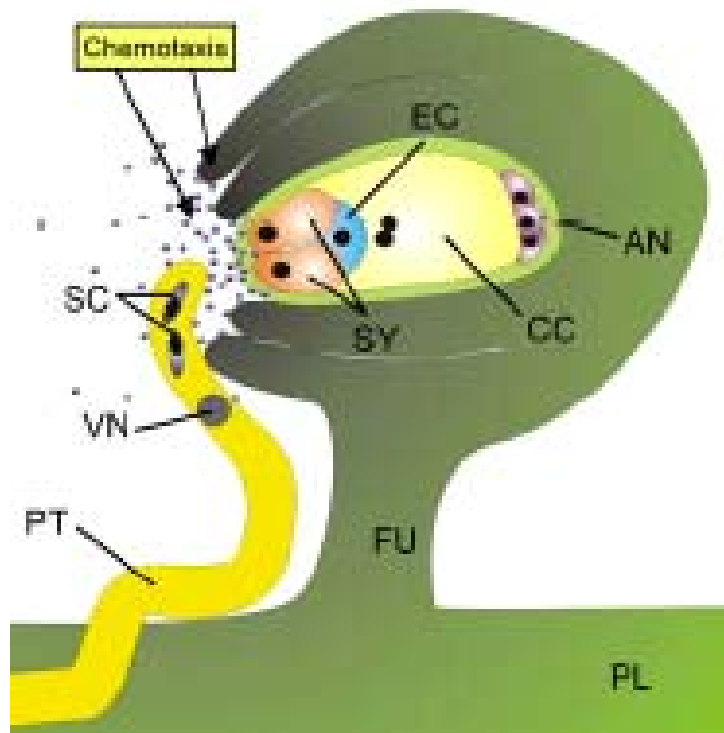
Fáze vedení pylové láčky u *Arabidopsis thaliana*.



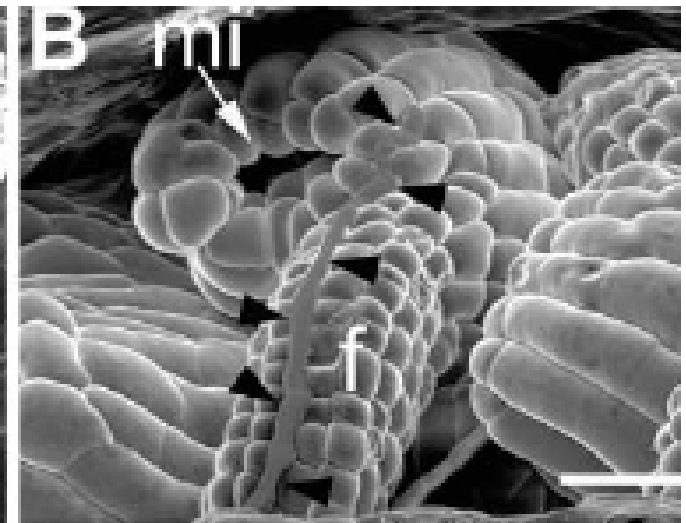
suchá blizna

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

Navigace pylové láčky



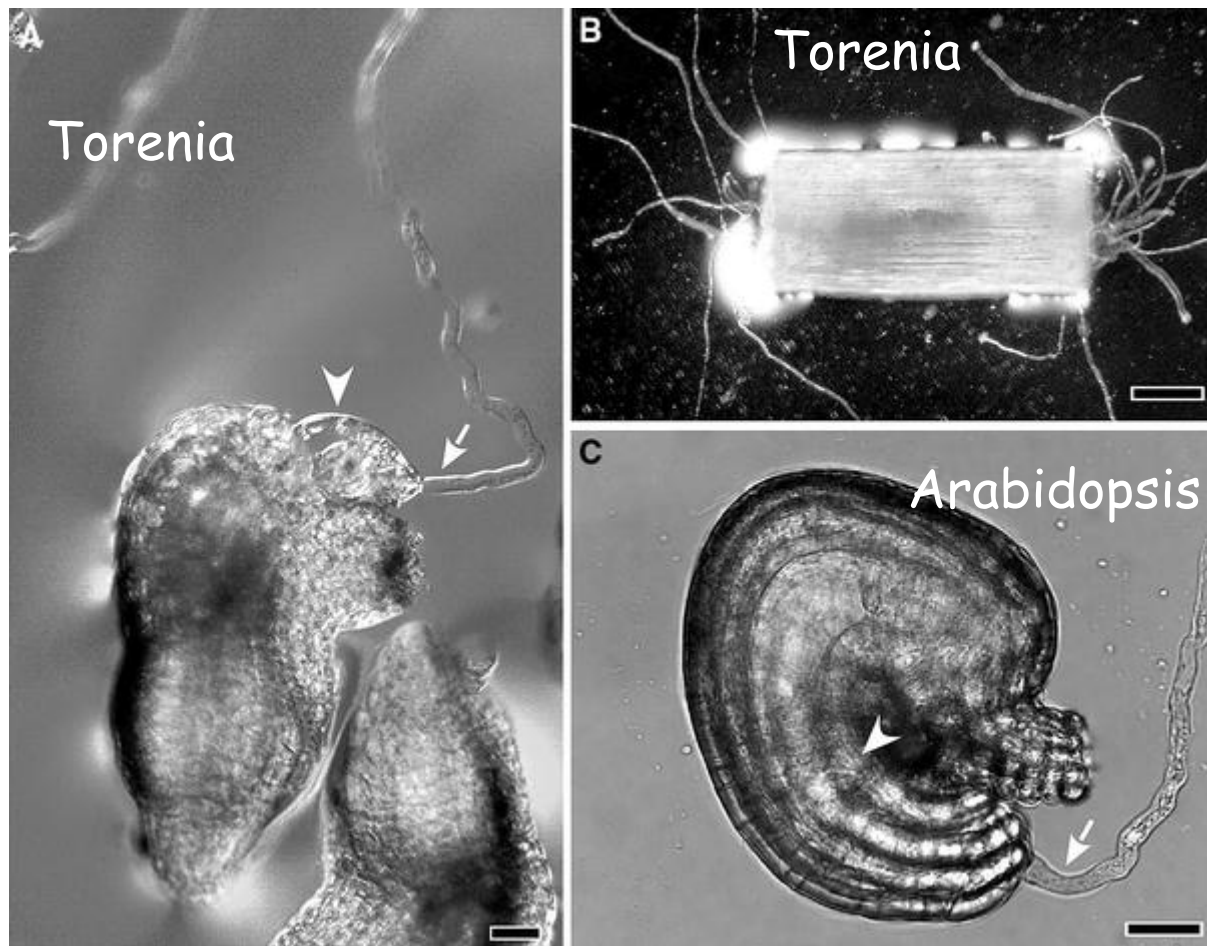
WT



magamata FG mutant

Weterings a Russel 2004

Regulace růstu pylových láček

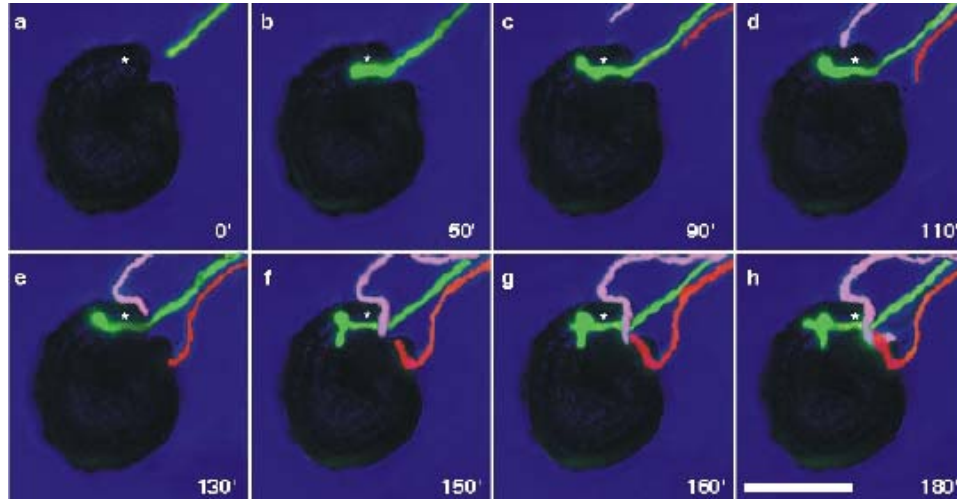


Higashiyama *et* Hamamura 2007

A. thaliana - růst pylových láček *in vitro*

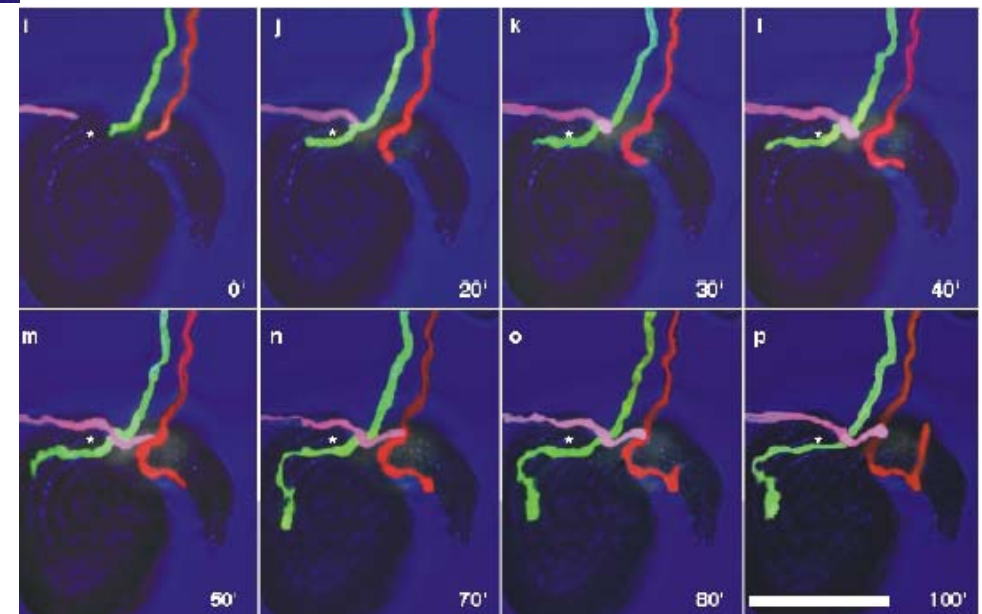
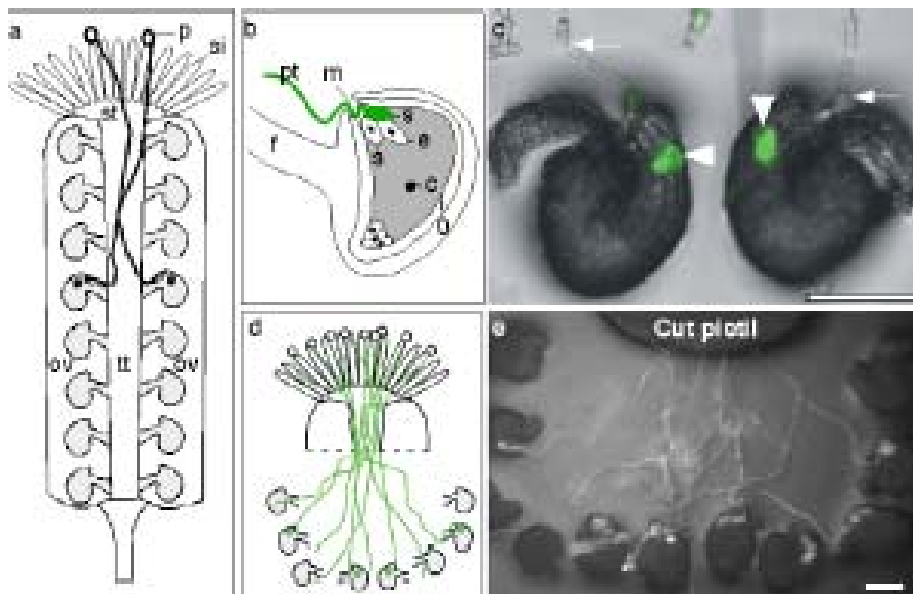
Palanivelu a Preuss 2006

Lat52:GFP



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

vajíčka penetrovaná pylovou láčkou uvolňují rychle difuzibilní repelenty pro další pylové láčky = zabránění polyspermie



Stárnutí pylové láčky

pozorováno jen u láček pěstovaných *in vitro*

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

Typy růstu pylové láčky do zárodečného vaku

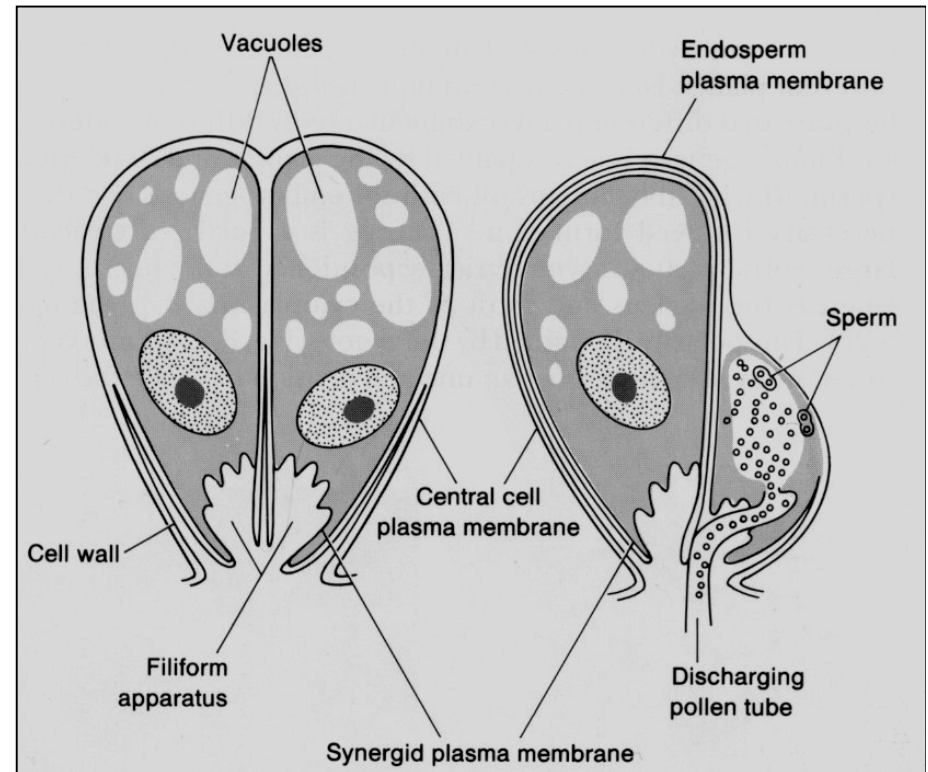
- z čnělky prorůstají pylové láčky do pletiva semeníku a placentou k vajíčkům
- do vajíčka vnikají pylové láčky
 - mikropylí (**porogamie**)
 - chalázou (**chalázogamie**)
 - nebo integumenty (**mezogamie**)
 -
- pylová láčka se dostává do mikropylární části zárodečného vaku - do synergidy

Synergidy

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

známky receptivity synergidy:

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



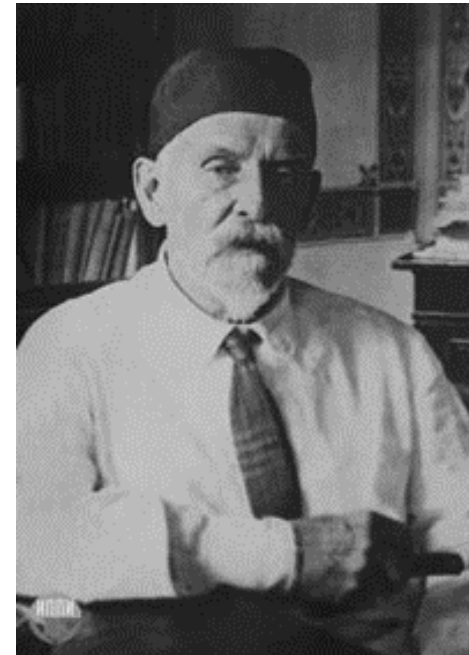
Dvojitá oplození u krytosemenných rostlin

Dvojí oplození u krytosemenných rostlin

vlastní oplození je u krytosemenných rostlin **dvojí**

objeveno r. 1898 ruským botanikem S. G. Navašinem
(a 1899 nezávisle na něm Francouzem L. Guignardem)

Sergej Gavrilovič Navašin (1857 - 1930)



- studoval v Petrohradu
- a na univerzitě v Moskvě
- prof. botaniky v Kyjevě
- 1898 popisuje dvojité oplození u krytosemenných rostlin
 - *Novyje nabljuděnija 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 →

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 Puriewitsch und Herr N. Zinger.

Prof. Tichomrow (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. Schukraftii*, *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 Präparirung 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 verschied-

1898: Sergej G. Nawašin: popis dvojího 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: Botanické výstavy a kongresy

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.

Jean-Louis Guignard



1852 - 1928

- 1882** - popsal vývoj zárodečného vaku z hypodermálních buněk nucelu
- 1883** - potvrdil Flemingem pozorované podélné dělení chromozomů
- 1889** - potvrdil Strassburgerem popsanou meiozu
- 1899** - objevil dvojí oplození u rostlin



Průběh oplození

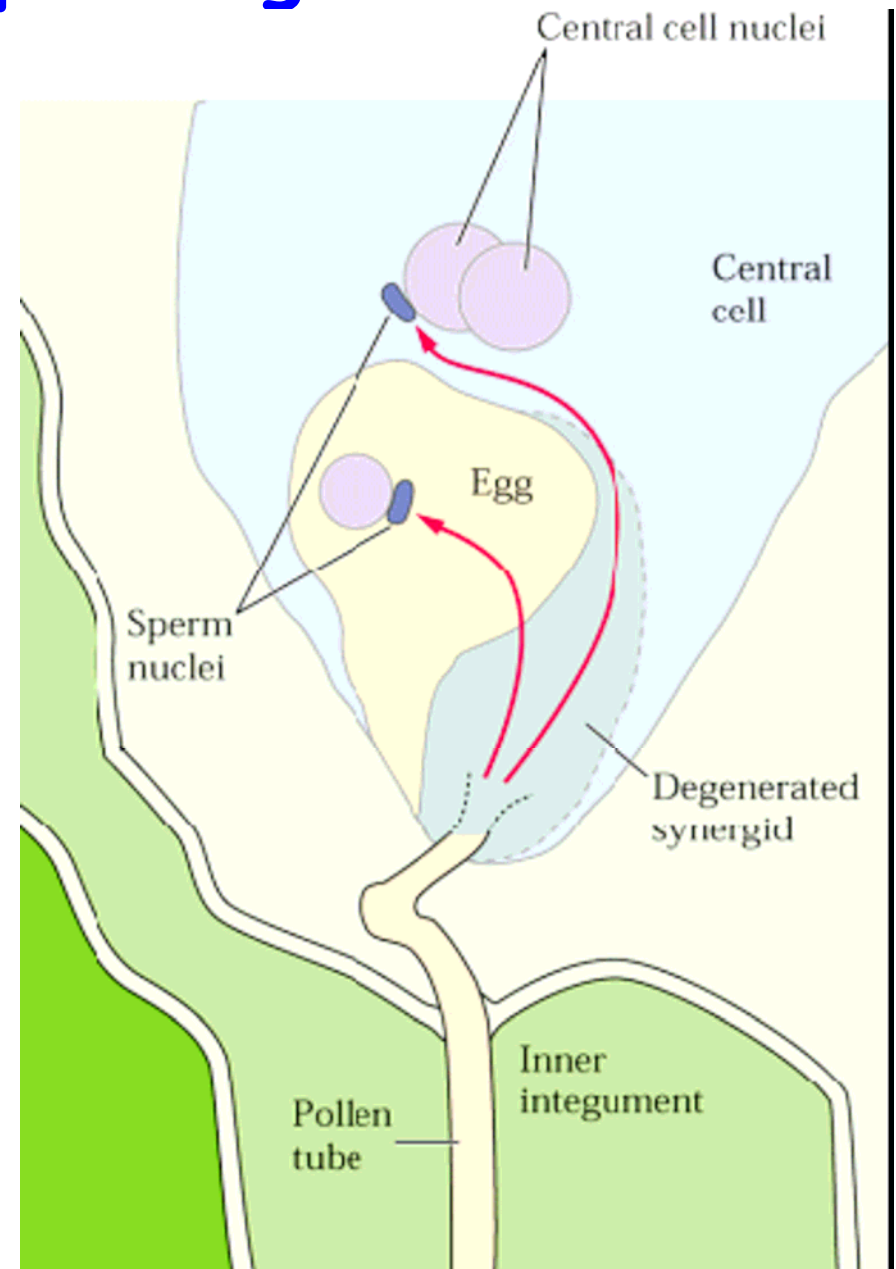
- vstup pylové láčky do synergidy
- DNasa degeneruje vegetativní jádro a jádro synergidy
- spermatická buňka je přenesena do vaječné buňky a druhá do centrální buňky (apozice plazmatických membrán)
- svazky aktinových mikrofilament tvoří dvě koronovité struktury - zprostředkují kontakt jader
- karyogamie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

Karyogamie a plasmagamie

Karyogamie = splývání jader

- **syngamie** - splývání jader vaječné a spermatické buňky
- **konfluace** - splývání jader centrální a spermatické buňky

Plasmagamie = splývání cytoplasmy buněk



Geny užívané pro „live imaging“ dvojitého oplození

LAT52

vegetativní buňka
a pylové láčky

Eady *et al.*, 1994
Rotman *et al.*, 2003;

HTR10/AtGMH3

MYB98

synergidy

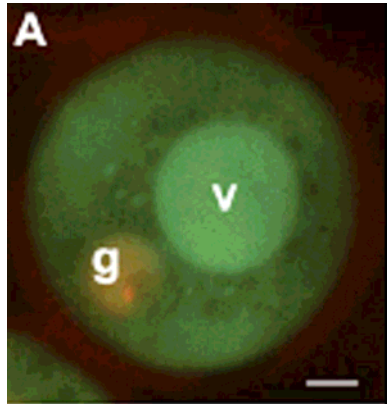
Sandaklie-Nikolova *et al.*, 2007

HISTONE2B-RFP

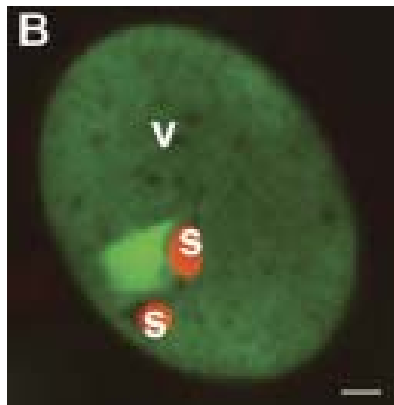
jádro vaječné
buňky

Ingouff *et al.*, 2009

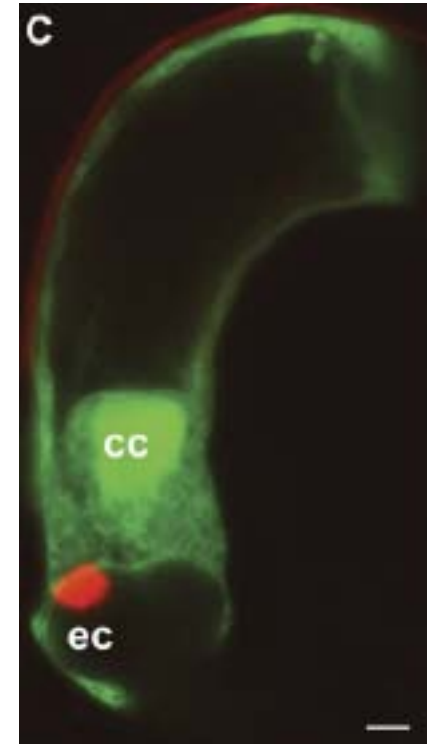
Fluorescenční markery pro samčí a samičí gamety *Arabidopsis*



dvoubuněčný pyl
pLAT52-GFP ve vegetativní buňce (v) a pHTR10-HTR10-RFP v generativní buňce (g)



tříbuněčný pyl
pLAT52-GFP ve vegetativní buňce (v) a pHTR10-HTR10-RFP ve spermatických buňkách (s)



zárodečný vak: exprese pEC1-HISTONE2B-RFP v jádře vaj. buňky (ec) a pFWA-GFP v centrální buňce (cc)
měřítko = 10 um