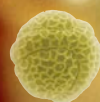


Reprodukční orgány



David Honys

Laboratoř biologie pylu ÚEB AVČR; www.pollenbiology.cz



Sexualita rostlin



Sumer
(4000 př. n. l.)
Abgal

Asýrie (3000 př. n. l.)
Aššúr

Babylón (3000 př. n. l.)
Marduk



Pergamon Museum Berlin



www.pollenbiology.cz

Sexualita u rostlin



Rudolf Jakob Camerarius
(1665 – 1721)

Lékař a botanik
Profesor medicíny a
rektor Univerzity Karlovy

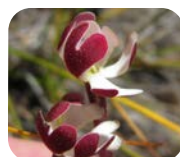
Lékař a botanik
Profesor medicíny a
ředitel botanické zahrady
v Tübingen



Adam Zaluzanský
ze Zalužan
(1555 – 1613)

Poprvé popsal
sexualitu u rostlin
Dvoudomé rostliny
různého pohlaví jsou
stejněho druhu

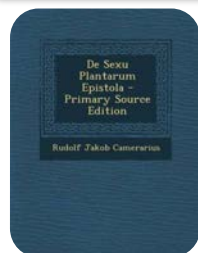
Zaluzianskya
elongata



Methodi herbariae
libri tres (1592)



De sexu plantarum epistola
(1694)



www.pollenbiology.cz

Sexualita u rostlin



Rudolf Jakob Camerarius
(1665 – 1721)

Lékař a botanik,
profesor medicíny a
ředitel botanické zahrady
v Tübingen

De sexu plantarum epistola
(1694)

Popsal a experimentálně potvrdil
sexualitu u rostlin



Samičí rostliny tvoří mimo
dosah pylu ze samčích rostlin
bezsemenné plody

Morušovník
(Morus)



www.pollenbiology.cz

Sexualita u rostlin



Rudolf Jakob Camerarius
(1665 – 1721)

Lékař a botanik,
profesor medicíny a
ředitel botanické zahrady
v Tübingen

De sexu plantarum epistola
(1694)

Popsal a experimentálně potvrdil
sexualitu u rostlin



Bazanka (



Špenát (

Samičí rostliny tvoří mimo
dosah pylu ze samčích rostlin
bezsemenné plody



Kukuřice
(*Zea mays*)

Skočec
(*Ricinus*)



Rostliny po
odstranění samčích
květů tvoří
semena

www.pollenbiology.cz

Sexualita u rostlin



Rudolf Jakob Camerarius
(1665 – 1721)

Lékař a botanik
Profesor medicíny a
ředitel botanické zahrady
v Tübingen



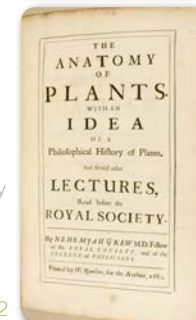
De sexu plantarum epistola
(1694)

Popsal a experimentálně
potvrdil sexualitu u rostlin



Nehemiah Grew
(1641 – 1712)

Zakladatel rostlinné anatomie
Pionýr palynologie,
daktyloskopie



1682

Pozorování:
Pyl - první mikroskopická
pozorování
Prašníky - samčí pohl. orgány
Anatomie květů -
placentace semeníku
Morfologie stonku a kořene

www.pollenbiology.cz

Sexualita rostlin



Giovanni Battista Amici
(1786 - 1863)

Italský astronom, matematik
a optik (mikroskopie)

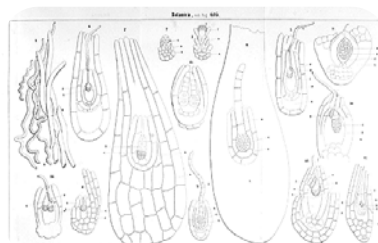
Popsal klíčení pylu na blizně
(1824)



1847
Popis oplodnění orchideje
(*Orchis morio*)



1824
Voskový model oplodnění dýně
(*Cucurbita pepo*)



www.pollenbiology.cz

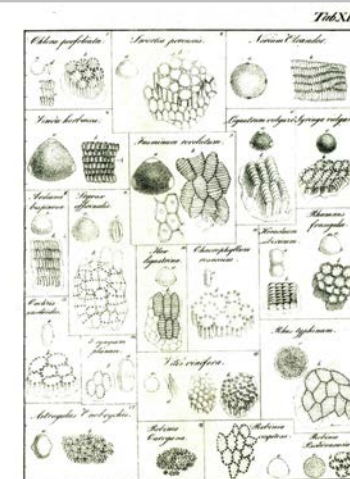
Morfologie pylu a prašníků



Jan Evangelista Purkyně
(1787 - 1869)

Profesor fyziologie
ve Vratislavi

Popsal způsob otevírání prašníků



*De cellulis antherarum fibrosis
de granorum pollinarum formis*
(1830)

www.pollenbiology.cz

Rodozměna

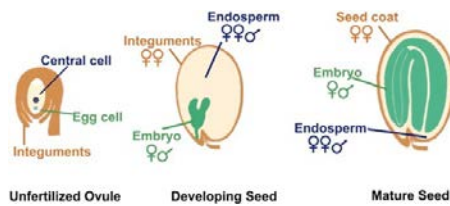
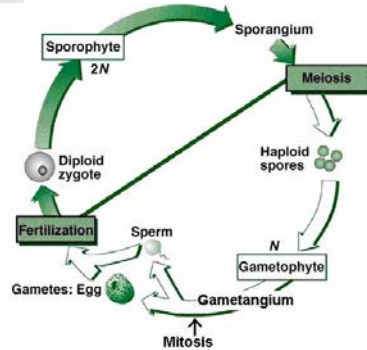


Wilhelm Hofmeister
(1824 - 1877)

Objevy

1849
vznik embrya z vaječné
buňky (oostéry)

1851
skryté střídání generací
semenných rostlin
(sporofyt, gametofyt)
a sjednocující teorie
evoluce rostlin



Profesor botaniky
v Heidelbergu a
v Tübingen

Die Entstehung
des Embryo der
Phanerogamen
(1849)

Rodozměna



Wilhelm Hofmeister
(1824 - 1877)

Objevy

1849
vznik embrya z vaječné
buňky (oostéry)

1851
skryté střídání generací
semenných rostlin
(sporofyt, gametofyt)
a sjednocující teorie
evoluce rostlin



Profesor botaniky
v Heidelbergu a
v Tübingen

Die Entstehung
des Embryo der
Phanerogamen
(1849)



Ladislav Josef Čelakovský
(1834 - 1902)

Profesor botaniky
na Univerzitě Karlově

Zavedení pojmů
sporofyt a gametofyt
(1874)

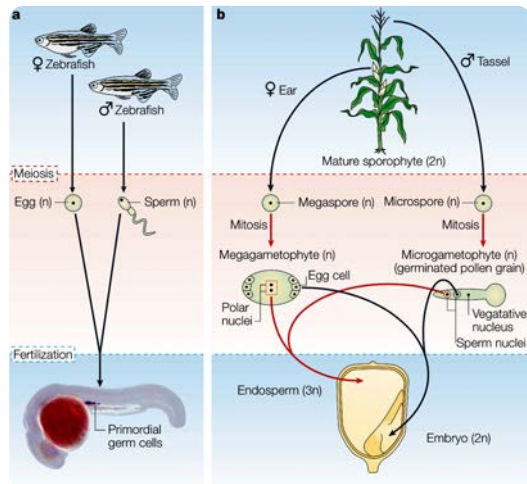
Ueber die verschiedenen Formen und die
Bedeutung des Generationswechsels der
Pflanzen. Sitzungsberichte der königlich
böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften
in Prag 1874: 21-61

Životní cykly rostlin a živočichů

Živočichové

Diferenciace
zárodečné linie
záhy během
embryogeneze

Izolovaná
populace
kmenových
buněk

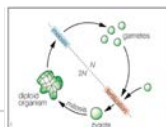


Walbot a Evans (2003) Nat Rev Genet

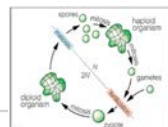
Rostliny

Absence specifické
zárodečné linie

Nediferencované
kmenové buňky
↓
Vegetativní pletiva
↓
Reprodukční orgány
↓
2n mateřské buňky
mikro- a megaspor
↓
1n mikro- a megaspor
↓
♂ a ♀ gametofyt
↓
Gamety



Graham (2003)



www.pollenbiology.cz

Redukce gametofytu

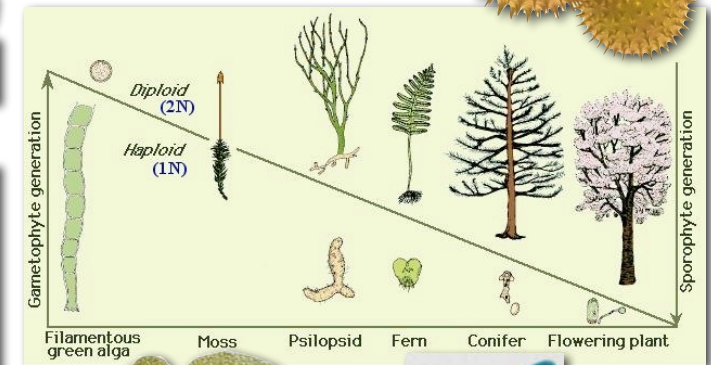


Mchy



Hlíviky

Krytosemenné
rostliny



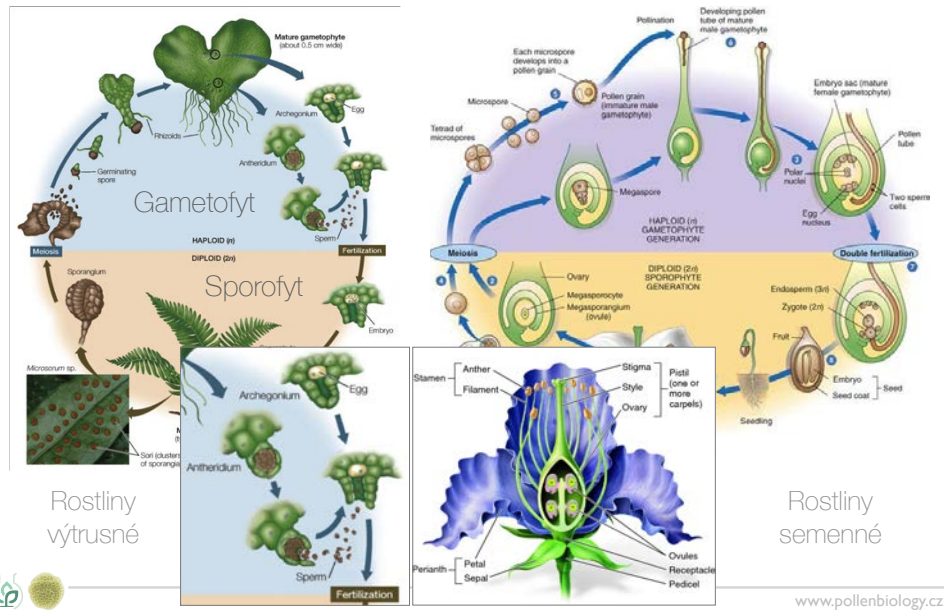
Kapradiny



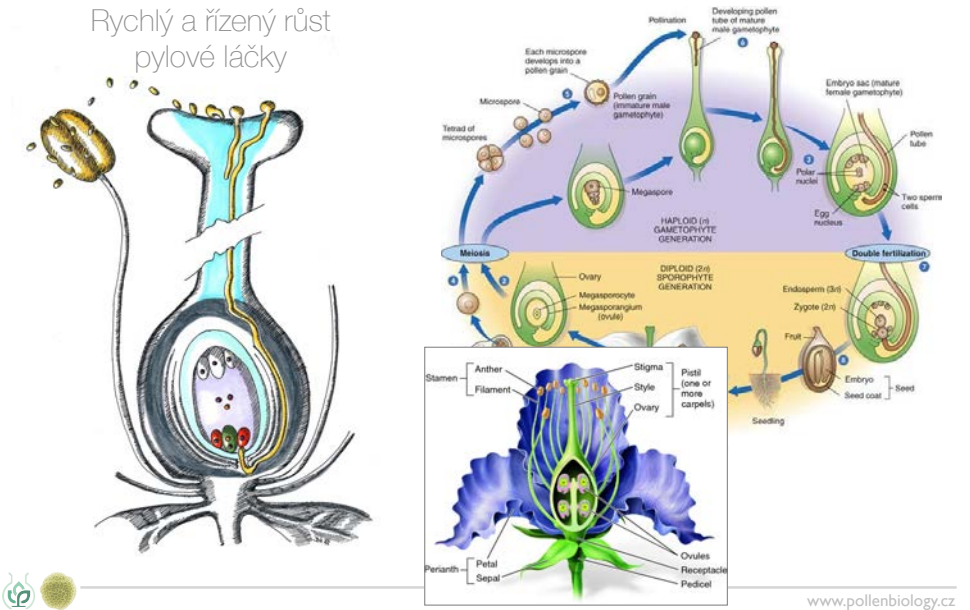
Nahosemenné
rostliny

www.pollenbiology.cz

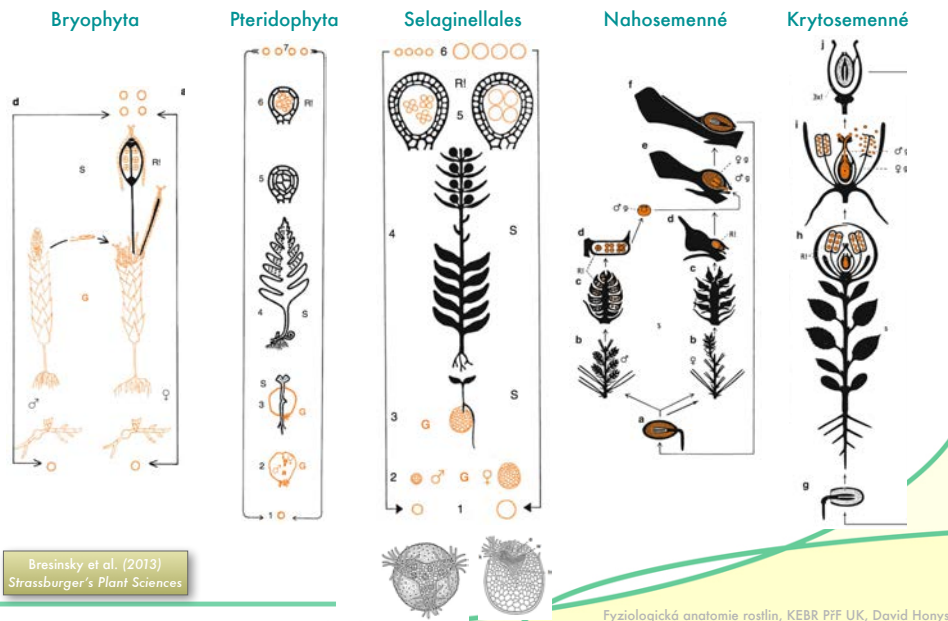
Skrytá rodozměna krytosemenných rostlin



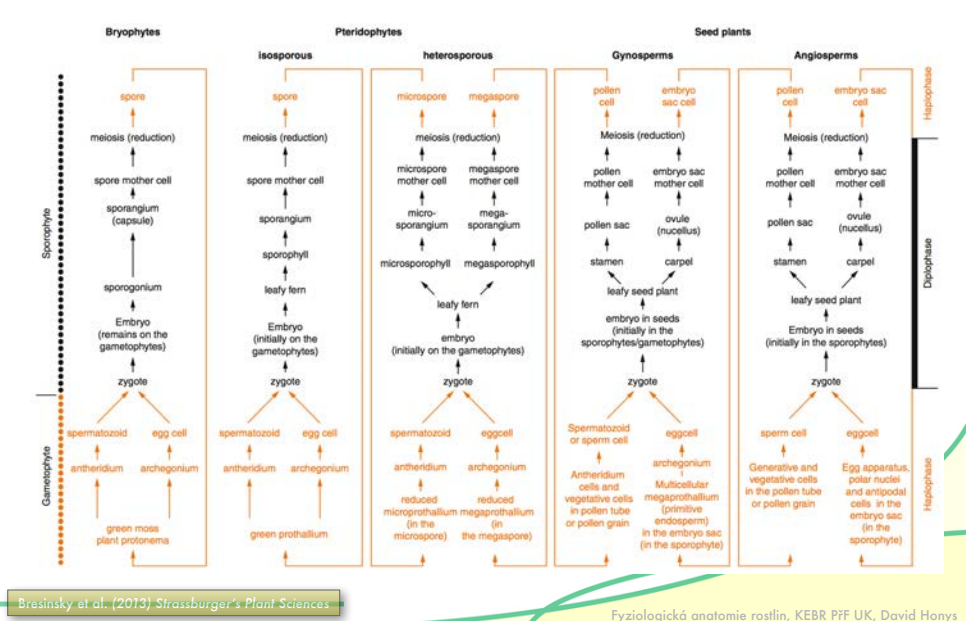
Dopravení samčích gamet k vajíčku



Rodozměna



Rodozměna



Tendence k tvorbě semen

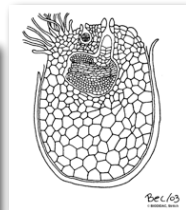
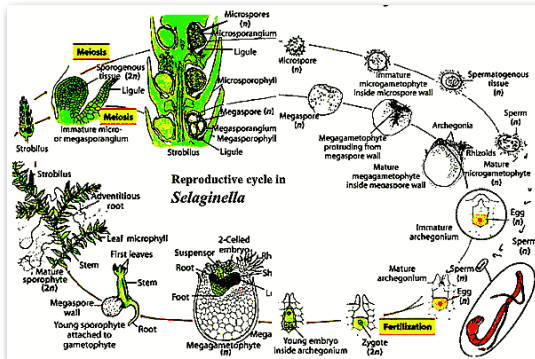
Rostliny výtrusné - vranečky

Megaspory se neuvolňují ze sporangií, vyvíjejí se na sporofytu

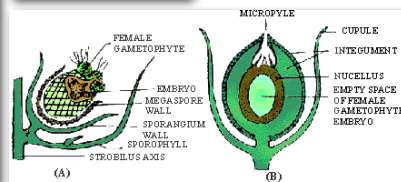
Neuzavřený **obal** kolem samičí výtrusnice tvořený megasporofylem



S. rupestris



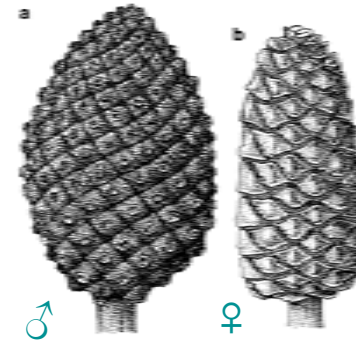
Heterosporické vranečky
Selaginella apus
Selaginella rupestris
Miadesmia (karbon)
Lepidocarpon (devon, karbon)



Růst a vývoj rostlin, KEBR PFF UK, David Honys

Šišťice nahosemenných rostlin

Cycadopsida



♂

♀

Encephalartos altensteinii

Bresinsky et al. (2013) Strassburger's Plant Sciences

Coniferopsida

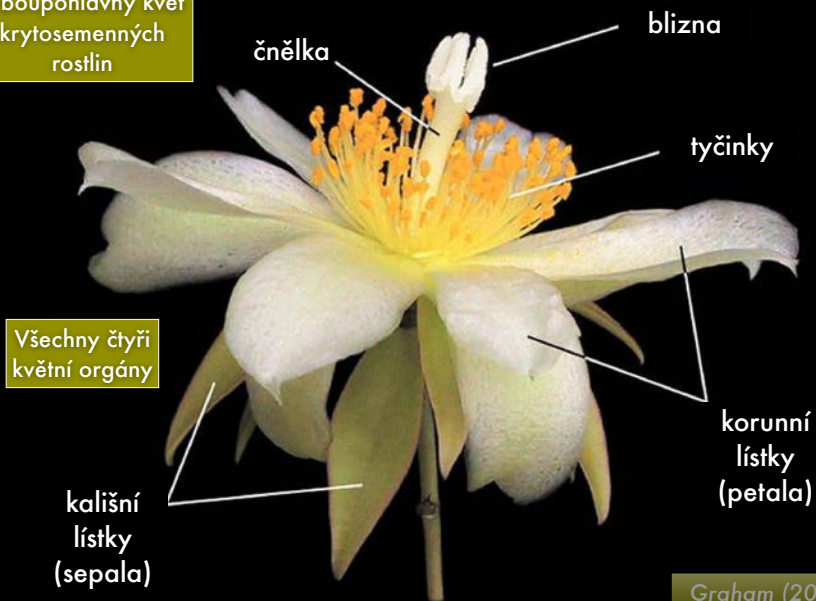


Pinus sylvestris

Fyziologická anatomie rostlin, KEBR PFF UK, David Honys

Úplný květ krytosemenných rostlin

Oboupohlavný květ
krytosemenných
rostlin



Všechny čtyři
květní orgány

Graham (2003)

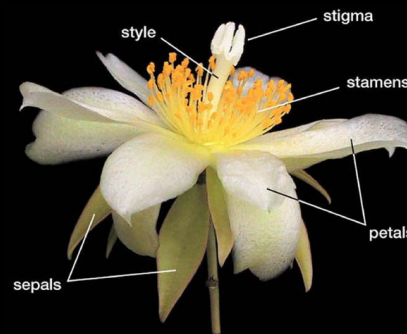
Květní obal

Homochlamydní
tepala

Heterochlamydní
sepala
petala

Achlamydní

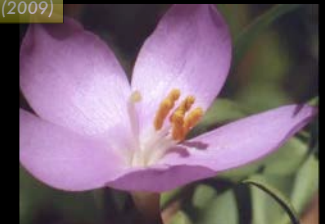
Haplochlamydní
asepalní
apetalní



Funkce



Ochrana květních orgánů
před rozkvetením



Lákání opylovačů

BBC Life (2009)

Neúplný květ

Jeden nebo více květních orgánů chybí



kukuřice



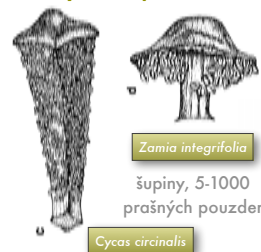
líška



BBC Life (2009)

Mikrosporofyly nahosemenných rostlin

Cycadopsida



Zamia integrifolia
šupiny, 5-1000
prašných pouzder

Cycas circinalis

Ginkgopsida



tyčinky,
2 prašná
pouzdra

Ginkgo biloba

Coniferopsida



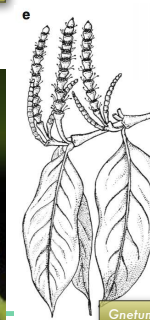
tyčinky,
2-20 prašných
pouzder

Pinus sylvestris

Gnetales



Gnetum sp.



Welwitschia sp.

Gnetum
mikrosporofyl,
1-2 prašná pouzdra

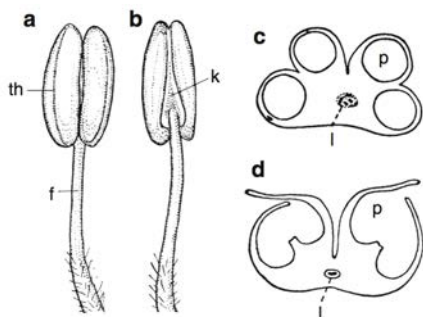
Welwitschia
6 mikrosporofylů v kruhu,
každý 3 prašná pouzdra

Bresinsky et al. (2013)
Strassburger's Plant Sciences

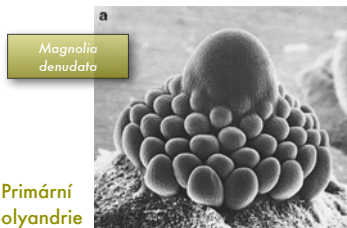
Fyziologická anatomie rostlin, KEPR PFF UK, David Honys

Mikrosporofyly krytosemenných - tyčinky

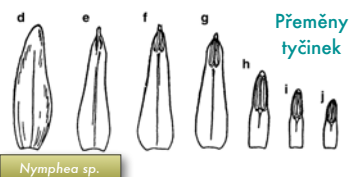
1-2000 tyčinek
Spirální či kruhová fylotaxe



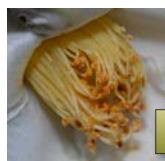
Primární
polyandrie



Magnolia denudata



Sekundární
polyandrie



Stewartia pseudocamellia

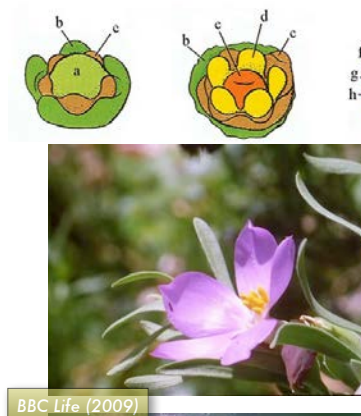
Přeměny
tyčinek

Bresinsky et al. (2013) Strassburger's Plant Sciences

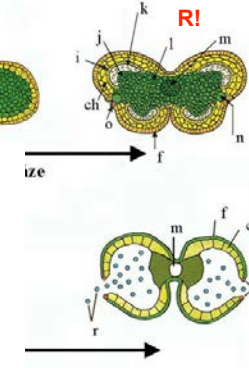
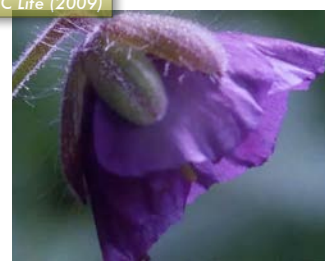
www.plantsystematics.org

Fyziologická anatomie rostlin, KEPR PFF UK, David Honys

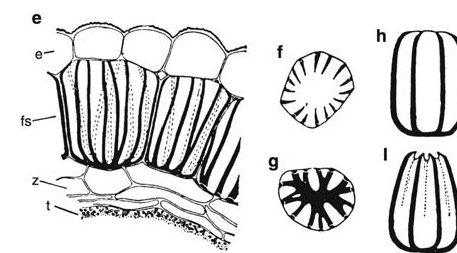
Vývoj prašníku



BBC Life (2009)



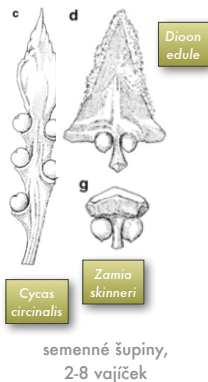
Otvírání prašníků



Fyziologická anatomie rostlin, KEPR PFF UK, David Honys

Megasporofyly nahosemenných rostlin

Cycadopsida



Ginkgopsida



Coniferopsida



Gnetales

1 terminální vajíčko

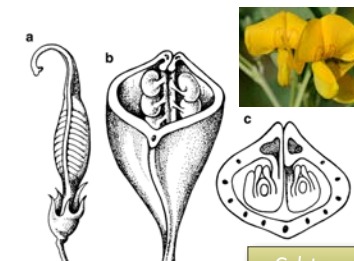
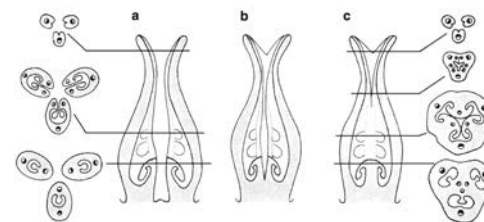
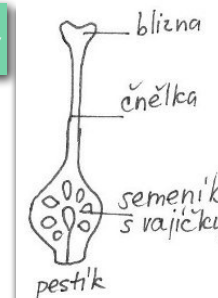
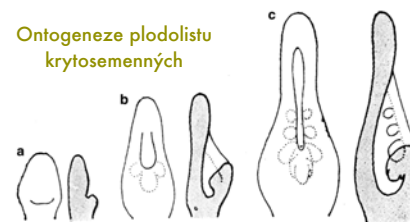


Bresinsky et al. (2013)
Strassburger's Plant Sciences

Fyziologická anatomie rostlin, KEPR PFF UK, David Honyš

Megasporofyly krytosemenných - plodolisty

Ontogeneze plodolistu krytosemenných



www.plantsystematics.org

Bresinsky et al. (2013) Strassburger's Plant Sciences

Fyziologická anatomie rostlin, KEPR PFF UK, David Honyš

Základní typy gynaecí a placent

Typy gynaecí a placentace

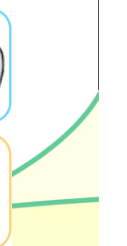
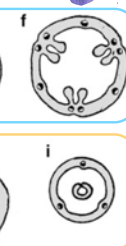
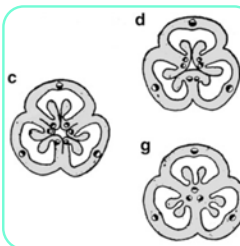
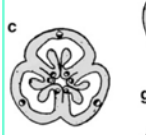
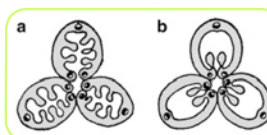
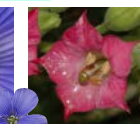
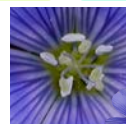
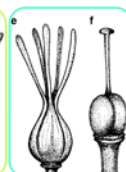
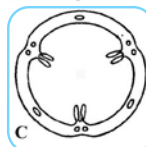
1) volné - apokarpní gynaecium



A - synkarpní - nákoutní placenta
B - lyzikarpní - středová placenta

2) srostlé - coenokarpní

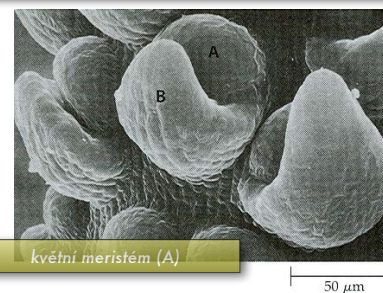
C - parakarpní - nástěnná placenta



Bresinsky et al. (2013)
Strassburger's Plant Sciences

Růst a vývoj rostlin, KEPR PFF UK, David Honyš

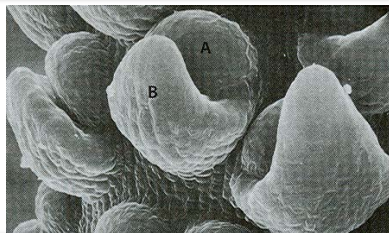
Vývoj květu u *Neptunia pubescens*



Neptunia pubescens
(Mimosaceae)

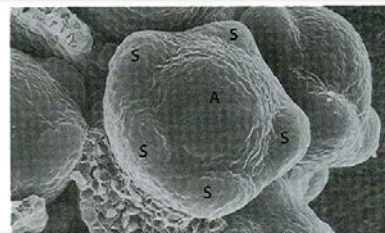
Raven P.H., Evert R.F., Eichhorn S.E.: Biology of Plants, - W. H. Freeman and Comp. Publ., 2005

Vývoj květu u *Neptunia pubescens*



květní meristém (A)

50 µm

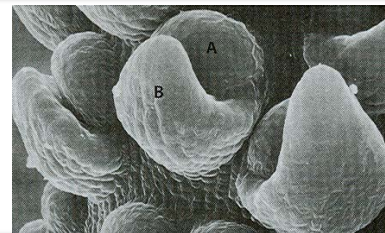


meristém se základy kališních lístků (S)

50 µm

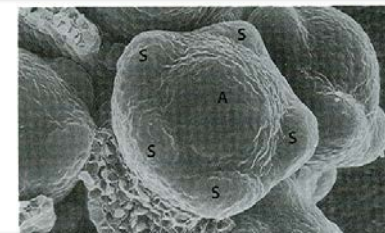
Raven P.H., Evert R.F., Eichhorn S.E.: Biology of Plants, - W. H. Freeman and Comp. Publ., 2005

Vývoj květu u *Neptunia pubescens*



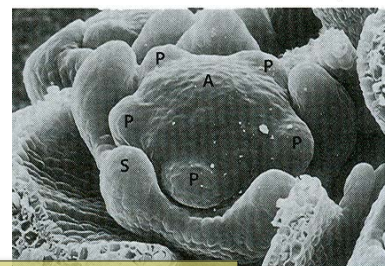
květní meristém (A)

50 µm



meristém se základy kališních lístků (S)

50 µm

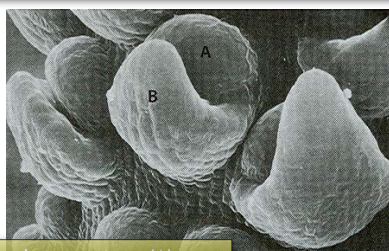


meristém se základy kališních (S) a korunních lístků (P)

50 µm

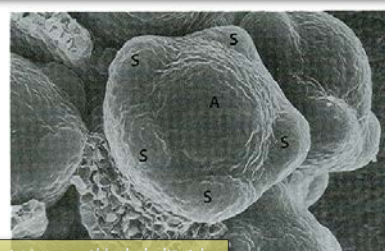
Raven P.H., Evert R.F., Eichhorn S.E.: Biology of Plants, - W. H. Freeman and Comp. Publ., 2005

Vývoj květu u *Neptunia pubescens*



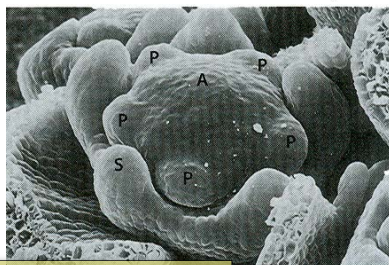
květní meristém (A)

50 µm



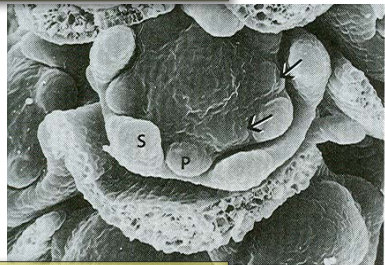
meristém se základy kališních lístků (S)

50 µm



meristém se základy kališních (S) a korunních lístků (P)

50 µm



→ základy tyčinek

50 µm

Raven P.H., Evert R.F., Eichhorn S.E.: Biology of Plants, - W. H. Freeman and Comp. Publ., 2005

Vývoj květu u *Neptunia pubescens*



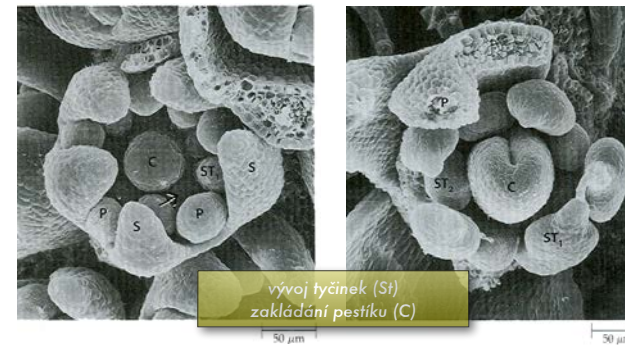
vývoj tyčinek (St)
zakládání pestíku (C)

50 µm

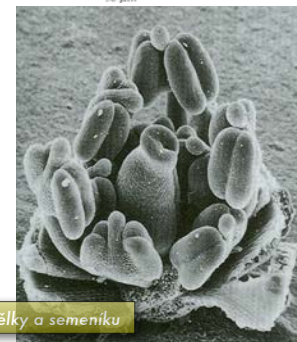
Raven P.H., Evert R.F., Eichhorn S.E.: Biology of Plants, - W. H. Freeman and Comp. Publ., 2005



Vývoj květu u *Neptunia pubescens*



Vývoj květu u *Neptunia pubescens*



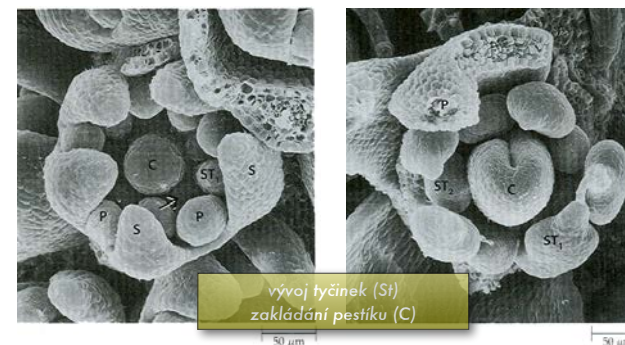
diferenciace čnělky a semeníku

Raven P.H., Evert R.F., Eichhorn S.E.: Biology of Plants, - W. H. Freeman and Comp, Publ., 2005

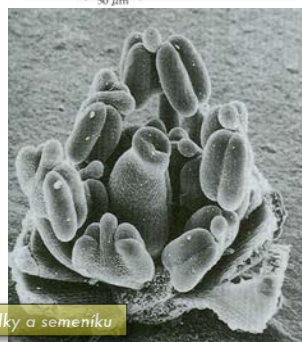
Raven P.H., Evert R.F., Eichhorn S.E.: Biology of Plants, - W. H. Freeman and Comp, Publ., 2005



Vývoj květu u *Neptunia pubescens*



Vývoj květu u *Neptunia pubescens*



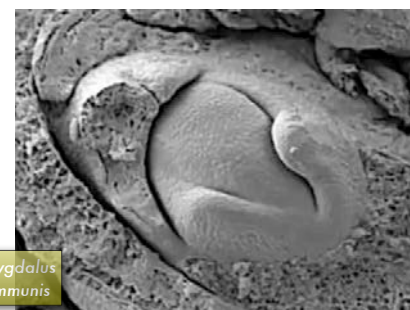
diferenciace čnělky a semeníku

→ blizna

čnělka

semeník (O)

diferenciace pestíku



*Amygdalus
communis*

→ blizna

čnělka

semeník (O)

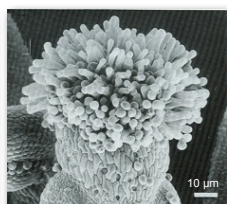
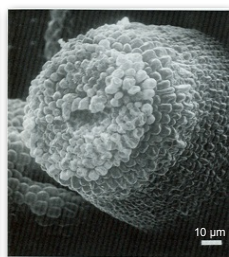
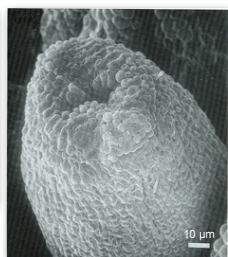
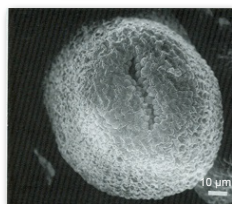
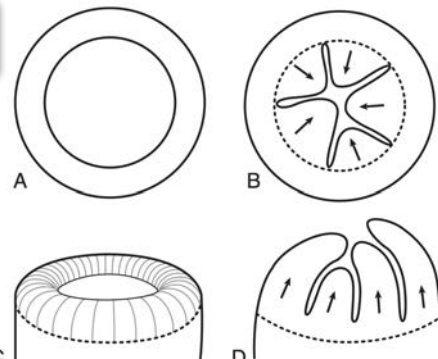
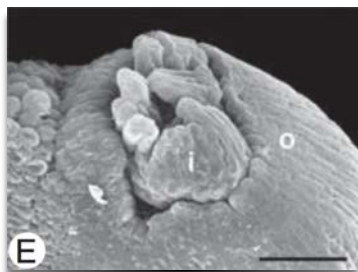
diferenciace pestíku

Raven P.H., Evert R.F., Eichhorn S.E.: Biology of Plants, - W. H. Freeman and Comp, Publ., 2005

Raven P.H., Evert R.F., Eichhorn S.E.: Biology of Plants, - W. H. Freeman and Comp, Publ., 2005

www.youtube.com

Diferenciace blizny u huseníčku



Bowman: Atlas of Morphology and Development (1994)

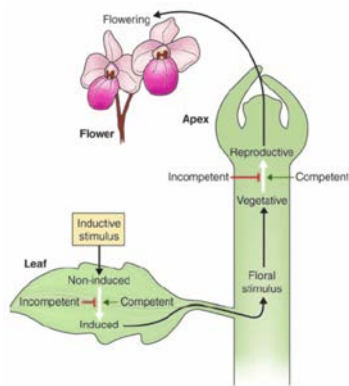
p – koruna

Růst a vývoj rostlin, KEPR PFF UK, David Honys

Kvetení



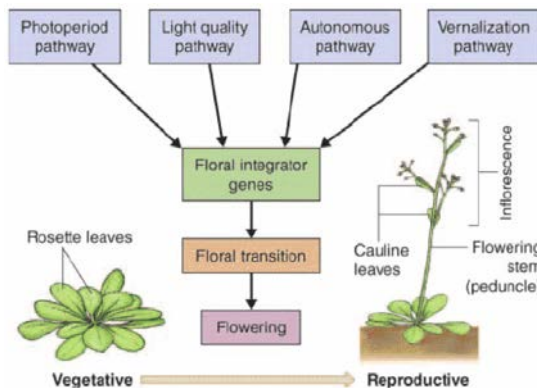
Přechod do generativní fáze



Stonkový apikální meristém je přeměněn v **intermediální/přechodný meristém (inflorescence meristem)**, který vytvoří základ květenství

Intermediální meristém – přechodné stádium mezi vegetativní na generativní fázi

Intermediální meristém dá vzniknout **květní meristémům (floral meristem)**

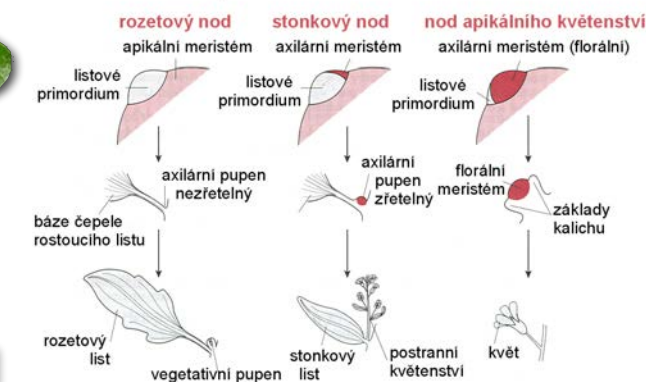


Fyziologická anatomie rostlin, KEPR PFF UK, David Honys

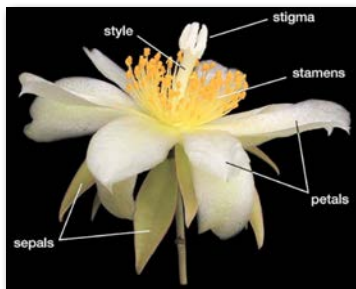
Morfologické změny provázející kvetení u huseníčku



Arabidopsis thaliana



Leyser O., Day S.: Mechanisms in Plant Development. Blackwell Publ. 2003 UK (upraveno)



Květní diagram a čtyři kruhy květních orgánů

Čtyři kruhy buněk v květním meristému

Čtyři kruhy květních orgánů

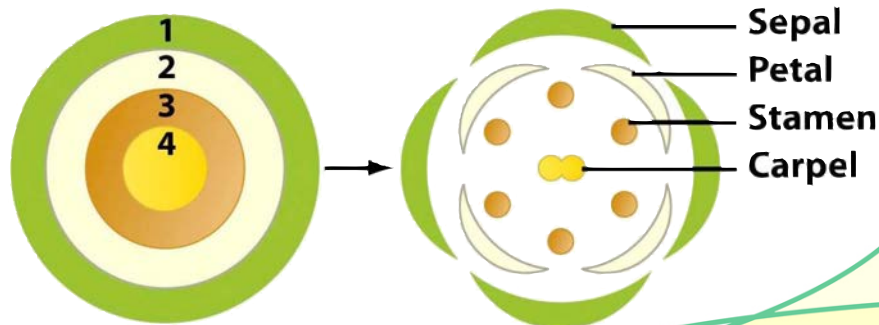
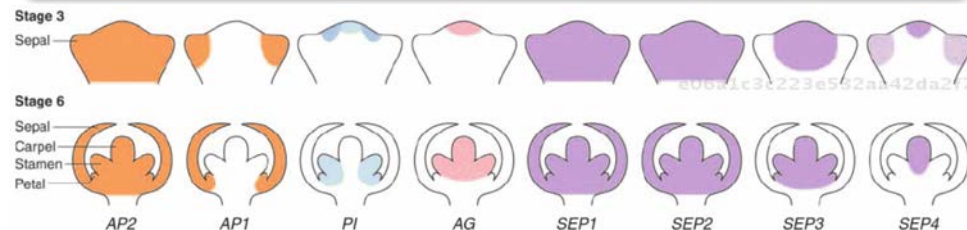


Figure 22-10 Biological Science, 2/e

© 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

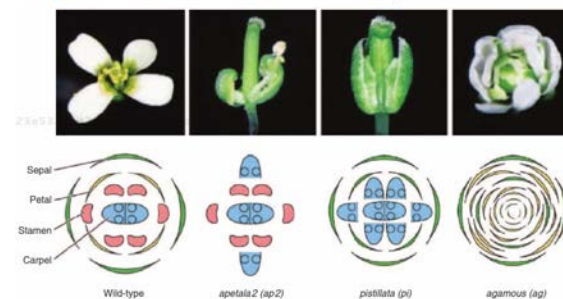
Růst a vývoj rostlin, KEPR PFF UK, David Honys

Geny identity květního meristému



Class A Class B Class C Class E

MADS-box transkripční faktory



Fyziologická anatomie rostlin, KEPR PFF UK, David Honys

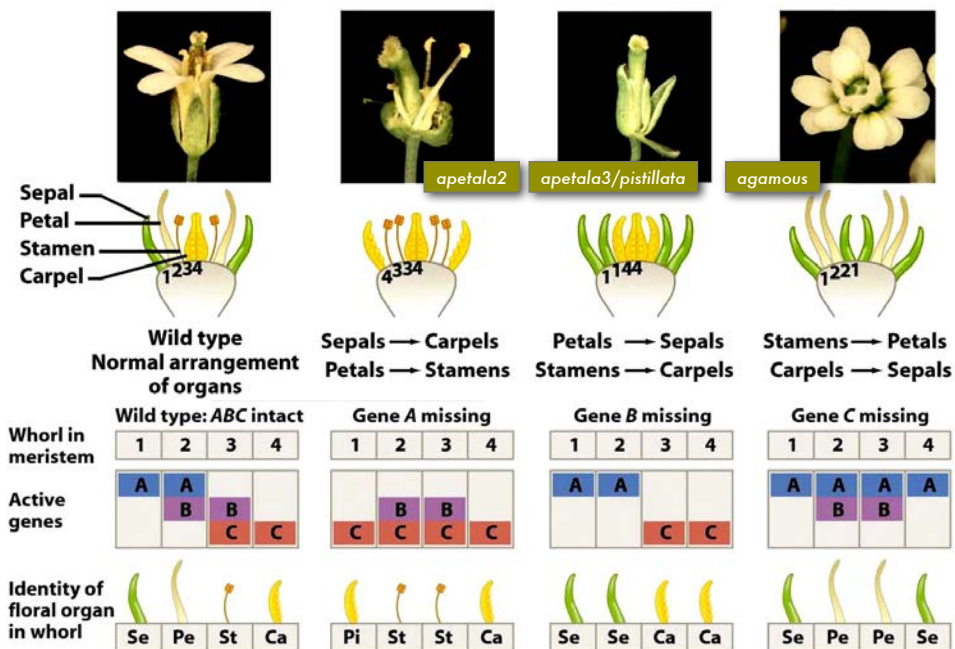
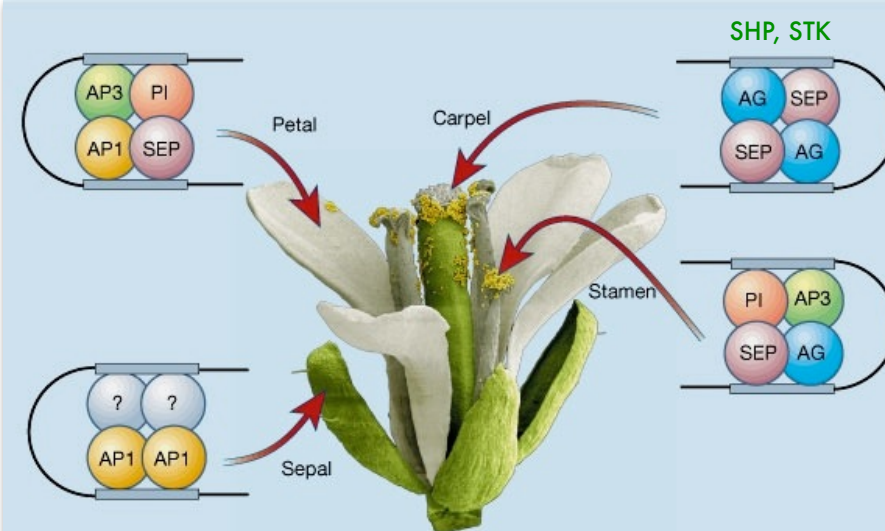


Figure 22-11b Biological Science, 2/e

© 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Růst a vývoj rostlin, KEPR PFF UK, David Honys

Kvartetový model

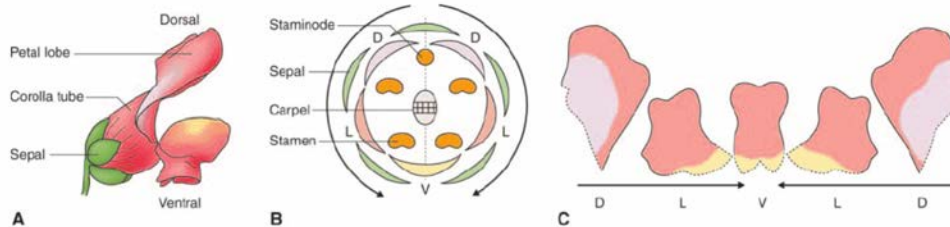


Thiessen (2000) COPB

Růst a vývoj rostlin, KEPR PFF UK, David Honys

ABC model u dalších modelových druhů

Species	Class A	Class B	Class C	Class E
<i>Arabidopsis</i>	APETALA1 (AP1, AP2)	PISTILLATA (PI1), APETALA3 (AP3)	AGAMOUS (AG)	SEPALLATA (SEP1, SEP2, SEP3, SEP4)
<i>Antirrhinum majus</i>	SQUAMOSA (SQUA), LIPPLESS (LIP1, LIP2)	DEFICIENS (DEF), GLOBOSA (GLO)	FARINELLI (FAR)	DEFH49, DEFH200, DEFH72, AmSEP3b
<i>Zea mays</i>	ZAP1, GLOSSY15 (GL15)	SILKY1 (SI1), ZMM16, ZMM18, ZMM29	ZAG1, ZMM2	ZMM3, ZMM8, ZMM14, ZMM24, ZMM31, ZMM6, ZMM27

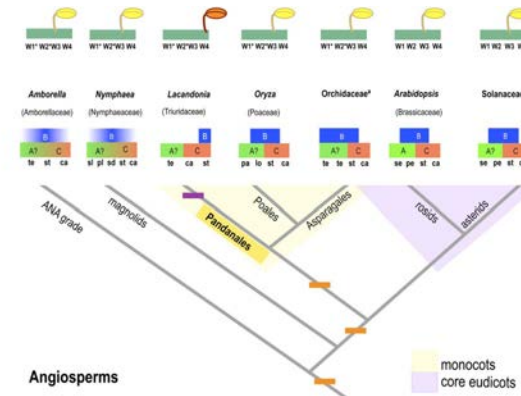


Fyziologická anatomie rostlin, KEBR PFF UK, David Honys

ABC není vždy ABC

B (plus C) gene function for stamen formation

ABC model variations



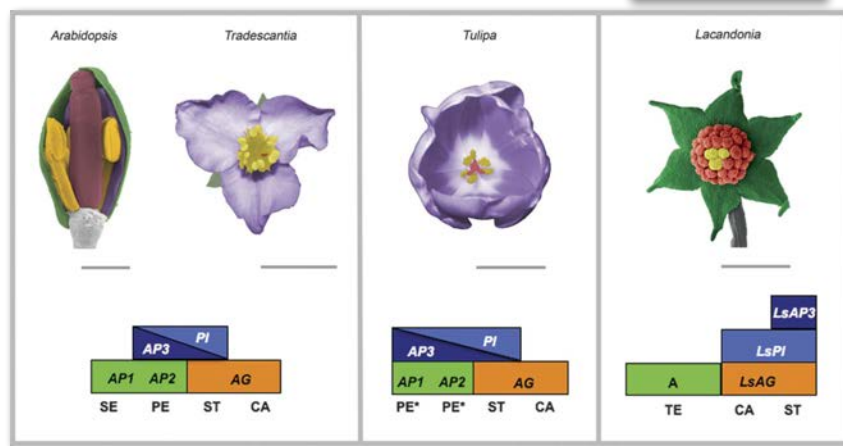
Lacandonia schismatica

Garay-Arroyo (2012) JXB

Růst a vývoj rostlin, KEBR PFF UK, David Honys

ABC není vždy ABC, může být i ACB!

Lacandonia schismatica

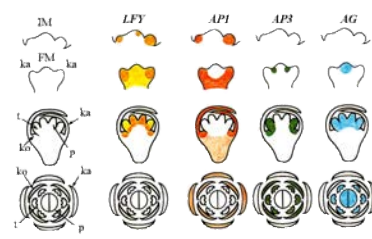


Garay-Arroyo (2012) JXB

Růst a vývoj rostlin, KEBR PFF UK, David Honys

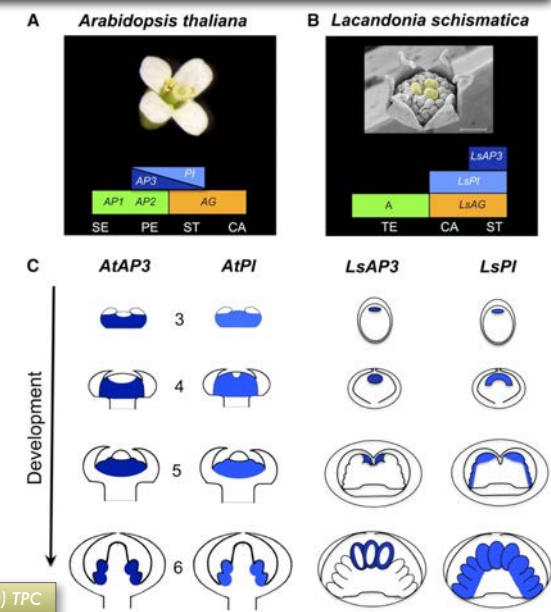
Geny identity květního meristému

Geny identity květních orgánů u *Arabidopsis*: LFY (LEAFY), AP1, AP3 (APETALA), PI (PISTILLATA), AG (AGAMOUS)



Okamoto (1993) Plant Cell

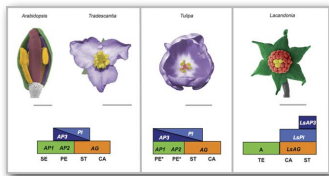
MADS box transkripční faktory homeotické geny



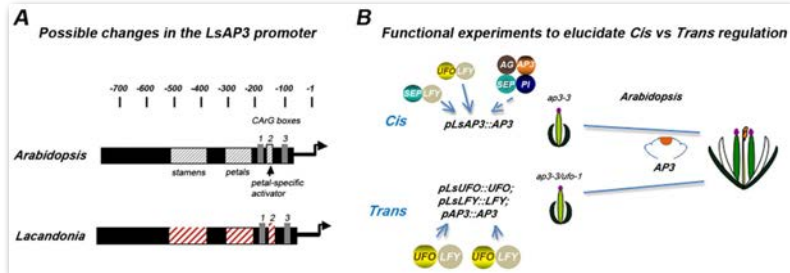
Alvarez-Buylla (2010) TPC

Fyziologická anatomie rostlin, KEBR PFF UK, David Honys

ABC není vždy ABC, může být i ACB!



Lacandonia schismatica

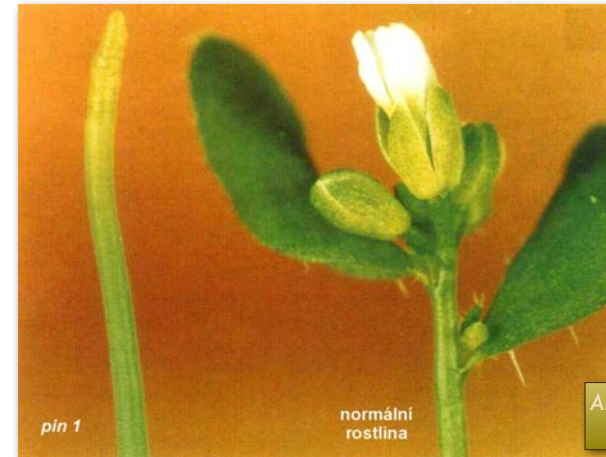


Álvarez-Buylla (2010) TPC

Růst a vývoj rostlin, KEPR PFF UK, David Honys

Regulace kvetení - význam auxinu

Polární transport **auxinu** - klíčový pro vývoj květenství



pin 1

normální
rostlina

*Arabidopsis
thaliana*

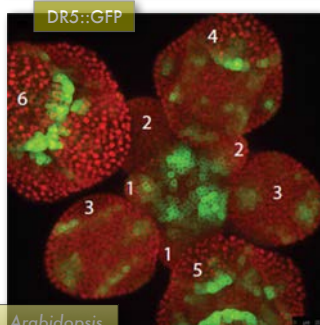
jarovizace



Okada (1991)
Plant Cell

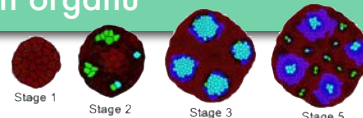
Fyziologická anatomie rostlin, KEPR PFF UK, David Honys

Úloha auxinu při specifikaci květních orgánů



*Arabidopsis
thaliana*

Zvýšená koncentrace auxinu
v místech založení
budoucích květních orgánů



Specifikace květních orgánů

integrace dvou procesů

Expres **MADS-box TF**

Identita

Dynamika **auxinu**

Umístění



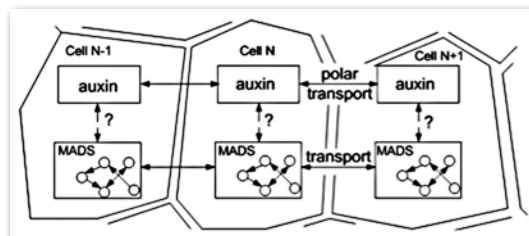
wt



pin1 - distribuce
auxinu v kruhu

pin1

van Mourik (2012) PLoS ONE, PSB



Růst a vývoj rostlin, KEPR PFF UK, David Honys

Neúplný květ

Jednopohlavný květ

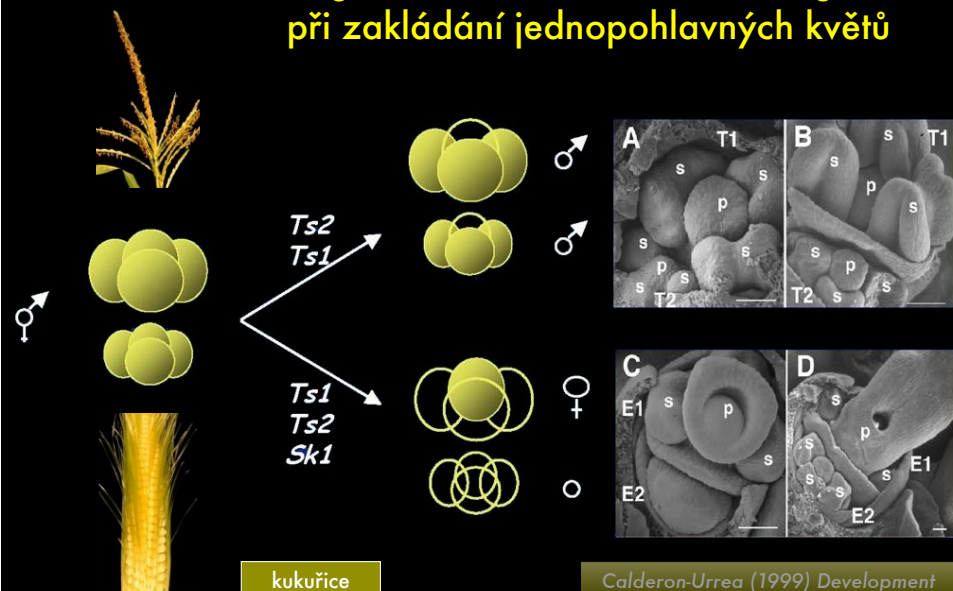


Jeden nebo
více květních
orgánů chybí

kukuřice



Degenerace základů květních orgánů při zakládání jednopohlavných květů



Kiwi (*Actinidia deliciosa*)

Dvoudomá rostlina, jednopohlavné květy



Samičí květ

Čnělka s větším množstvím blizen

Velké množství tyčinek s prašníky produkujícími **neživotoschopný pyl**

Zpoždění degenerace tapeta a middle layer

Ca^{++} signalizace účastní se nesprávné tvorby exiny zprostředkovaná tapetem



Samčí květ

Degenerace základů čnělky

Velké množství tyčinek s prašníky produkujícími **fertilní pyl**

Fyziologická anatomie rostlin, KEPR PFF UK, David Honys

Samičí gametofyt



Životní cyklus (kryto)semenných rostlin

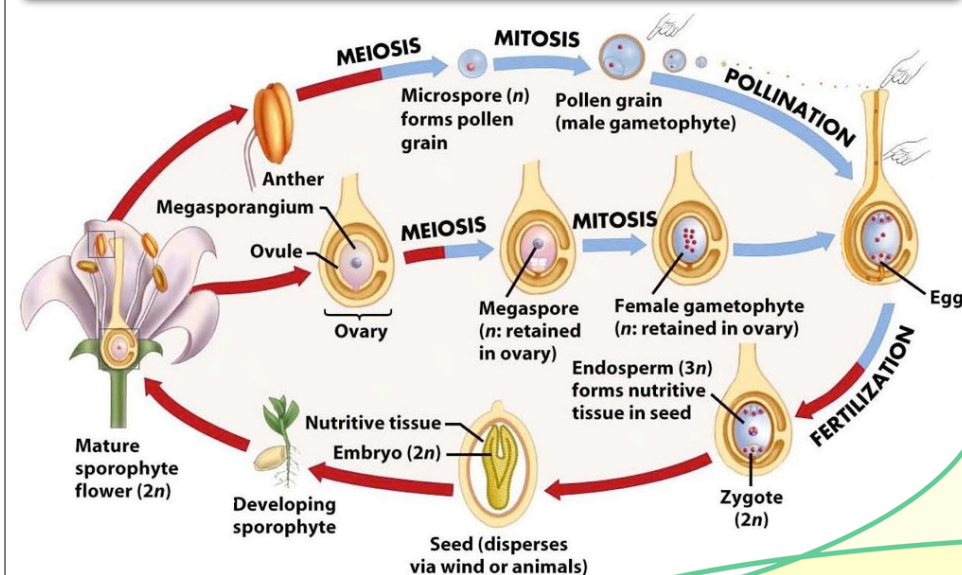
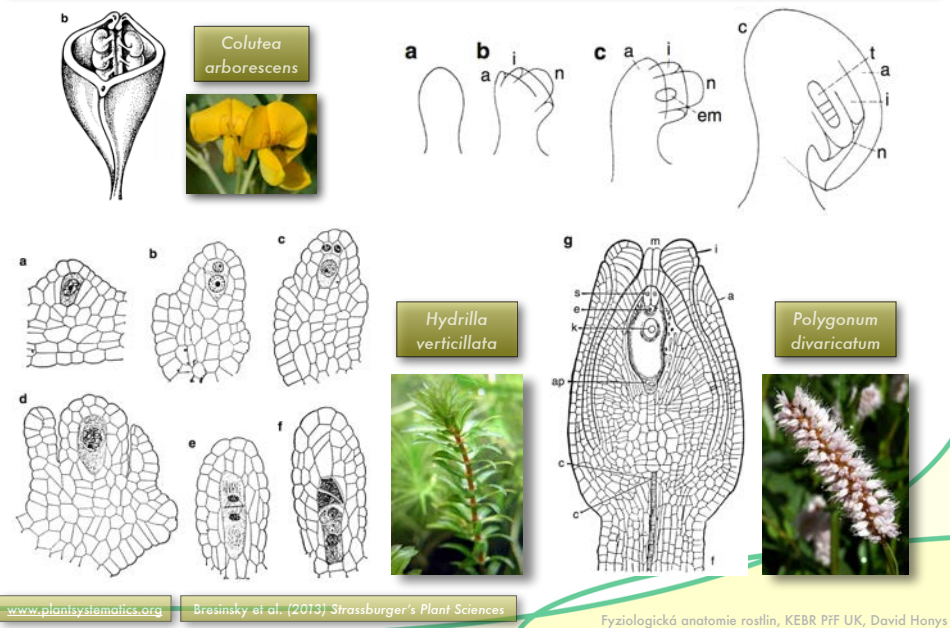


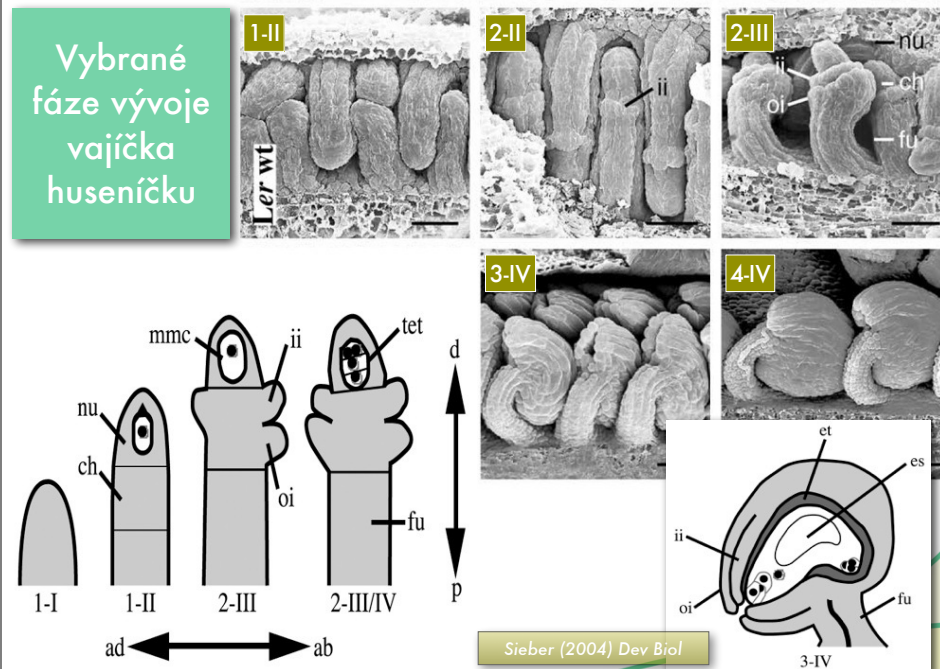
Figure 29-14e Biological Science, 2/e
© 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Růst a vývoj rostlin, KEPR PFF UK, David Honys

Vývoj samičího gametofytu krytosemenných rostlin

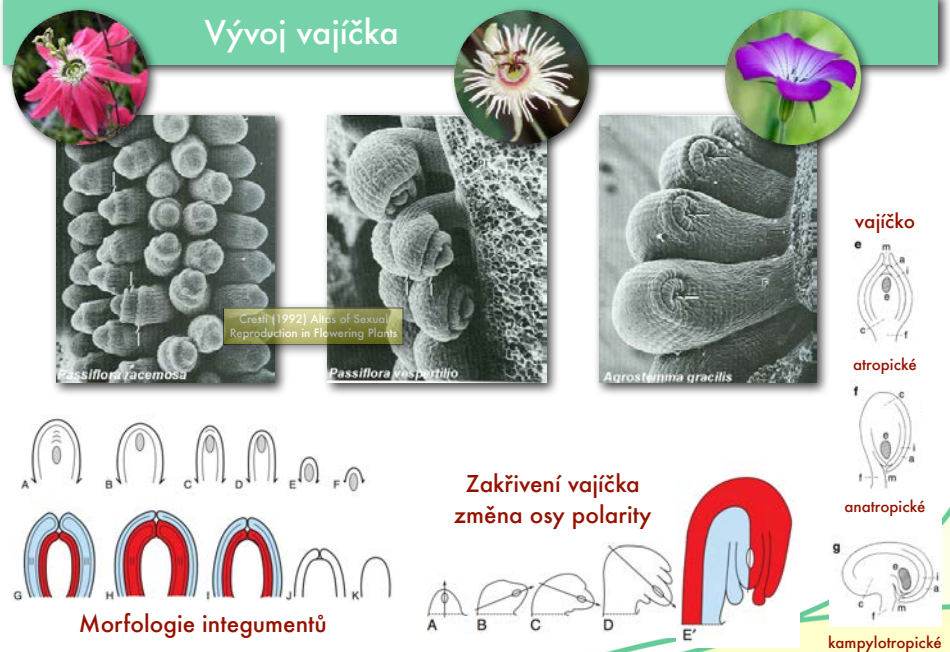


Vybrané fáze vývoje vajíčka huseničku



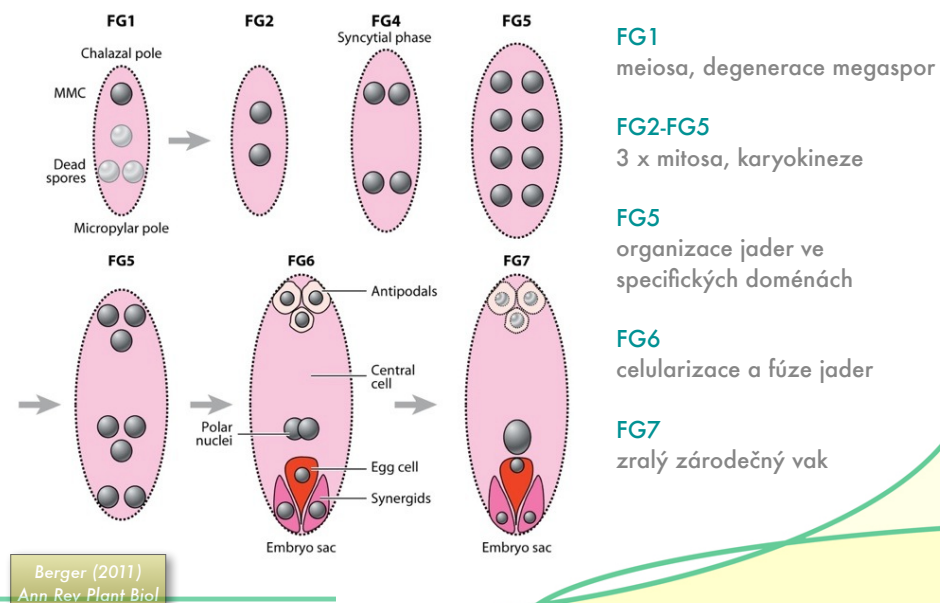
Růst a vývoj rostlin, KEPR PFF UK, David Honyš

Vývoj vajíčka



Růst a vývoj rostlin, KEPR PFF UK, David Honyš

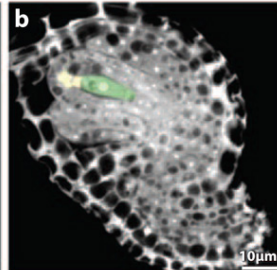
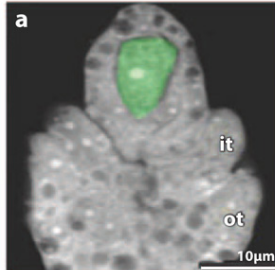
Vývoj zárodečného vaku



Růst a vývoj rostlin, KEPR PFF UK, David Honyš

Vývoj zárodečného vaku

mateřská
buňka
megaspory

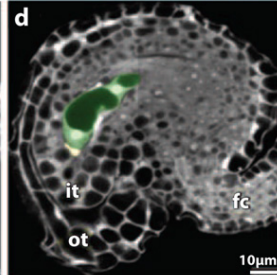
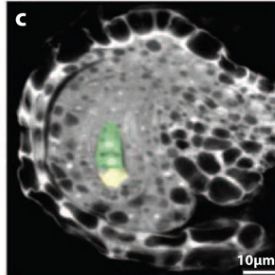


jednobuněčný
mladý
zárodečný vak

degenerující
megaspory

raně
dvojjaderný
zárodečný vak

degenerující
megaspory



pozdě
dvojjaderný
zárodečný vak

degenerující
megaspory

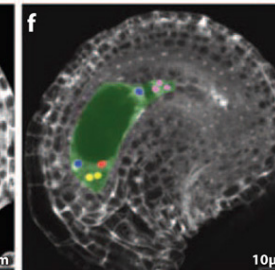
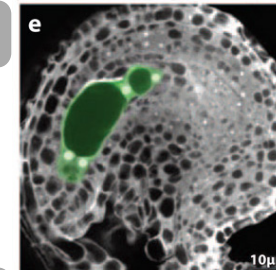
Arabidopsis thaliana

Yang (2010) Ann. Rev. Plant Biol.

Růst a vývoj rostlin, KEPR PFF UK, David Honys

Vývoj zárodečného vaku

čtyřjaderný
zárodečný vak



raný
osmijaderný
zárodečný vak

jádra antipod

polární jádra

jádra synergid

jádro vaječné
buňky

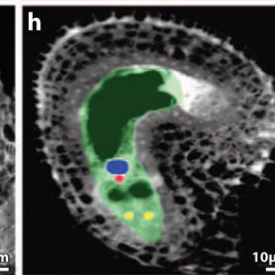
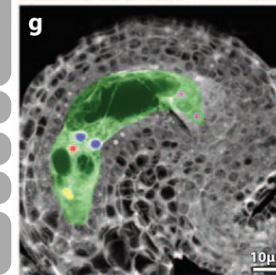
pozdní
osmijaderný
zárodečný vak

jádra antipod

polární jádra

jádra synergid

jádro vaječné
buňky



zralý
osmibuněčný
zárodečný vak

centrální jádro

jádra synergid

jádro vaječné
buňky

Arabidopsis thaliana

Yang (2010) Ann. Rev. Plant Biol.

Růst a vývoj rostlin, KEPR PFF UK, David Honys

Typy megasporogeneze a megagametogeneze

	MEGASPOROGENESIS				MEGAGAMETOGENESIS			
	MMC	Meiosis 1	Meiosis 2	Functional Megaspore	Mitosis 1	Mitosis 2	Mitosis 3	Mature FG
Monosporic (Polygonum)								
Bisporic (Alisma)							—	
Tetrasporic (Drusa)							—	

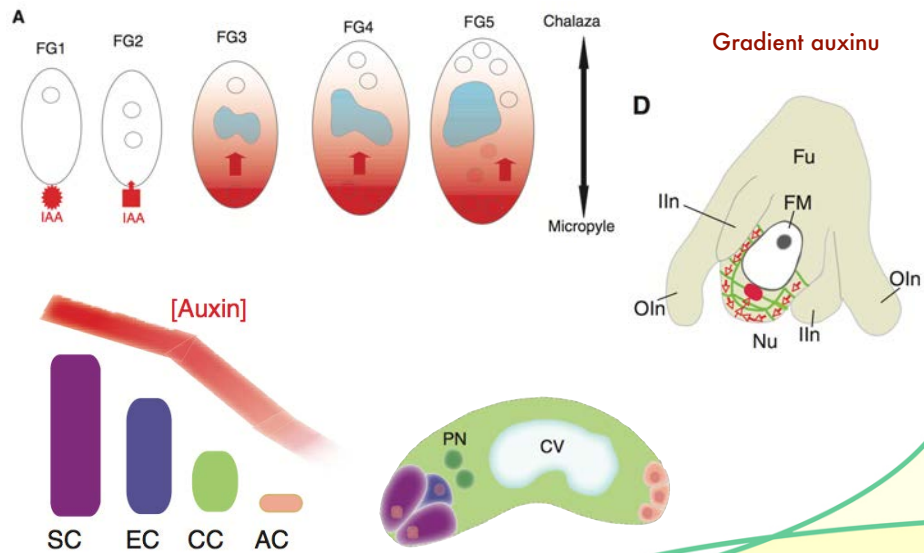
Růst a vývoj rostlin, KEPR PFF UK, David Honys

Type	Megasporogenesis			Megagametogenesis		
	megaspore mother cell	1 st division	2 nd division	3 rd division	4 th division	5 th division
monosporate 8-nucleate <i>Polygonum</i> type = normal type						
monosporate 4-nucleate <i>Oenothera</i> type						
bisporate 8-nucleate <i>Allium</i> type						
tetrasporate 16-nucleate <i>Peneia</i> type						
tetrasporate 8-nucleate <i>Fritillaria</i> type						
tetrasporate 4-nucleate <i>Plumbagella</i> type						
tetrasporate 8-nucleate <i>Adaxa</i> type						

Typy
megasporogeneze
a
megagametogeneze

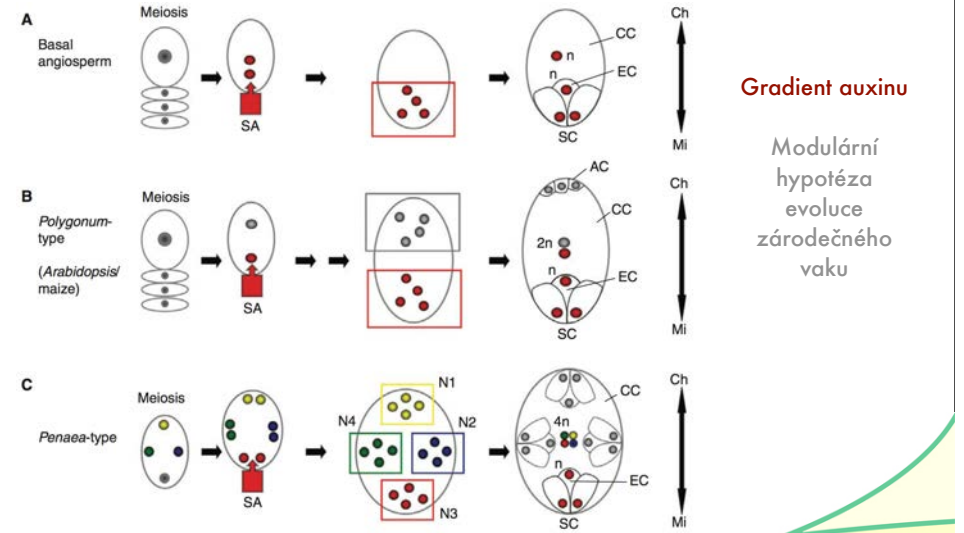
anatomie rostlin, KEPR PFF UK, David Honys

Diferenciace buněk zárodečného vaku



Růst a vývoj rostlin, KEPR PFF UK, David Honyš

Diferenciace buněk zárodečného vaku



Růst a vývoj rostlin, KEPR PFF UK, David Honyš

Samčí gametofyt



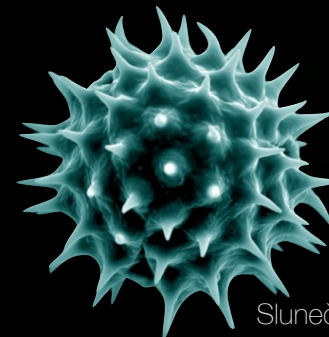
Borovice



Mák



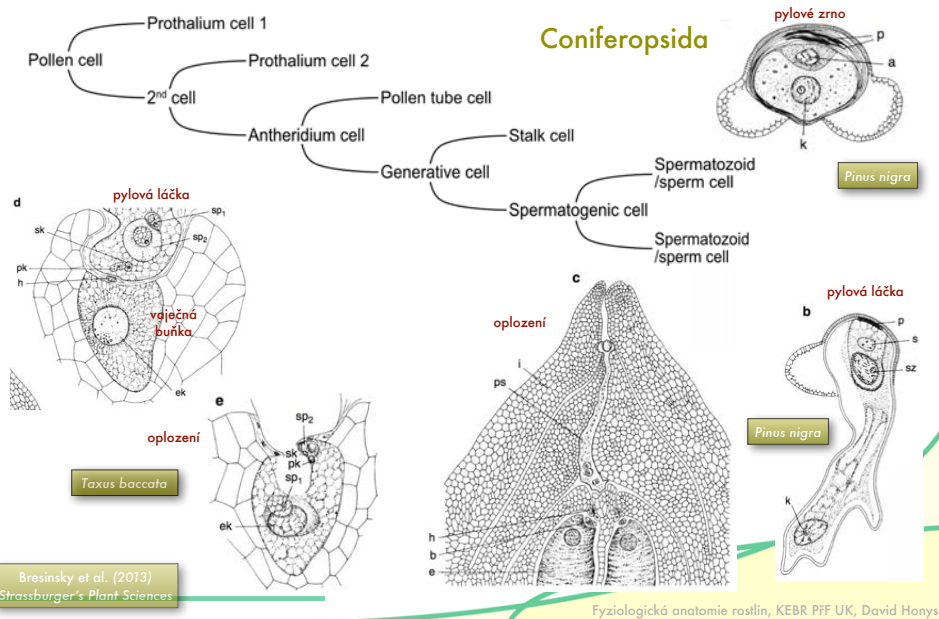
Slunečnice



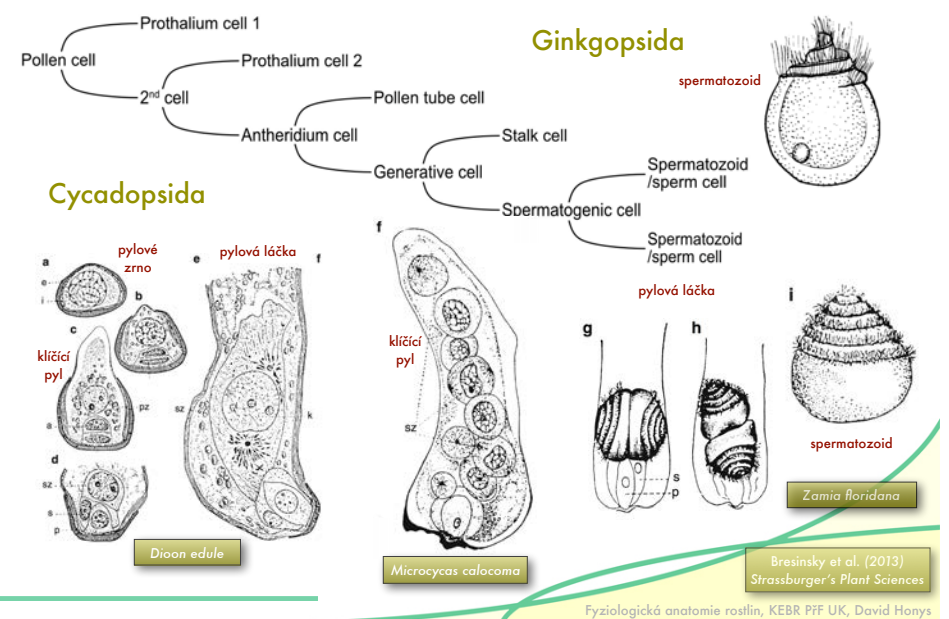
Mučenka



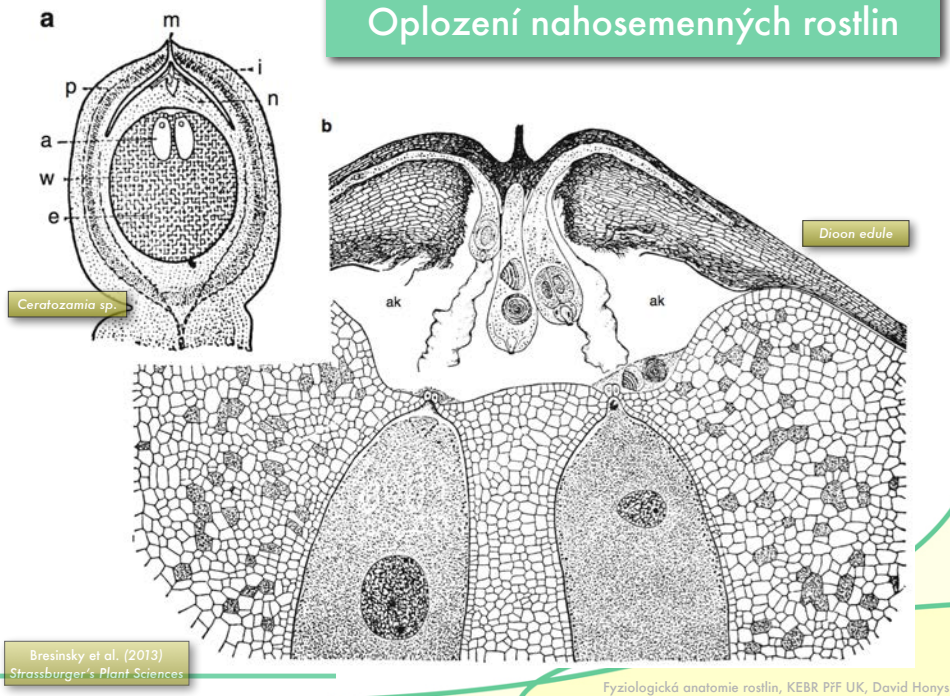
Samčí gametofyt nahosemenných rostlin



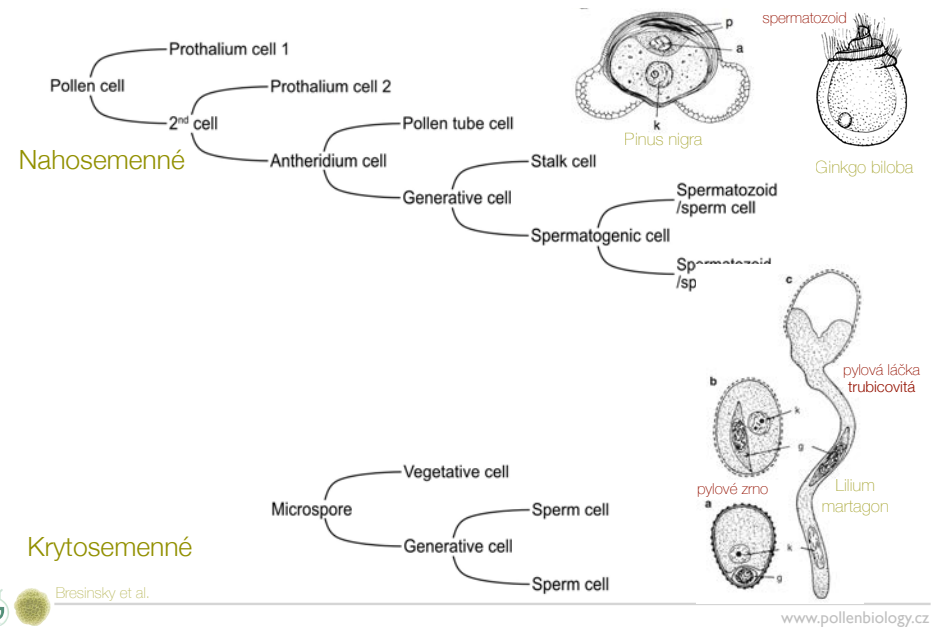
Samčí gametofyt nahosemenných rostlin



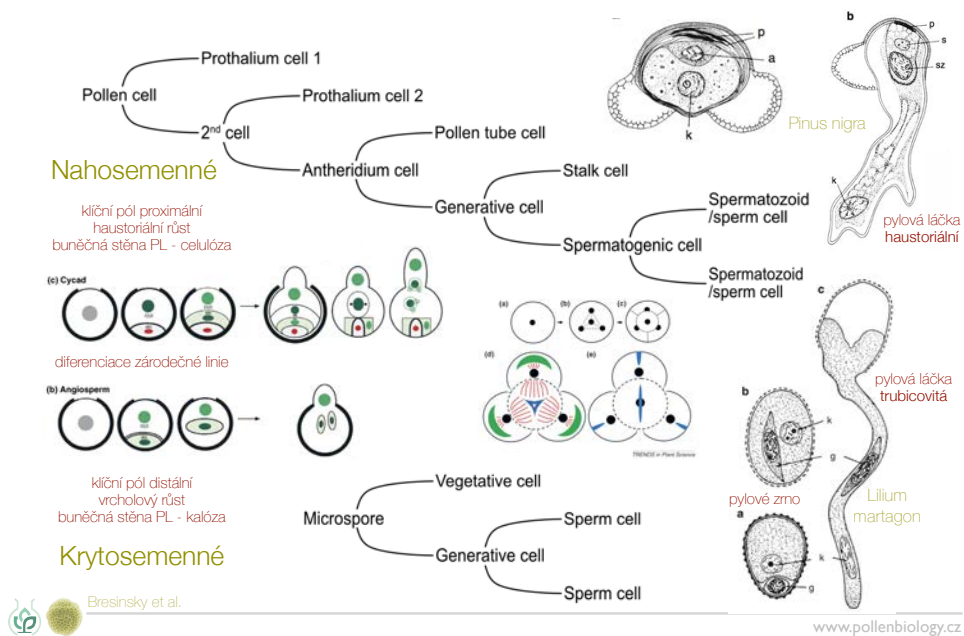
Oplození nahosemenných rostlin



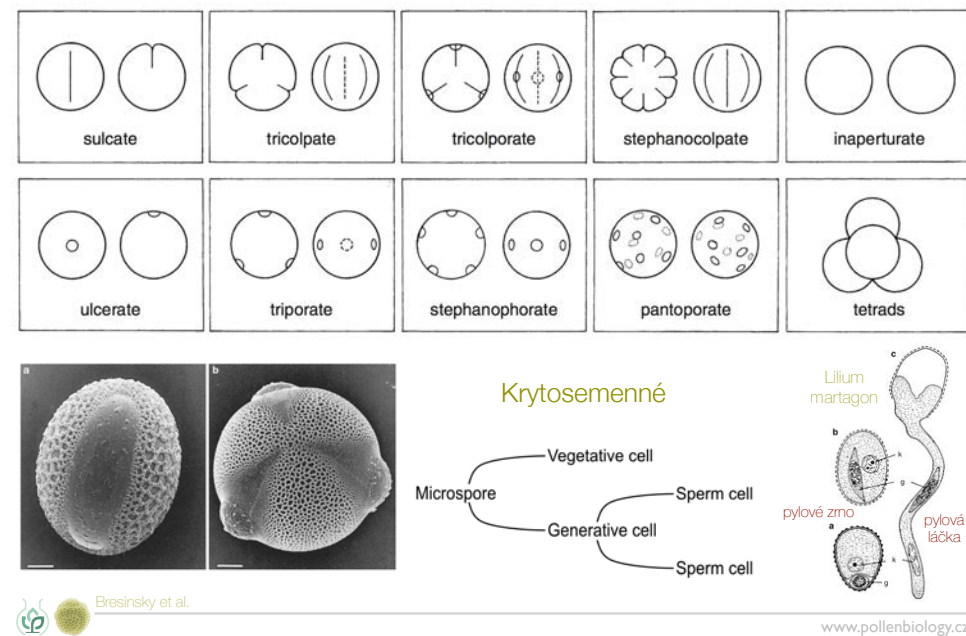
Redukce samčího gametofytu



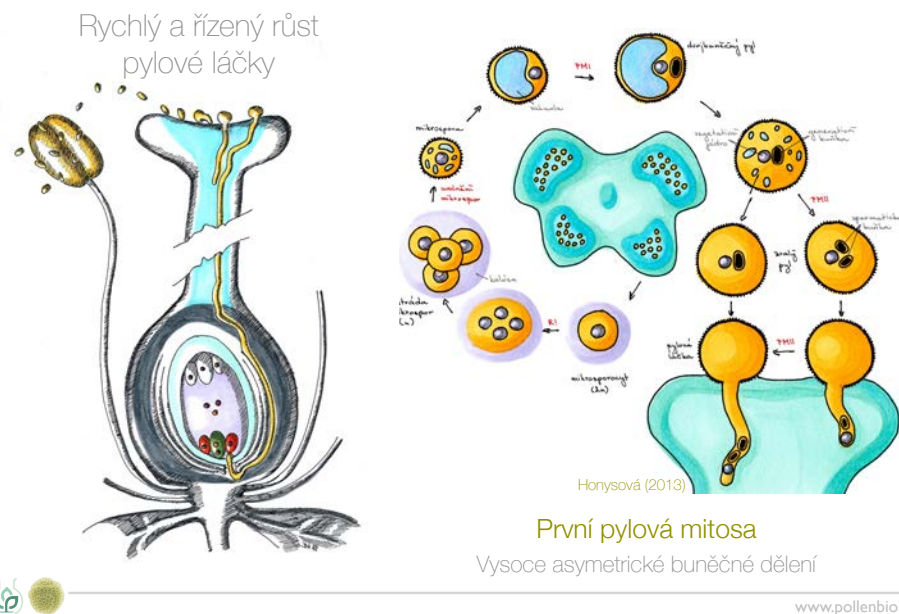
Pylová láčka nahosemenných a krytosemenných rostlin



Redukce samčího gametofytu



Vývoj samčího gametofytu



Mikrosporogeneze

Meiosa

Oddělená karyokineze a cytokineze

Simultánní (tabák)



Následná (lilie)



Růst a vývoj rostlin, KEPR PFF UK, David Honyš

www.pollenbiology.cz

Založení samčí zárodečné linie - PMI

www.pollenbiology.cz

Založení samčí zárodečné linie - PMI

www.pollenbiology.cz

www.pollenbiology.cz



Založení samčí zárodečné linie - PMI

Polarizace mikrospony -
asymetrická lokalizace jádra

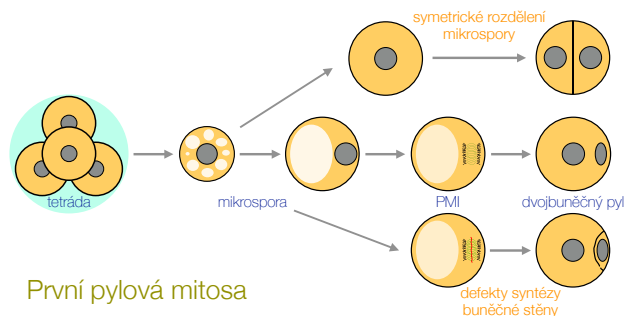
vakuola
cytoskelet - mikrotubuly

Průběh mitotického dělení

cytoskelet - mikrotubuly
fragmoplast - buněčná deska

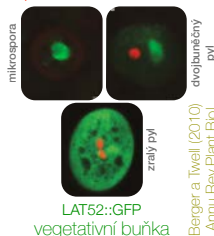
Narušení polarity
centrifugace, kolchicin
narušení systému mikrotubulů - *gem1*
MOR1/GEM1 - MAP215 MT-vazebný protein

Narušení mitózy
narušení syntézy buněčné desky - *tio*
TIO - FUSED kináza



Markery buněčného osudu

generativní buňka
spermatické buňky
pHTR10::HTR10-mRFP



Vysoce asymetrické buněčné dělení

www.pollenbiology.cz

Založení samčí zárodečné linie - PMI

Polarizace mikrospony -
asymetrická lokalizace jádra

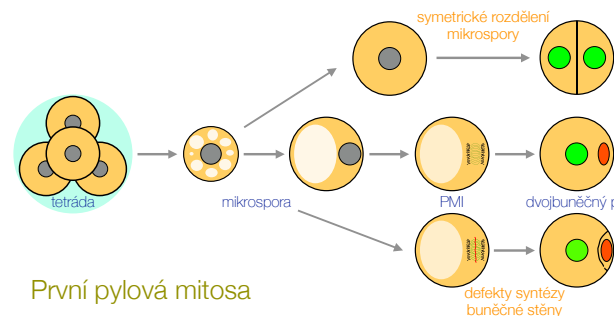
vakuola
cytoskelet - mikrotubuly

Průběh mitotického dělení

cytoskelet - mikrotubuly
fragmoplast - buněčná deska

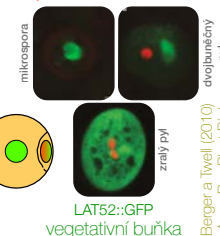
Narušení polarity
centrifugace, kolchicin
narušení systému mikrotubulů - *gem1*
MOR1/GEM1 - MAP215 MT-vazebný protein

Narušení mitózy
narušení syntézy buněčné desky - *tio*
TIO - FUSED kináza



Markery buněčného osudu

generativní buňka
spermatické buňky
pHTR10::HTR10-mRFP



Vysoce asymetrické buněčné dělení

www.pollenbiology.cz

Založení samčí zárodečné linie - PMI

Polarizace mikrospony -
asymetrická lokalizace jádra

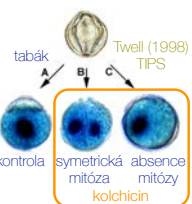
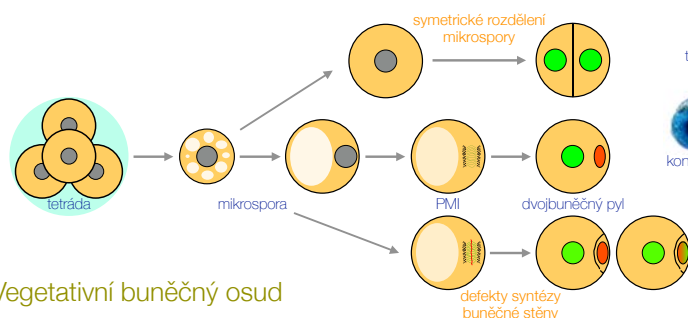
vakuola
cytoskelet - mikrotubuly

Průběh mitotického dělení

cytoskelet - mikrotubuly
fragmoplast - buněčná deska

Narušení polarity
centrifugace, kolchicin
narušení systému mikrotubulů - *gem1*
MOR1/GEM1 - MAP215 MT-vazebný protein

Narušení mitózy
narušení syntézy buněčné desky - *tio*
TIO - FUSED kináza



Vegetativní buněčný osud
základní stav

www.pollenbiology.cz

Založení samčí zárodečné linie - PMI

Polarizace mikrospony -
asymetrická lokalizace jádra

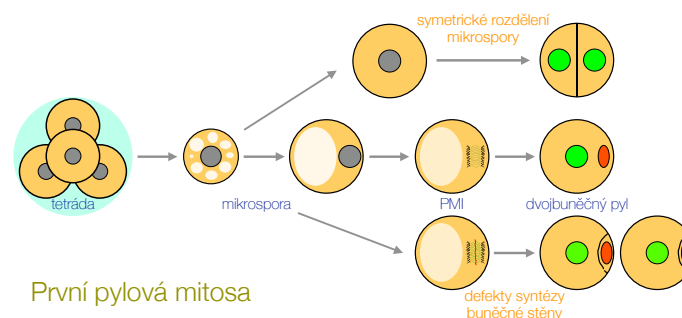
vakuola
cytoskelet - mikrotubuly

Průběh mitotického dělení

cytoskelet - mikrotubuly
fragmoplast - buněčná deska

Narušení polarity
centrifugace, kolchicin
narušení systému mikrotubulů - *gem1*
MOR1/GEM1 - MAP215 MT-vazebný protein

Narušení mitózy
narušení syntézy buněčné desky - *tio*
TIO - FUSED kináza



Vegetativní
buněčný osud

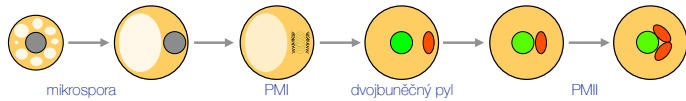
Samčí
zárodečná linie

Nevyhraněný
buněčný osud

První pylová mitosa
nutná pro iniciaci samčí zárodečné linie

www.pollenbiology.cz

Buněčné osudy vegetativní a generativní buňky



Samčí zárodečná linie

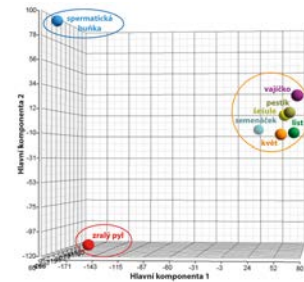
Vegetativní buňka

Konec proliferace (G0) Funkce - doprava gamet k vajíčce
Chromatin Dehydratace, opylení, aktivace, rychlý růst, kompetence, komunikace, vedení pestíkem
Diferenciace
Expresní program

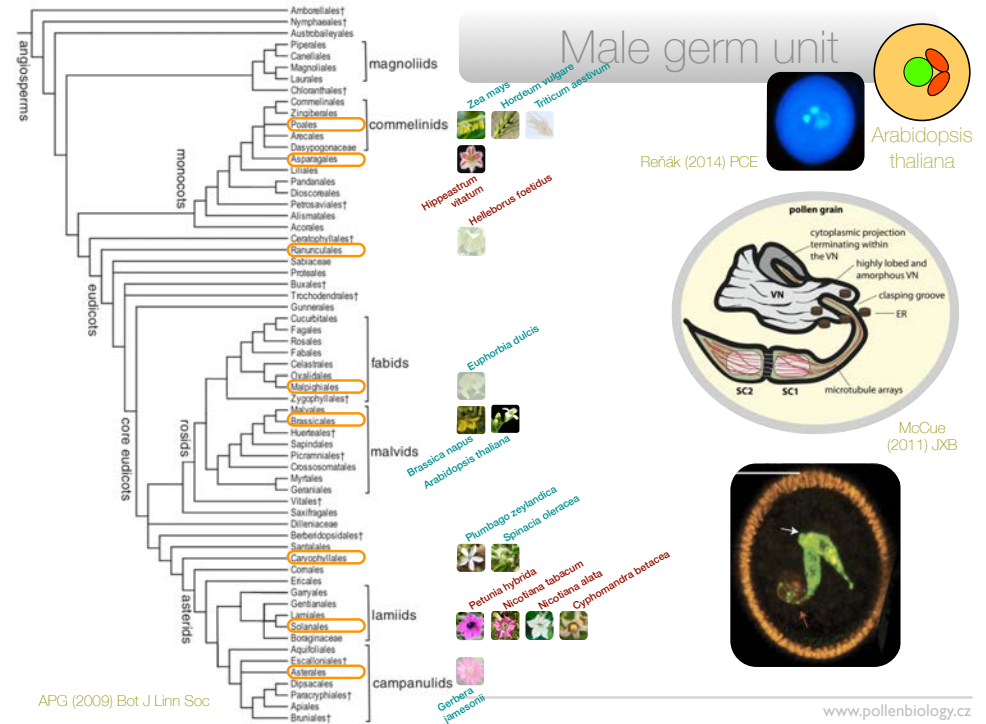
Generativní buňka

Pokračující proliferace (mitóza -> G2) Chromatin
Diferenciace - gamety Funkce - dvojitě oplození
Expresní program

Specifický expresní program obou buněčných typů



Borges (2008) Plant Physiol

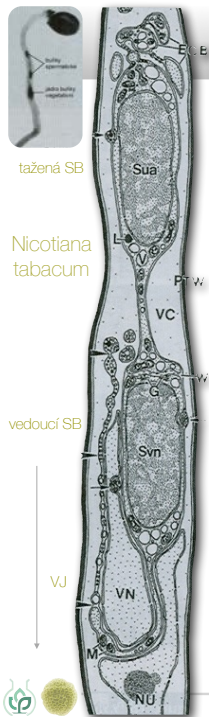


APG (2009) Bot J Linn Soc

www.pollenbiology.cz

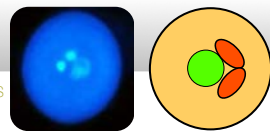
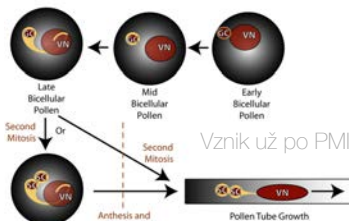
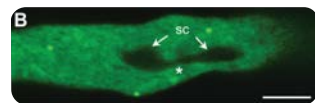


www.pollenbiology.cz



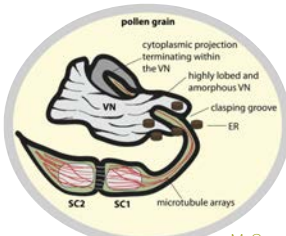
Male germ unit

Stabilní jednotka tvořená vegetativním jádrem a spermatickými buňkami či buňkou generativní

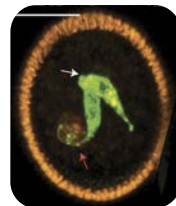


Arabidopsis thaliana

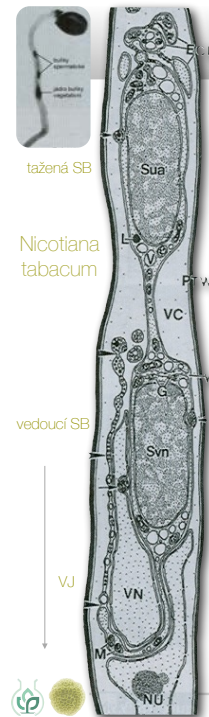
Reňák (2014) PCE



McCue (2011) JXB



www.pollenbiology.cz



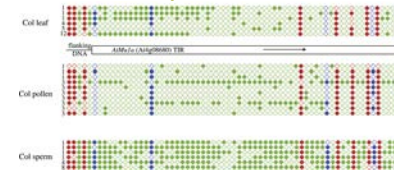
Male germ unit

Stabilní jednotka tvořená vegetativním jádrem a spermatickými buňkami či buňkou generativní

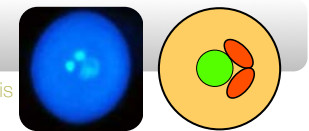
Význam

Koordinace transportu SB pylovou láčkou
Synchronizace a kontrola dvojitě oplození
Komunikace mezi VJ a GB/SB
Modifikace chromatinu SB?
Inaktivace transposonů v SB?

Methylace AtMu1a v SB

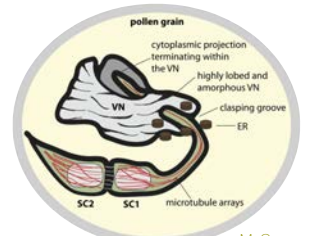


Slotkin (2009) Cell



Arabidopsis thaliana

Reňák (2014) PCE



McCue (2011) JXB

www.pollenbiology.cz

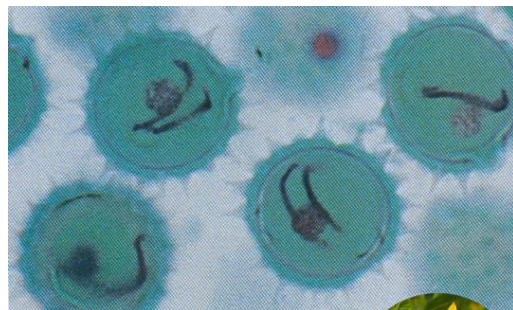
Dvojbuněčný či trojbuněčný pyl



Lilium bulbiferum

Zralý samčí gametofyt

vegetativní buňka s buňkami spermatickými



Silphium perfoliatum

Dvojbuněčný pyl: *Solanaceae*, *Liliaceae* (asi 70%)

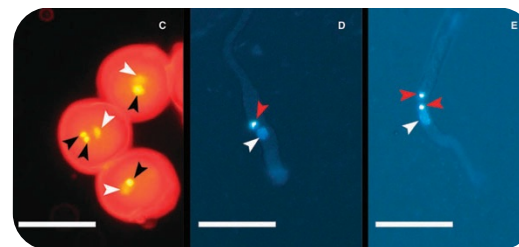
Trojbuněčný pyl: *Poaceae*, *Brassicaceae* (asi 30%)

asi deset rodů tvoří oba druhy pylu

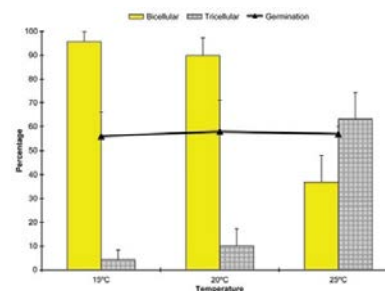
Raven (2005) Biology of Plants

www.pollenbiology.cz

Přechodný typ pylu



Annona cherimola



Oba typy pylu v jednom květu
Poměr závisí na teplotě
Klíčivost zhruba stejná

Lora et al. (2009) Am J Bot



www.pollenbiology.cz

Dozrávání pylového zrna

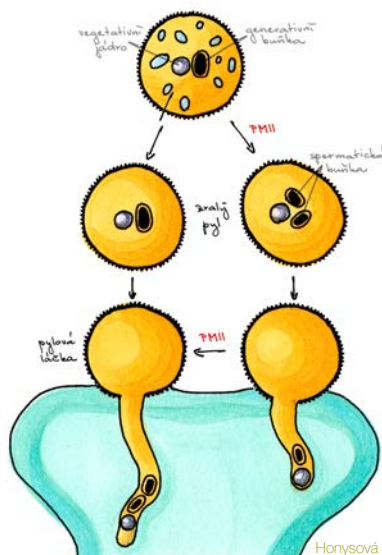
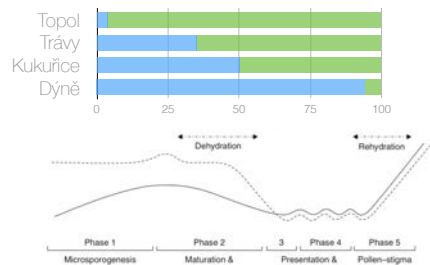
Akumulace rezerv

sacharidy, lipidy, RNA, bílkoviny
rezervy krátkodobé a dlouhodobé

Rozpad a degradace vakuol

Degradace škrobu

Dehydratace pylu



Honysová (2013)

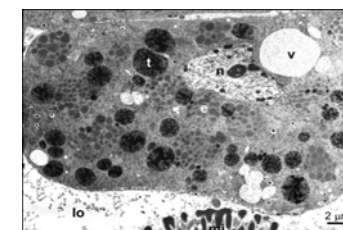
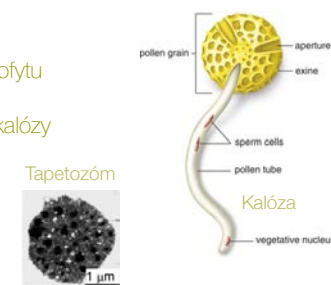
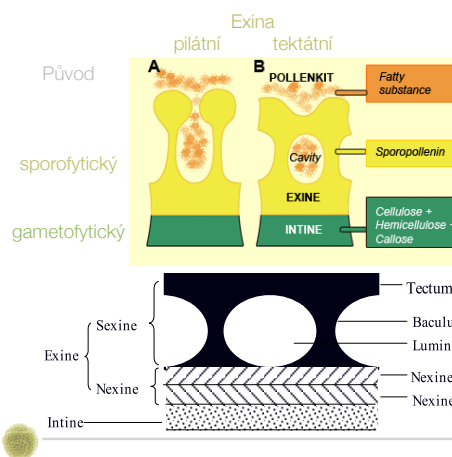
www.pollenbiology.cz

Buněčná stěna pylového zrna

Zcela unikátní struktura a chemické složení

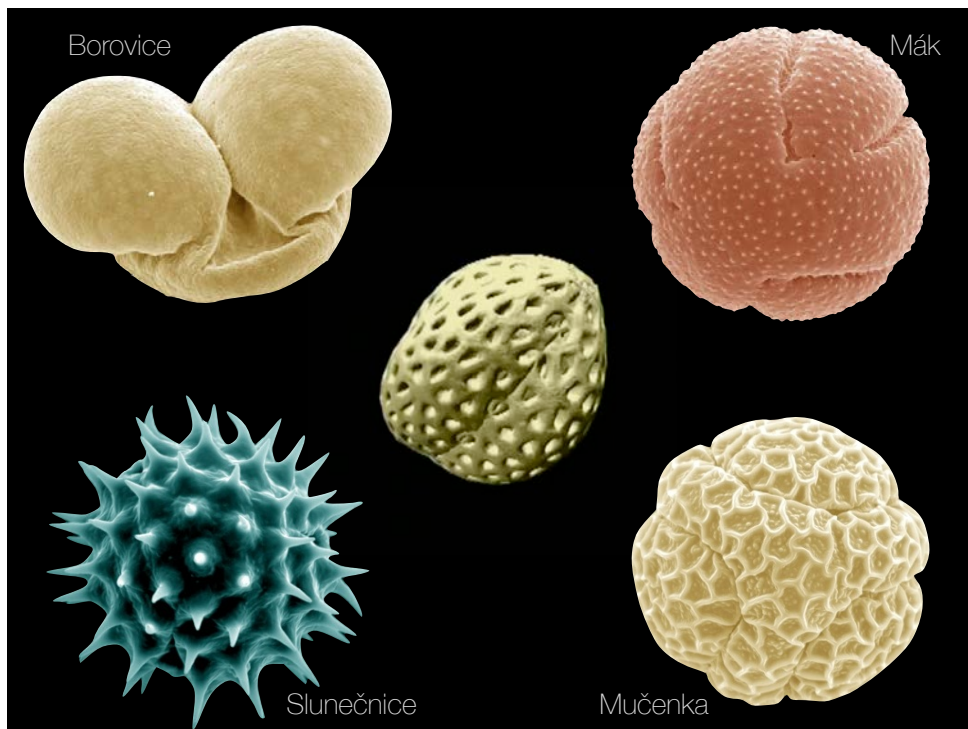
Syntéza společným působením sporofytu a gametofytu

Proměnlivé složení v různých obdobích – fenomén kalózy



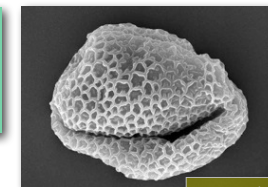
www.ru.nl

www.pollenbiology.cz

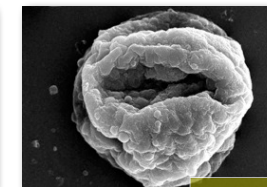


Mutace formování buněčné stěny

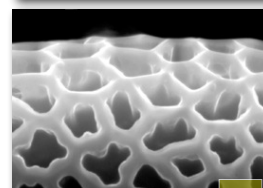
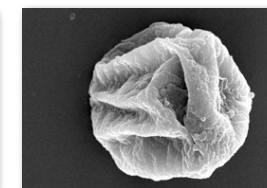
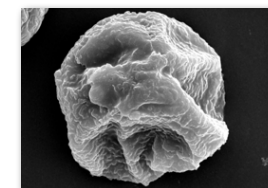
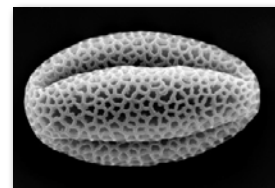
Huseníček thalův



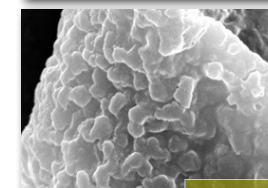
wip316



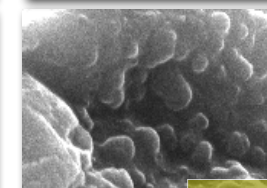
wip117



wi



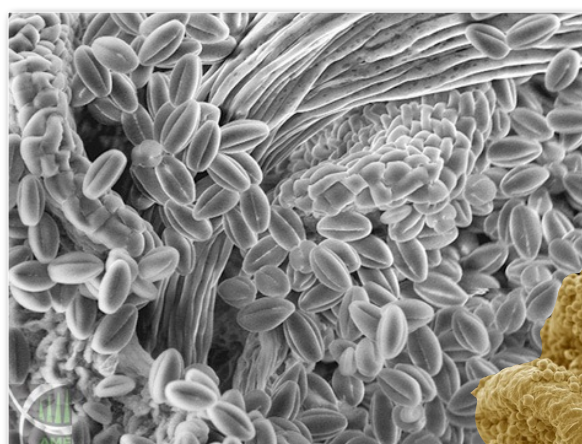
wip277



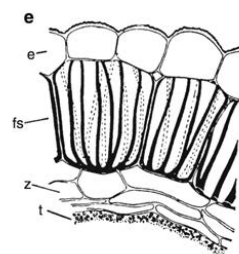
wip278

Růst a vývoj rostlin, KEBR PFF UK, David Honys

Uvolnění pylu z prašníku



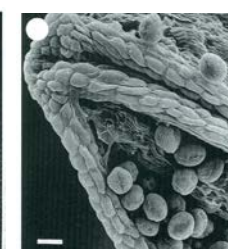
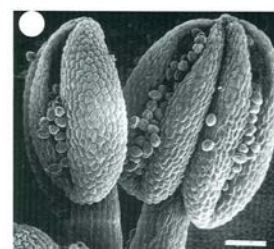
Cactus sp.



Mimosa sp.

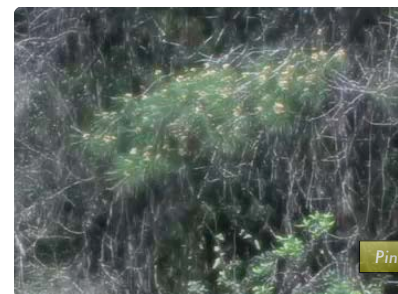
Růst a vývoj rostlin, KEBR PFF UK, David Honys

Uvolnění pylu z prašníku



Arabidopsis thaliana

Bowman (1994) Arabidopsis. An Atlas of Morphology and Development



Pinus



Fyziologická anatomie rostlin, KEBR PFF UK, David Honys

Přenos pylu na bliznu / opylení

Samosprašnost / cizosprašnost
(Autogamie / alogamie)

Kleistogamie



Větrosprašnost
(anemofilie)
Hmyzosprašnost
(entomofilie)
zoofilie
hydrofilie



BBC Life (2009)

Fyziologická anatomie rostlin, KEPR PFF UK, David Honys

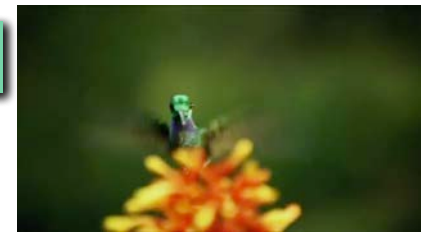
Přenos pylu na bliznu / opylení

Samosprašnost / cizosprašnost
(Autogamie / alogamie)

BBC Life (2009)



Větrosprašnost
(anemofilie)
Hmyzosprašnost
(entomofilie)
zoofilie
hydrofilie



Fyziologická anatomie rostlin, KEPR PFF UK, David Honys

Přenos pylu na bliznu / opylení

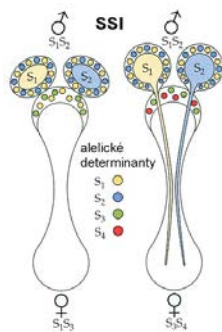
Samosprašnost / cizosprašnost
(Autogamie / alogamie)

Kleistogamie



Větrosprašnost
(anemofilie)
Hmyzosprašnost
(entomofilie)
zoofilie
hydrofilie

Inkompatibilita pylu



BBC Life (2009)

Snížení možnosti autogamie

Heterostylie

Dichogamie
Proterogynie x protandrie



Fyziologická anatomie rostlin, KEPR PFF UK, David Honys

Přenos pylu na bliznu / opylení



BBC Life (2009)



Fyziologická anatomie rostlin, KEPR PFF UK, David Honys

Progamická fáze

Fáze I

Adheze, hydratace, aktivace, klíčení

Fáze II

Růst pylové láčky na blizně

Fáze III

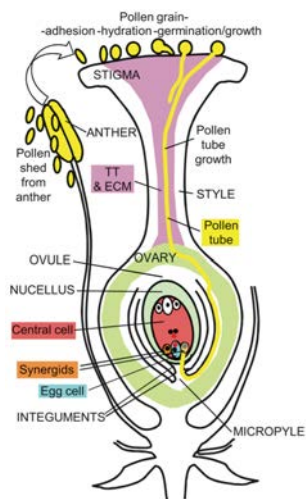
Růst PL vodícím pletivem čnělky

Fáze IV

Růst PL semeníkem po povrchu septa - (ovular/funicular guidance)

Fáze V

Růst PL do vajíčka otvorem klovným (micropylar guidance) následovaný oplozením



Dresselhaus (2013) Mol Plant

Dresselhaus (2011) AoB



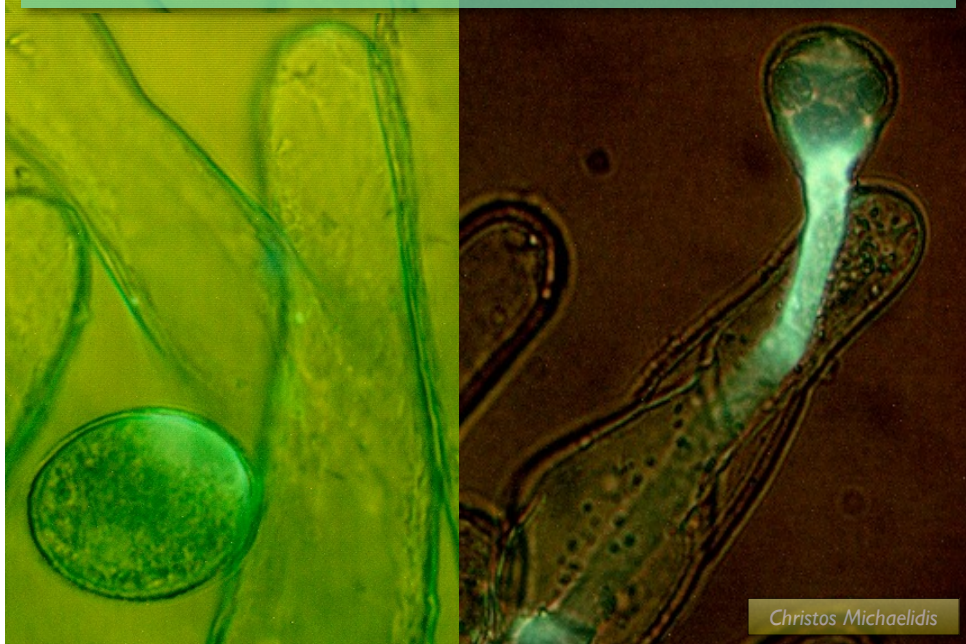
Secrets of Nature - Peas and Cues

www.pollenbiology.cz



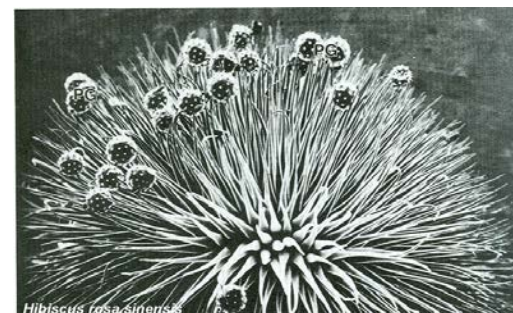
Dresselhaus (2013) Mol Plant

Aktivace a klíčení pylového zrna

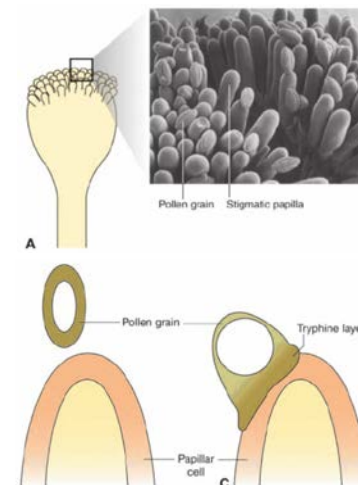


Christos Michaelidis

Opylení



Cress (1992) Atlas of Sexual Reproduction in Flowering Plants

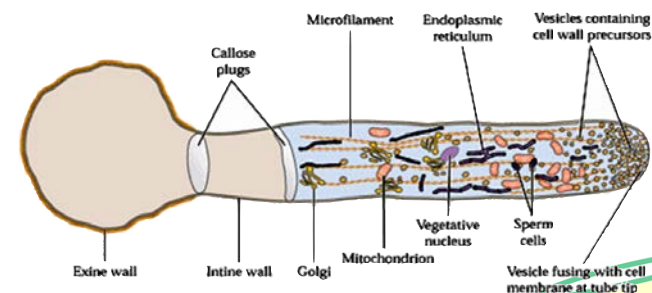
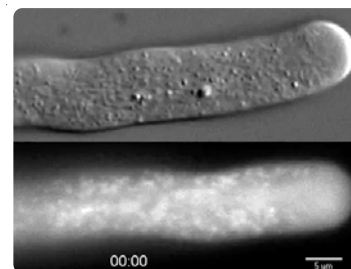


Opylení je také signál

- senescence koruny a kalichu
- aktivace růstu semeníku
- degenerace synergidy
- zakládání vajíček na placentě (*Orchidaceae* – *Catleya*, *Dendrobium*)
- vývoj zárodečného vaku – indukce sporogeneze (slivoň - *Prunus dulcis*)
- splyvání jader centrální buňky zárodečného vaku (*Zea mays*)

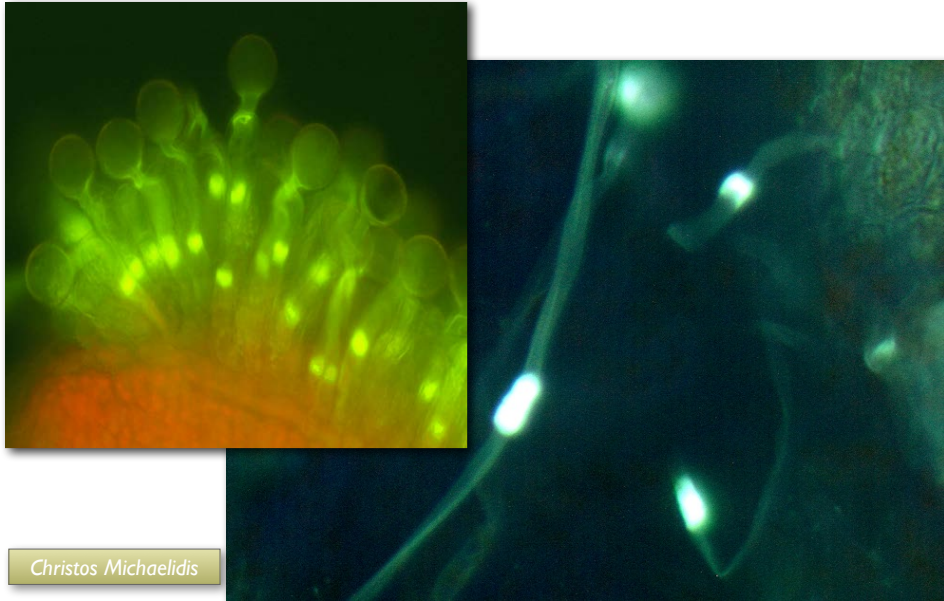
Fyziologická anatomie rostlin, KEPR PFF UK, David Honys

Progamická fáze



Růst a vývoj rostlin, KEPR PFF UK, David Honys

Kalosoové zátky

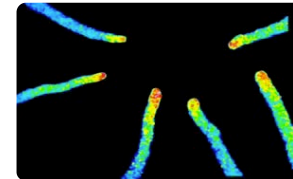


Christos Michaelidis

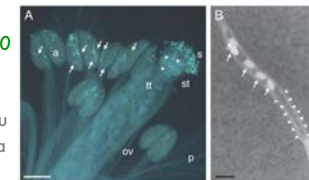
Růst a vývoj rostlin, KEPR PFF UK, David Honyš

Pylová láčka - apikální růst

Apikální růst pylové láčky
 vodící pletivo čnělky – gradient Ca^{2+} ,
 postupná syntéza **BS** od špičky
 ukládání a zesíťování **pektinů**
glykosylace proteinů
 (arabinogalaktanové proteiny - AGP)



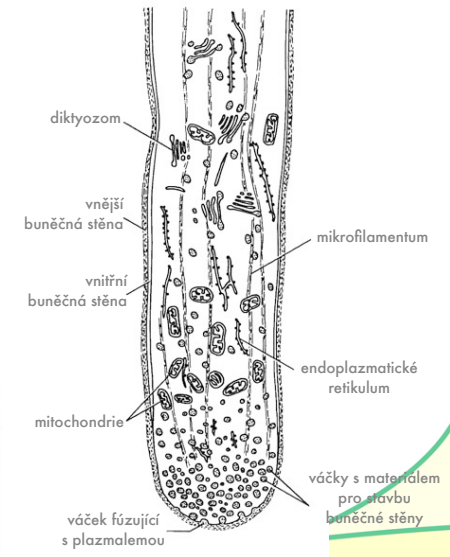
agp6/agp11/agp40
 klíčení láček již
 v prašníku
 pomalý růst čnělkou
 neoplozená vajíčka



Raven (2005) Biology of Plants

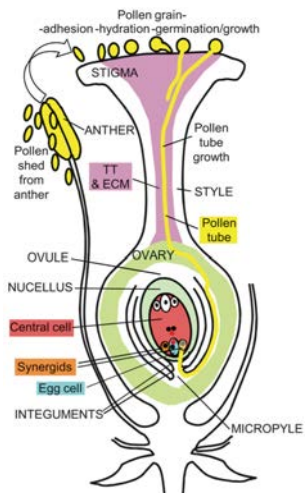
Mascarenhas (1993) TPC

Nguema (2012) Ann Bot



Fyziologická anatomie rostlin, KEPR PFF UK, David Honyš

Progamická fáze

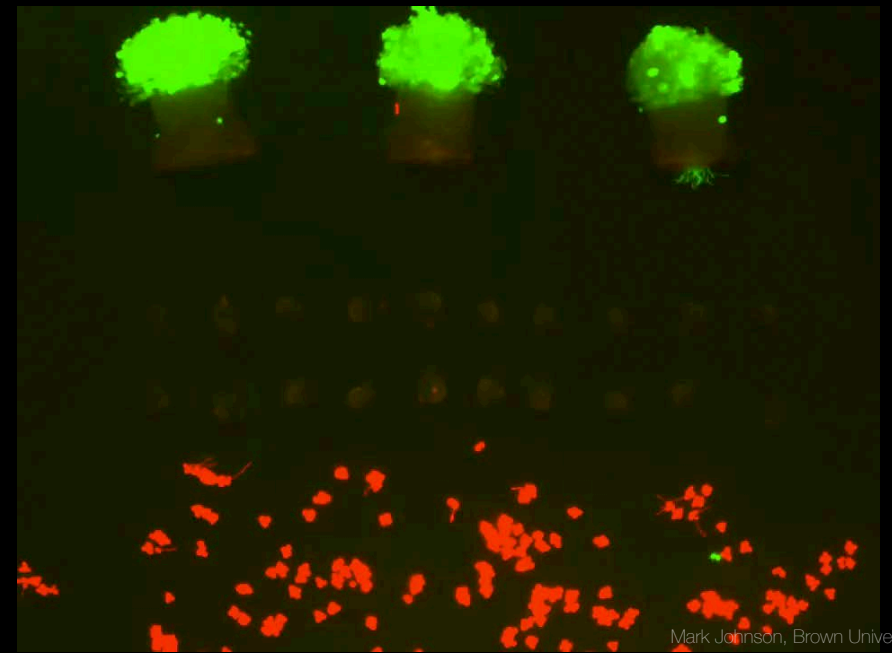


Dresselhaus (2013) Mol Plant



www.pollenbiology.cz

Získání kompetence PL kontaktem se samičími pletivy



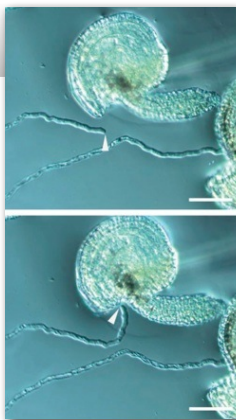
Mark Johnson, Brown University

Vedení pylové láčky pestíkem



Takeuchi (2011) COPB

0'
20'



Efekt přítomnosti
isolovaného
vajíčka v médiu

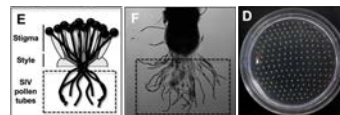


www.pollenbiology.cz

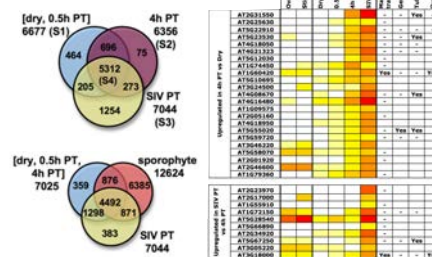
Aktivace pylové láčky pletivy pestíku



Semi-in vivo transkriptom



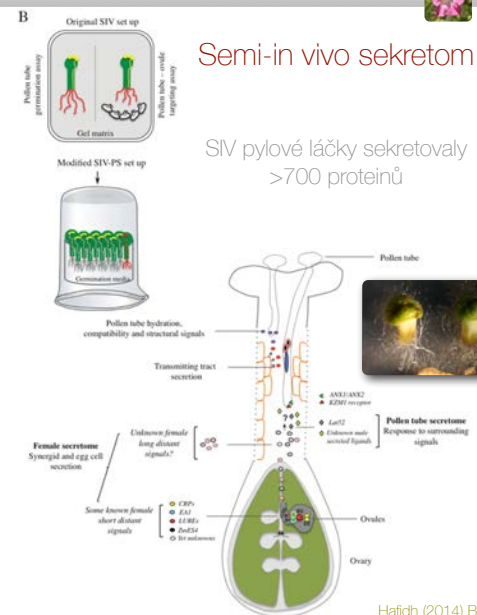
Kontakt s vodícím pletivem
indukuje >1000 genů
(383 pylově specifických)



Qin (2009) PLoS Genet

Semi-in vivo sekretom

SIV pylové láčky sekretovaly
>700 proteinů



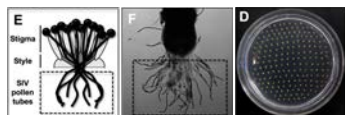
Hafidh (2014) BST

www.pollenbiology.cz

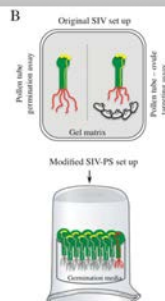
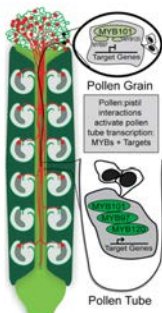
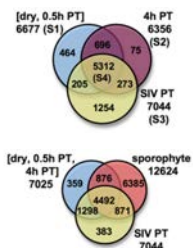
Aktivace pylové láčky pletivy pestíku



Semi-in vivo transkriptom

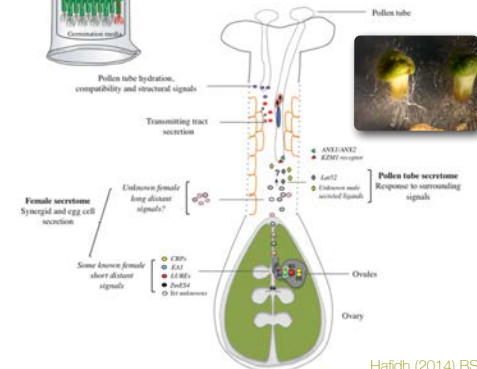


Kontakt s vodícím pletivem
indukuje >1000 genů
(383 pylově specifických)



Semi-in vivo sekretom

SIV pylové láčky sekretovaly
>1400 proteinů



Qin (2009) PLoS Genet

Leydon (2014) BST

Hafidh (2014) BST

www.pollenbiology.cz

Vedení pylové láčky - finální přiblížení

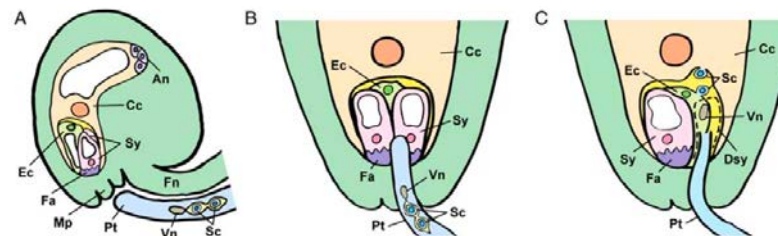
Růst PL do vajíčka otvorem kloovým (micropylar guidance)

Kontakt se synergidou

Puknutí pylové láčky, uvolnění gamet

Interakce gamet při dvojitém oplození

Odpuzující signály, zabránění polyspermii (polytubey)

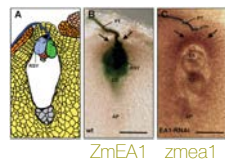


Kawashima (2010) AoB Plants

www.pollenbiology.cz

Vedení pylové láčky - finální přiblížení

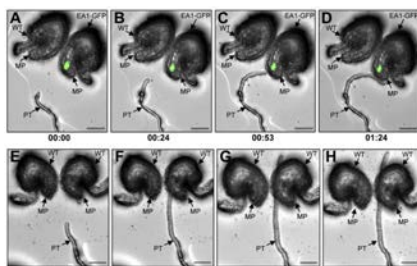
Signalizace prostřednictvím malých sekretovaných proteinů



ZmEA1

Extremně druhově specifický signál - přitahuje PL kukuřice, ale nikoli *Tripsacum dactyloides*

Vajíčko huseničky přitahuje pylovou láčku kukuřice:



Vajíčko - huseniček
pMYB98::ZmEA1-GFP
Pylová láčka - kukuřice

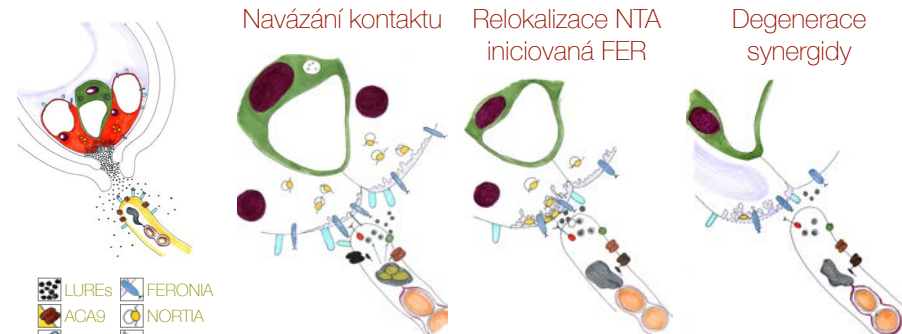
Vajíčko - huseniček wt
Pylová láčka - kukuřice

Genom huseničky neobsahuje homolog ZmEA1

Marton (2012) CB

www.pollenbiology.cz

Vedení pylové láčky - kontakt se synergidou



(c) B. Honysová (2015)

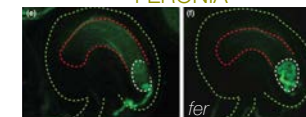
Dialog ♂ a ♀

♀ receptorová kináza FERONIA → NORTIA
malý GAP LORELEI;
CRP rodiny DEFL ES1-4

♂ receptorové kinázy ANXUR1/2



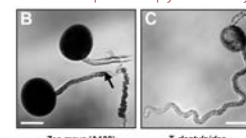
FERONIA



Kessler (2011) COPB

ZmES4

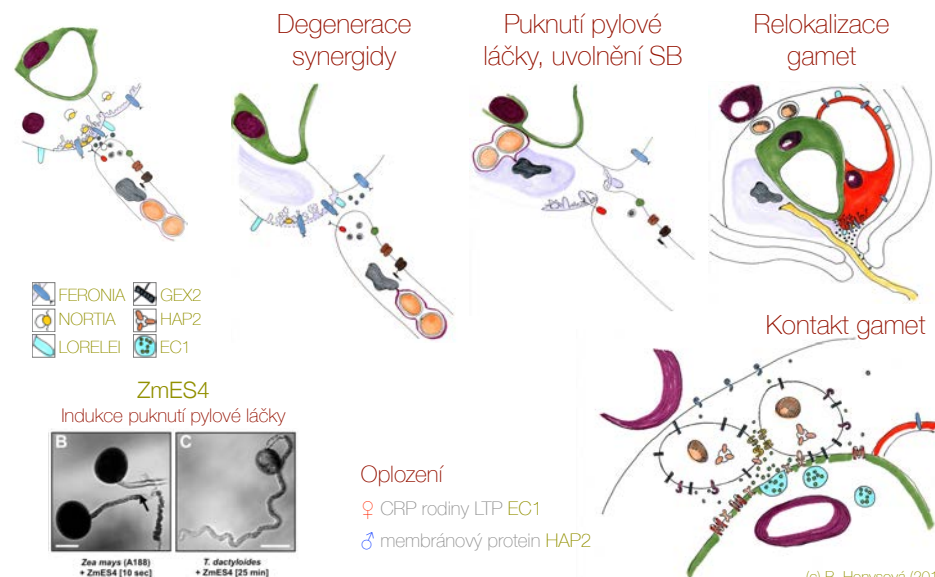
Indukce puknutí pylové láčky



Marton (2012) CB

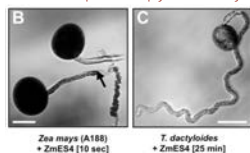
www.pollenbiology.cz

Vedení pylové láčky - dvojité oplození



ZmES4

Indukce puknutí pylové láčky



Marton (2012) CB

Oplození

♀ CRP rodiny LTP EC1

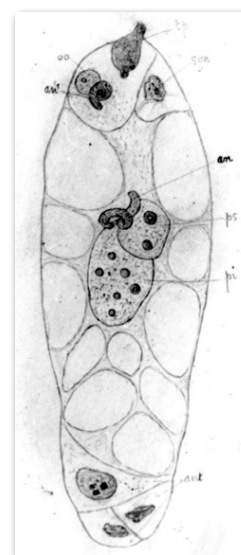
♂ membránový protein HAP2

Kontakt gamet

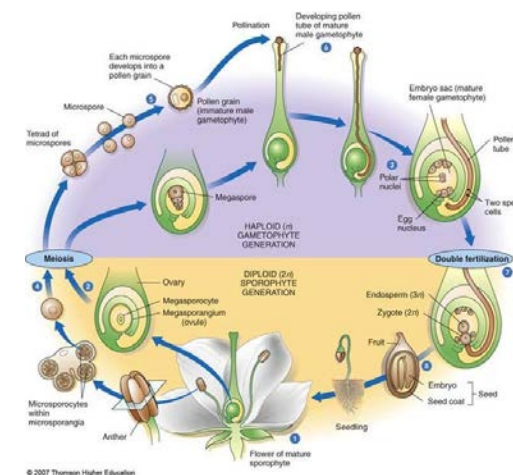
(c) B. Honysová (2015)

www.pollenbiology.cz

Dvojité oplození

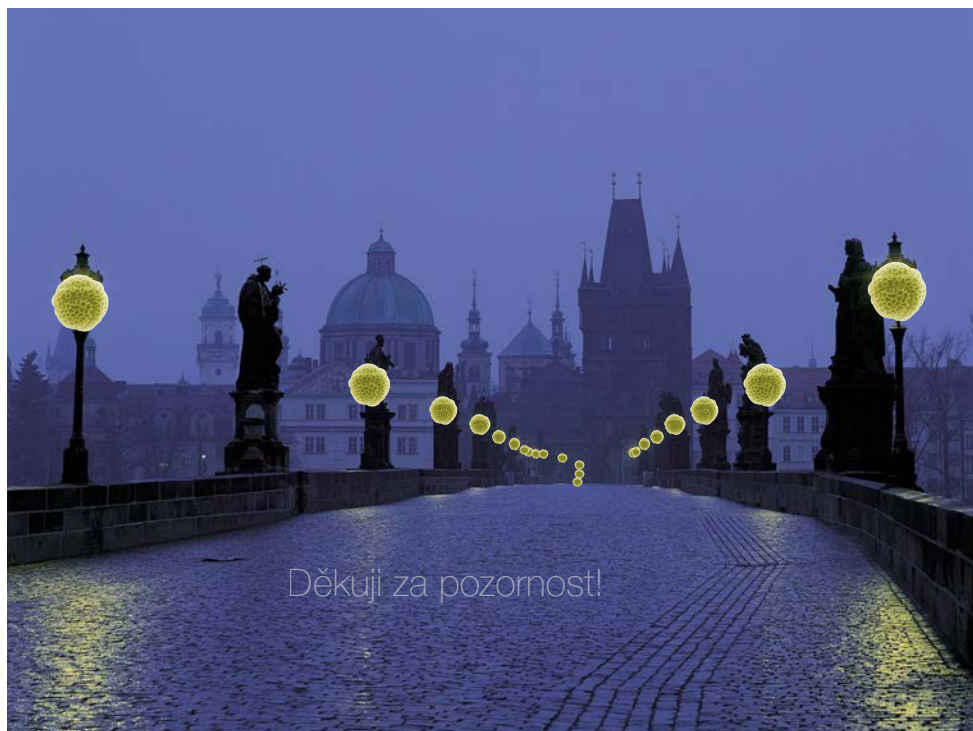


Guignard (1899)



© 2007 Thomson Higher Education

www.pollenbiology.cz



Děkuji za pozornost!