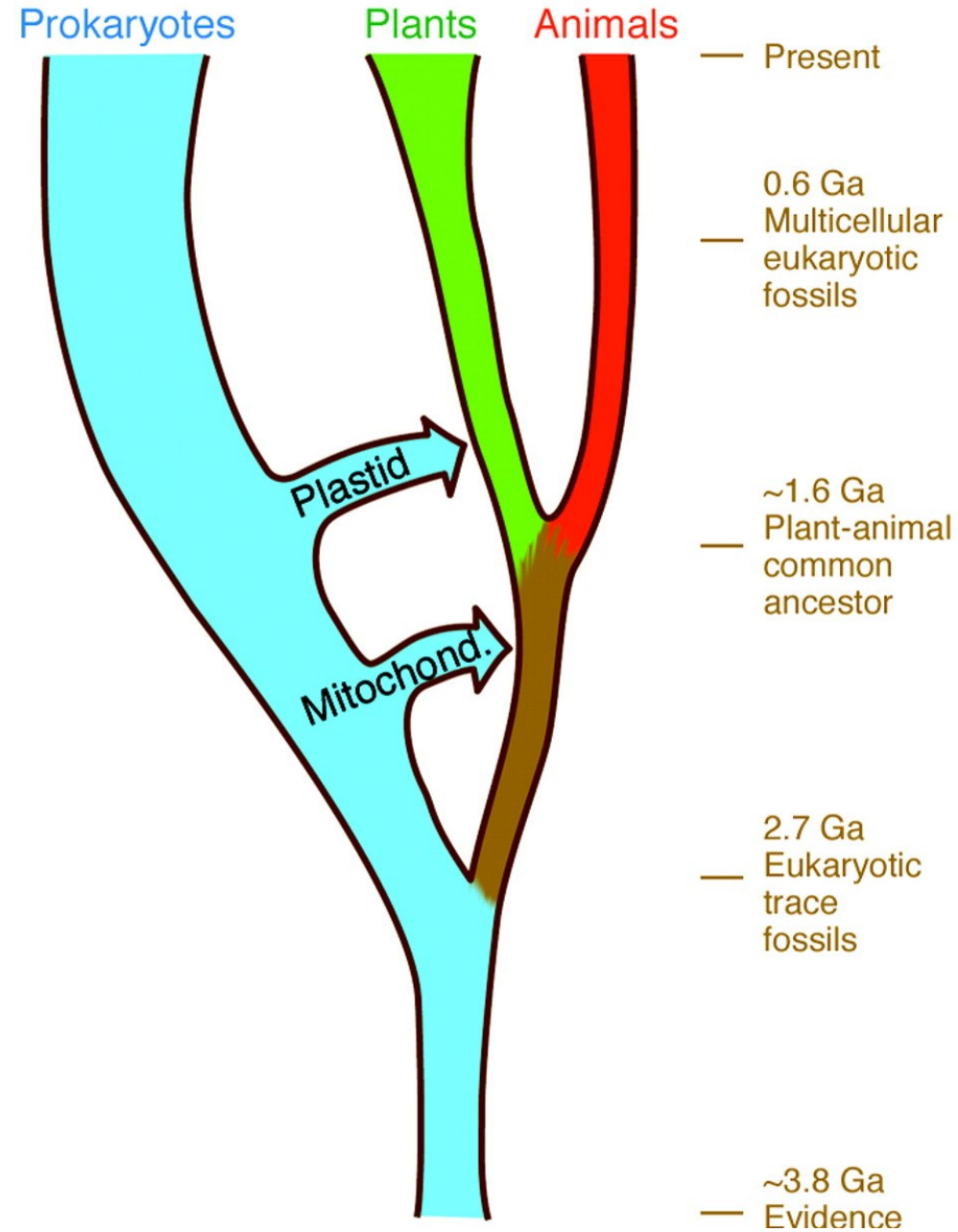




Základní kroky v evoluci rostlin a živočichů



ROSTLINY A ŽIVOČICHOVÉ aneb LOGIKA VÝVOJE

- rostliny a živočichové jsou složeni z odlišných typů buněk: tyto dvě říše divergovaly ze společného jednobuněčného eukaryotického předka
- každá říše si musela vyvinout své mechanismy buněčné diferenciaci a komunikace
- počet genů je u těchto říší obdobný: homologní i jsou do jisté míry i regulační geny zodpovědné za vývojové mechanismy
- obecné buněčné funkce rostlin a živočichů jsou shodné: struktura jádra, mitózy, meiózy a základní transkripční a translační mašinerie
- regulace prostorově-časové genové exprese jsou podobné, avšak homeotické geny kódující proteiny (se srovnatelnými vývojovými funkcemi) jsou odlišné
- některé transkripční faktory mají vysokou AMK-sekvenční homologii (homeoboxy, MADS boxy), mají však jiné funkce
- řada buněčných procesů včetně receptorů vnějších vlivů a mezibuněčných komunikací jsou zásadně odlišné

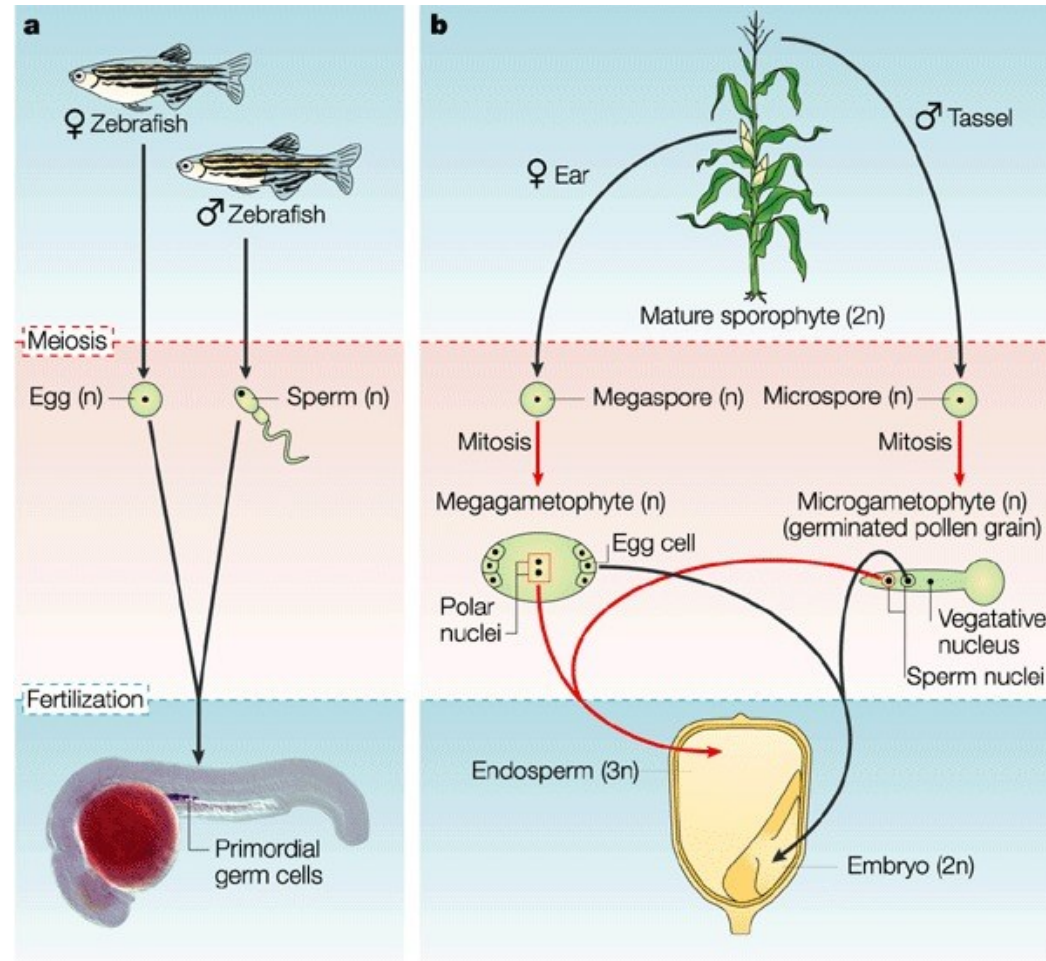
VÝVOJOVÉ PROCESY U ROSTLIN A ŽIVOČICHŮ

VÝVOJOVÉ PROCESY U ROSTLIN A ŽIVOČICHŮ

zárodečná dráha

*zárodečné buňky vznikají
ze somatických v pozdním vývoji*

*segreguje od somatické
v časně embryogenezi*



VÝVOJOVÉ PROCESY U ROSTLIN A ŽIVOČICHŮ

zárodečná dráha

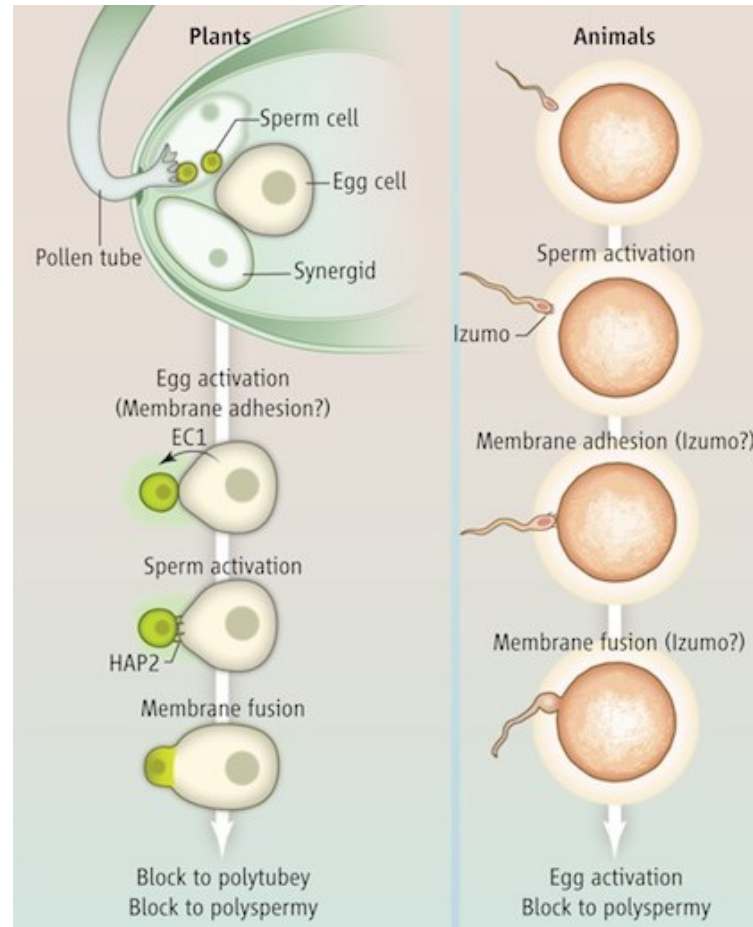
*zárodečné buňky vznikají
ze somatických v pozdním vývoji*

*segreguje od somatické
v časně embryogenezi*

oplození

dvojitě (zygota a endosperm)

jednoduché



VÝVOJOVÉ PROCESY U ROSTLIN A ŽIVOČICHŮ

zárodečná dráha

*zárodečné buňky vznikají
ze somatických v pozdním vývoji*

*segreguje od somatické
v časně embryogenezi*

oplození

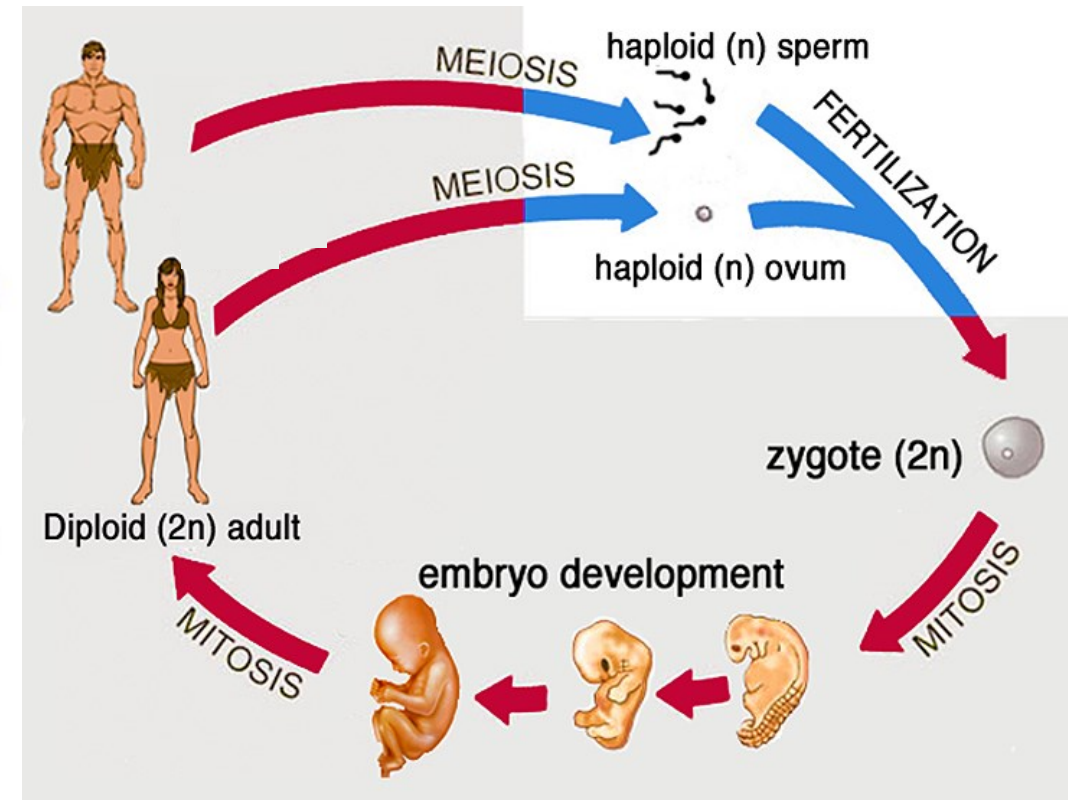
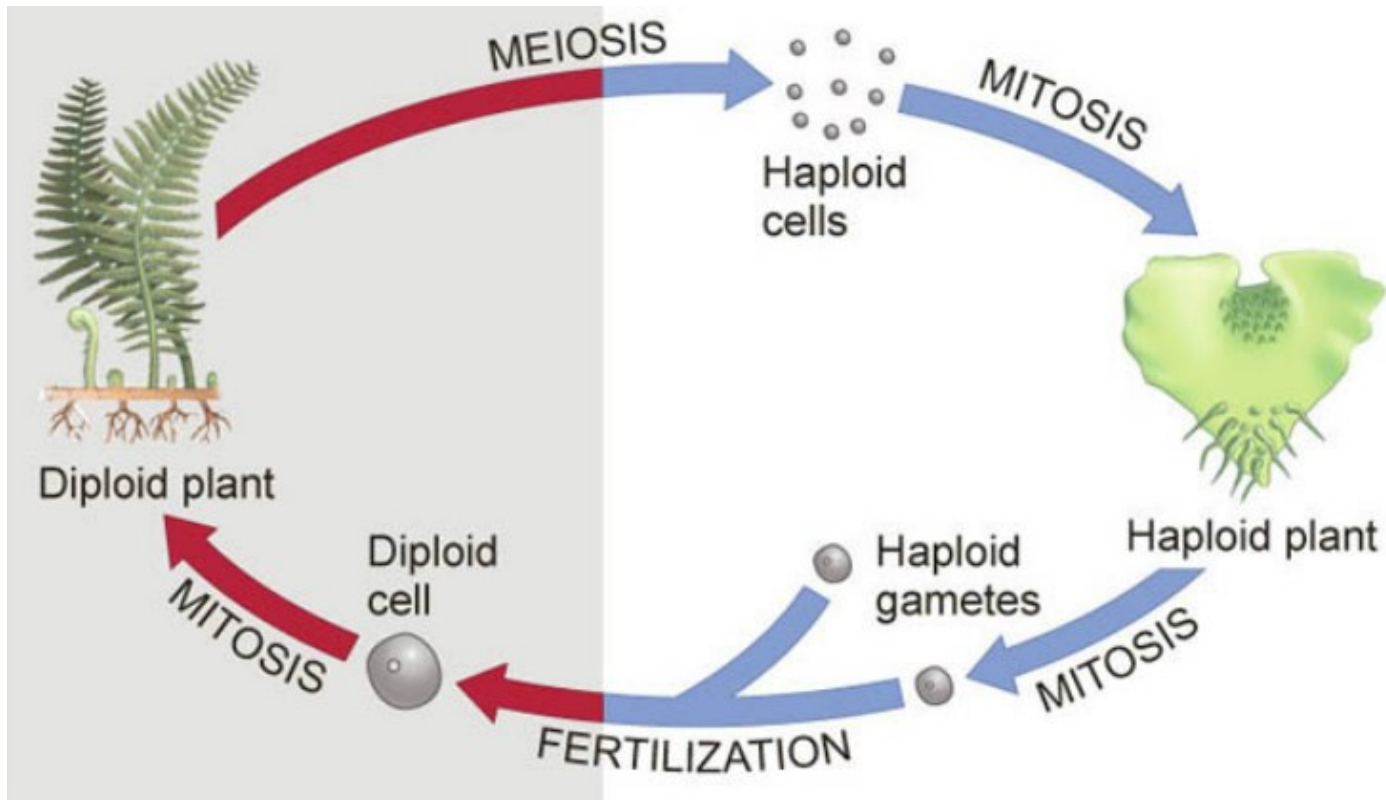
dvojité (zygota a endosperm)

jednoduché

haploidní fáze

několikabuněčný gametofyt

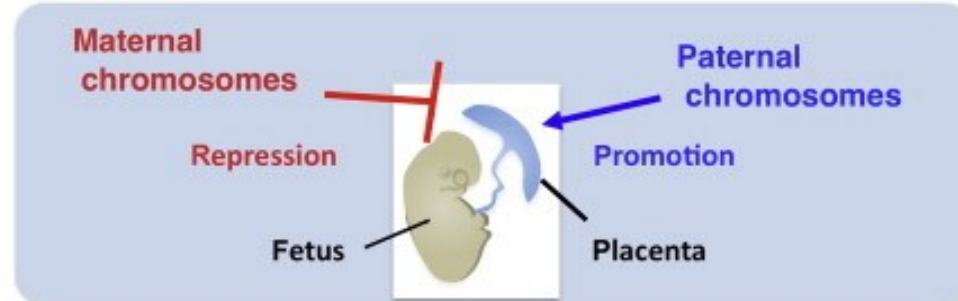
pouze gamety



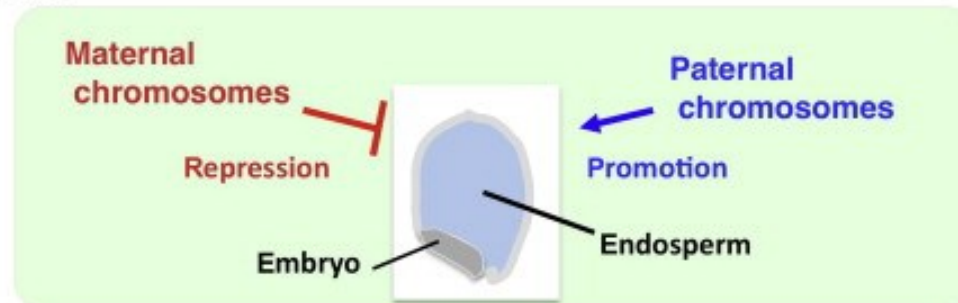
VÝVOJOVÉ PROCESY U ROSTLIN A ŽIVOČICHŮ

zárodečná dráha	<i>zárodečné buňky vznikají ze somatických v pozdním vývoji</i>	<i>segreguje od somatické v časně embryogenezi</i>
oplození	<i>dvojitě (zygota a endosperm)</i>	<i>jednoduché</i>
haploidní fáze	<i>několikabuněčný gametofyt</i>	<i>pouze gamety</i>
imprinting	<i>ovlivňuje vývin endospermu</i>	<i>zásadně řídí embryogenezi</i>

Placental mammals



Plants



VÝVOJOVÉ PROCESY U ROSTLIN A ŽIVOČICHŮ

zárodečná dráha

*zárodečné buňky vznikají
ze somatických v pozdním vývoji*

*segreguje od somatické
v časně embryogenezi*

oplození

dvojitě (zygota a endosperm)

jednoduché

haploidní fáze

několikabuněčný gametofyt

pouze gamety

imprinting

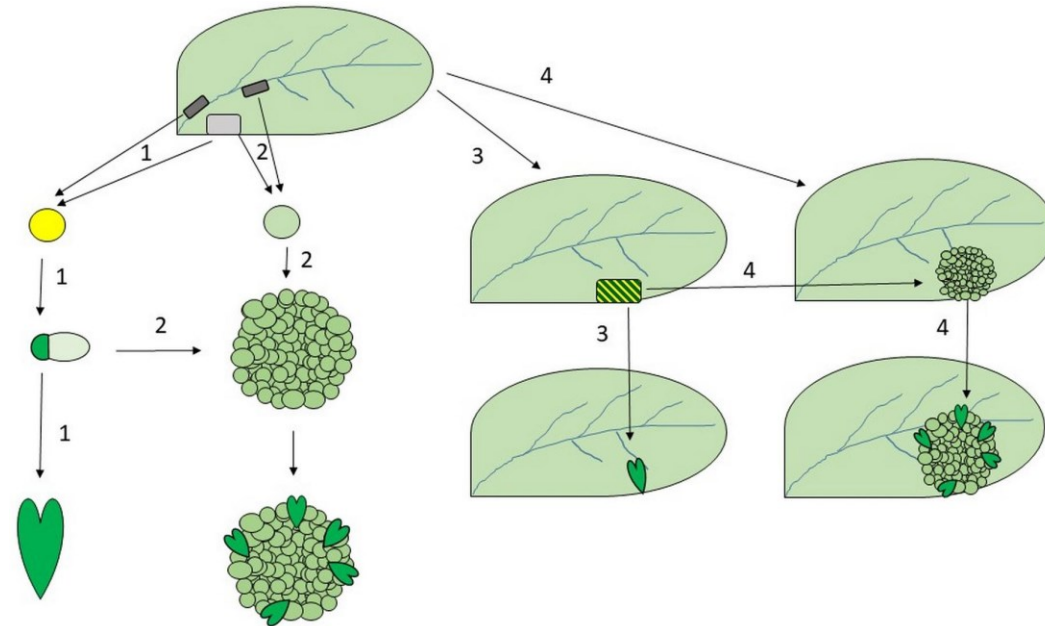
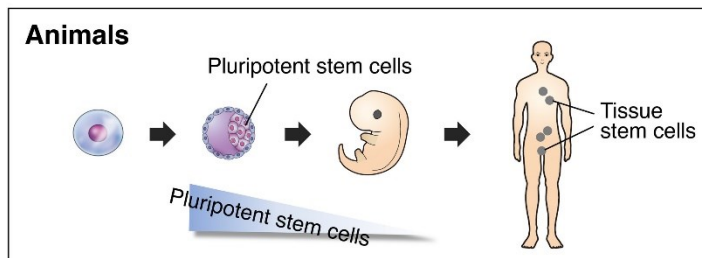
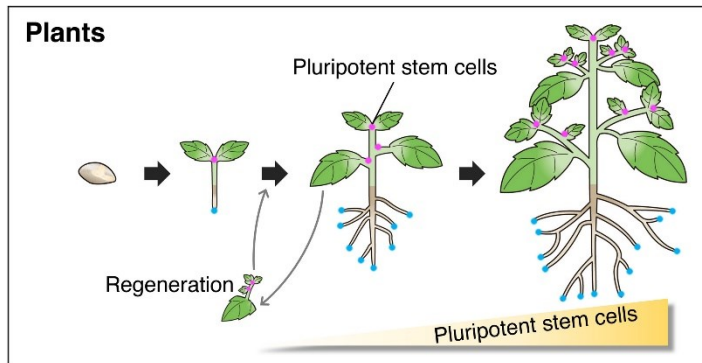
ovlivňuje vývin endospermu

zásadně řídí embryogenezi

diferencované buňky

totipotentní

osud progresivní a ireverzibilní



VÝVOJOVÉ PROCESY U ROSTLIN A ŽIVOČICHŮ

zárodečná dráha

*zárodečné buňky vznikají
ze somatických v pozdním vývoji*

*segreguje od somatické
v časně embryogenezi*

oplození

dvojitě (zygota a endosperm)

jednoduché

haploidní fáze

několikabuněčný gametofyt

pouze gamety

imprinting

ovlivňuje vývin endospermu

zásadně řídí embryogenezi

diferencované buňky

totipotentní

osud progresivní a ireverzibilní

tělní plán

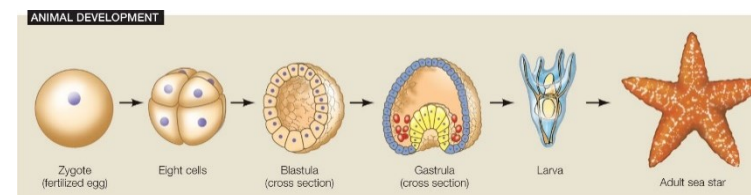
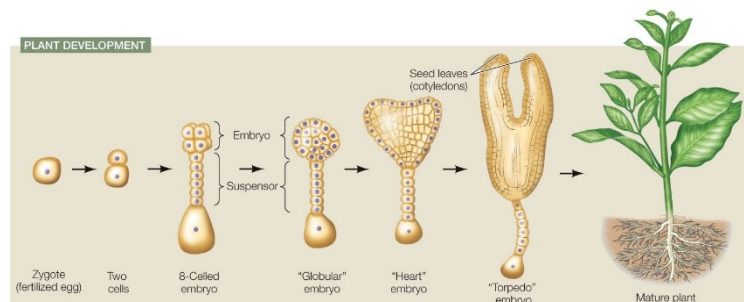
*založen až při postembryonálním
vývinu meristému, vliv prostředí*

*vytvořen již v embryu,
vývojový program determinován*



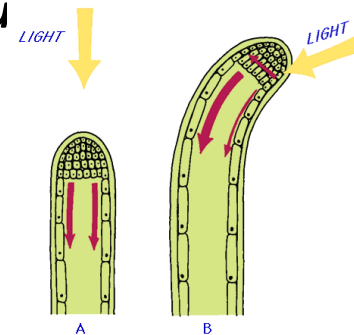
VÝVOJOVÉ PROCESY U ROSTLIN A ŽIVOČICHŮ

zárodečná dráha	<i>zárodečné buňky vznikají ze somatických v pozdním vývoji</i>	<i>segreguje od somatické v časně embryogenezi</i>
oplození	<i>dvojitě (zygota a endosperm)</i>	<i>jednoduché</i>
haploidní fáze	<i>několikabuněčný gametofyt</i>	<i>pouze gamety</i>
imprinting	<i>ovlivňuje vývin endospermu</i>	<i>zásadně řídí embryogenezi</i>
diferencované buňky	<i>totipotentní</i>	<i>osud progresivní a ireverzibilní</i>
tělní plán	<i>založen až při postembryonálním vývinu meristému, vliv prostředí</i>	<i>vytvořen již v embryu, vývojový program determinován</i>
tvorba tvarů	<i>podobné vývojové principy včetně specifikace osy, založení vývojových kompartmentů, homeotické geny zajišťují poziční identitu</i>	



VÝVOJOVÉ PROCESY U ROSTLIN A ŽIVOČICHŮ

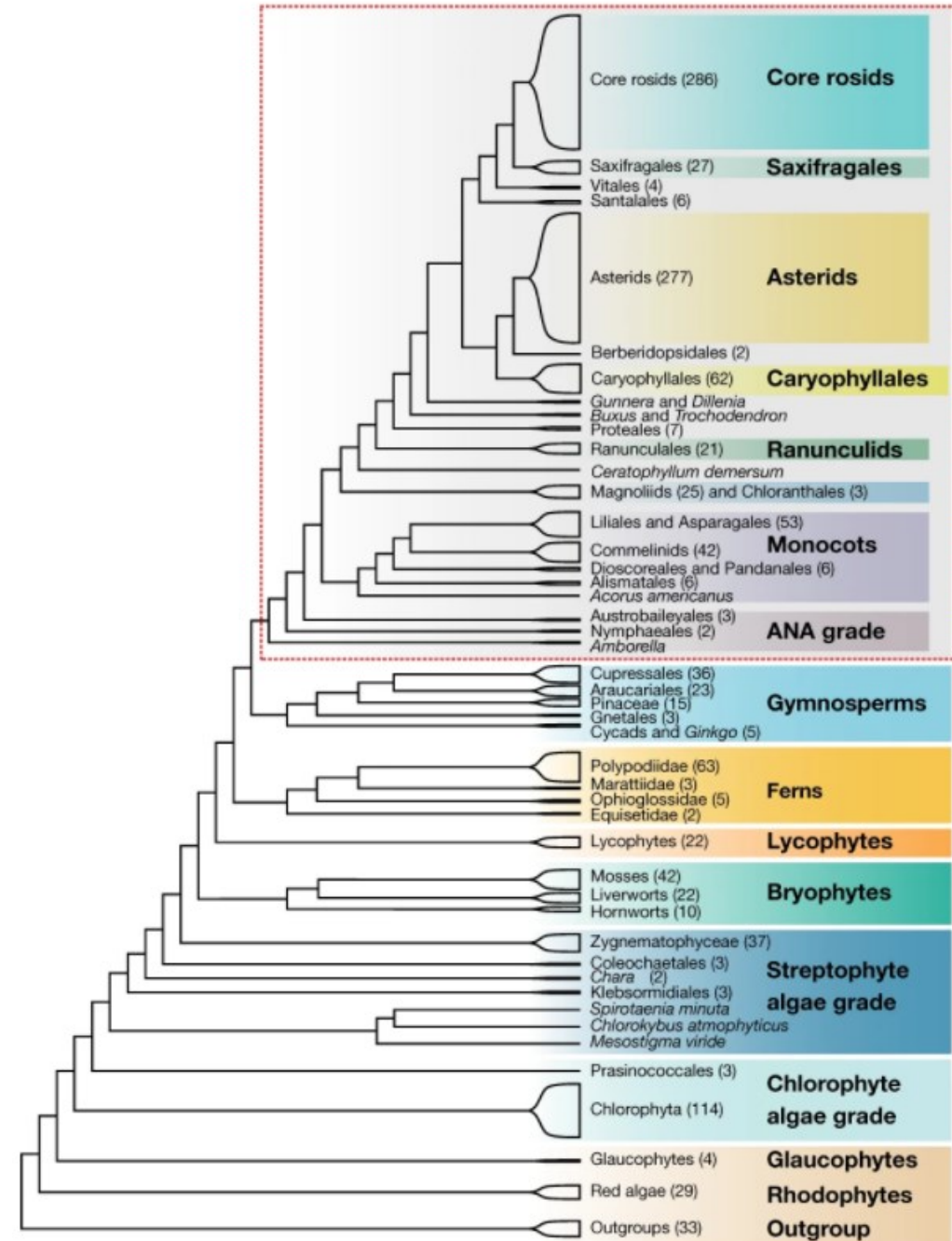
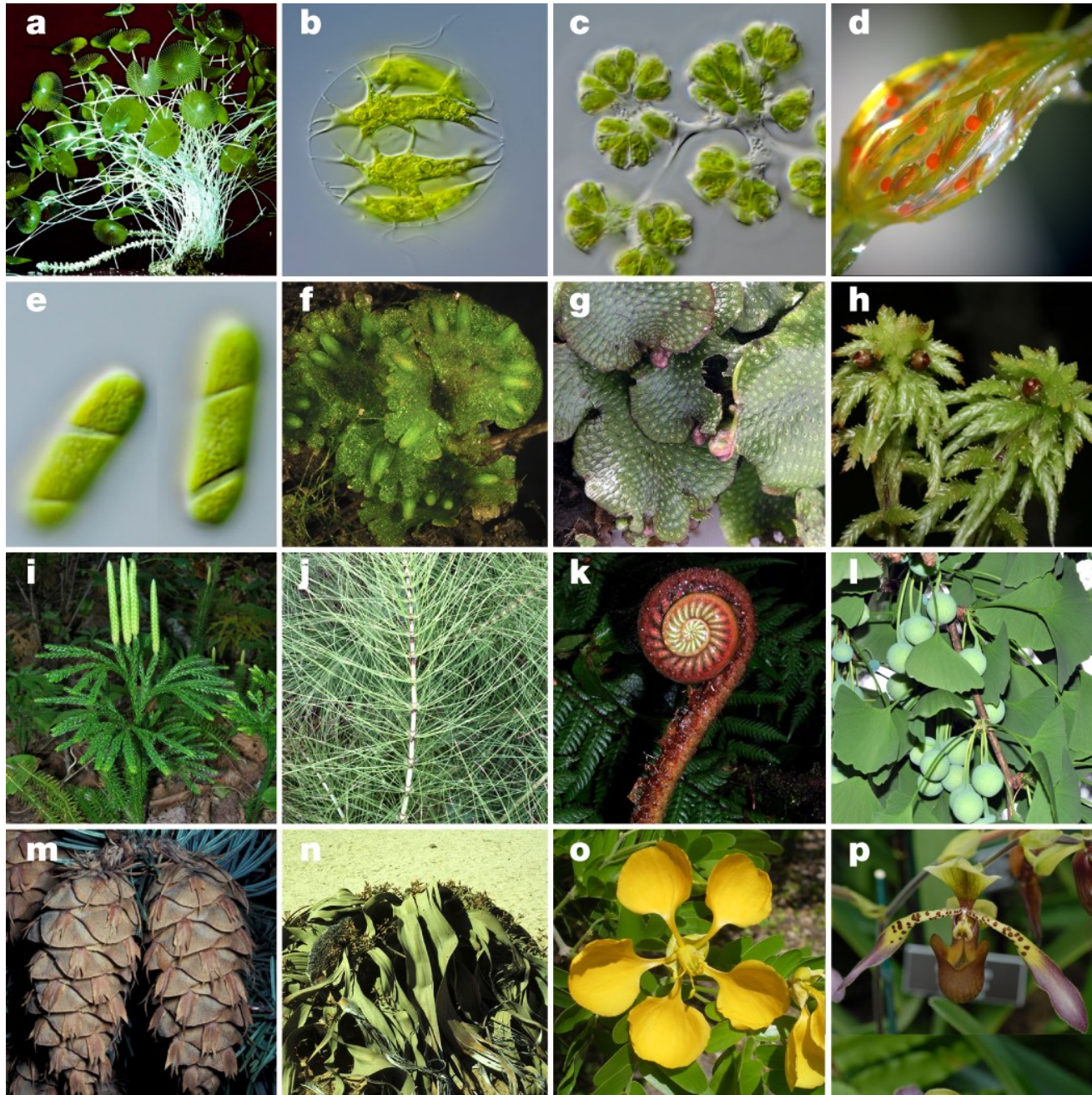
zárodečná dráha	<i>zárodečné buňky vznikají ze somatických v pozdním vývoji</i>	<i>segreguje od somatické v časně embryogenezi</i>
oplození	<i>dvojitě (zygota a endosperm)</i>	<i>jednoduché</i>
haploidní fáze	<i>několikabuněčný gametofyt</i>	<i>pouze gamety</i>
imprinting	<i>ovlivňuje vývin endospermu</i>	<i>zásadně řídí embryogenezi</i>
diferencované buňky	<i>totipotentní</i>	<i>osud progresivní a ireverzibilní</i>
tělní plán	<i>založen až při postembryonálním vývinu meristému, vliv prostředí</i>	<i>vytvořen již v embryu, vývojový program determinován</i>
tvorba tvarů	<i>podobné vývojové principy včetně specifikace osy, založení vývojových kompartmentů, homeotické geny zajišťují poziční identitu</i>	
morfogeneze	<i>buněčný pohyb či lokomoce nejsou, závisí na rovině a rychlosti dělení</i>	<i>relativní pohyb buněk (gastrulace) buněčná migrace (zárodečné buňky)</i>



VÝVOJOVÉ PROCESY U ROSTLIN

- (1) rigidní buněčná stěna (celulóza) brání migraci buněk i lokomočnímu pohybu
- (2) vývoj ovlivněn environmentálními faktory, vznikají fyziologické i genomové adaptace
- (3) formy těla vznikají na základě rozdílů v rychlostech buněčného dělení a buněčným dělením v odlišných rovinách
- (4) veškerý postembryonální růst (včetně tvorby orgánů) pochází z meristémů (kmenové buňky)
- (5) nemají pravou zárodečnou dráhu, tranzice vývoje vegetativního na generativní
- (6) výrazný regulativní vývoj, mezibuněčnými signály jsou mj. nízkomolekulární hormony
- (7) cytoplazmatické kanálky (plasmodesmata) spojují sousední buňky skrze stěny
- (8) jedním z mechanismů diferenciací je i asymetrické buněčné dělení
- (9) jakákoli buňka dává vznik novému jedinci – totipotence: únik z determinovaného stavu?
- (10) dvě nezávislé skupiny strukturně odlišných homeotických genů odpovídají za specifikaci květních částí (MADS-boxové) a stonku i listů (homeoboxové), kolinearita genů neplatí

DIVERZITA ROSTLIN



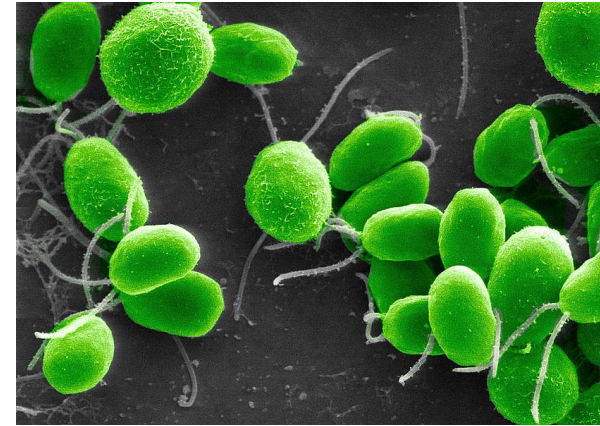
... jednobuněčná
zelená eukaryota :



Chlamydomonas
a *Volvox*

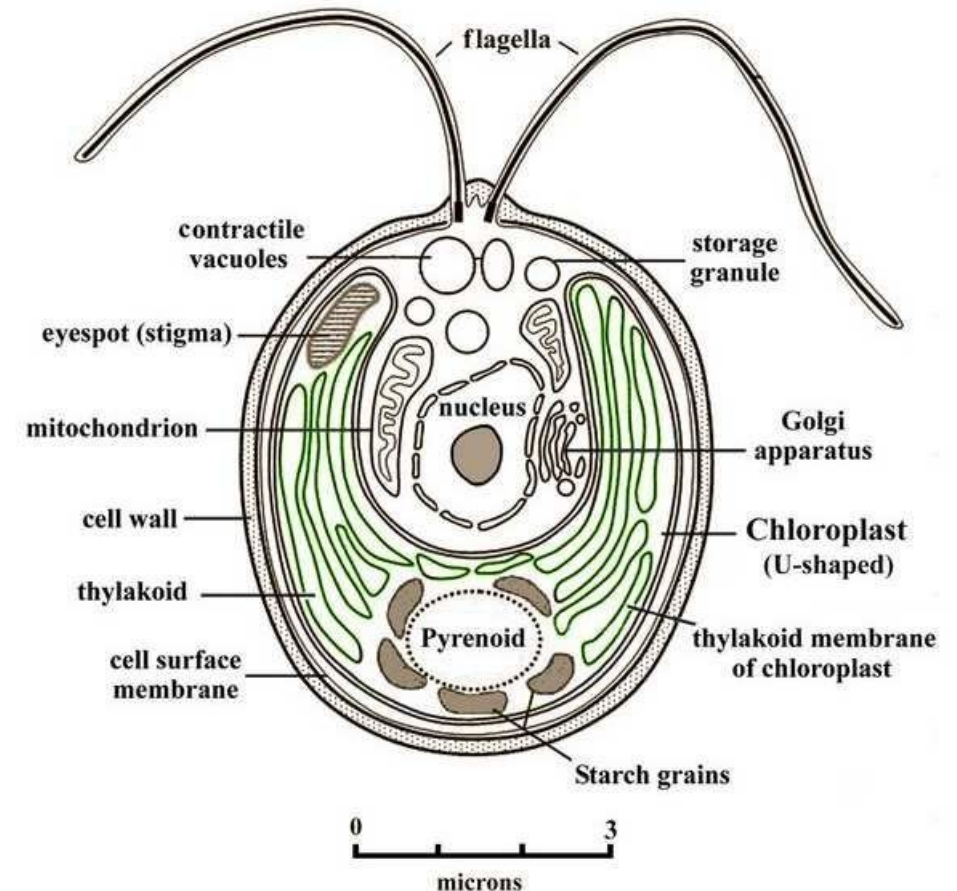
Chlamydomonas reinhardtii

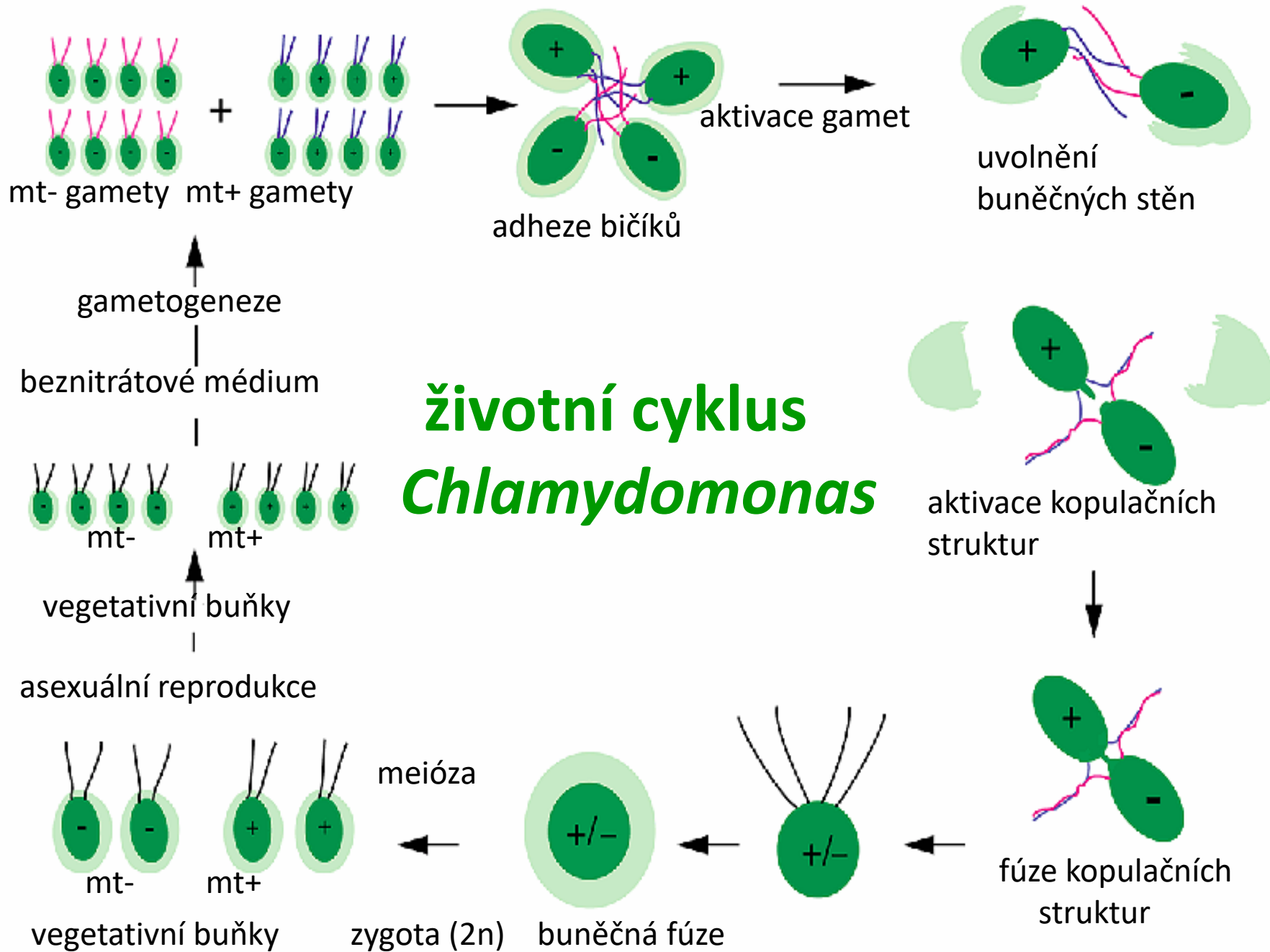
- eukaryotická, ale jde s ní manipulovat mikrobiologickými technikami
- snadná kultivace – fotosyntetická či heterotrofní
- mobilní, vykazuje rysy jednoduchého chování
- lze pěstovat v synchronní či asynchronní kultuře
- má rychlý mitotický cyklus, podrobuje se pohlavnímu rozmnožování
- propracovaná genetika – jaderné, plastidové i mitochondriální genomy mají vhodné markery
- všechny tři genomy mohou být transformovány
- dostupné knihovny mutantů a klonů DNA
- možné skladování v tekutém dusíku



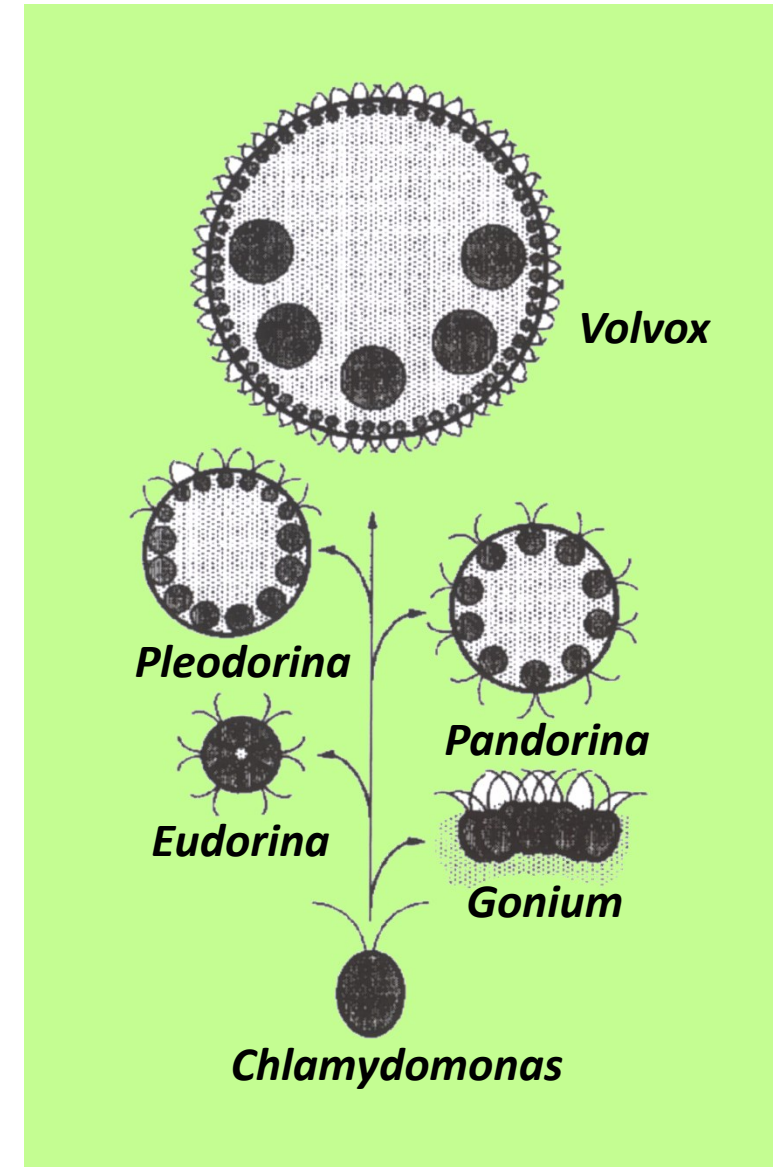
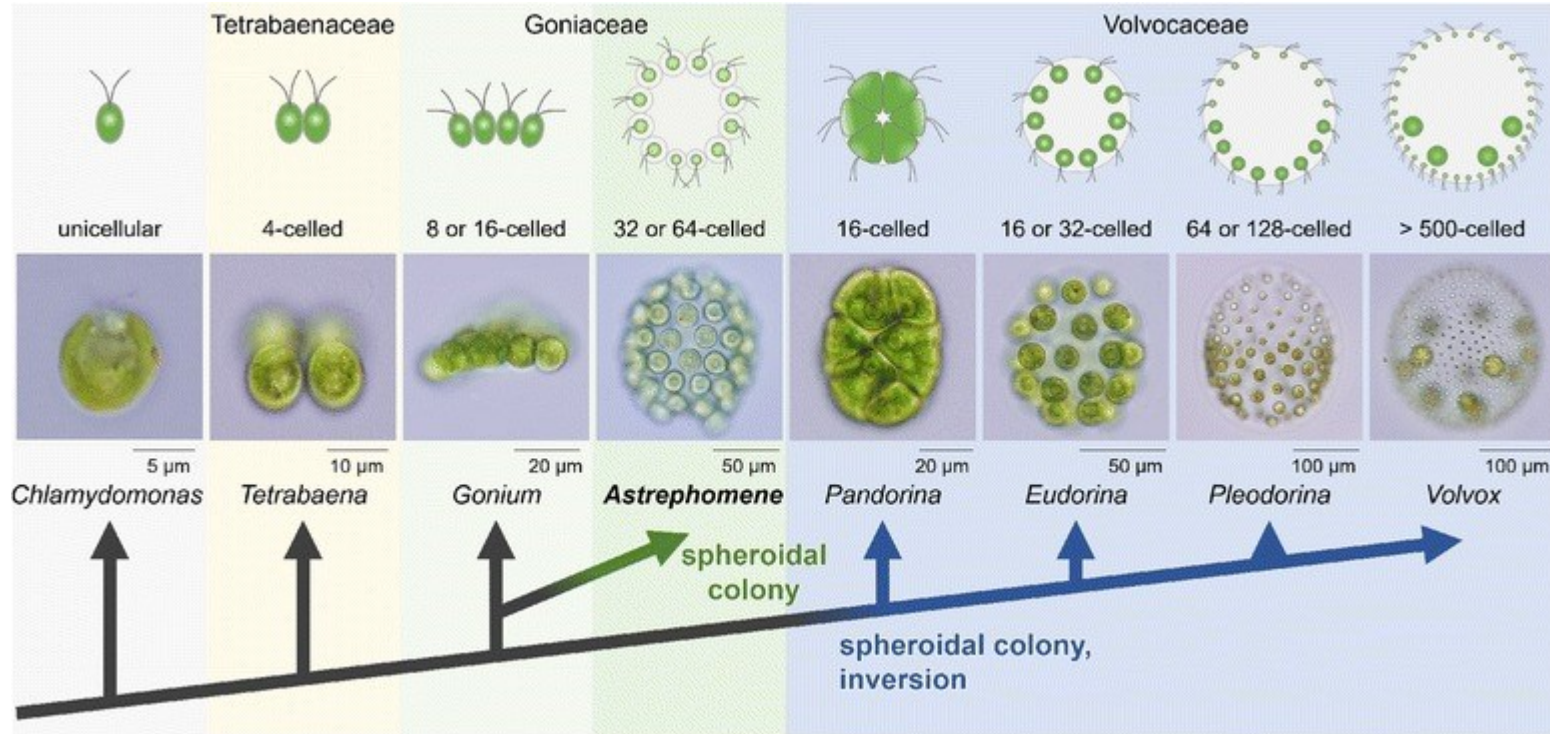
Ruth Sager
February 7, 1918 — March 29, 1997

Ruth Sager





Evolvece mnohobuněčných organismů



Vlastnosti modelu váleče

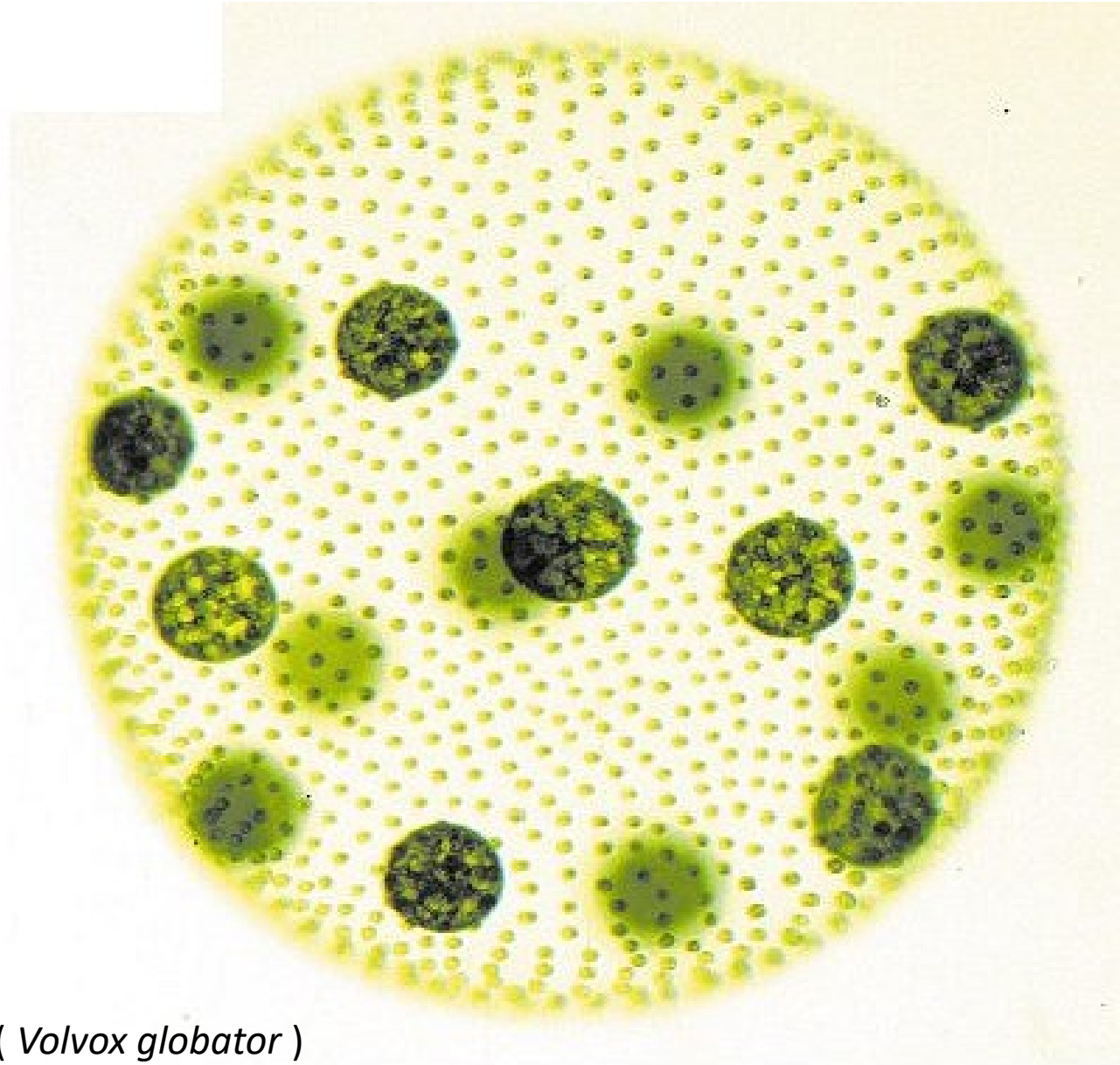
- ♠ studium ontogeneze a fylogeneze mnohobuněčnosti a buněčné diferenciaci
- ♠ základní tělní plán: asi 2000 biflagelátních somatických buněk a 16 asexuálních reprodukčních buněk (gonidia)
- ♠ diferenciaci je buněčně autonomní
- ♠ centrálním rysem diferenciaci je asymetrická mitóza (*cell size determines cell fate, large vs. small*)
- ♠ buněčná stěna *Chlamydomonas* se vyvinula ve strukturovanou extra-celulární glykoproteinovou matrix, která spojuje buňky do kolonie (spheroid)
- ♠ bičíkaté somatické buňky (specializované k pohybu, fototaxi a chemotaxi) se podrobují programované smrti
- ♠ neobvyklá kombinace rostlinných (fotoautotrofie) a živočišných (pohyb a časná diferenciaci zárodečné dráhy) znaků
- ♠ pozorování Antoni van Leeuwenhoeka (1700), kultivace *in vitro* a životní cyklus - Bill Darden (1966), identifikovány odlišné sexuální formy
- ♠ asexuální životní cyklus řízen světlem, trvá 2 dny a vzniká 16 nových jedinců → izogenní linie
- ♠ nepohlavní embryo tvořené na konci rýhování má už své vlastní somatické a zárodečné buňky
- ♠ pohlavní reprodukce je iniciována teplem, které vyvolá syntézu glykoproteinového feromonu v somatických buňkách: dormantní diploidní zygota
- ♠ vrchol „volvocinní“ větve zelených řas, jednobuněčná bičíkatá *Chlamydomonas*, koloniální *Eudorina* a *Pleodorina*, buněčně diferencovaný *Volvox*



**Antoni van Leeuwenhoek
(1632-1723)**



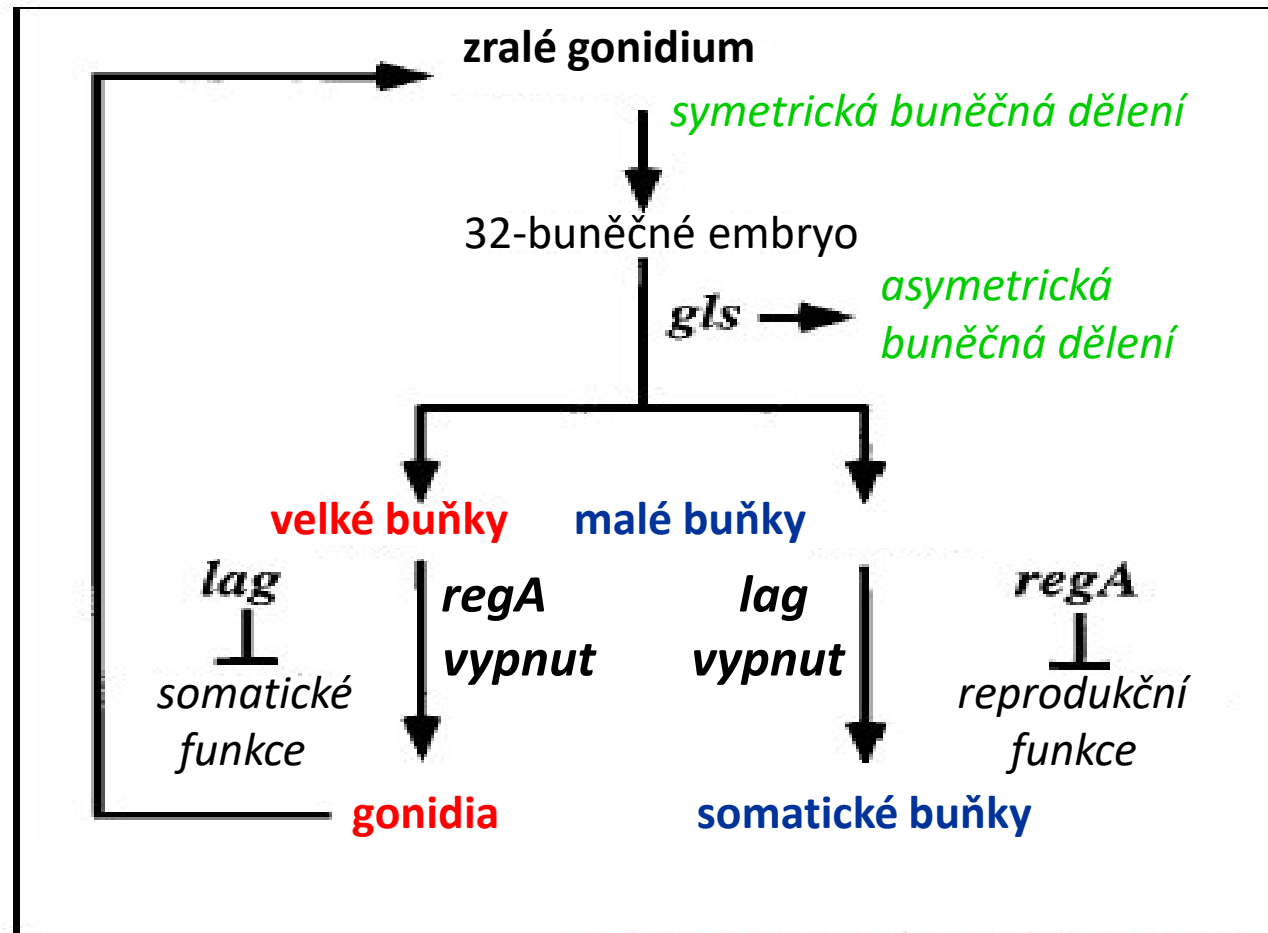
**David L. Kirk
St. Louis**



- asexuální životní cyklus váleče (*Volvox globator*)
- asymetrická mitóza definuje zárodečnou dráhu
 - 16 gonidií a asi 2 000 bičíkovců, programovaná smrt

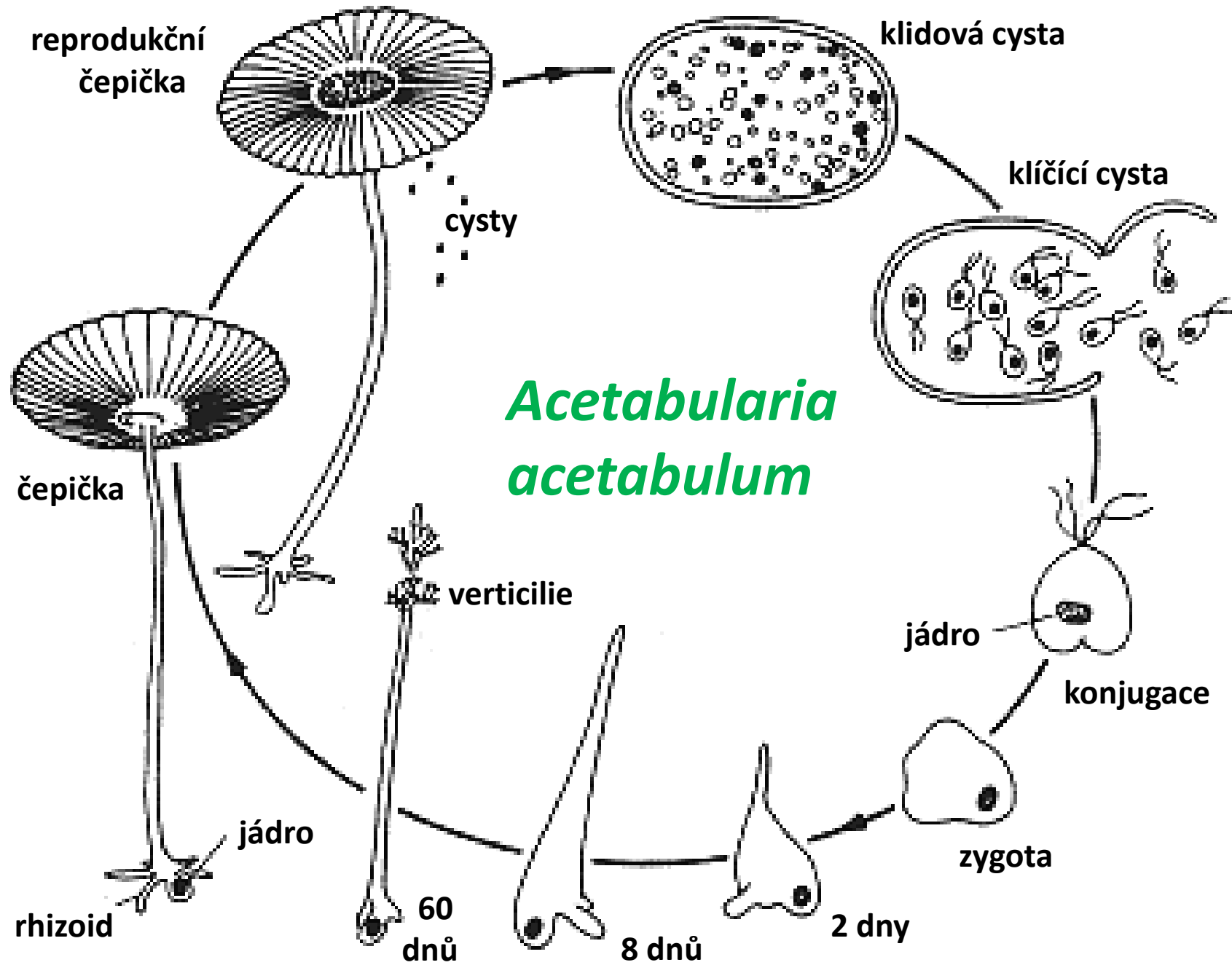
Model řízení diferenciace zárodečné dráhy u *Volvox*

geny *gls* způsobují asymetrické dělení vedoucí ke tvorbě velkých (geny *lag* zapnuty, *regA* vypnuty) a malých buněk (*regA* zapnuty, *lag* vypnuty)



Acetabularia : jednobuněčný model regenerace a
posttranskripční regulace





reprodukční
čepička

klidová cista

klíčící cista

cysty

Acetabularia acetabulum

čepička

verticilie

jádro

konjugace

rhizoid

jádro

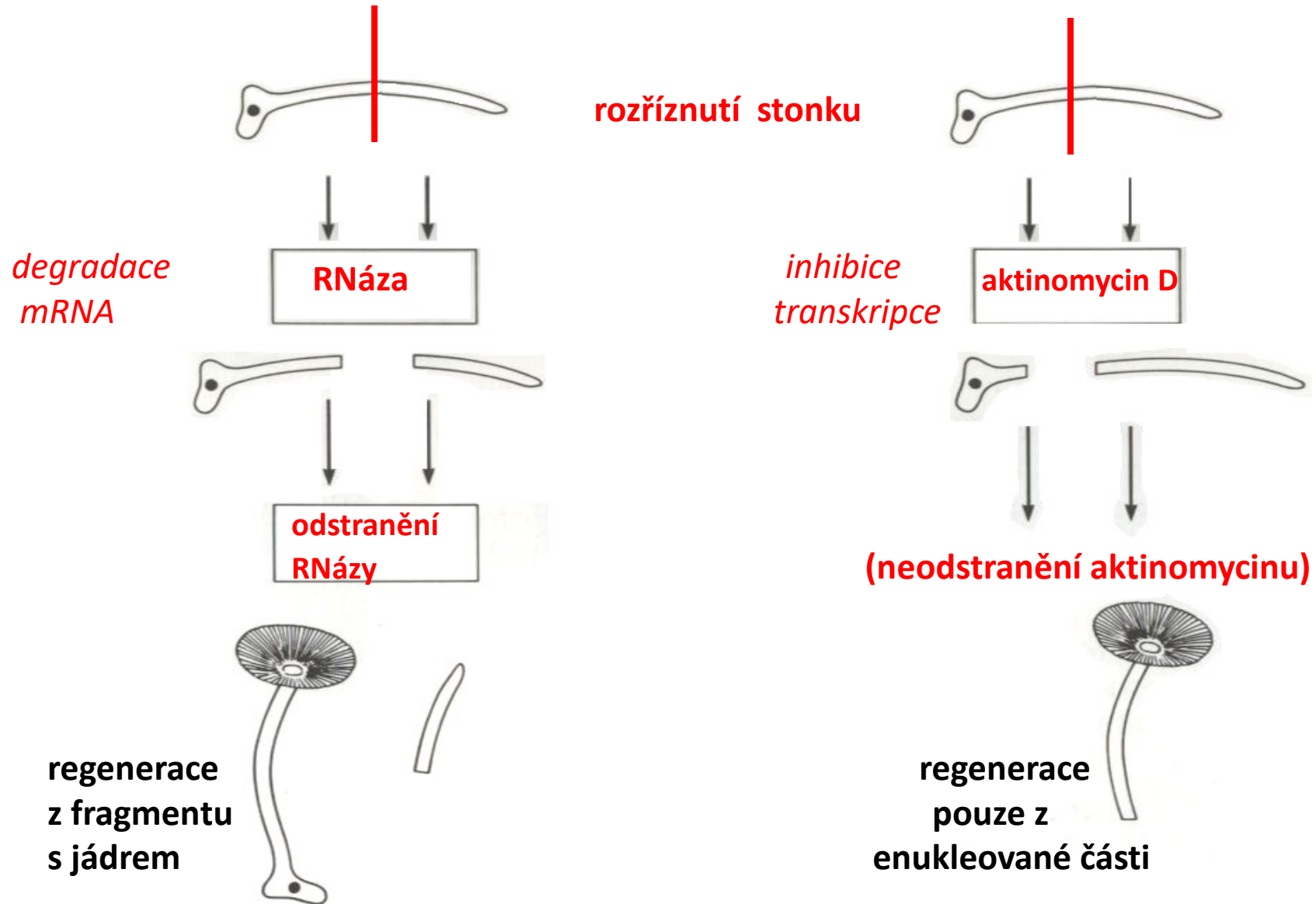
zygota

60
dnů

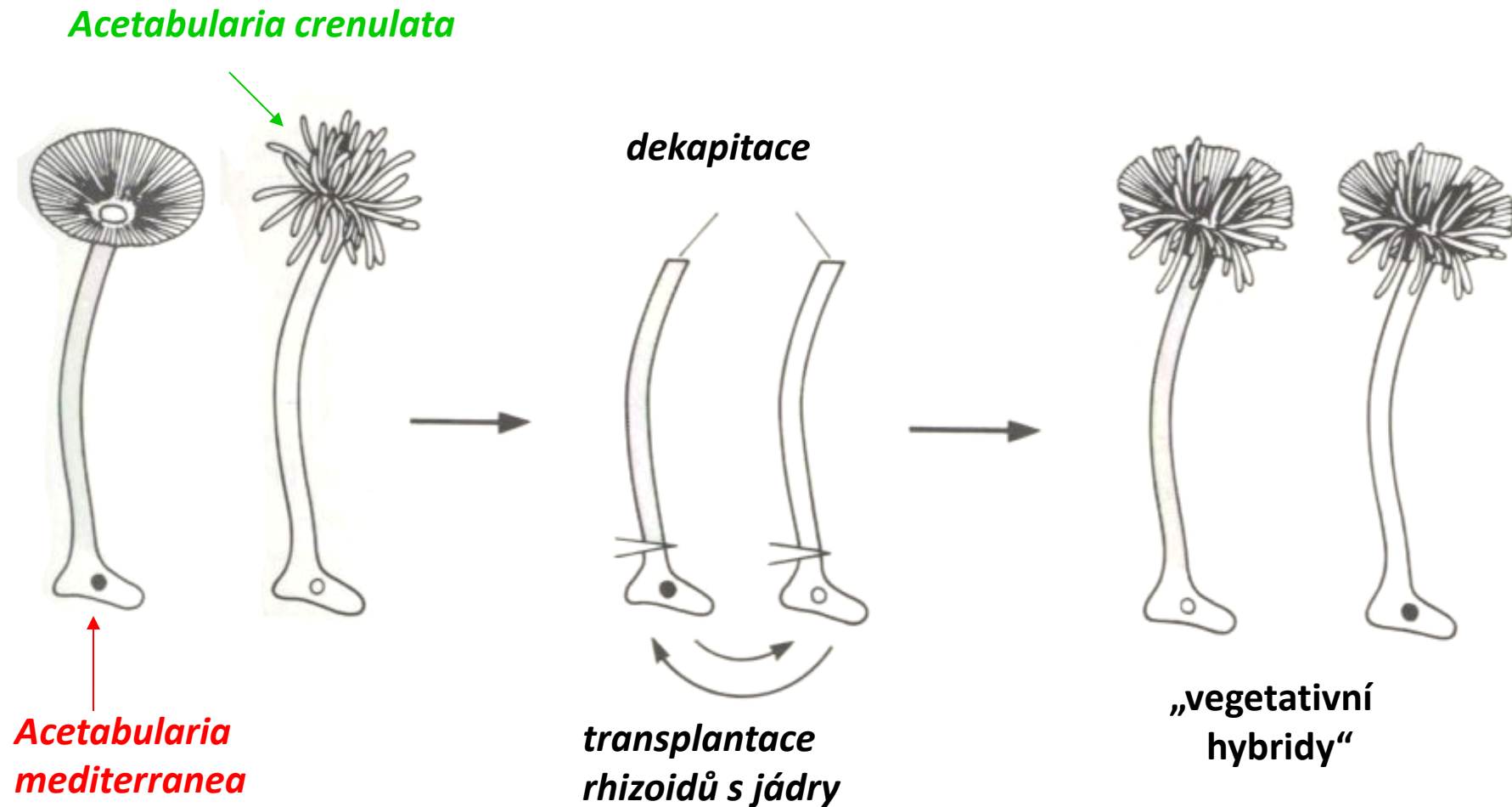
8 dnů

2 dny

Řízení diferenciace na úrovni translace



Vliv stávající cytoplasmy a syntézy nových mRNA na morfologii regenerované čepičky



mnohobuněčné nižší rostliny :

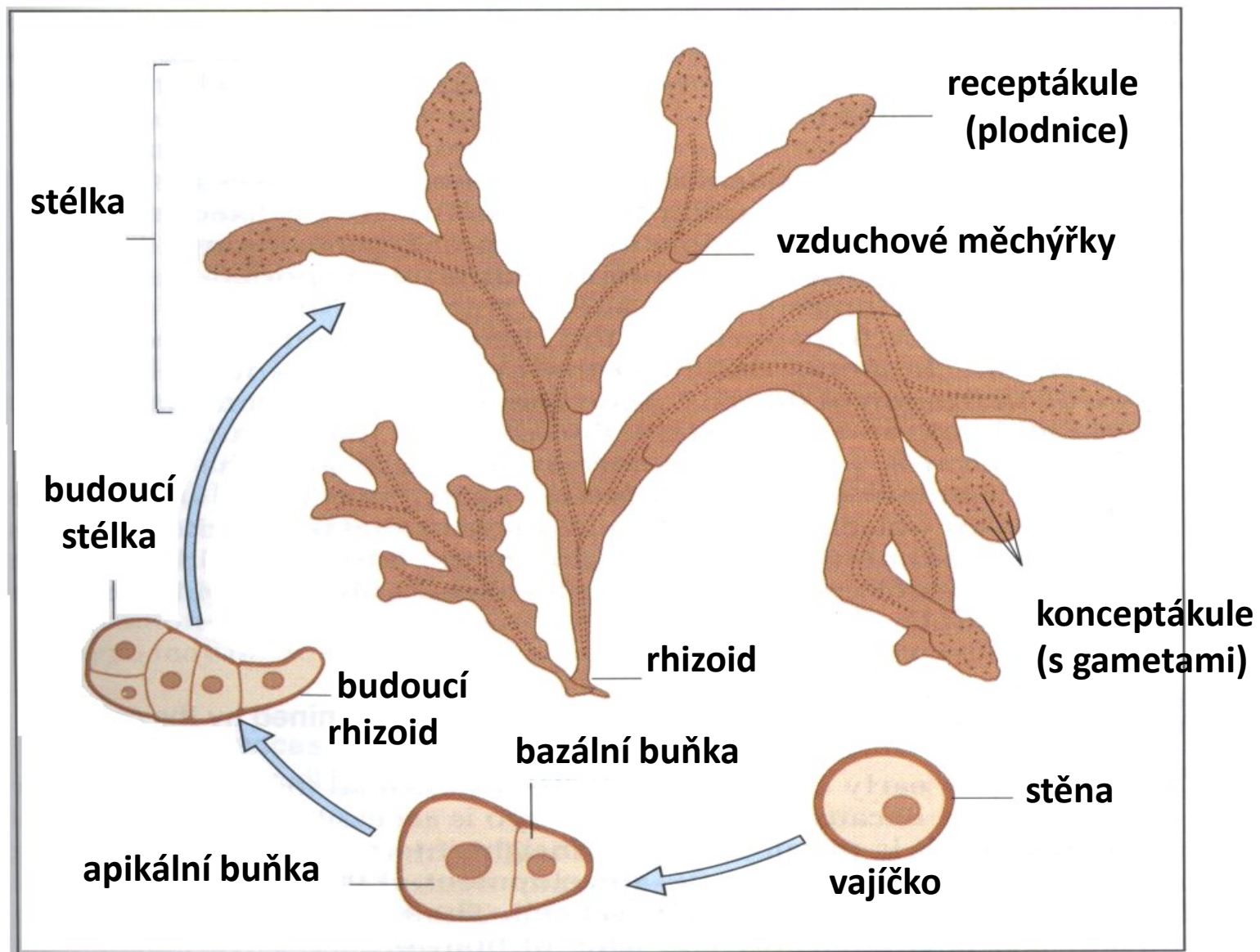


chaluhy

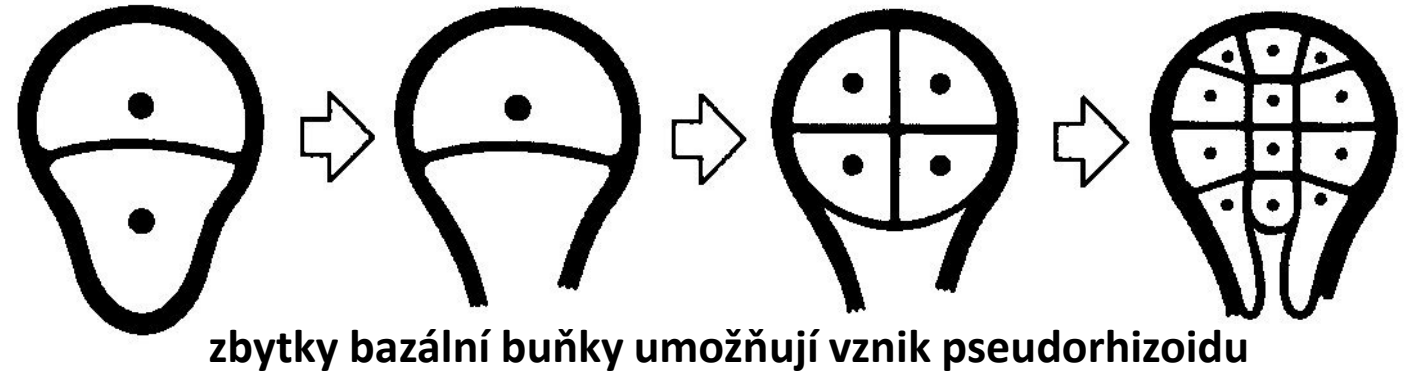
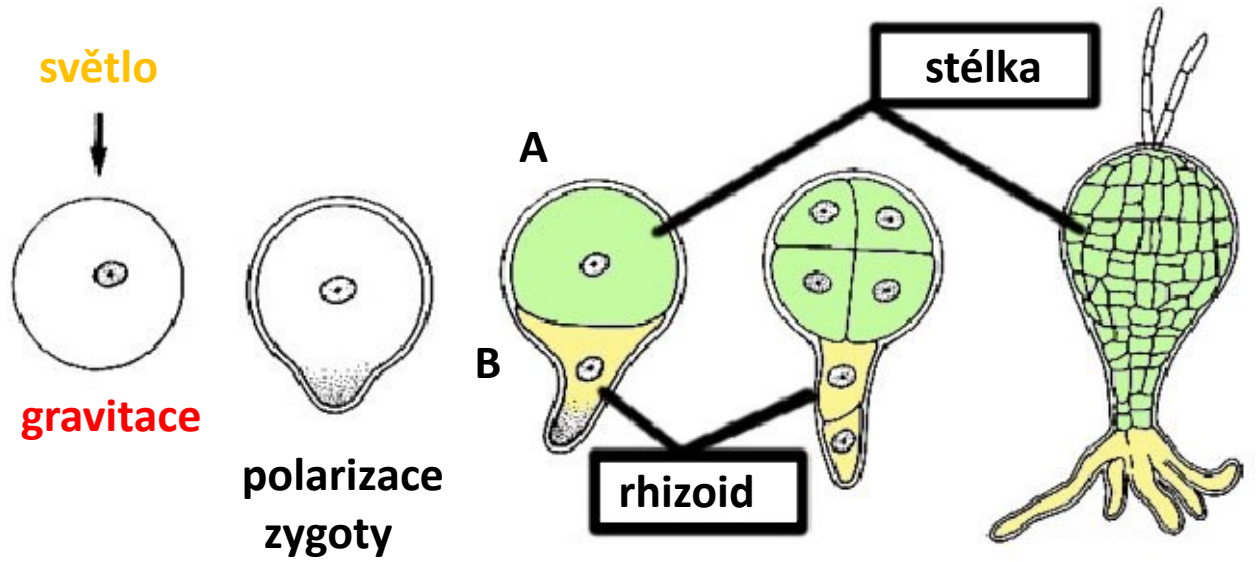
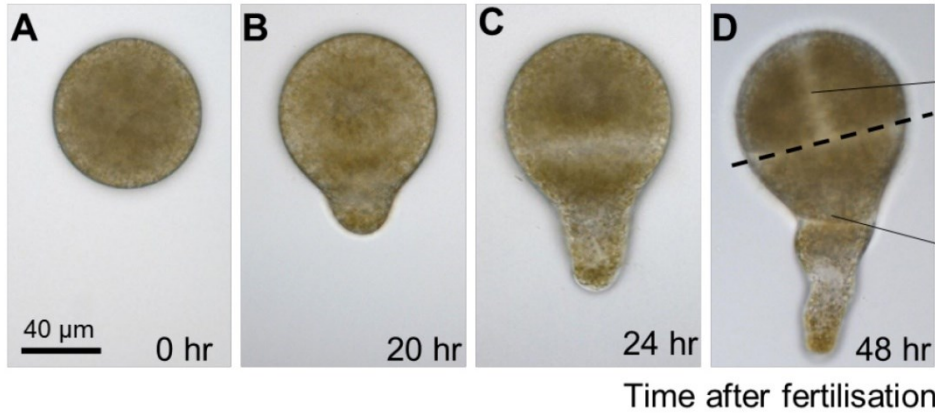


BLADDER WRACK ~ *Fucus vesiculosus*

Životní cyklus modelové mnohobuněčné řasy: *Fucus vesiculosus*



Fucus: model studia polarity zygoty



játrovka

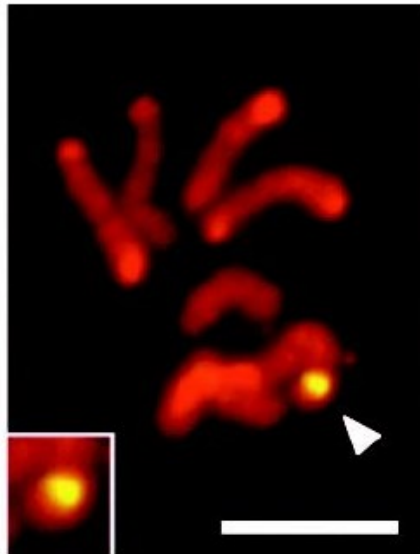


Marchantia polymorpha

porostnice mnohotvará (dvoudomá)



$$n = 8A + X$$



Y



$$n = 8A + Y$$



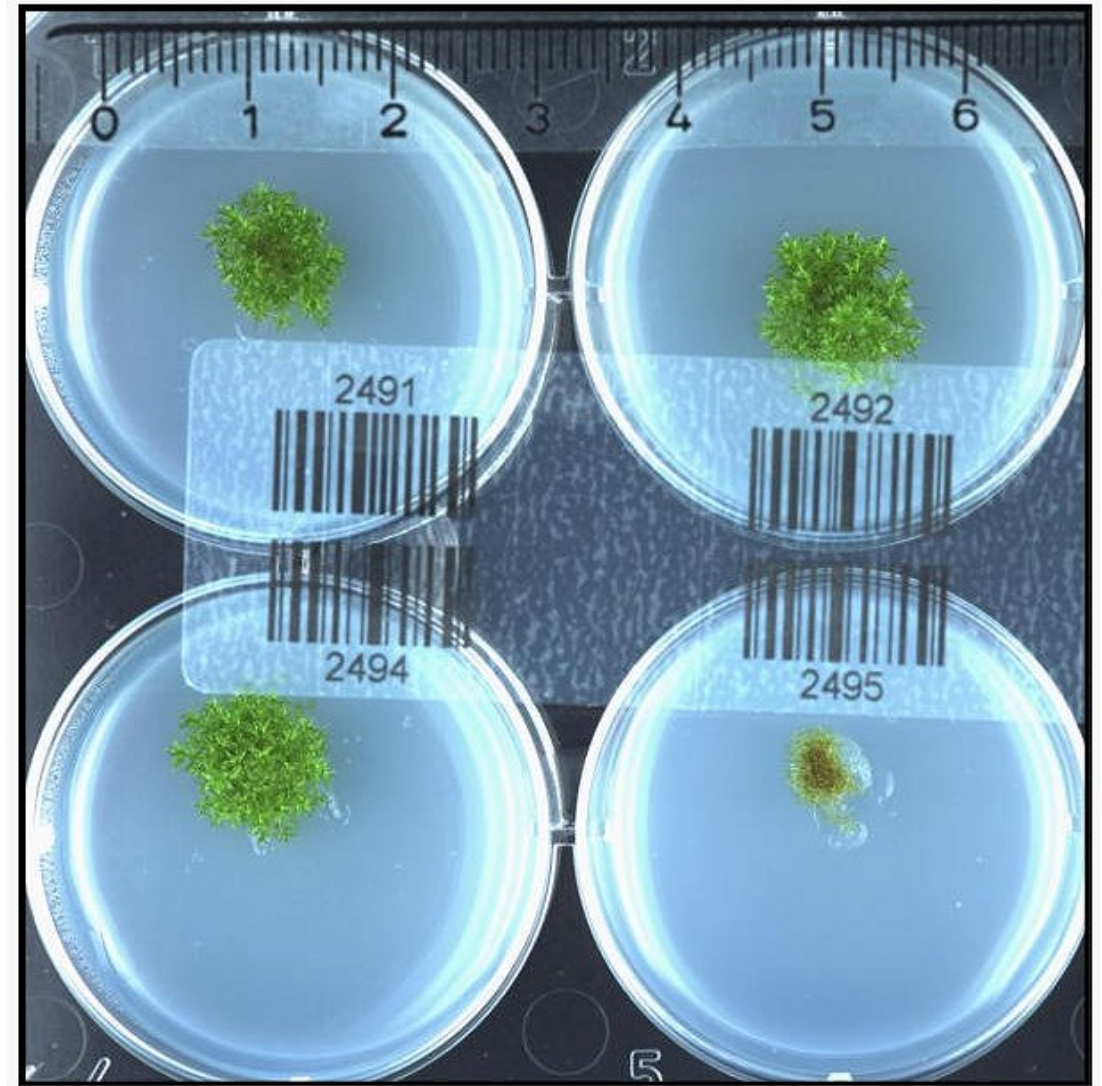
A close-up photograph of the moss Physcomitrium patens. The image shows several green, oval-shaped capsules (spores) attached to thin, reddish-brown stems. The moss is growing on a dark, textured surface, possibly soil or a rock. The background is blurred, showing more of the moss and some green leaves.

Mechy – zkrutek
Physcomitrium patens

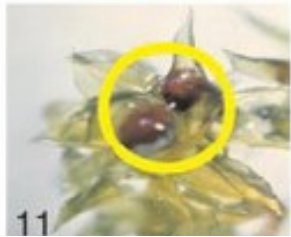
Physcomitrium patens

n = 27 chrs, C = 0,46 pg DNA

haploidní „tělo“
cílená integrace genů
zelený model 21. st.



DIPLOID SPOROPHYTE



meiosa

diploidní fáze sporofyt

samičí a samčí gamety splývají v zygotu

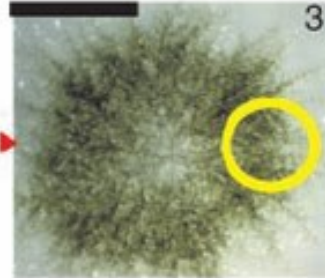
HAPLOID GAMETOPHYTE

Spores



(homo) spóry

Primary chloronema



(chlor prvoklíček : chloronemata)

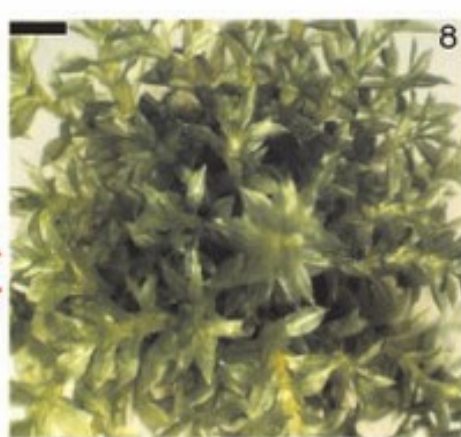
Chloronema



životní cyklus jednodomého mechu



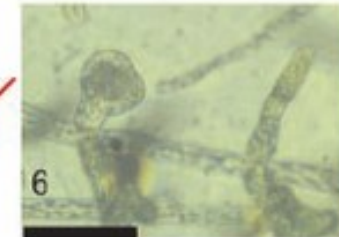
archegonia antheridia (male)



„jednodomý mech“



gametofor s rhizoidy

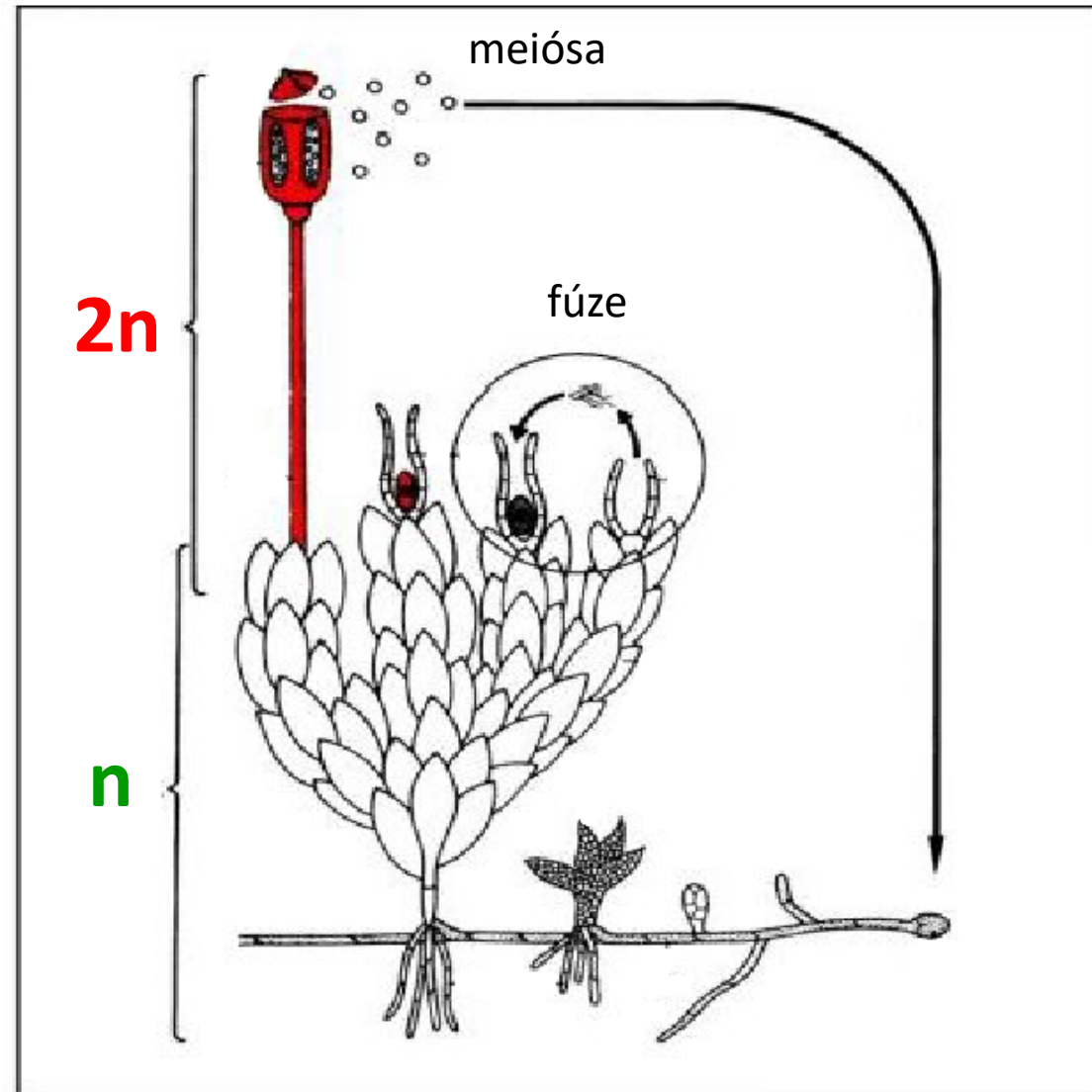


Young bud

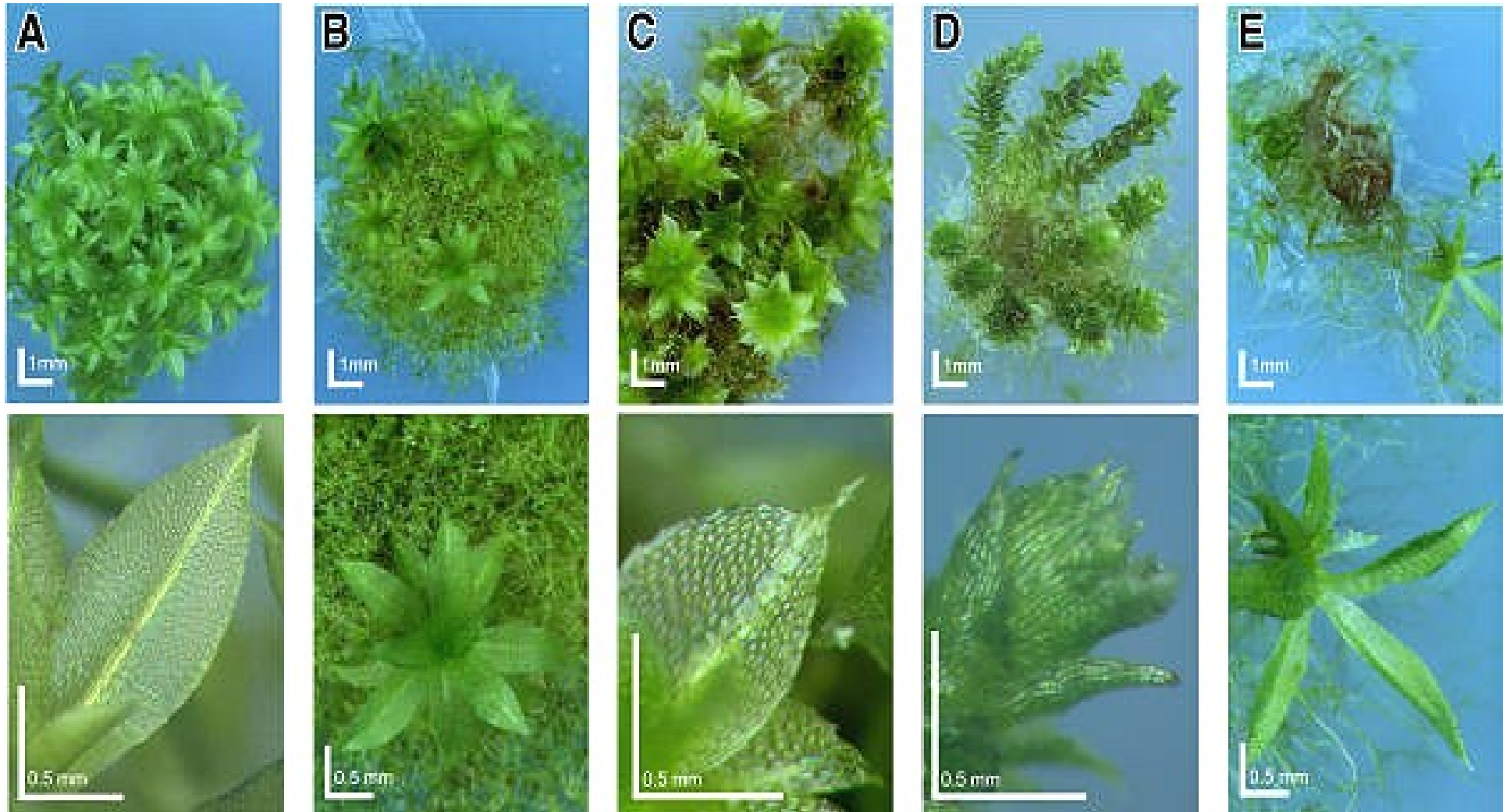
The moss *Physcomitrella patens*: a new tool for plant science



Didier G. Schaefer
U de Lausanne



Izolace mutací s fenotypovým projevem



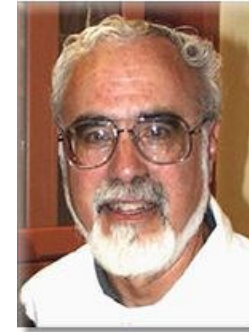
Ceratopteris richardii

„C-fern“

kapradina rohatec

$n = 39$ chrs, $C = 10$ pg

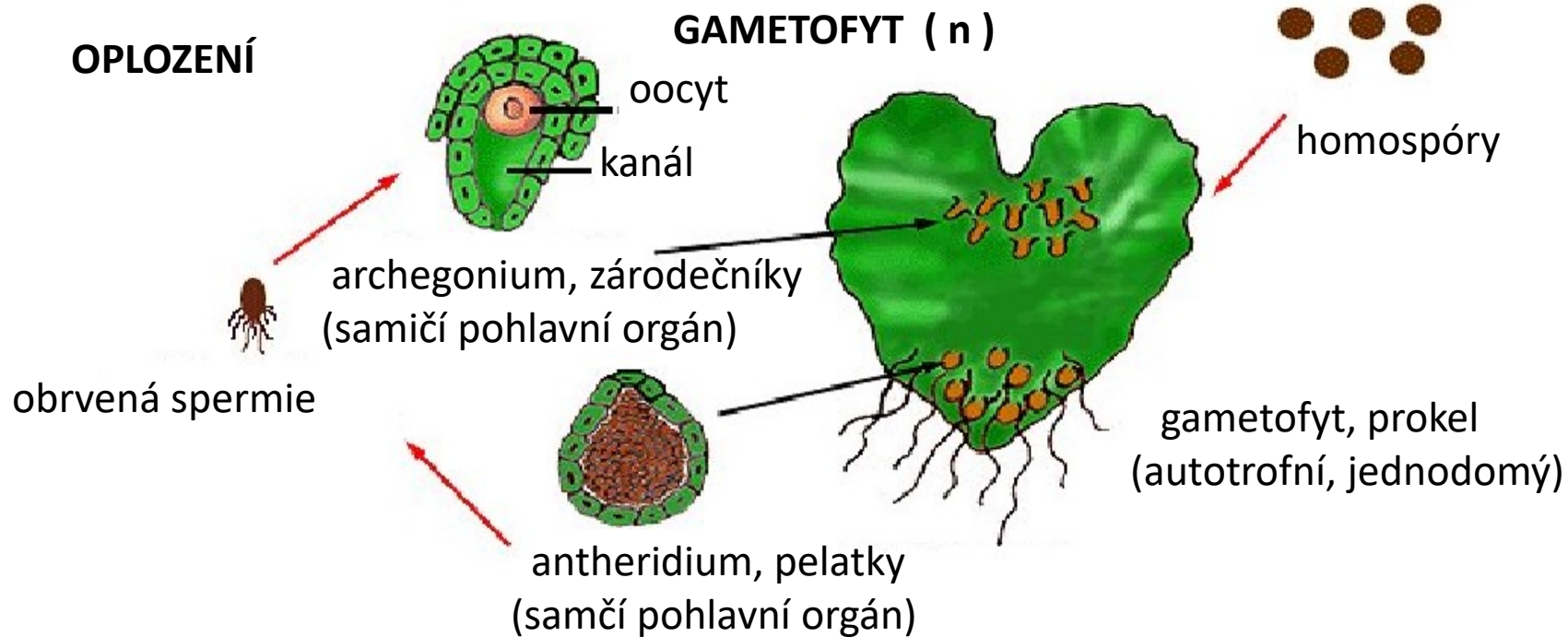
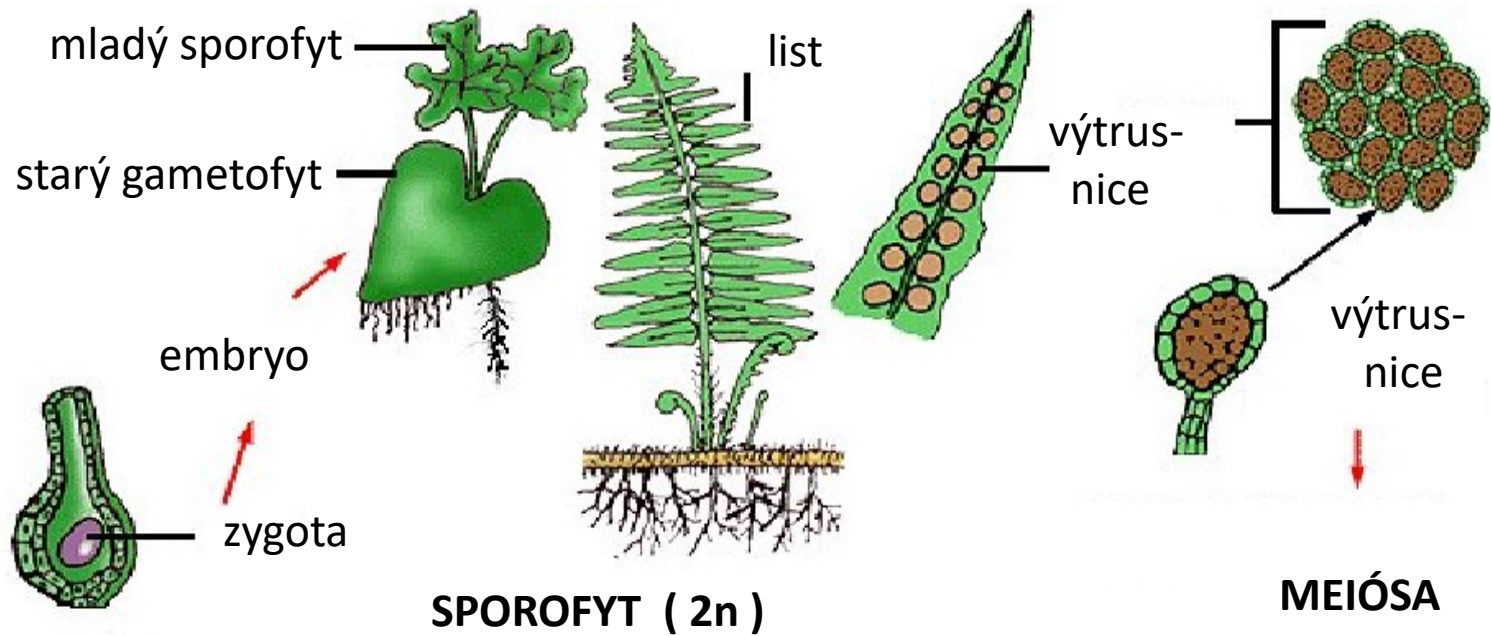
model hormonální sex-determinace (feromon ceratopterin)

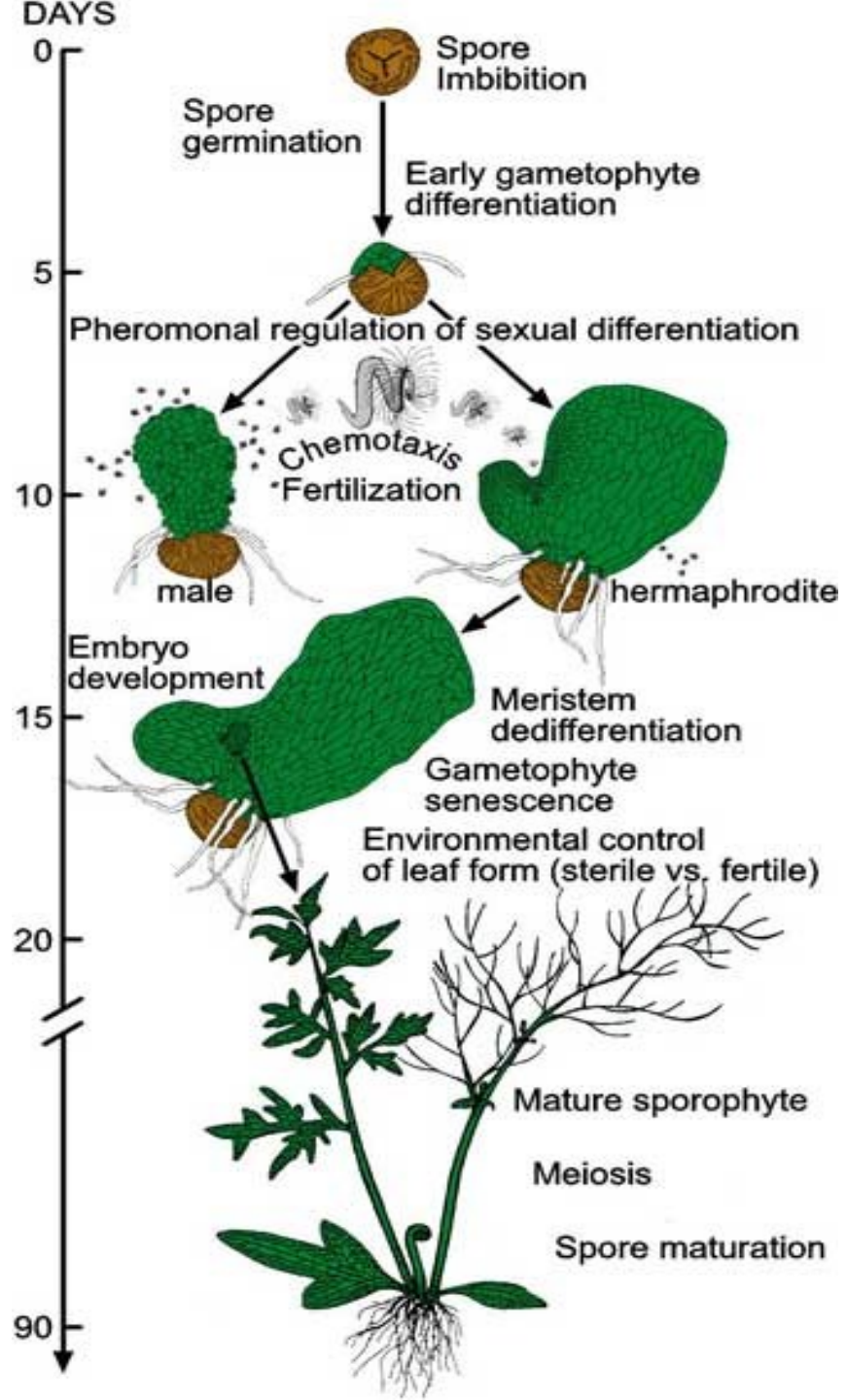
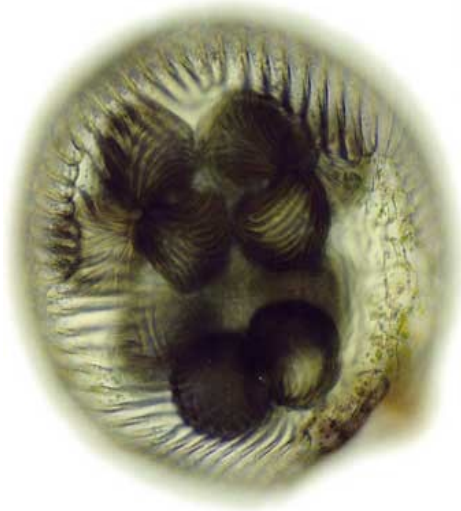
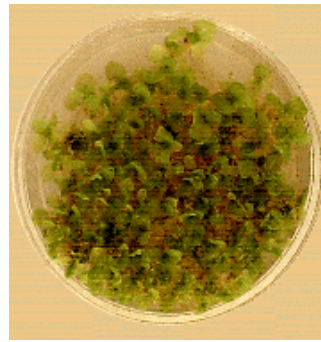
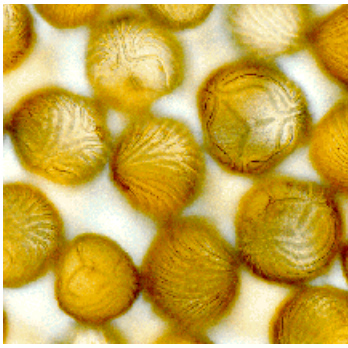


Stan Roux

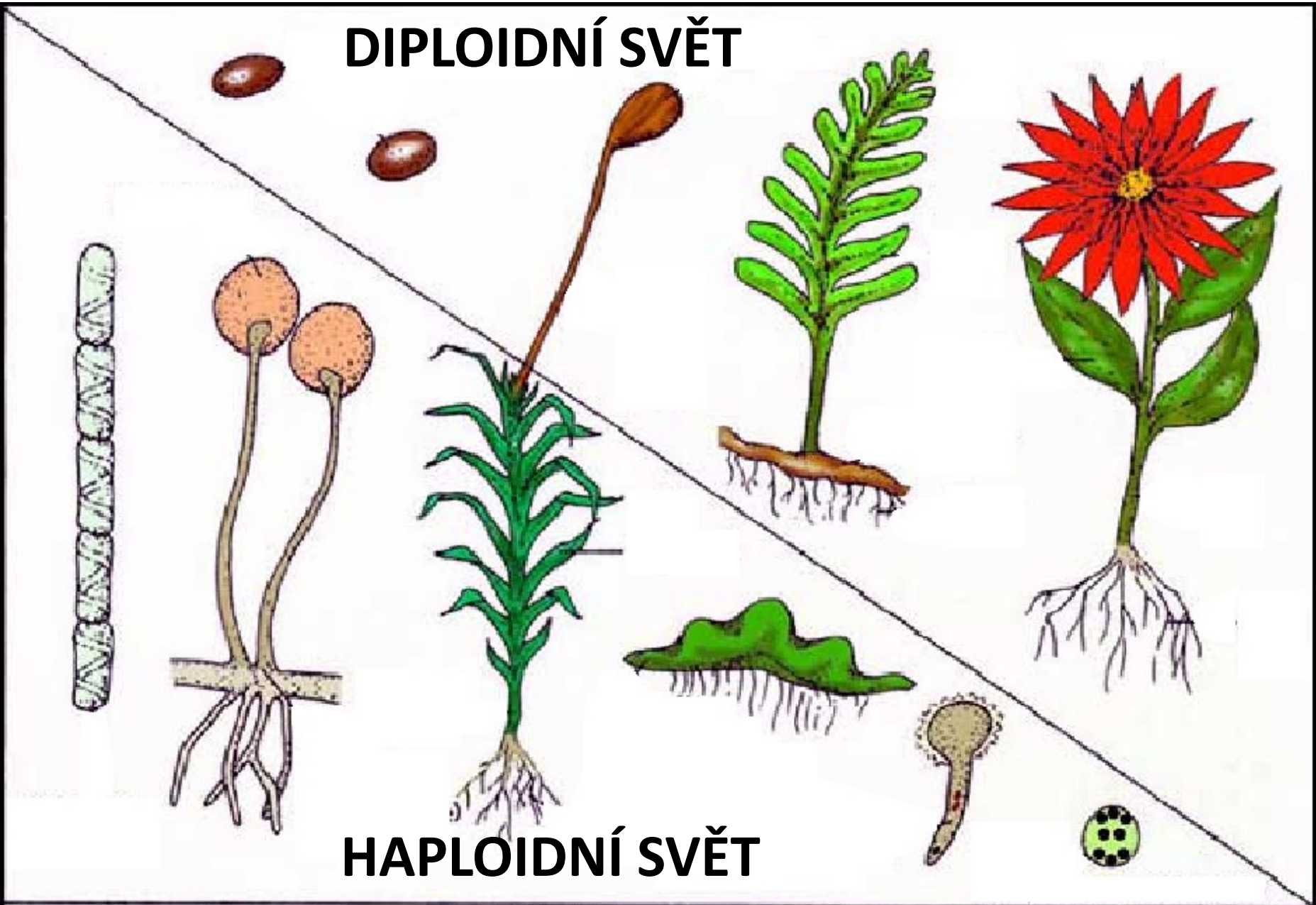
*UT School of Biological Sciences
Molecular Cell and Developmental Biology*







DIPLOIDNÍ SVĚT



HAPLOIDNÍ SVĚT

řasy

houby

mechy

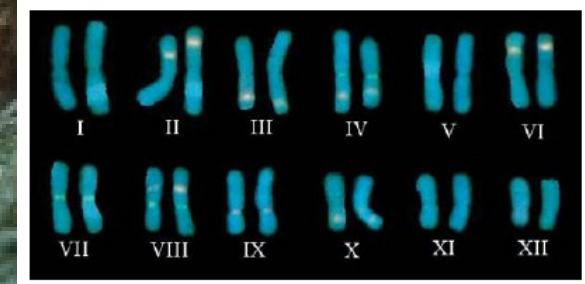
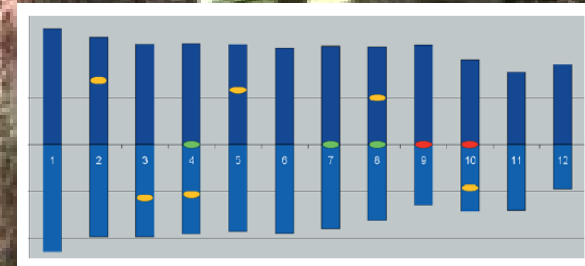
kapradiny

kvetoucí rostliny

nahosemenné rostliny

... *Pinus taeda*, *Picea abies*

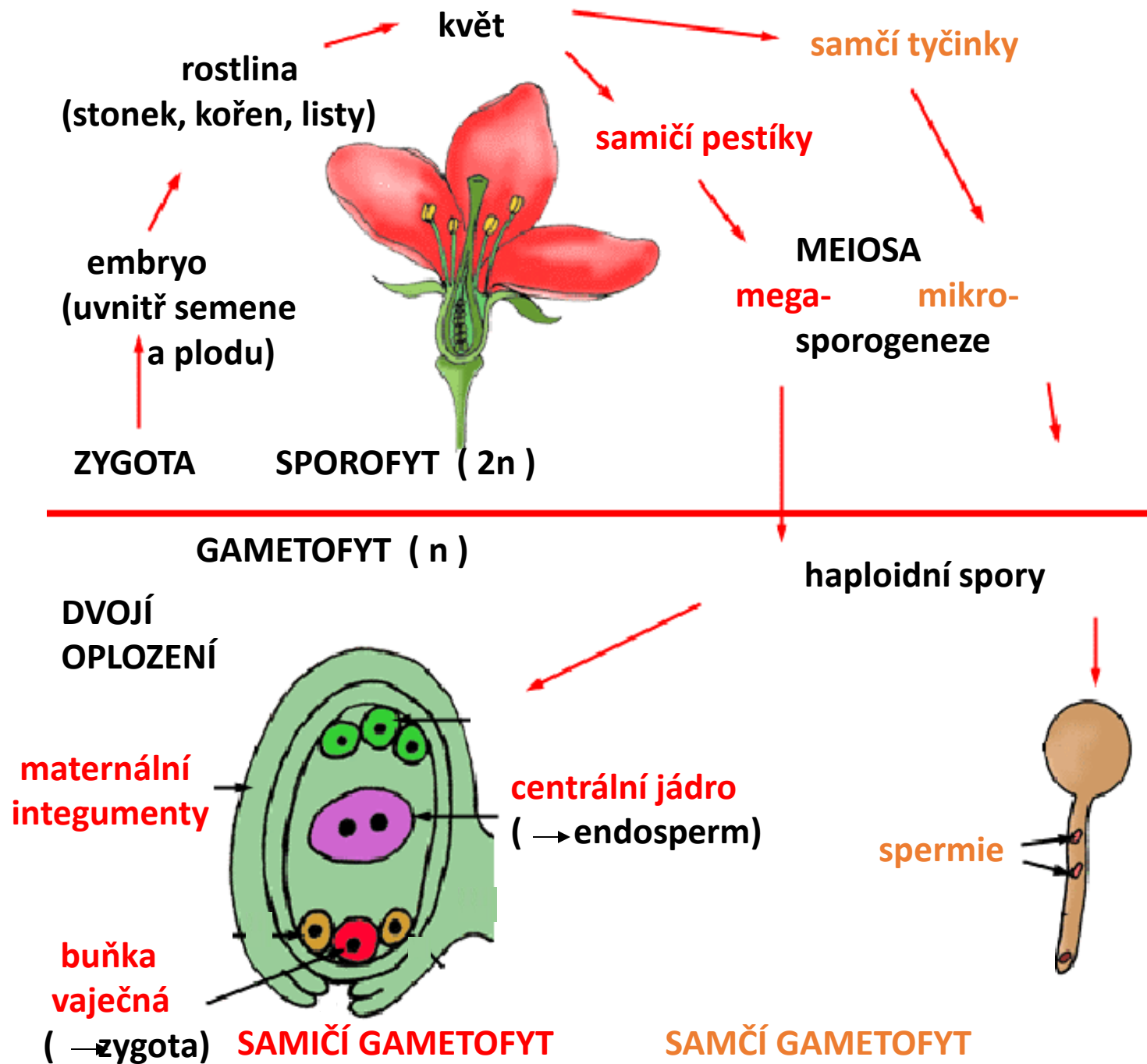
C > 15 pg DNA !



A close-up photograph of a plant with several bright pink flowers. The flowers have five petals and prominent stamens. The plant has green, lance-shaped leaves and thin, upright stems. The background is a soft-focus green, suggesting a natural outdoor setting.

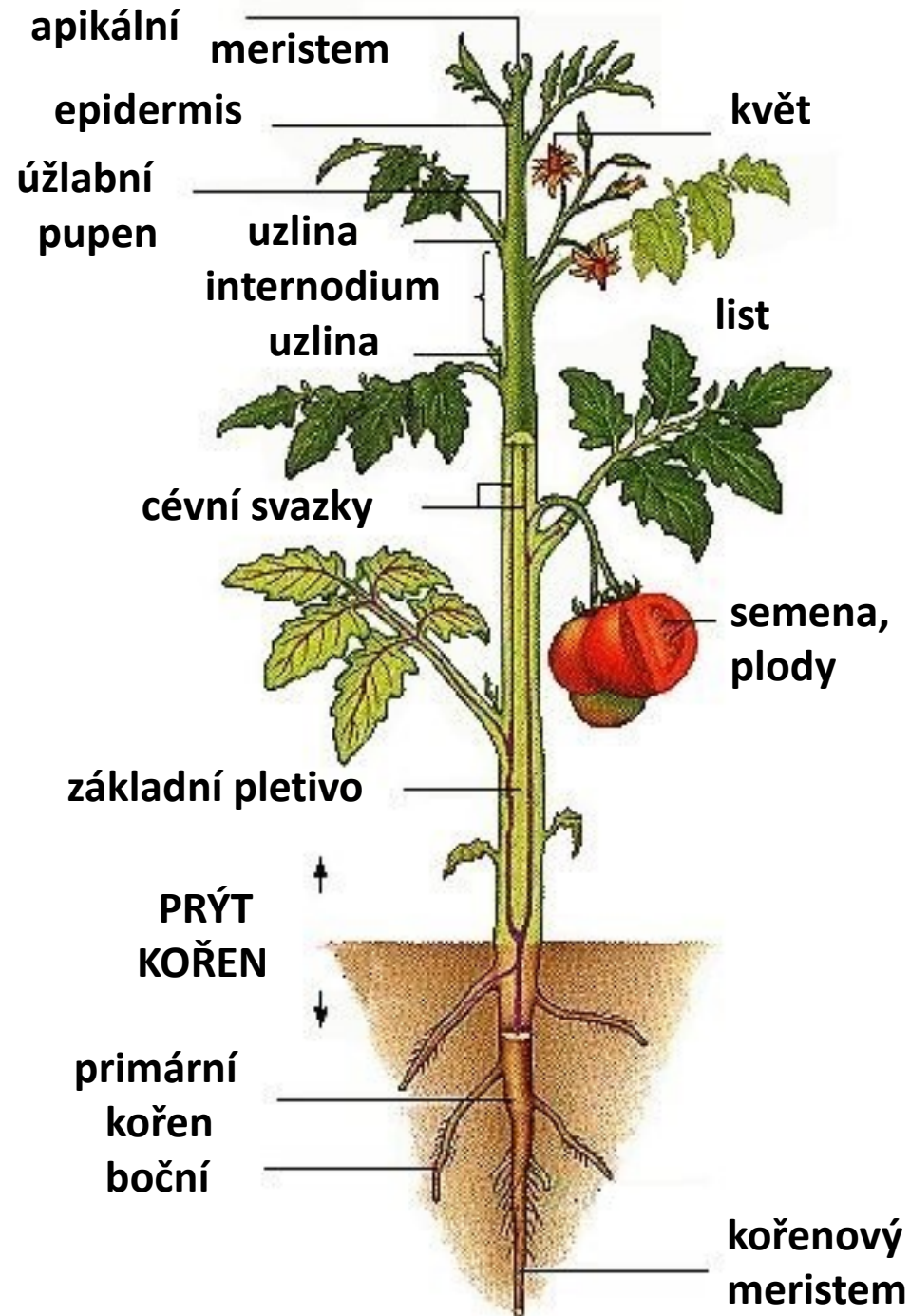
**krytosemenné rostliny
dvojděložné**

Střídání generací u krytosemenných rostlin



Rostliny mají
segmentované
tělo:

FYTOMERY





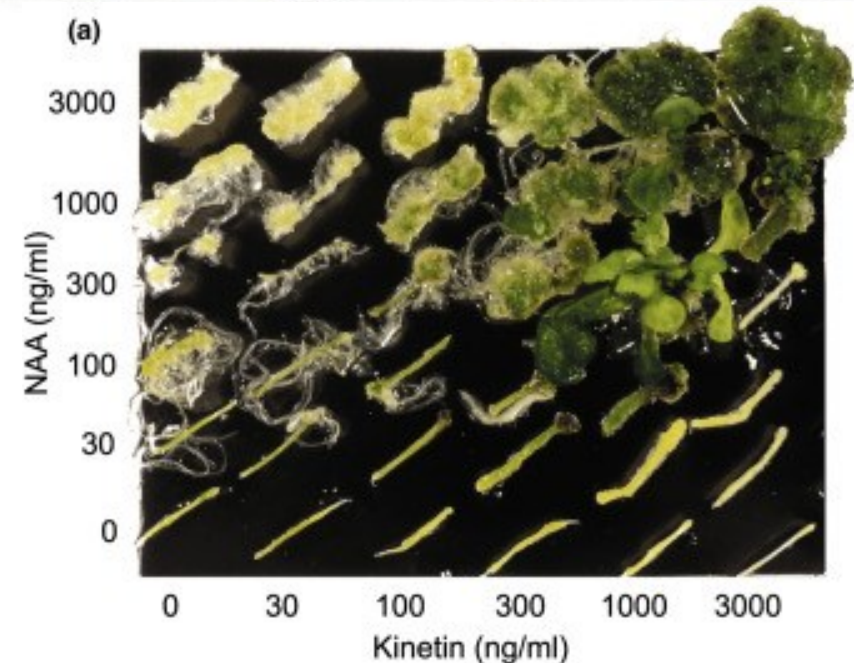
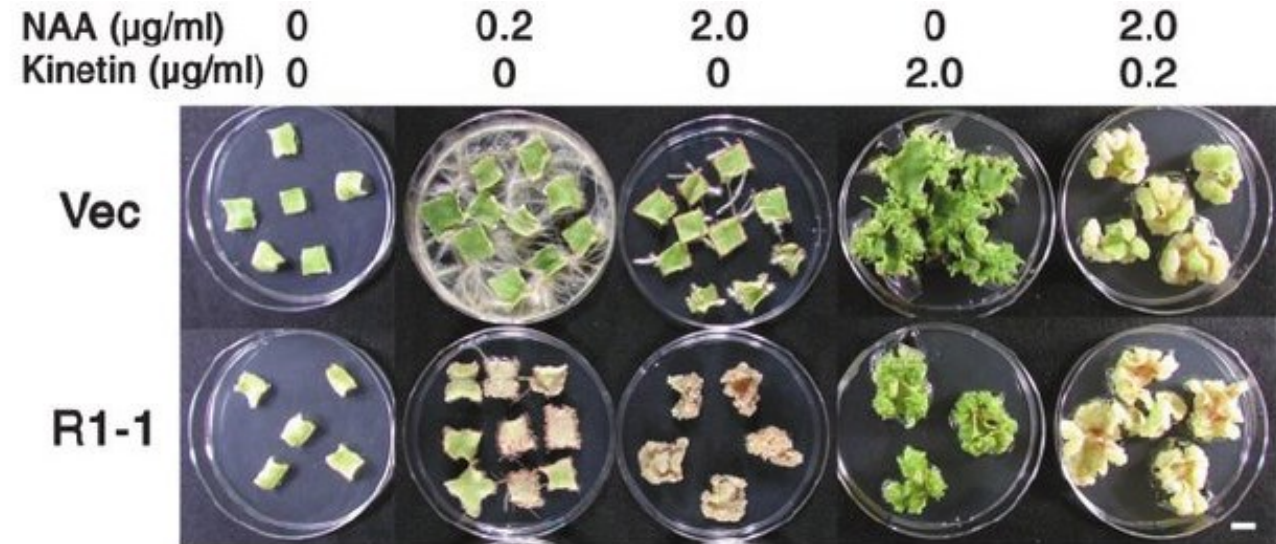
Tabák

...a další rostliny z
čeledi *Solanaceae*



Růstové faktory rostlin či fytohormony

- pleiotropní účinky, tvořeny v jednom pletivu a transportovány do jiného
- nízká koncentrace, velké účinky
 - 6 μg auxinu / 1 kg ananasu
 - jehla na 20 metrů krychlových sena
- funkce jako stimulátor
 - pozitivní či negativní účinek
- stejné hormony mohou vyvolávat odlišné reakce – rozdíly v citlivosti



Řízená organogeneze ve tkáňové kultuře tabáku



Folke Skoog
(1908-2001)

explantát

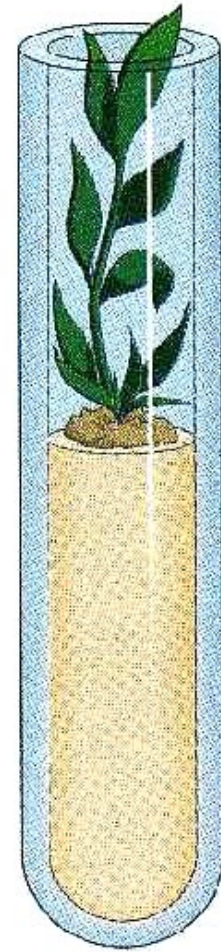
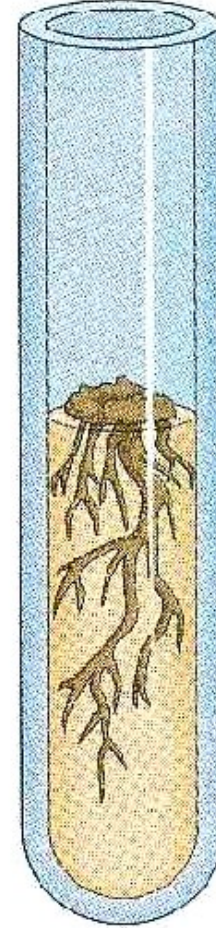
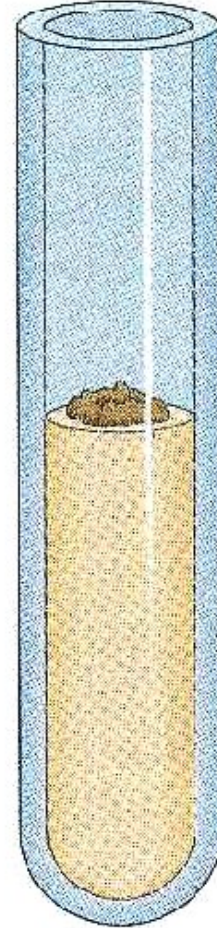
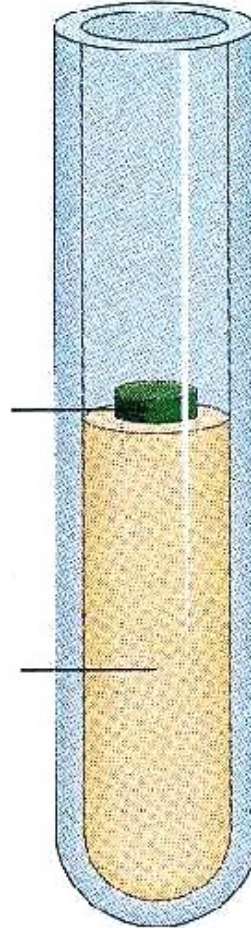
živný
agar

žádný růst

kalus

kořeny

prýty



auxin

0

vysoká

vysoká

nízká

cytokinin

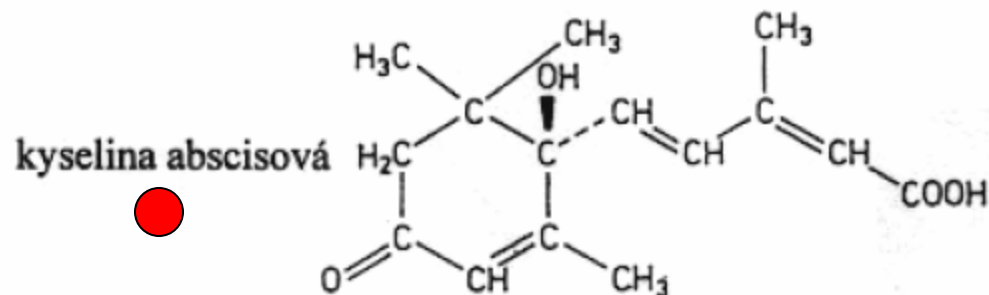
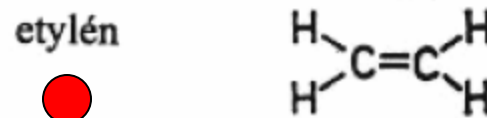
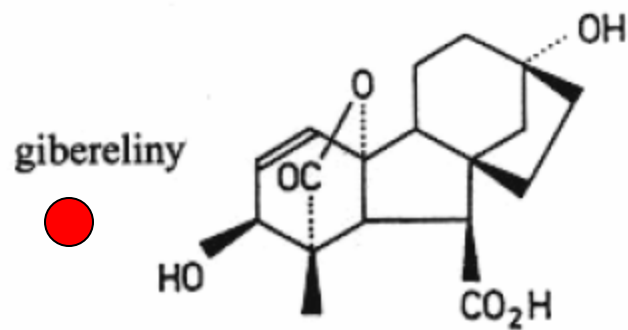
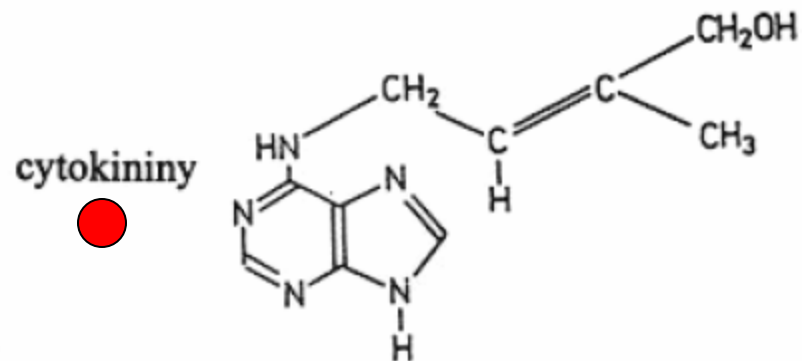
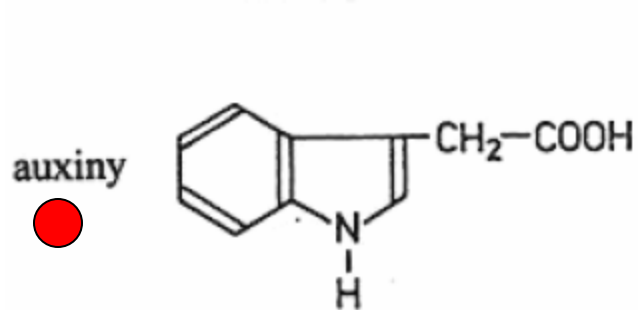
0

vysoká

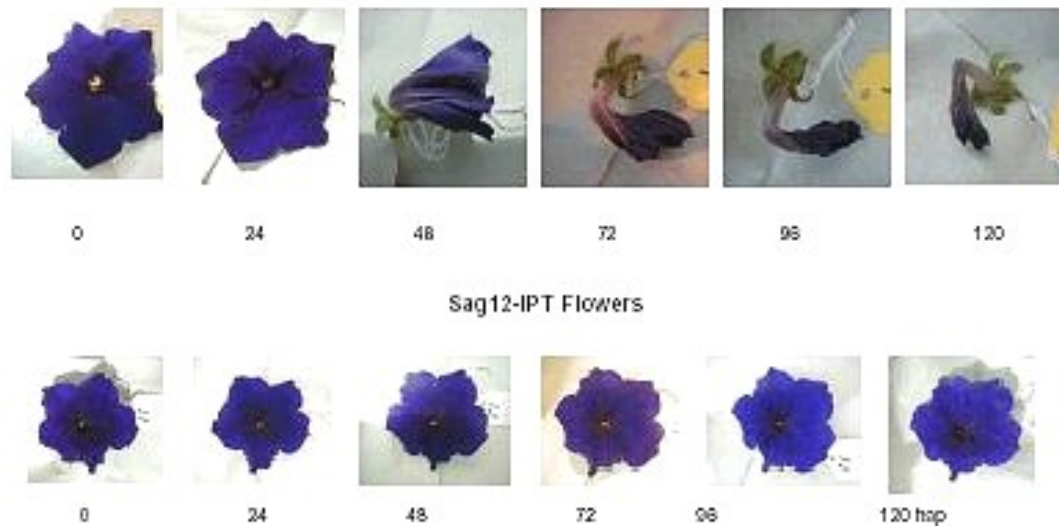
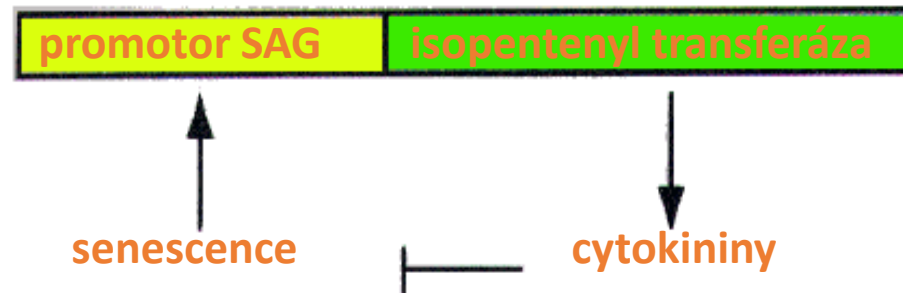
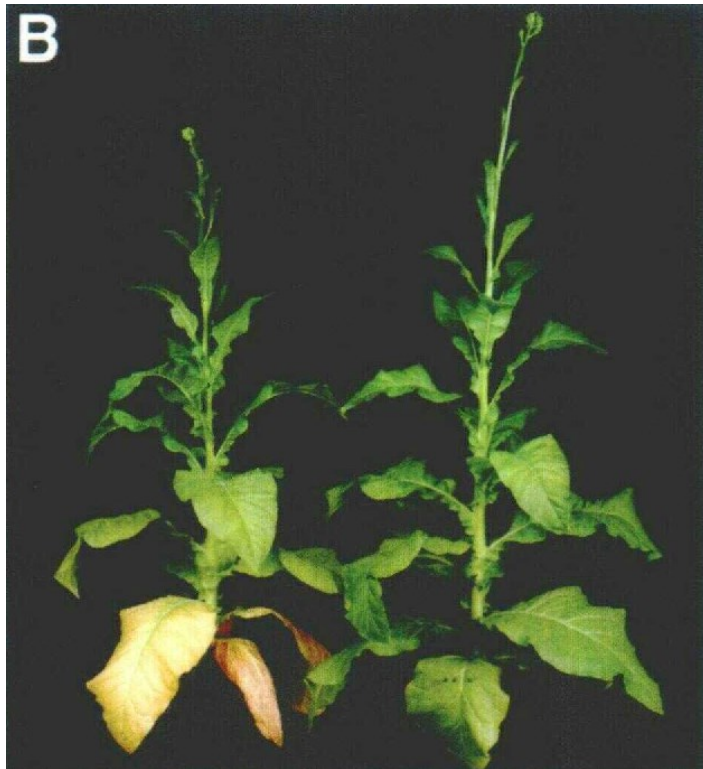
nízká

vysoká

Hlavní skupiny rostlinných hormonů



Růstové regulátory rostlin s pleiotropními účinky: cytokininy – hormony dělení buněk a mladosti

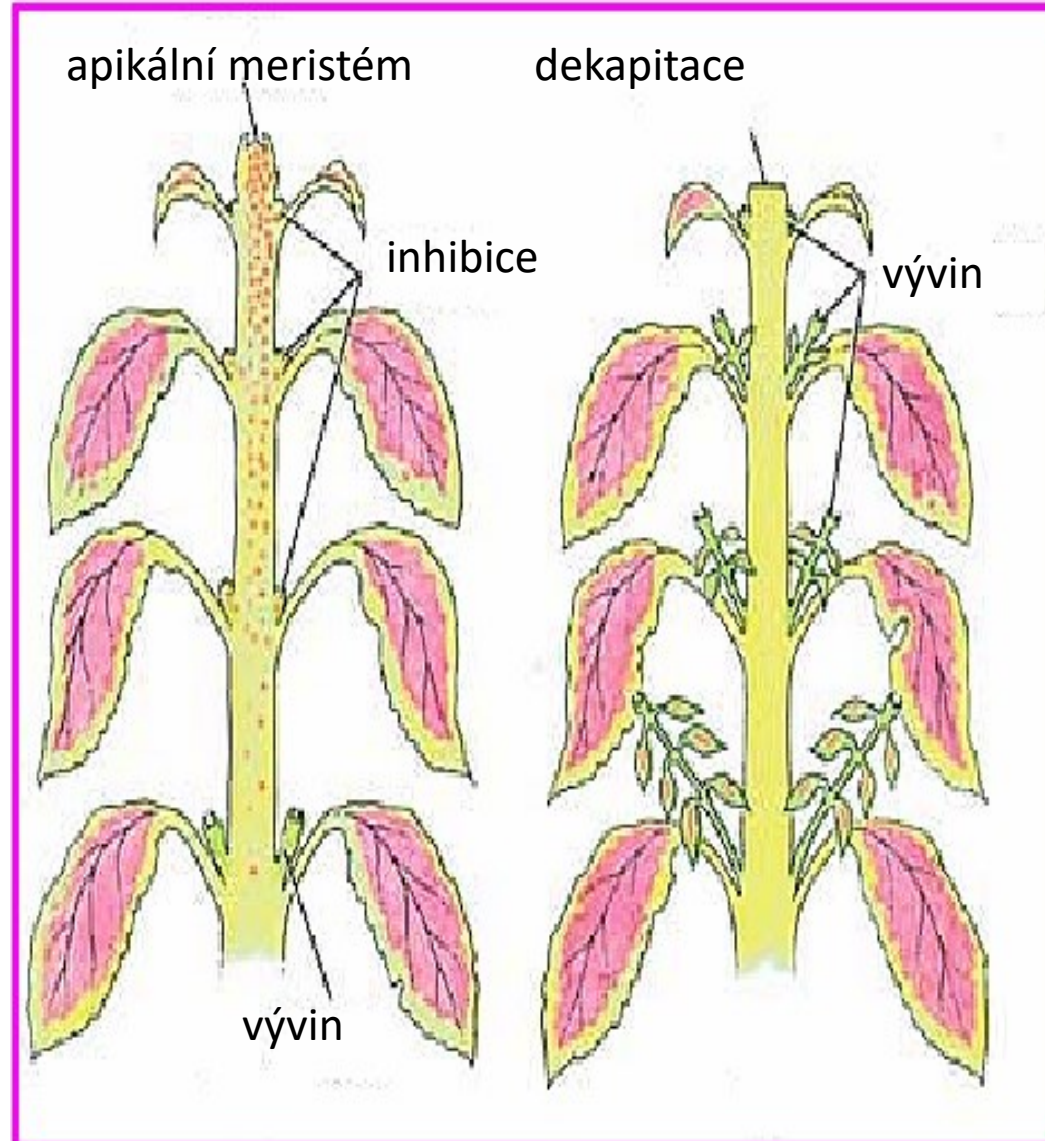


**Ric Amasino
(Wisconsin 1995)**

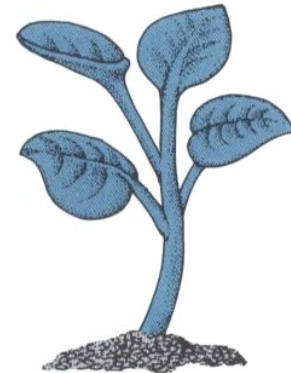
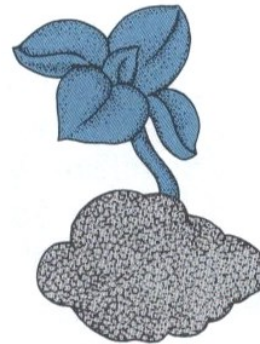
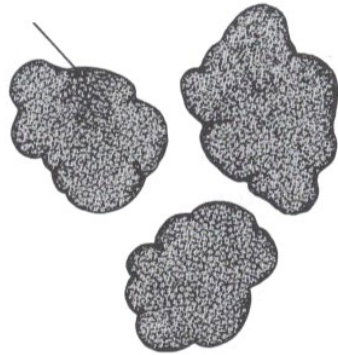
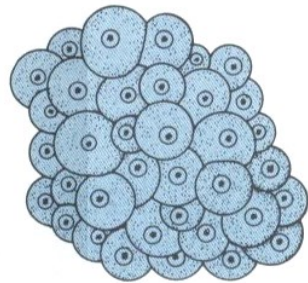
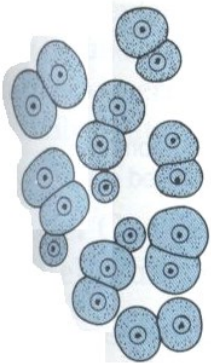
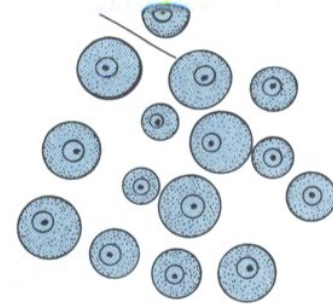
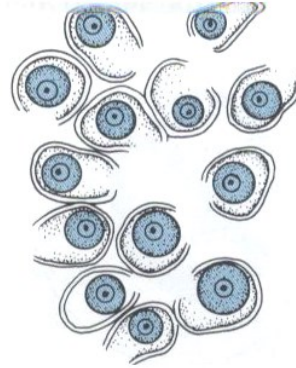
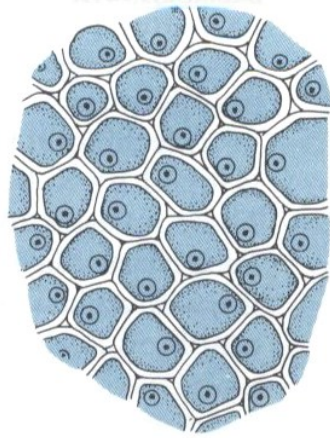
Apikální dominance řízená auxinem

auxin tvořený v apikálu se šíří stonkem dolů, inhibující vývin úžlabních pupenů

koncentrace auxinu klesá směrem dolů, kde axilární pupeny se uvolňují z inhibice a vytvářejí laterální prýty

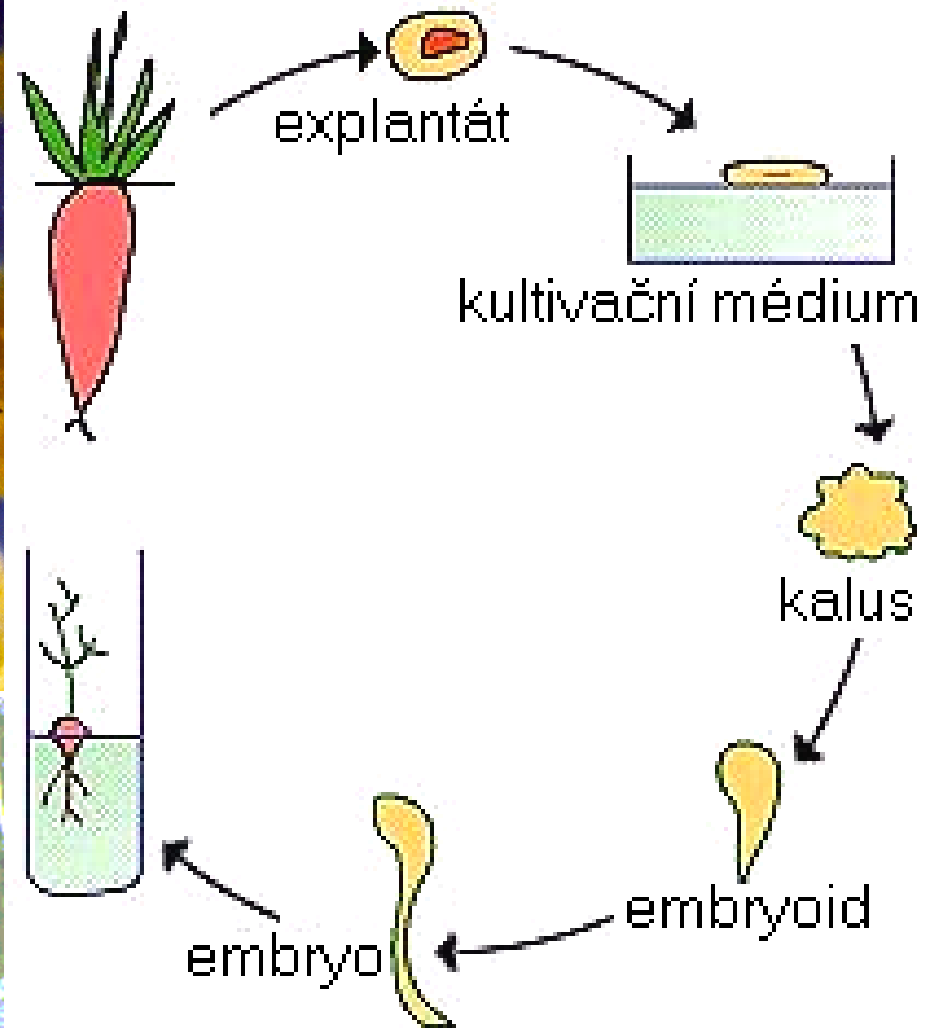
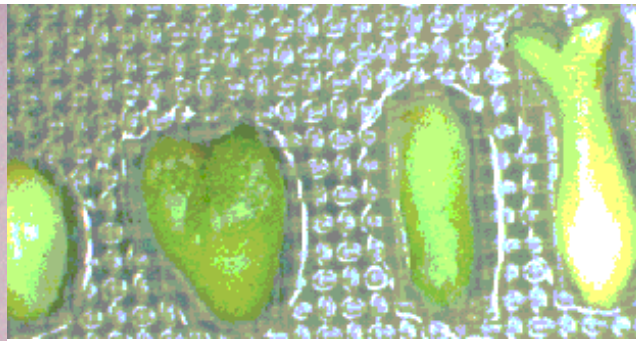
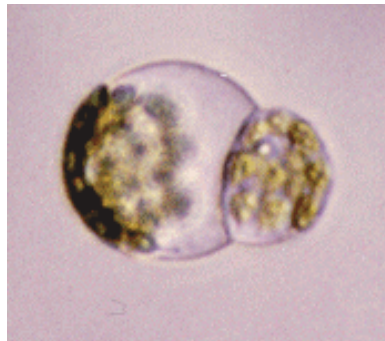
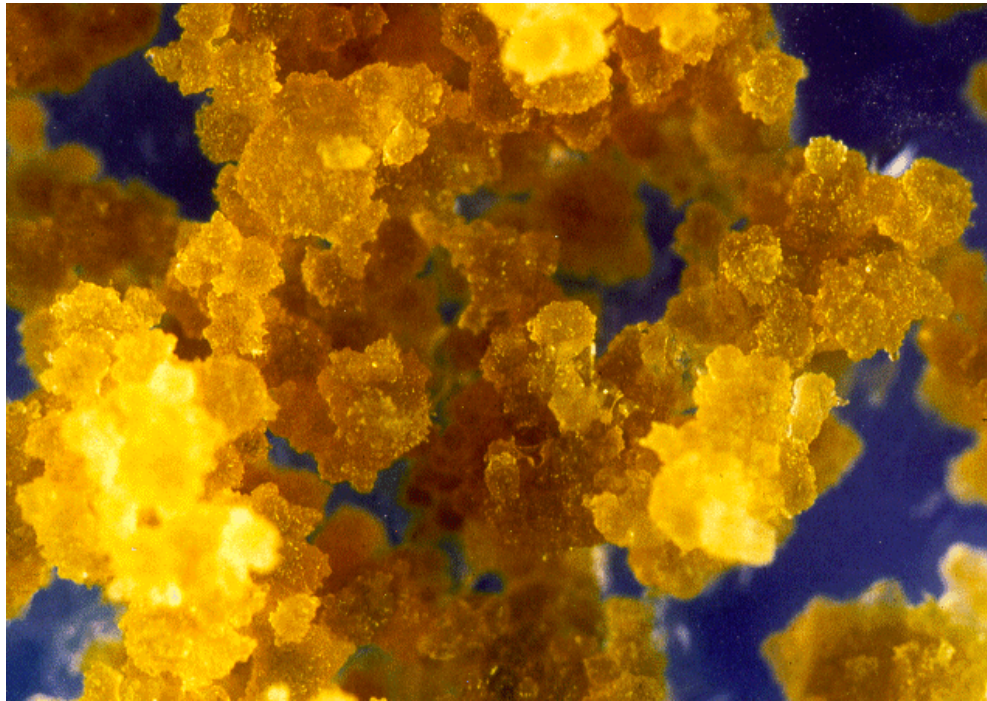


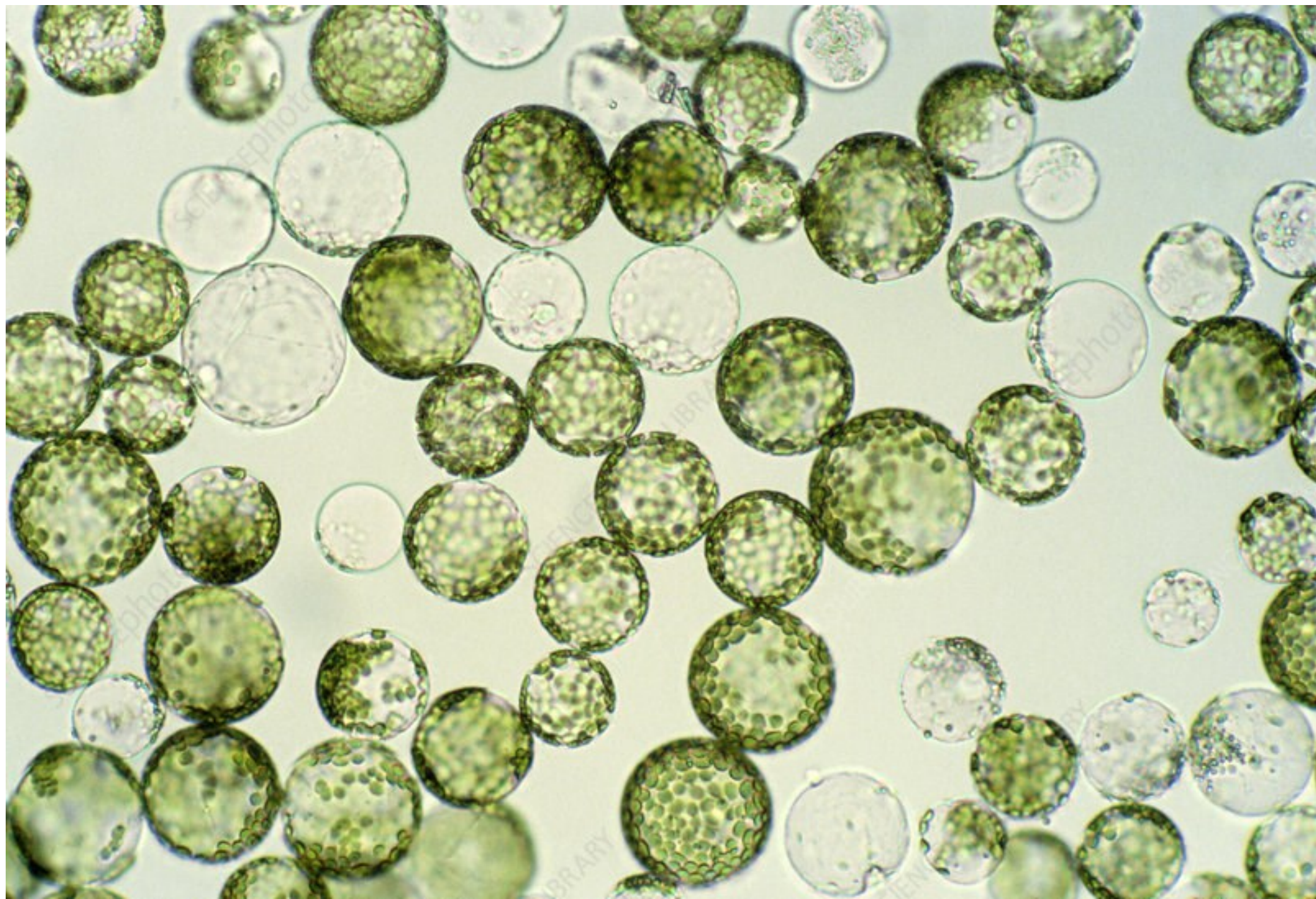
ROSTLINNÉ BUŇKY JSOU TOTIPOTENTNÍ

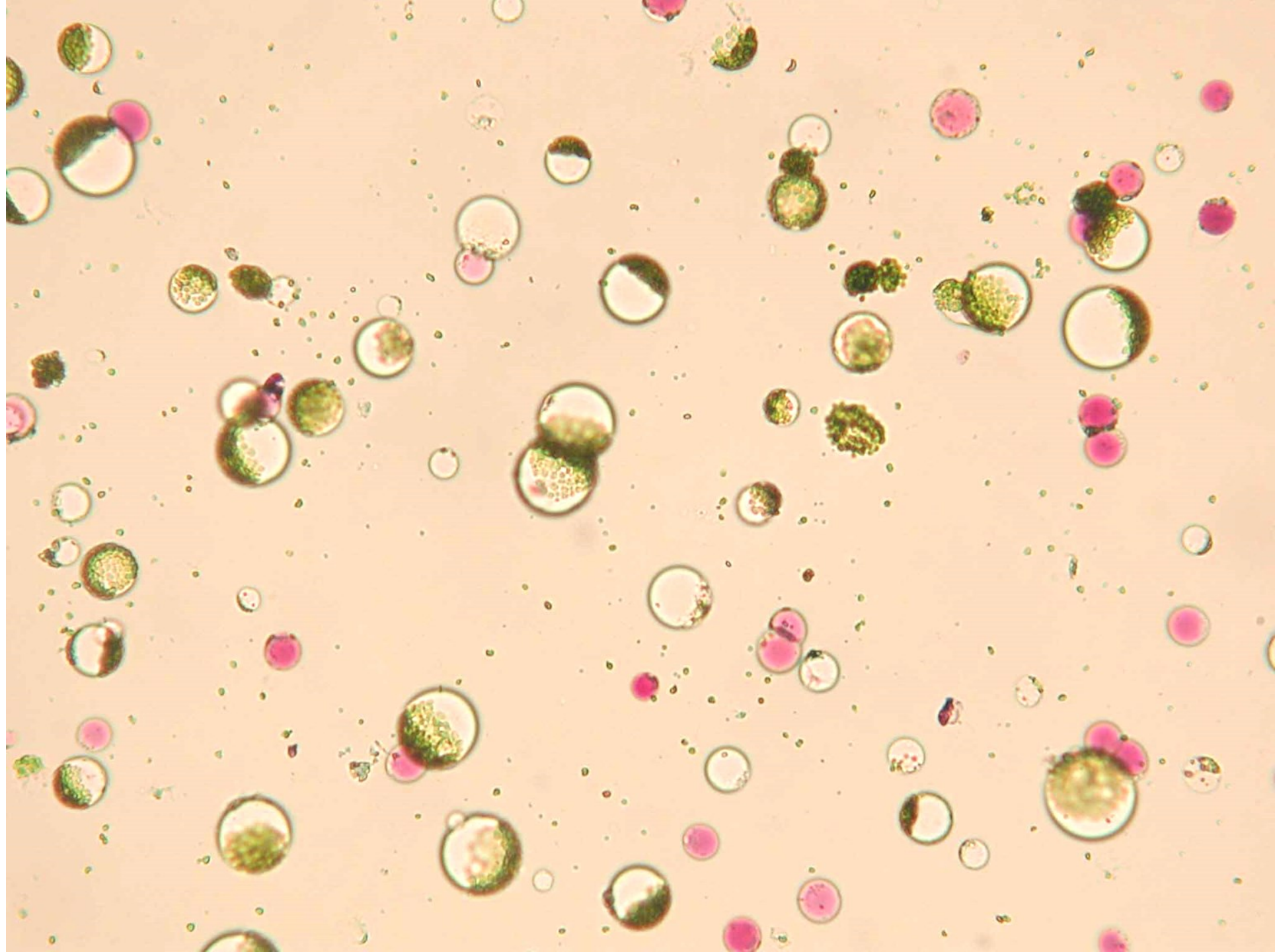


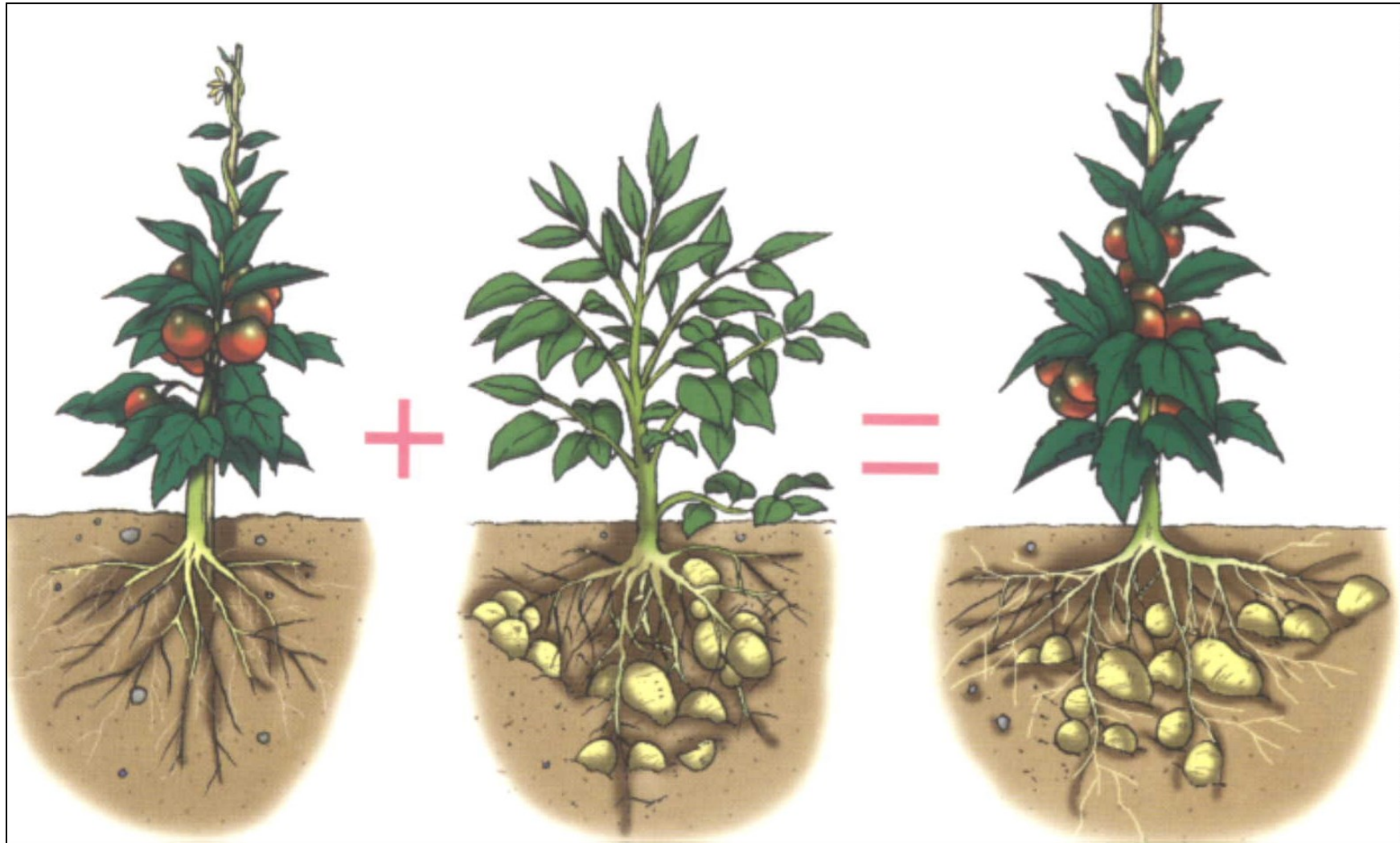
Reprodukce bez sexu - klonování

vegetativní množení *in vitro* provázeno somaklonální variabilitou









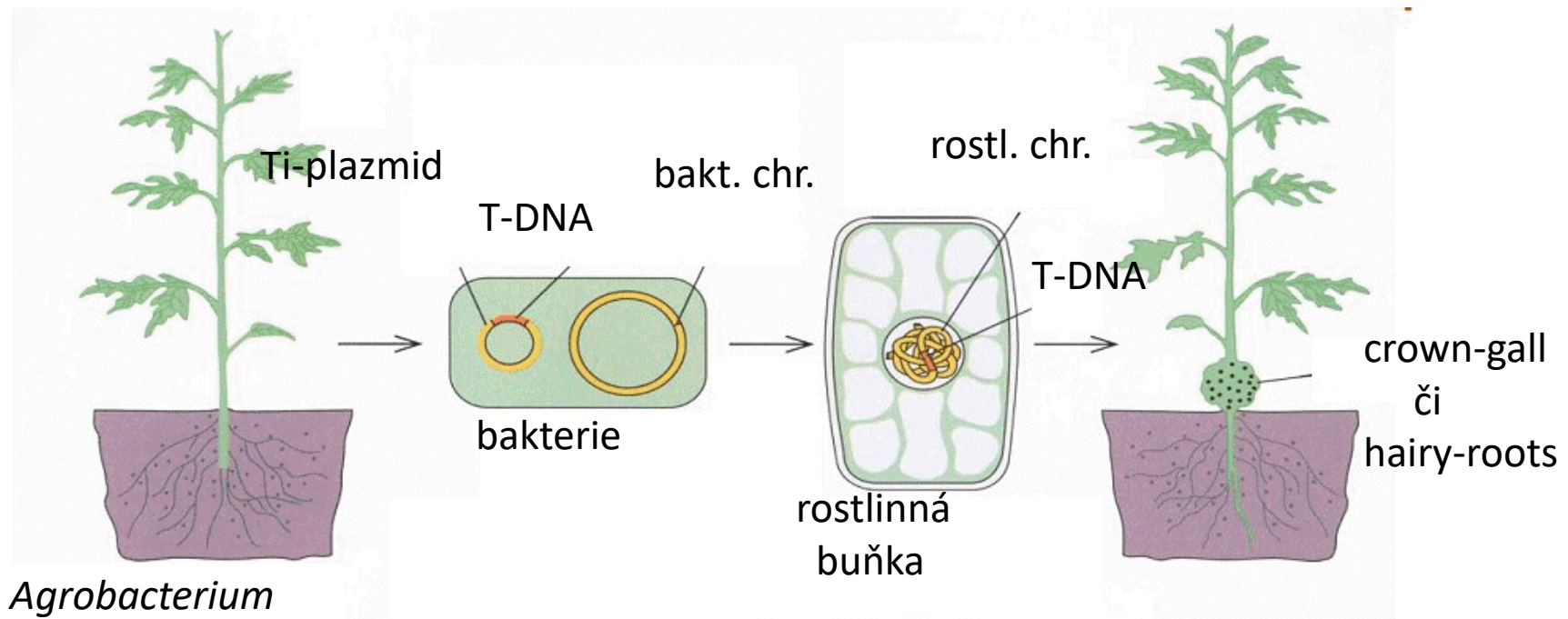
TOMATO
rajče

+

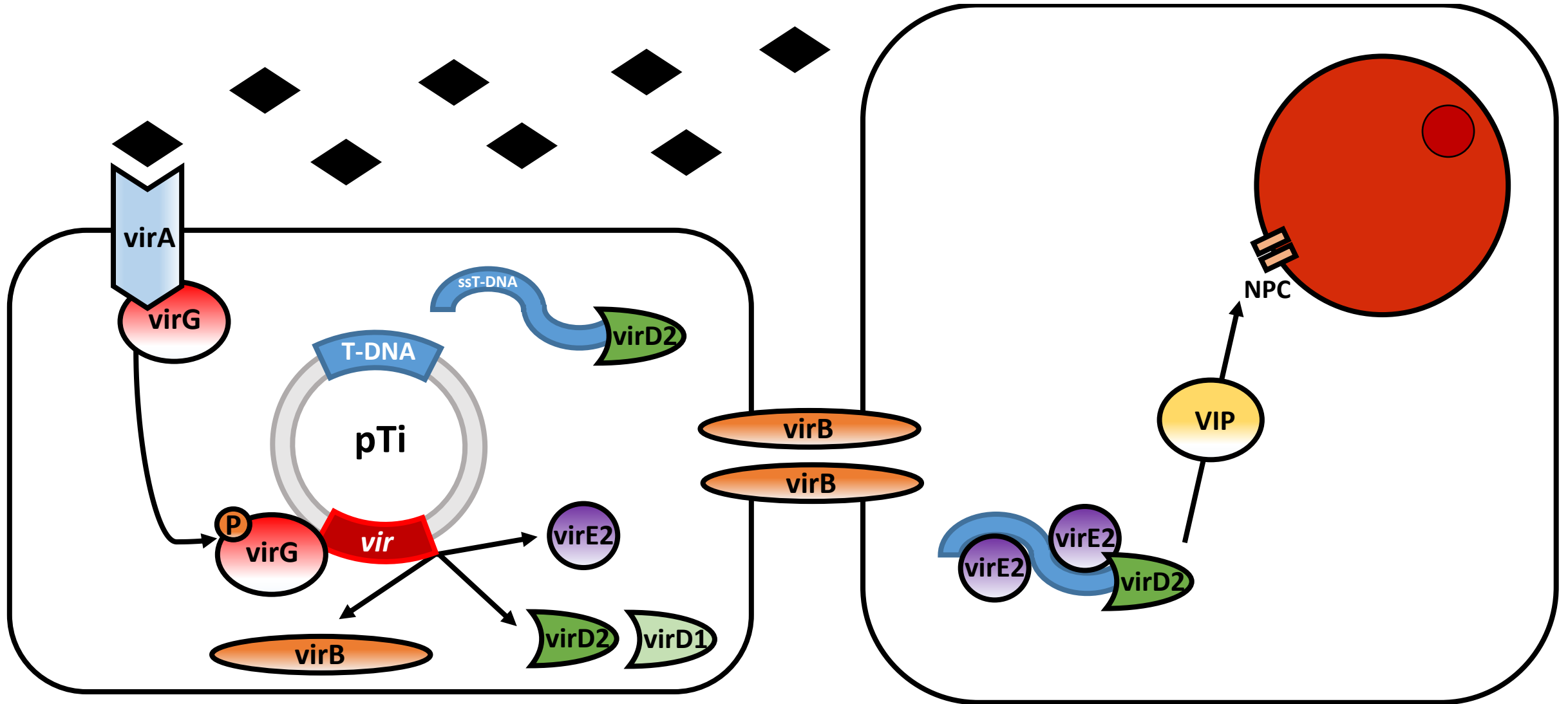
POTATO
brambor

=

POMATO
brajče



Agrobacterium tumefaciens

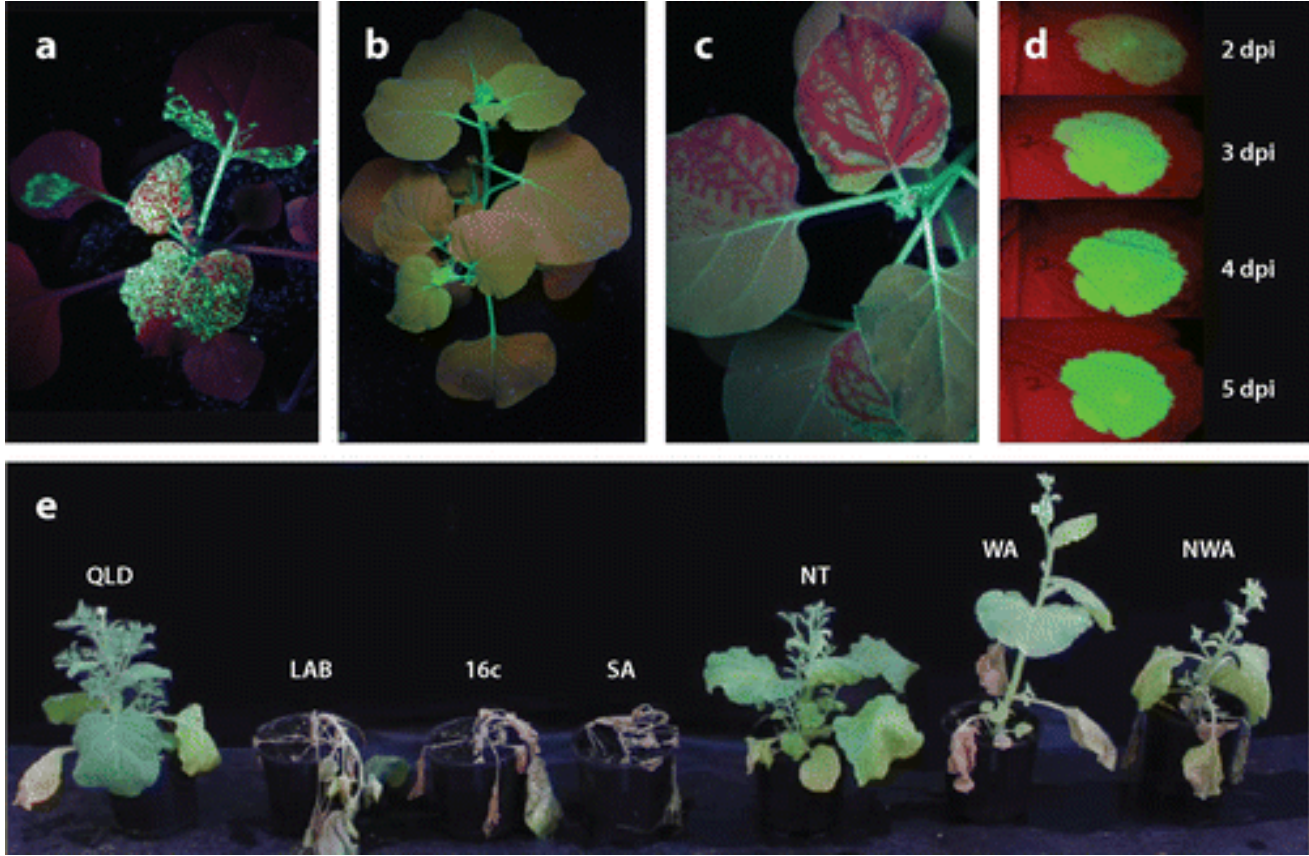
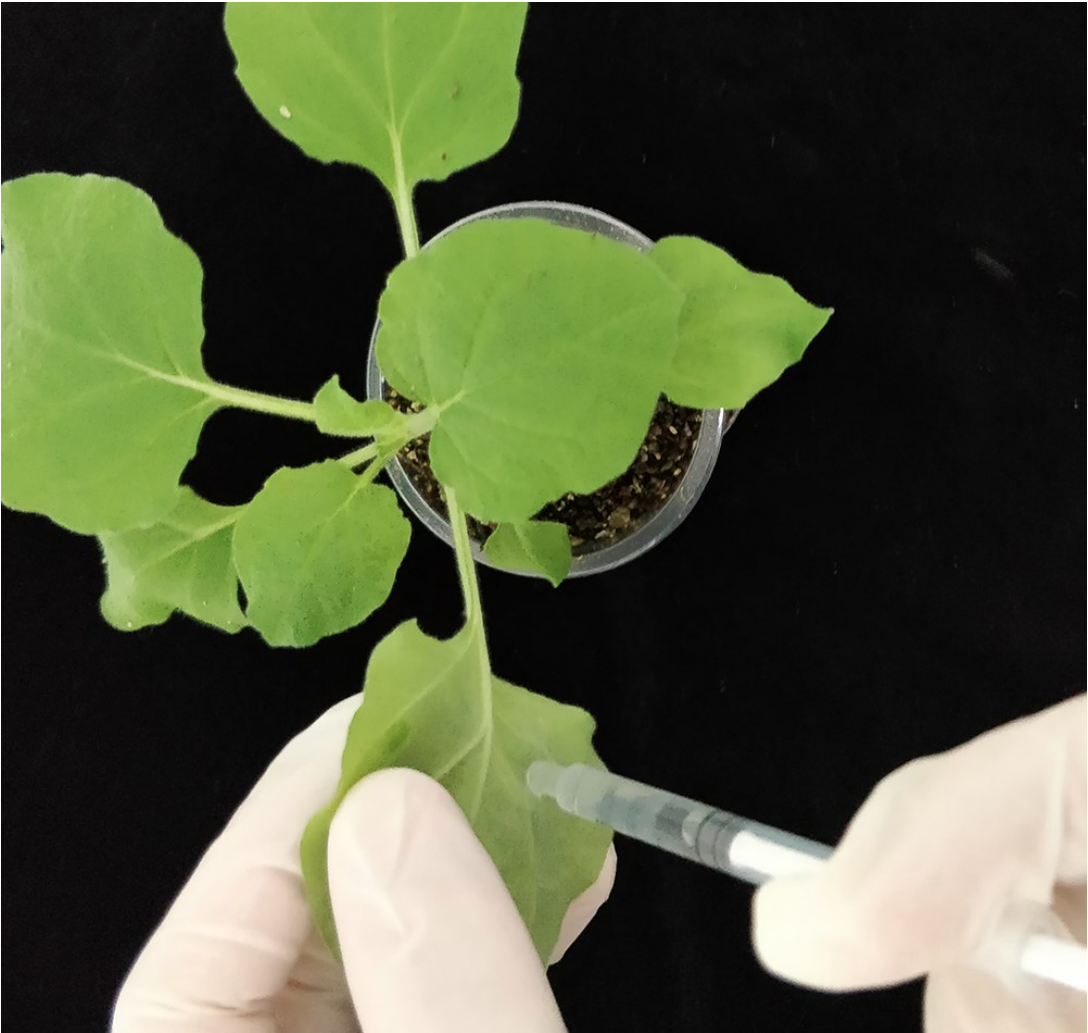


Agrobacterium cell

Plant cell

Tinland et al., 1995
Pitzschke and Hirt, 2010

Nicotiana benthamiana



Petunia

Petunia transposon
biology & technology



Self-Incompatibility



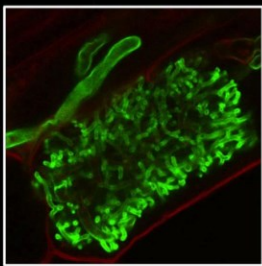
Genetics of
floral development



Genetics of
inflorescence architecture

Biotic and abiotic stress

Mycorrhiza-plant
interactions



Floral pigmentation



Floral Volatiles



Ecology & taxonomy:
Pollination syndromes
Speciation/adaptation

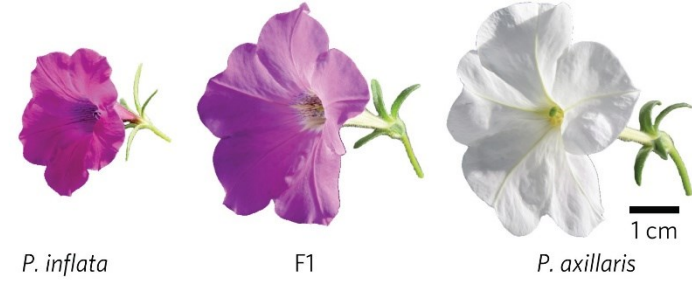
Petal senescence

Genetics of branching

Adventitious root
formation



a



b



c



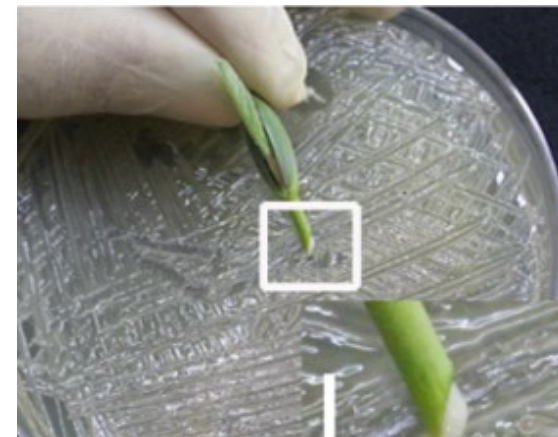
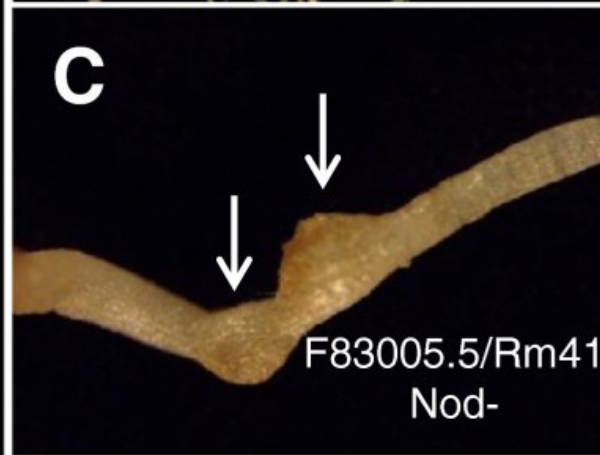
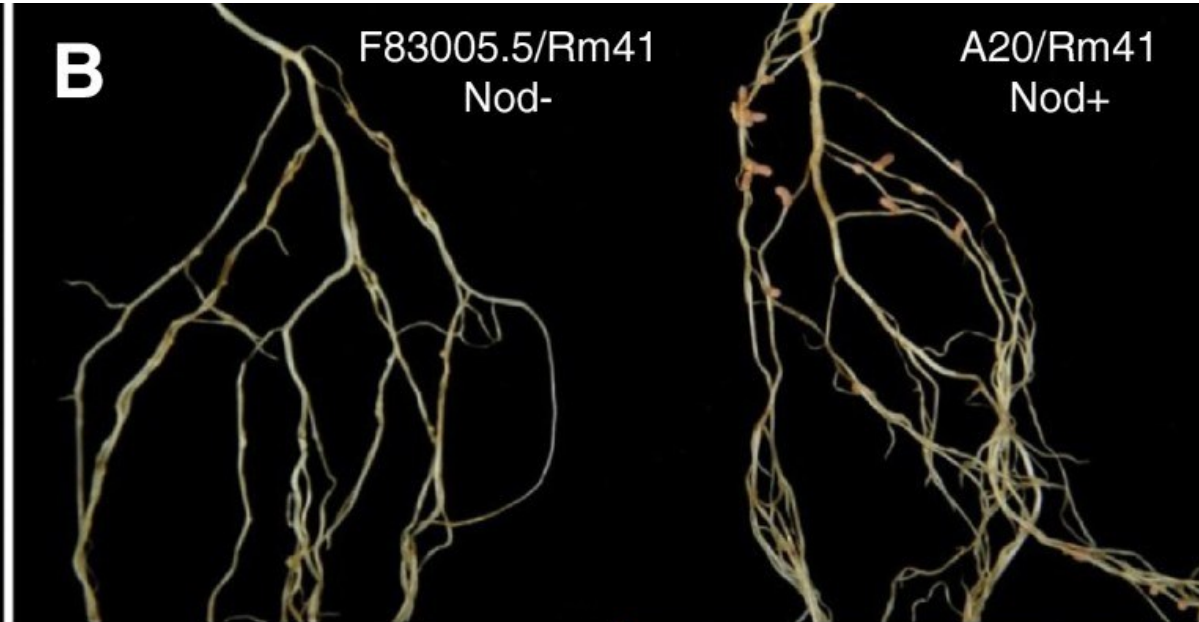
d



Lotus japonicus

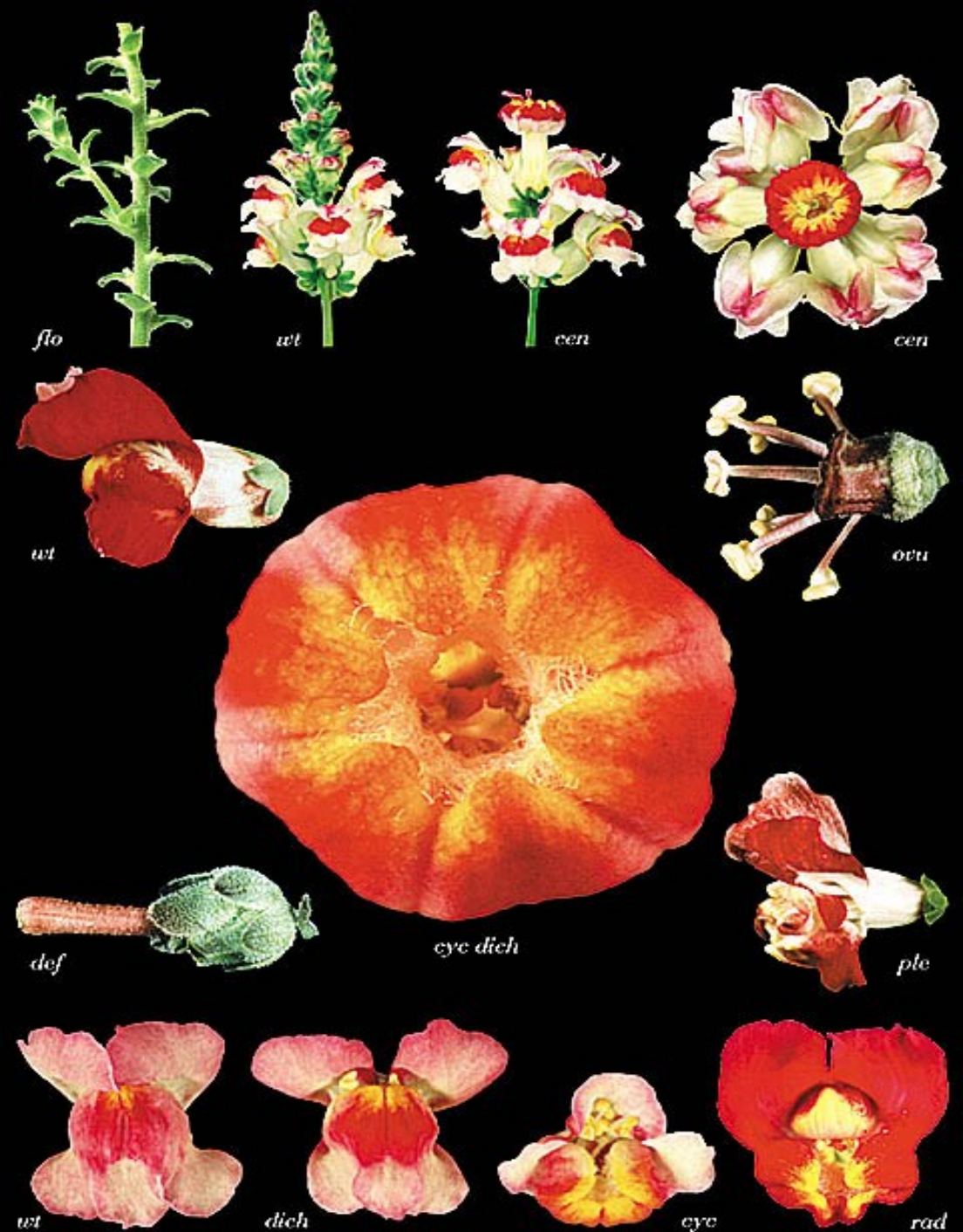


Medicago truncatula



Hledík – model květního vývoje

Antirrhinum majus





Linaria

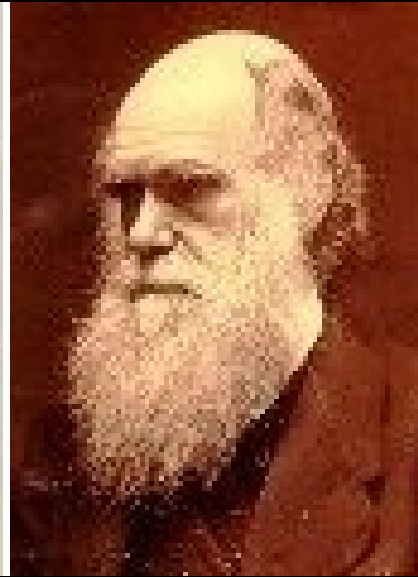
Vznik a dědičnost rostlinných monster: (epi)mutace



Carl Linnaeus
(1707–1778)



Jean-Baptiste Lamarck
(1744–1829)



Charles Darwin
(1809–1882)



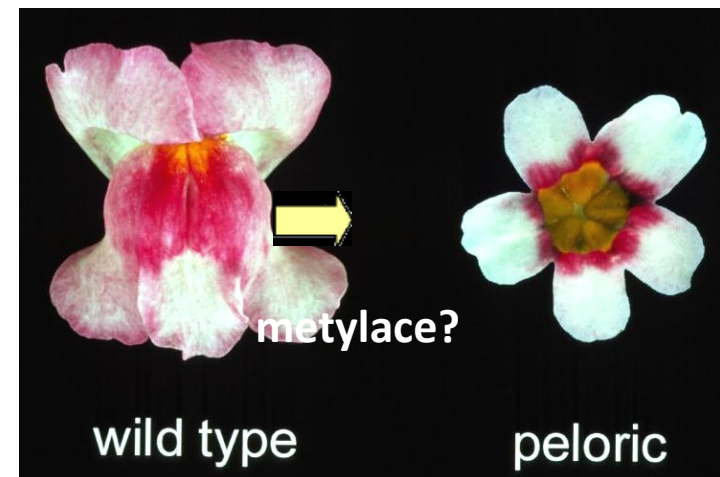
Enrico Coen
(1999)

Linnaeus ... pelorie u Inice, historicky první doložená mutace? (1744)

Lamarck ... dědičnost získaných znaků (*Philosophie Zoologique* 1801)

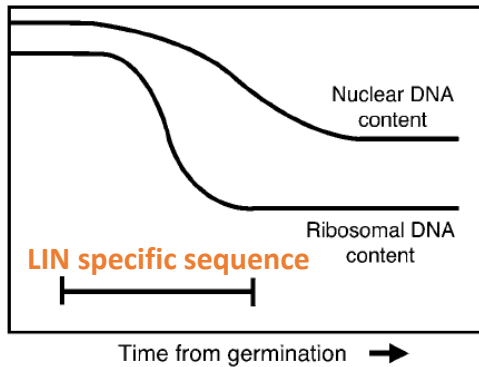
Darwin ... křížení normálních a pelorických forem v F2 127:37 (*Variation of Animals and Plants under Domestication* 1868)

Coen ... hypermetylace homologu genu *cycloidea*



Meiotický přenos epigenetického stavu (fenotypu) aneb environmentální indukce dědičných změn

- genotropy u *Inu* (vliv podnebí a hnojení na větvení)



bez hnojení



bez hnojení
F1, F2, ...



hnojení



bez hnojení
F1, F2, ...



„Ice Plant“

Mesembryanthemum crystallinum

(kosmatec krystalový, 2děložné, ř. Caryophyllales)

- studium abiotického stresu, odolnosti vůči soli, fotosyntézy
- v různých fázích života a za odlišných vnějších okolností mění morfortyp i fyziologii
- model flexibility
- C = 0,39 pg DNA,
n = 9 chrs





semenáček, fotosyntéza C3,
sukulentní kotyledony,
nízká tolerance k NaCl,
jádra 2C



juvenilní, fotosyntéza C3,
vyšší tolerance k NaCl,
velké primární listy,
jádra 2C-16C



dospělá, přechod fotosyntézy z C3 na CAM, vysoká
tolerance k NaCl, měchýřkové buňky,
velké primární listy,
jádra 2C-32C



kvetoucí, fotosyntéza CAM, měchýřkové buňky,
vysoká tolerance k NaCl, malé sekundární listy, jádra
2C-64C



semena-plodící, fotosyntéza CAM, jen měchýřkové
buňky, vysoká tolerance k NaCl, žádné listy, jádra
2C-256C



epidermální měchýřkové buňky
(epidermal bladder cells)
jádra 256C



dospělá rostlina
po 2týdenním solném stresu,
dosud velké primární listy



dospělá rostlina
po 5týdenním solném stresu,
tvoří úzké sekundární listy



John Cushman
Nevada



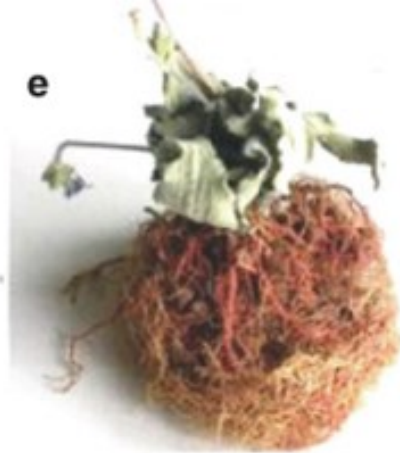
Craterostigma plantagineum

(*Scrophulariaceae*,
dvojděložné)

- studium tolerance
k desikaci
(znovuvzkřížení)



Unstressed, fully hydrated



Desiccated



Rehydrated