

A close-up photograph of a green stem of Arabidopsis thaliana. The stem is covered in small, white, four-petaled flowers with yellow centers. Some flowers are fully open, while others are still in bud form. The background is a soft, out-of-focus green, suggesting a natural outdoor setting.

**Huseníček rolní *Arabidopsis thaliana***

# Životní cyklus modelové rostliny *Arabidopsis thaliana*



1 týden



3 týdny

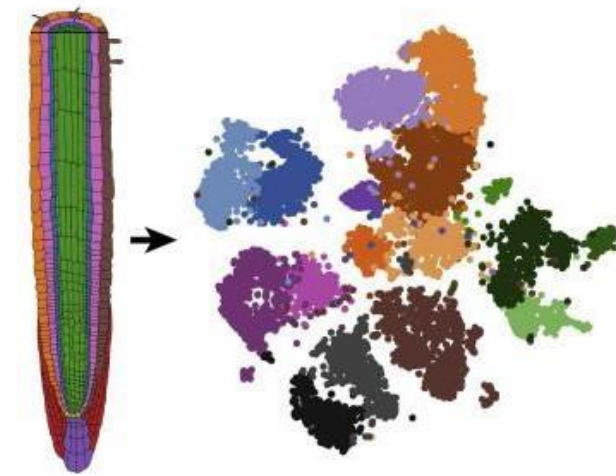
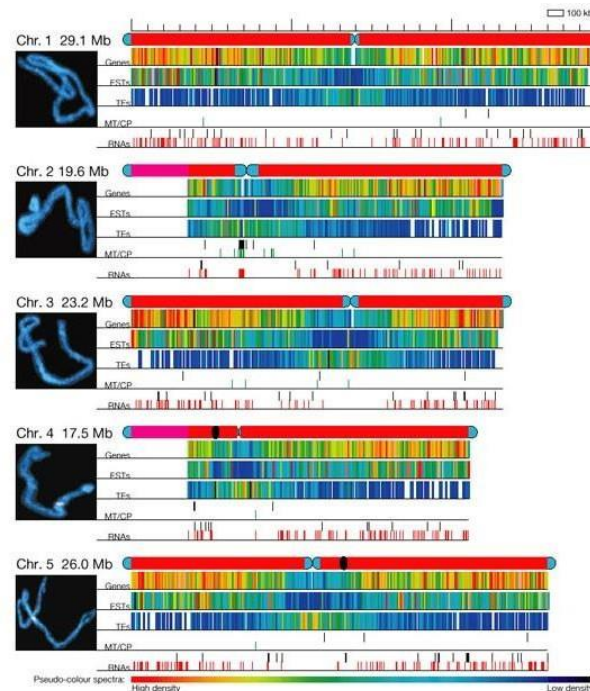
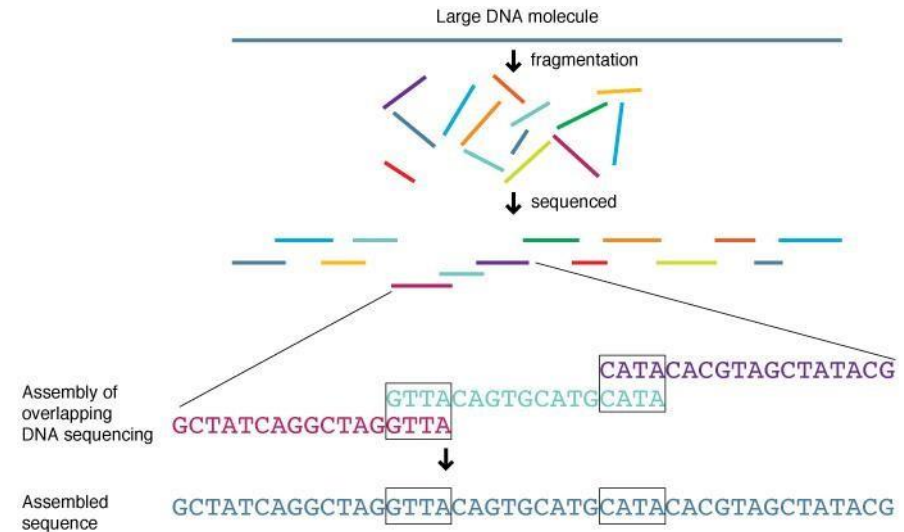
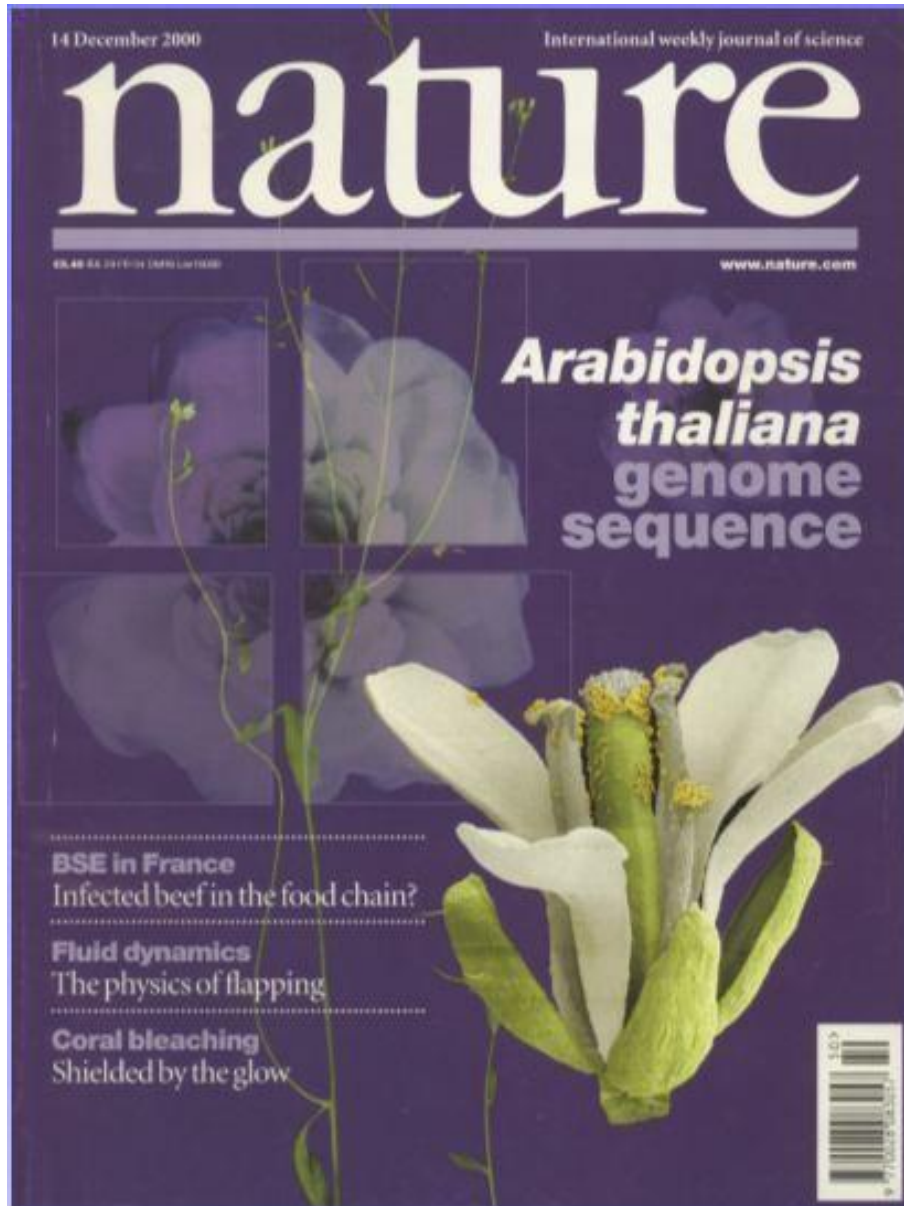


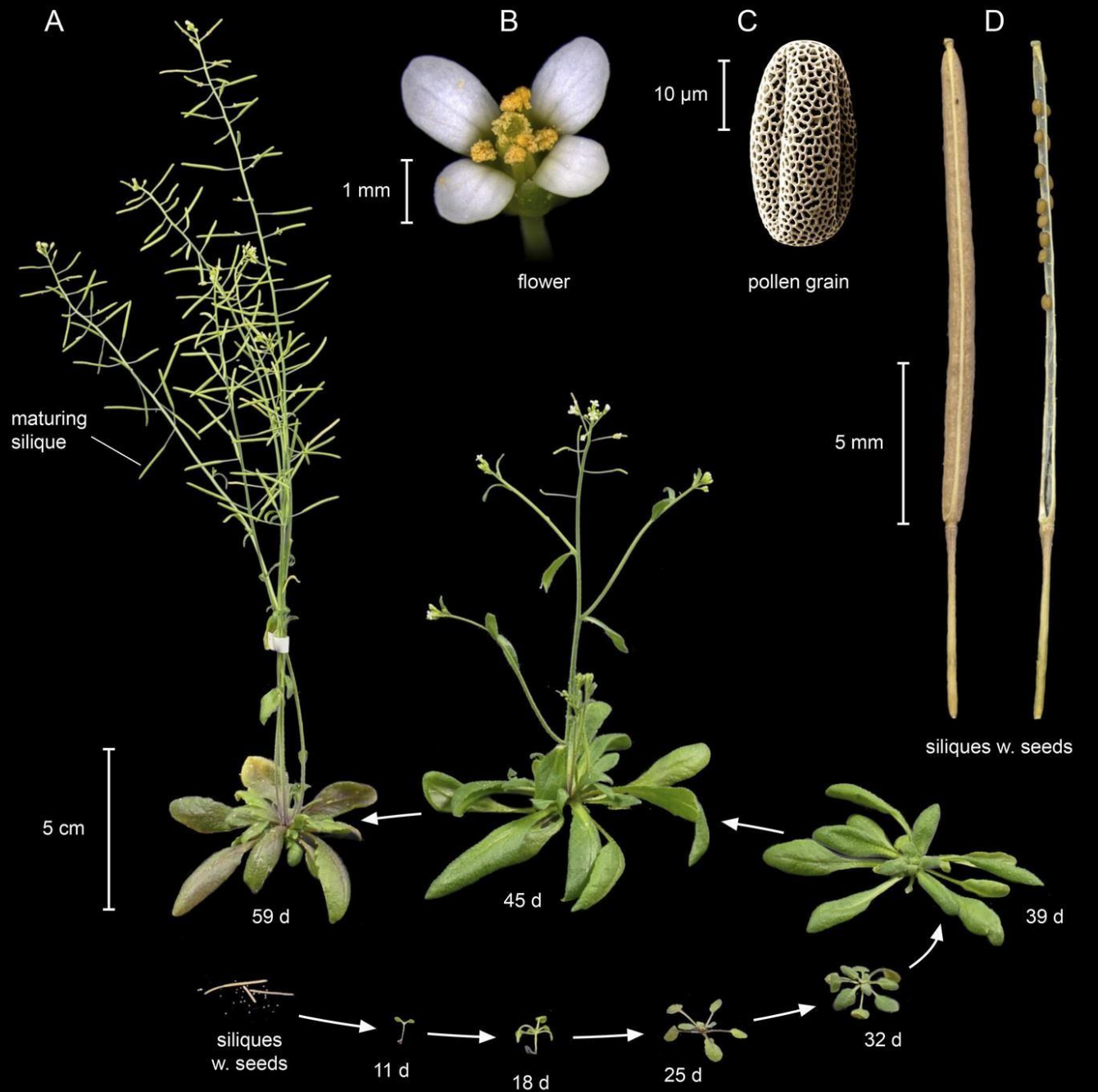
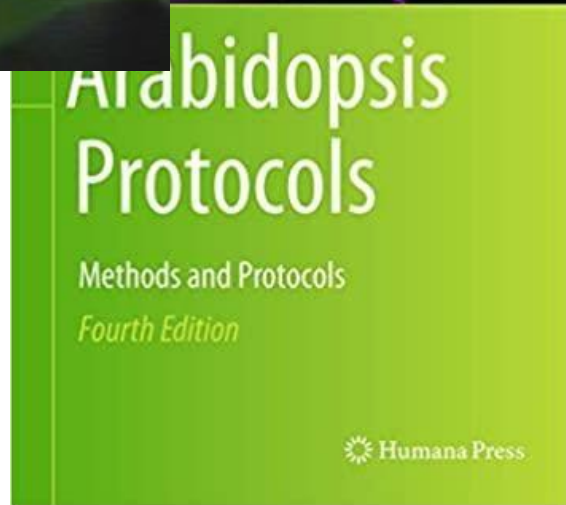
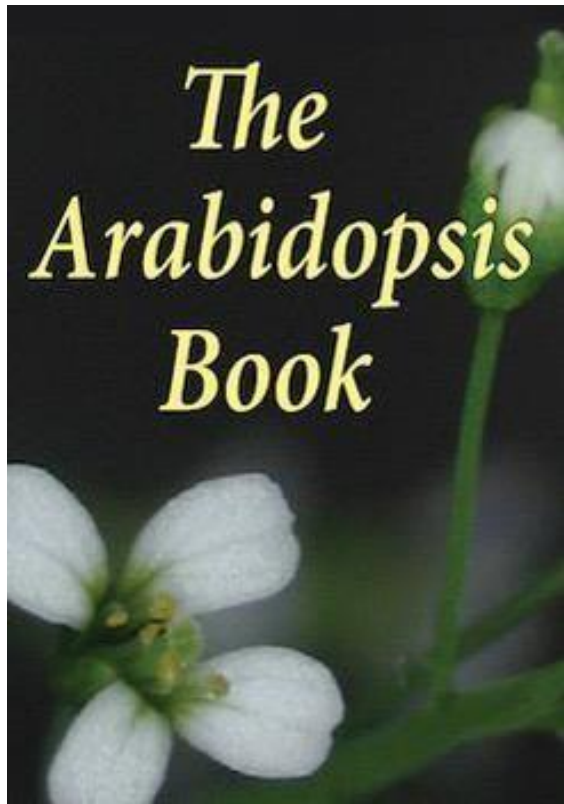
4 týdny



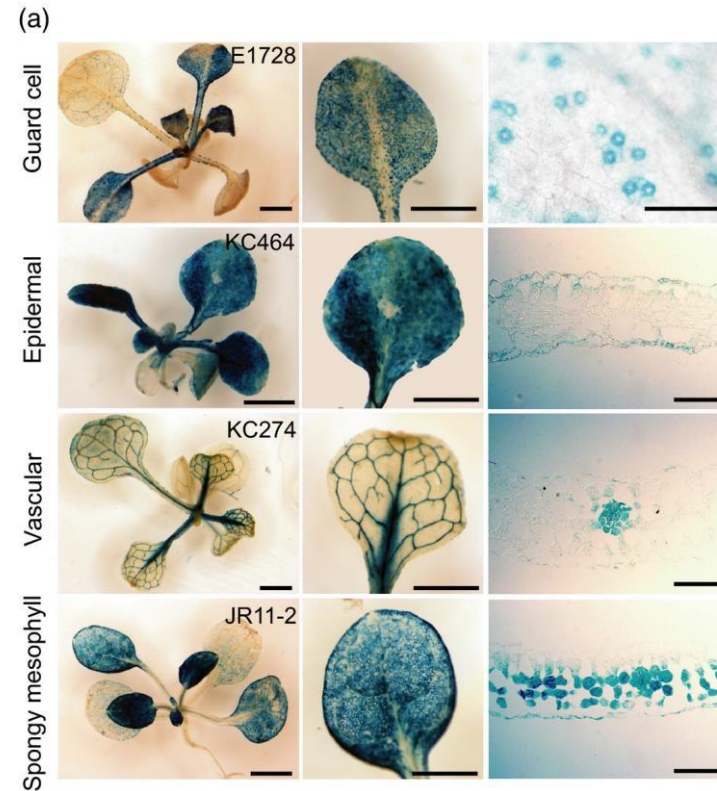
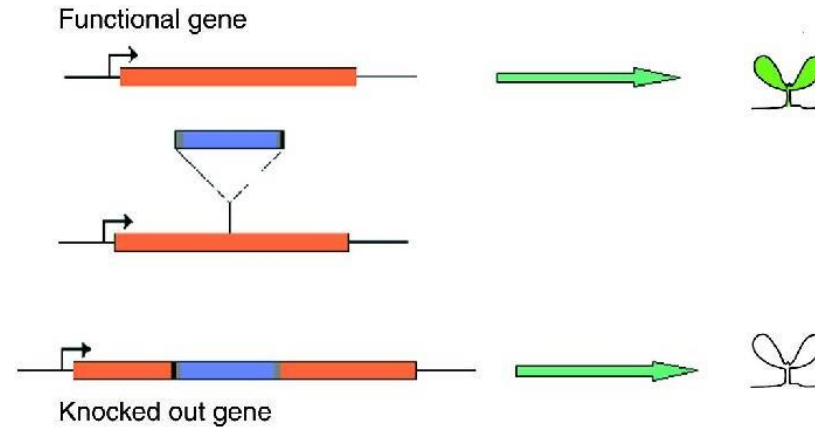
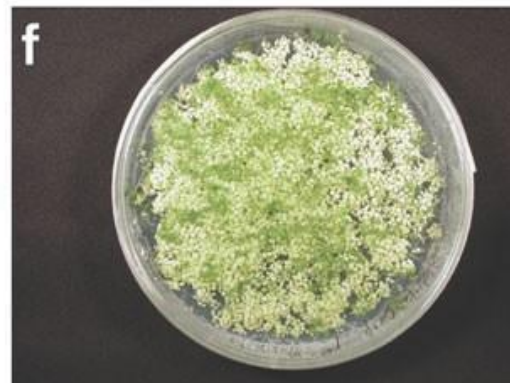
6 týdnů

# *Arabidopsis thaliana* – první sekvenovaný rostlinný genom






# Floral dip, inzerční mutagenéze, reportérové linie



# The *Arabidopsis* Information Resource – [www.arabidopsis.org](http://www.arabidopsis.org)



Gene

Home
Help
Contact
About Us
Subscribe
Login
Register

Search
Browse
Tools
Portals
Download
Submit
News
Stocks

**Locus: AT5G61850** What's new on this page Add a Comment

**Representative Gene Model** [AT5G61850.1](#)

**Gene Model Type** protein\_coding

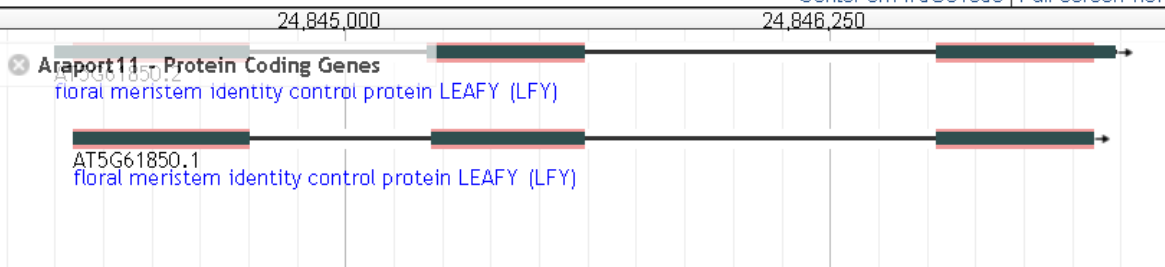
**Other names:** LEAFY, LEAFY 3, LFY, LFY3

**Description** Encodes transcriptional regulator that promotes the transition to flowering. Involved in floral meristem development. LFY is involved in the regulation of AP3 expression, and appears to bring the F-box protein UFO to the AP3 promoter. Amino acids 46-120 define a protein domain that mediates self-interaction.

**Other Gene Models** [AT5G61850.2](#) (splice variant)

[Center on AT5G61850](#) | [Full-screen view](#)

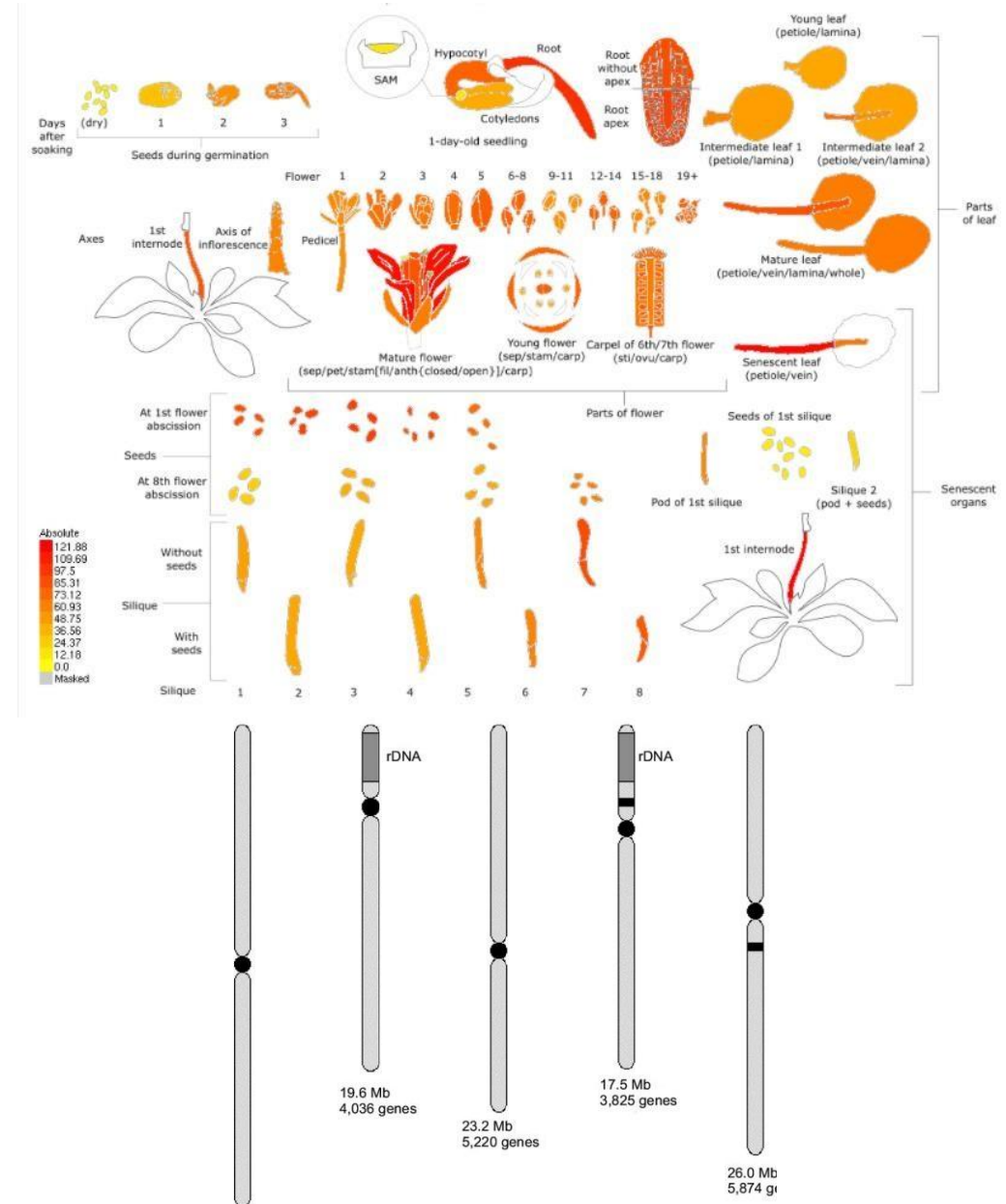
**Map Detail Image**

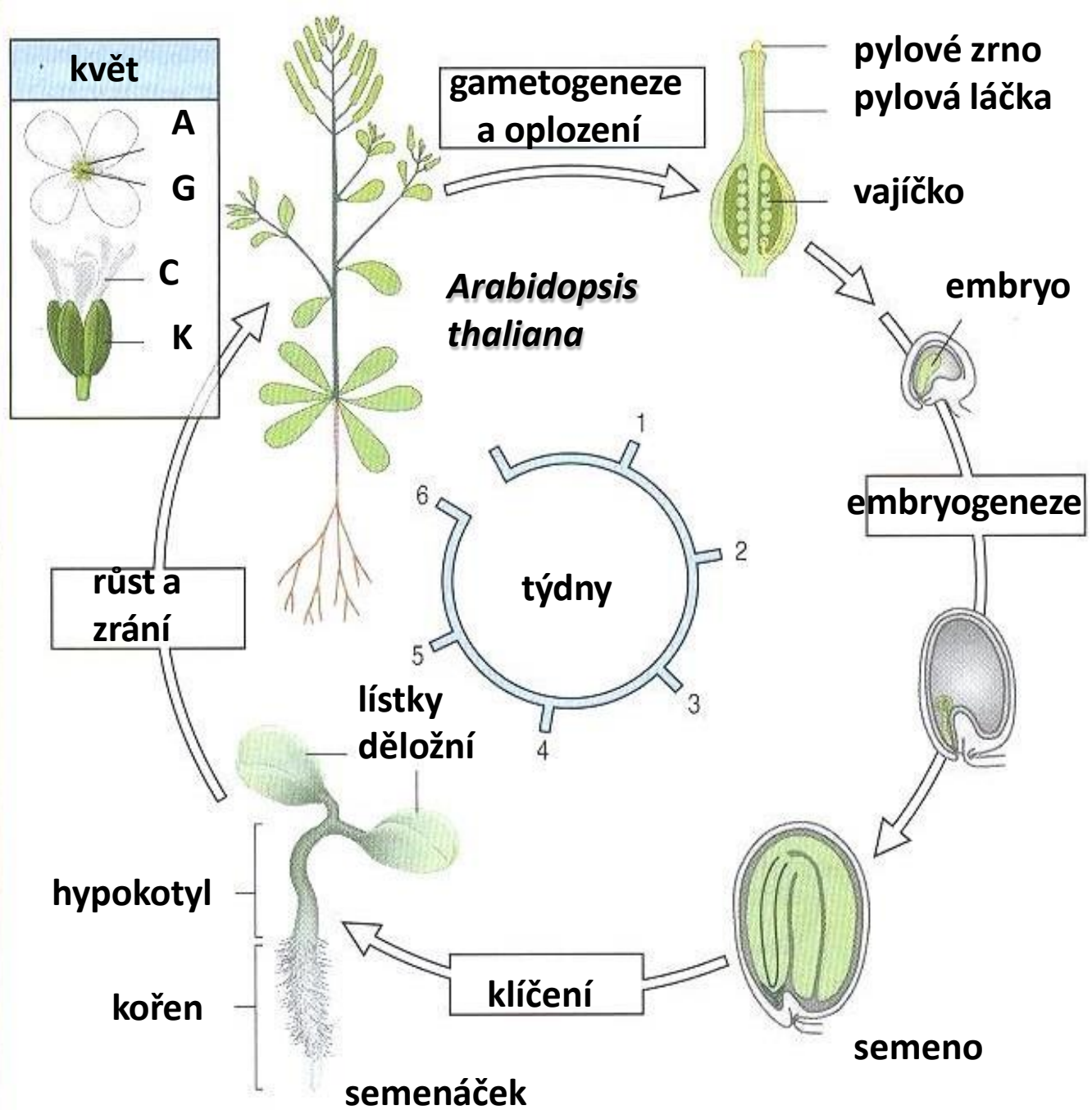


**Annotations**

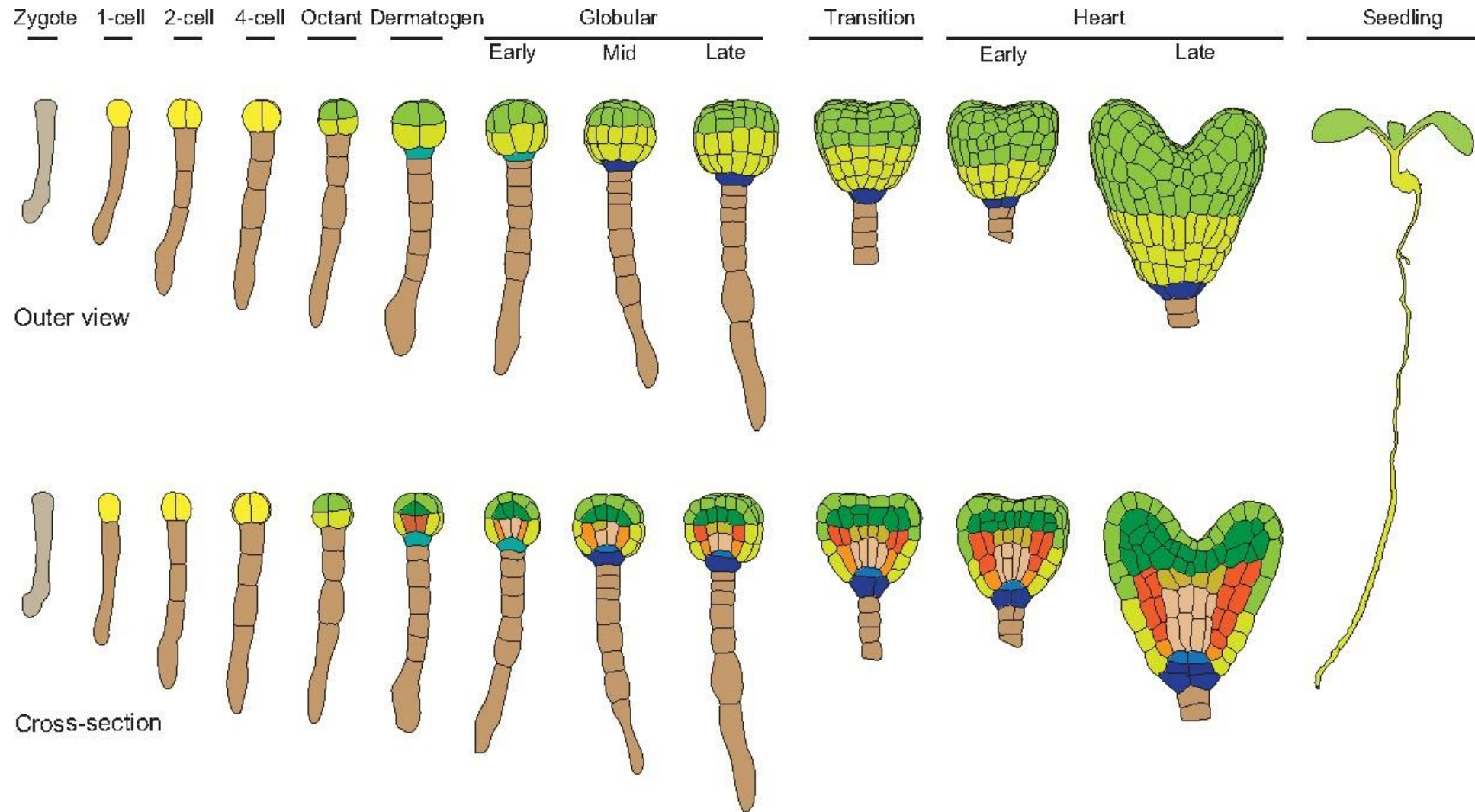
category	relationship type	keyword
GO Biological Process	acts upstream of or within	floral meristem determinacy, flower development, gibberellic acid mediated signaling pathway, maintenance of inflorescence meristem identity
GO Biological Process	involved in	regulation of transcription, DNA-templated
GO Cellular Component	located in	nucleus
GO Molecular Function	enables	DNA-binding transcription factor activity, chromatin DNA binding, protein binding, protein homodimerization activity, protein self-association, sequence-specific DNA binding, transcription cis-regulatory region binding
Growth and Developmental Stages	expressed during	floral organ differentiation stage, floral organ meristem development stage, flowering stage, mature plant embryo stage, petal differentiation and expansion stage, plant embryo bilateral stage, plant embryo cotyledonary stage
Plant structure	expressed in	collective leaf structure, flower, plant embryo, seed, shoot apex

[Annotation Detail](#)





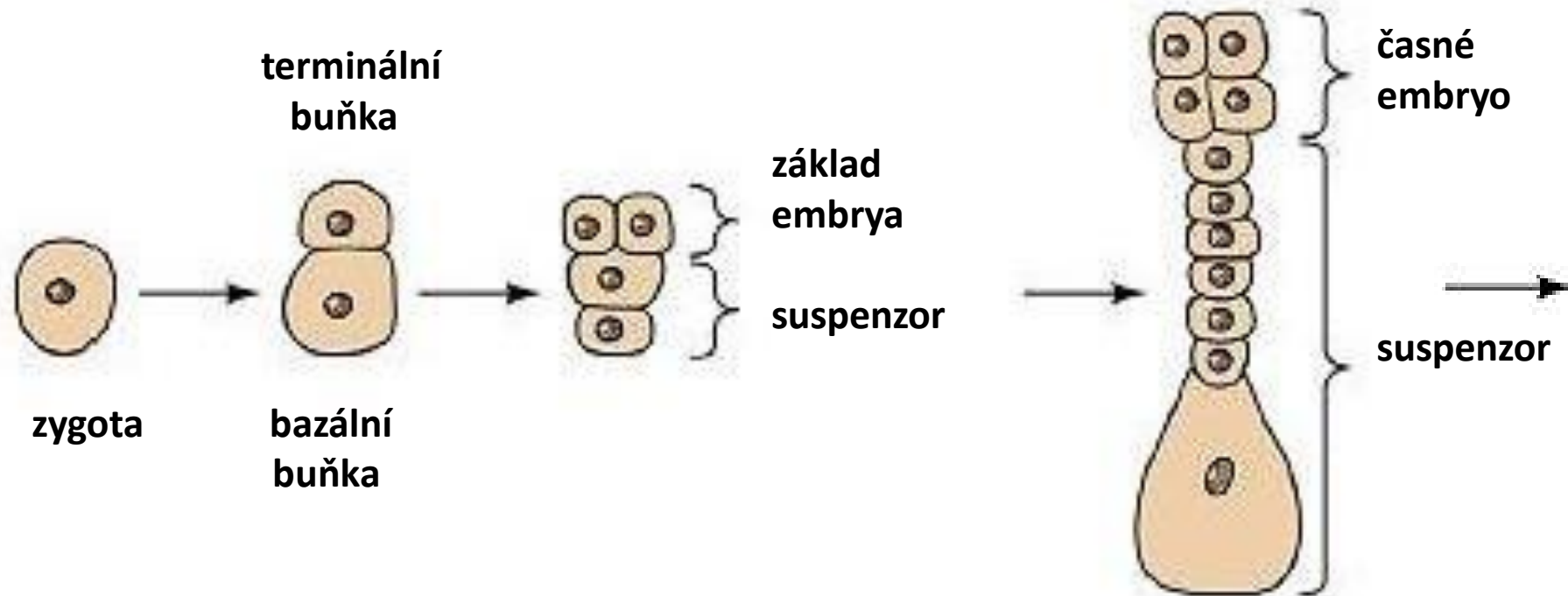
# Arabidopsis – embryonální vývoj



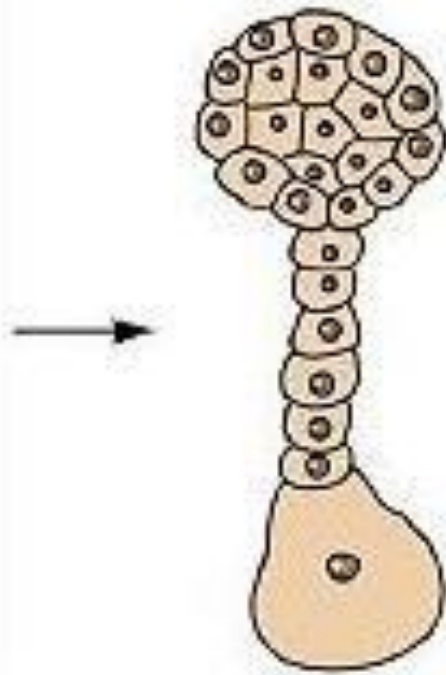
Key		Extra-embryonic	Lower tier	Inner	Vascular tissue	QC	Initial
Yellow	Embryonic	Brown	Light Green	Red	Light Brown	Blue	Orange
Light Green	Upper tier		Dark Green	Dark Green	Dark Brown	Dark Blue	Dark Orange
			Protoderm	Hypophysis	Ground tissue	Columella	Daughter



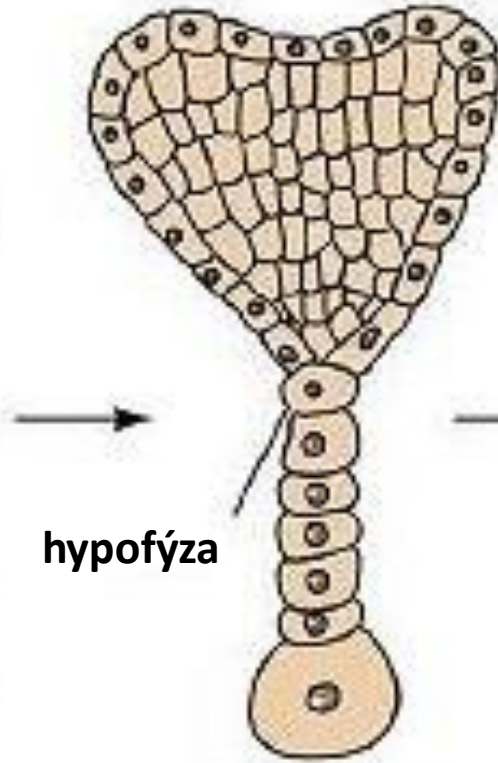
# Vývoj zygoty a časná embryogeneze krytosemenných rostlin ...



# ... embryogeneze

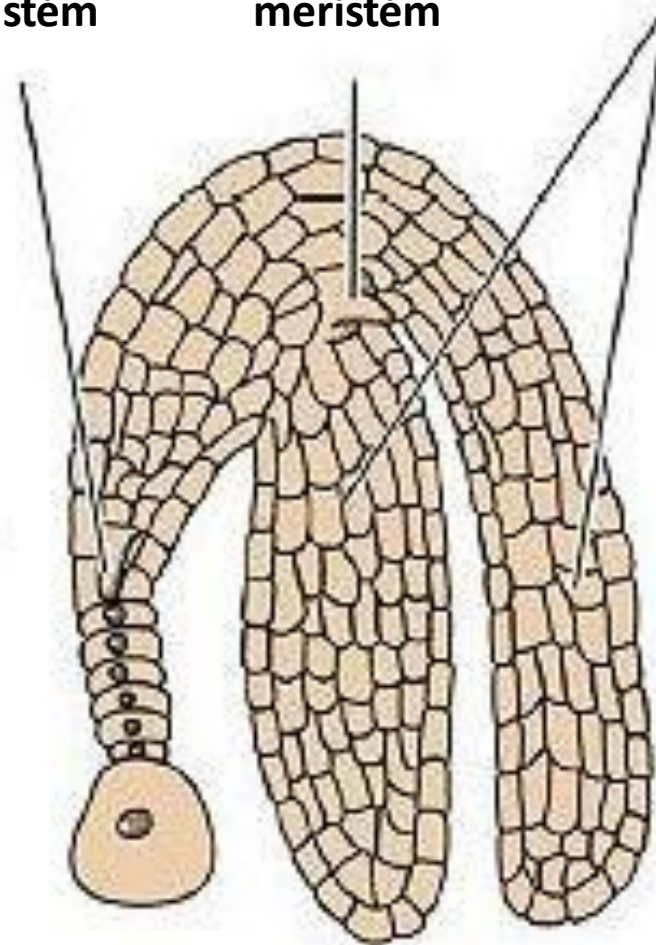


globulární  
stádium



hypofýza

stádium  
srdce



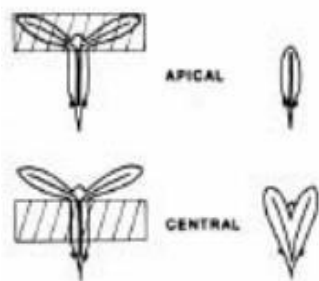
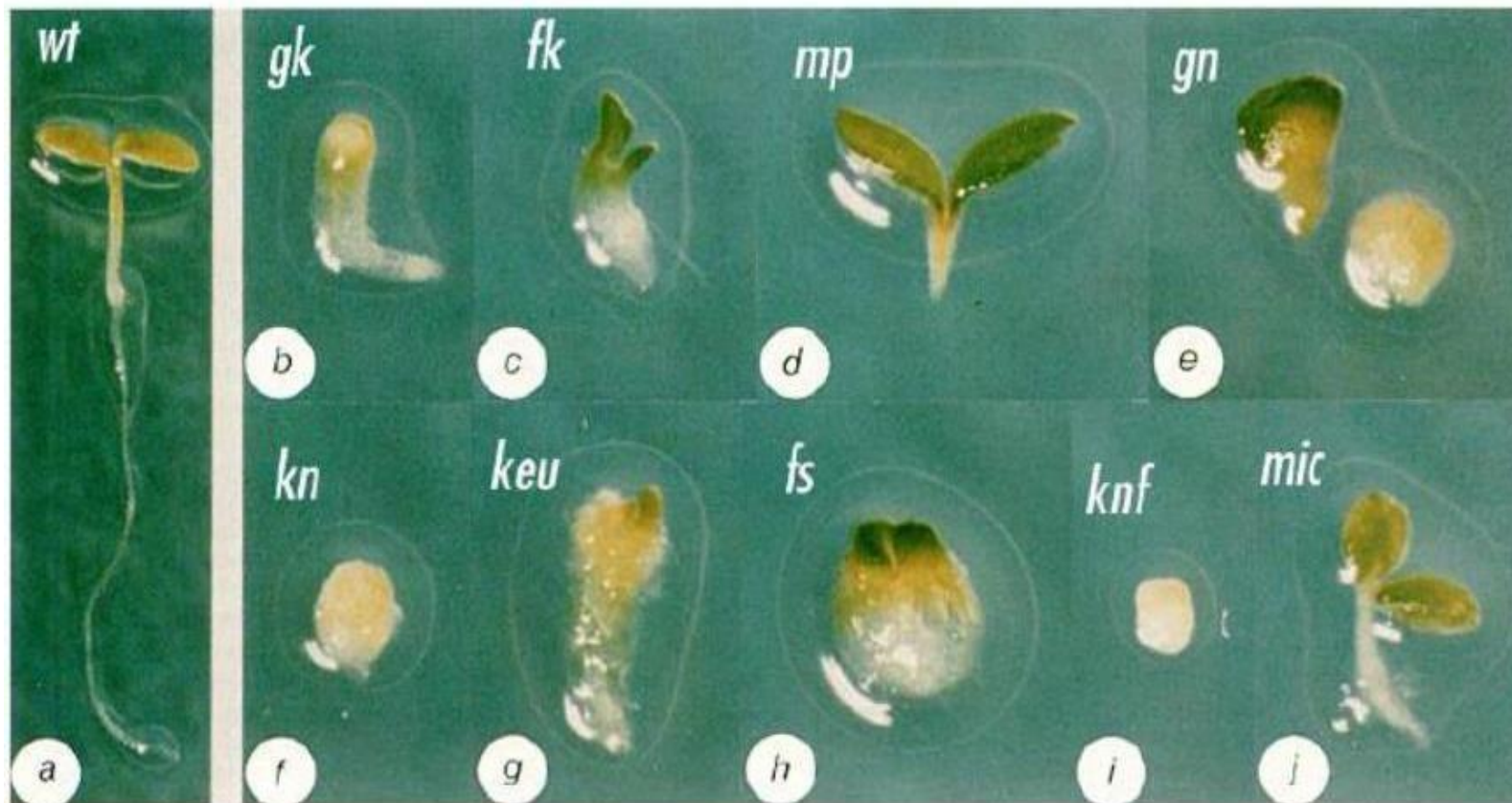
kořenový  
meristém

prýtový  
meristém

děložní  
lístky

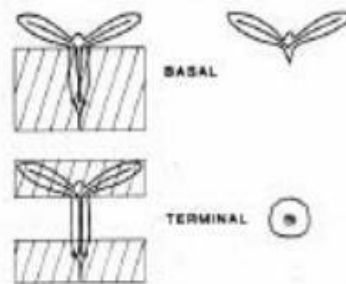
stádium  
torpéda

# Geny embryonálního vývoje rostlin



*(gurke)*

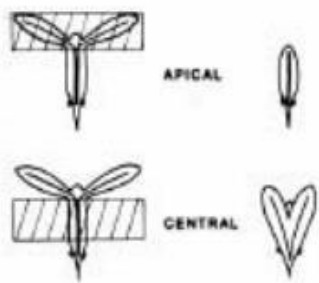
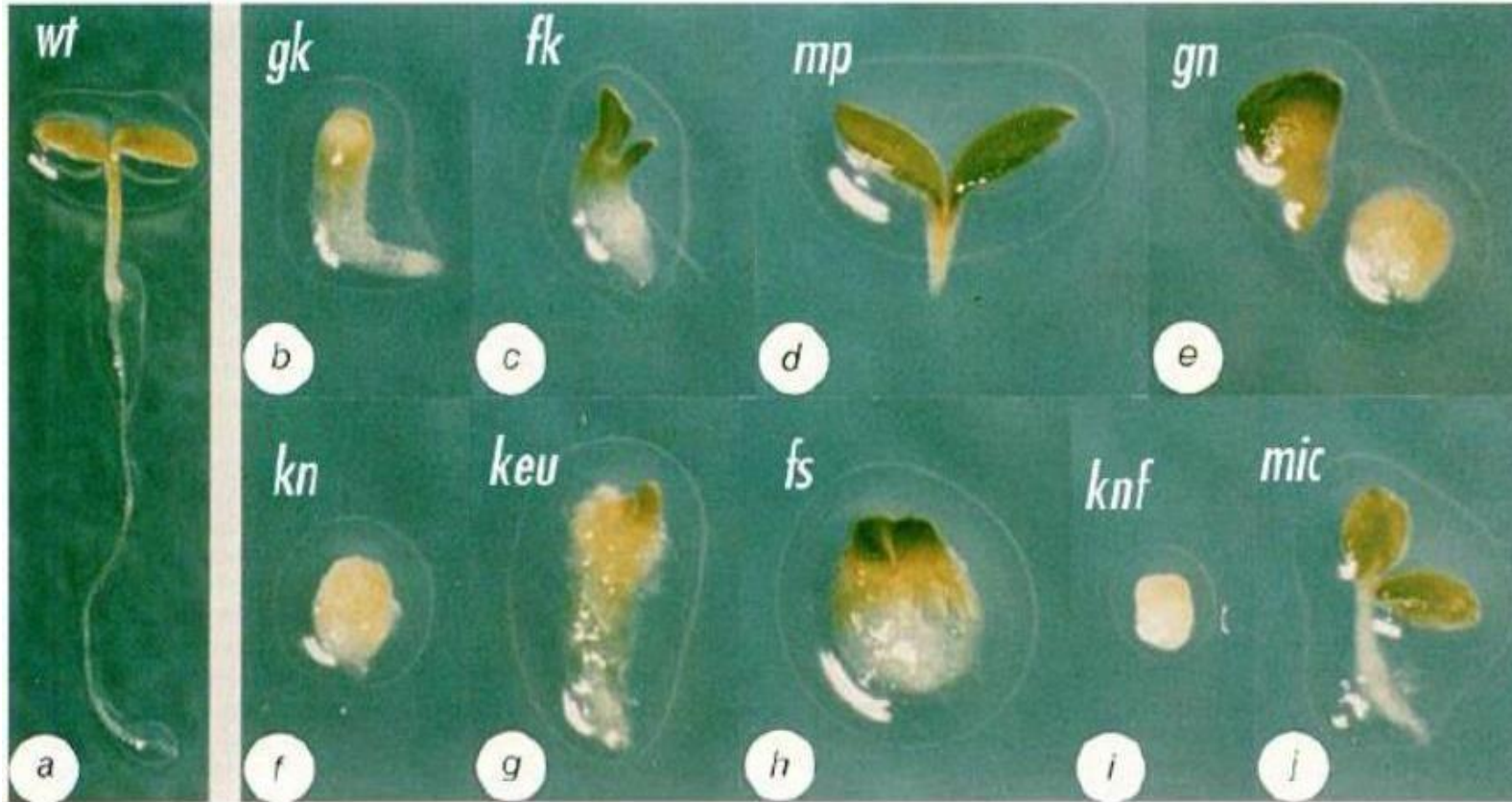
*(fackel)*



*(monoptero)*

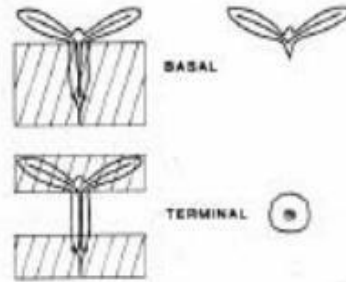
*(gnom)*

# Geny embryonálního vývoje rostlin



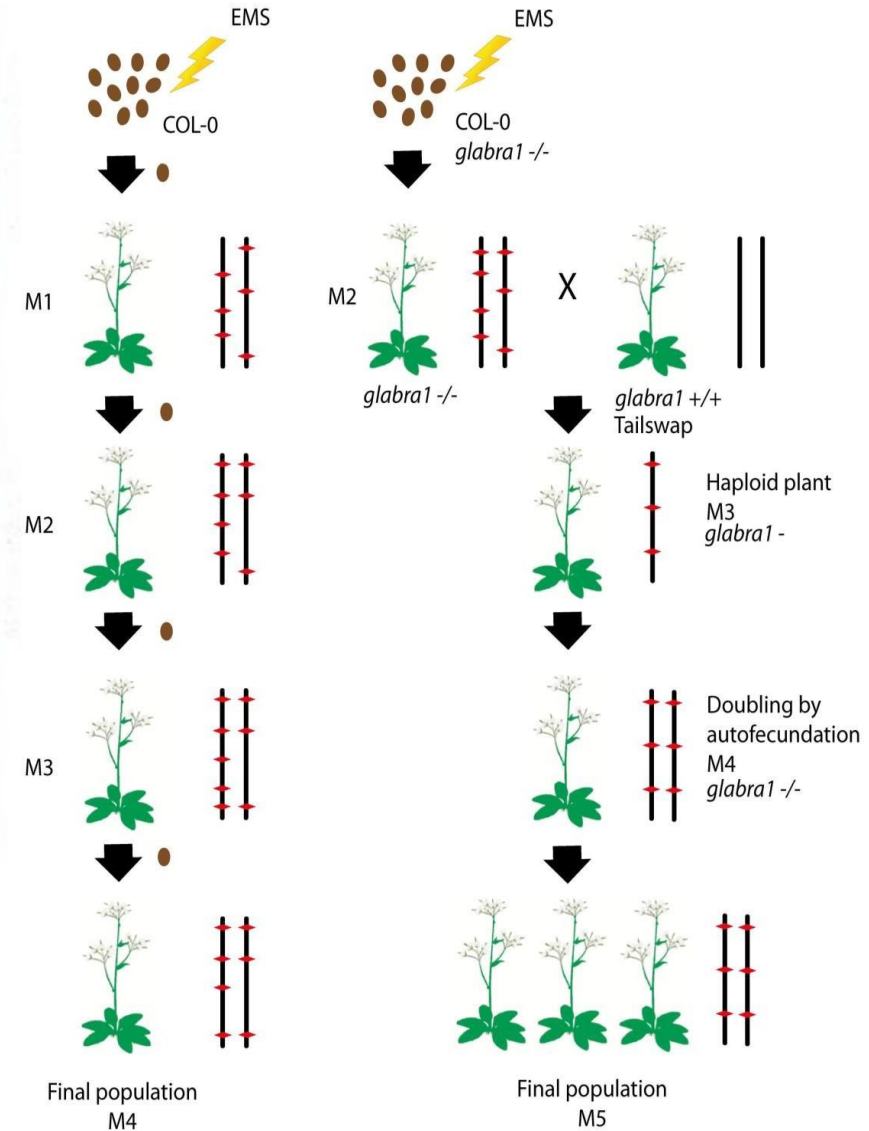
(gurke)

(fackel)



(monopteros)

(gnom)

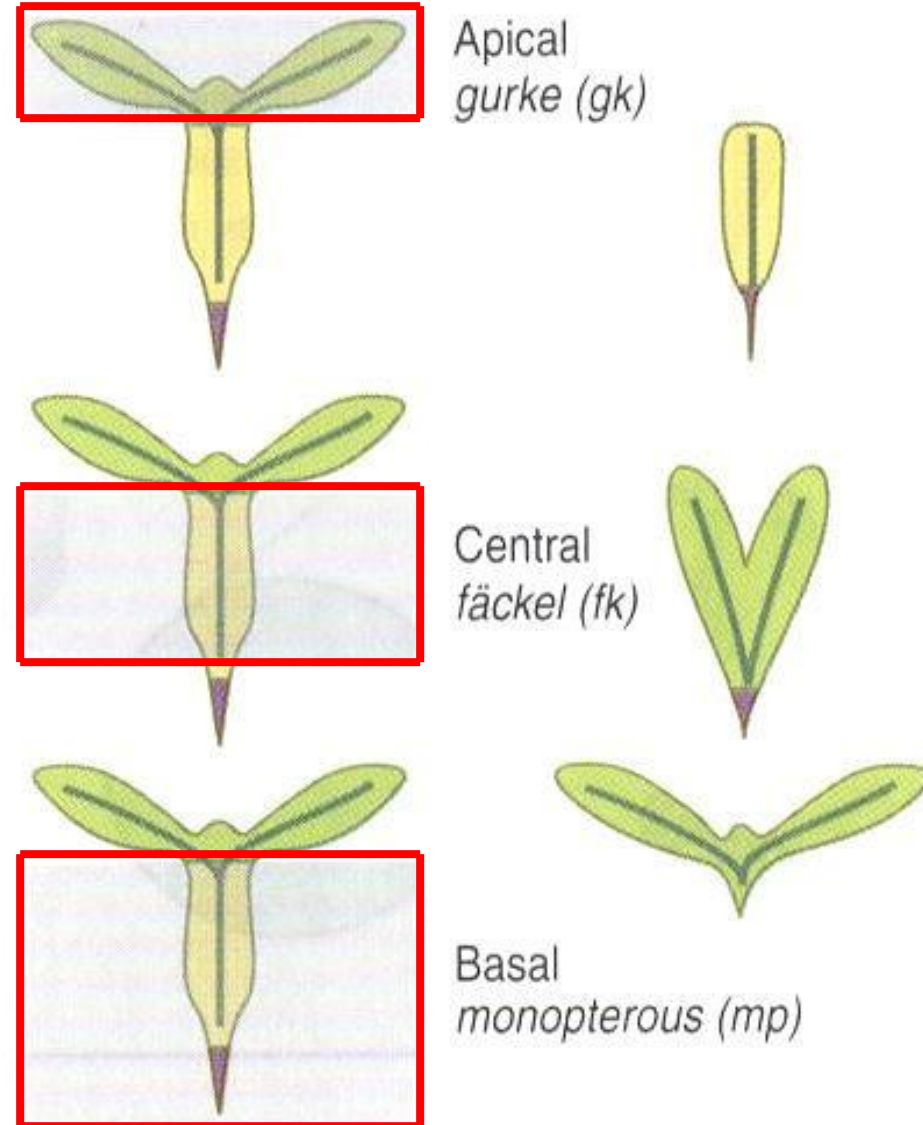


## Geny embryonálního vývoje rostlin :

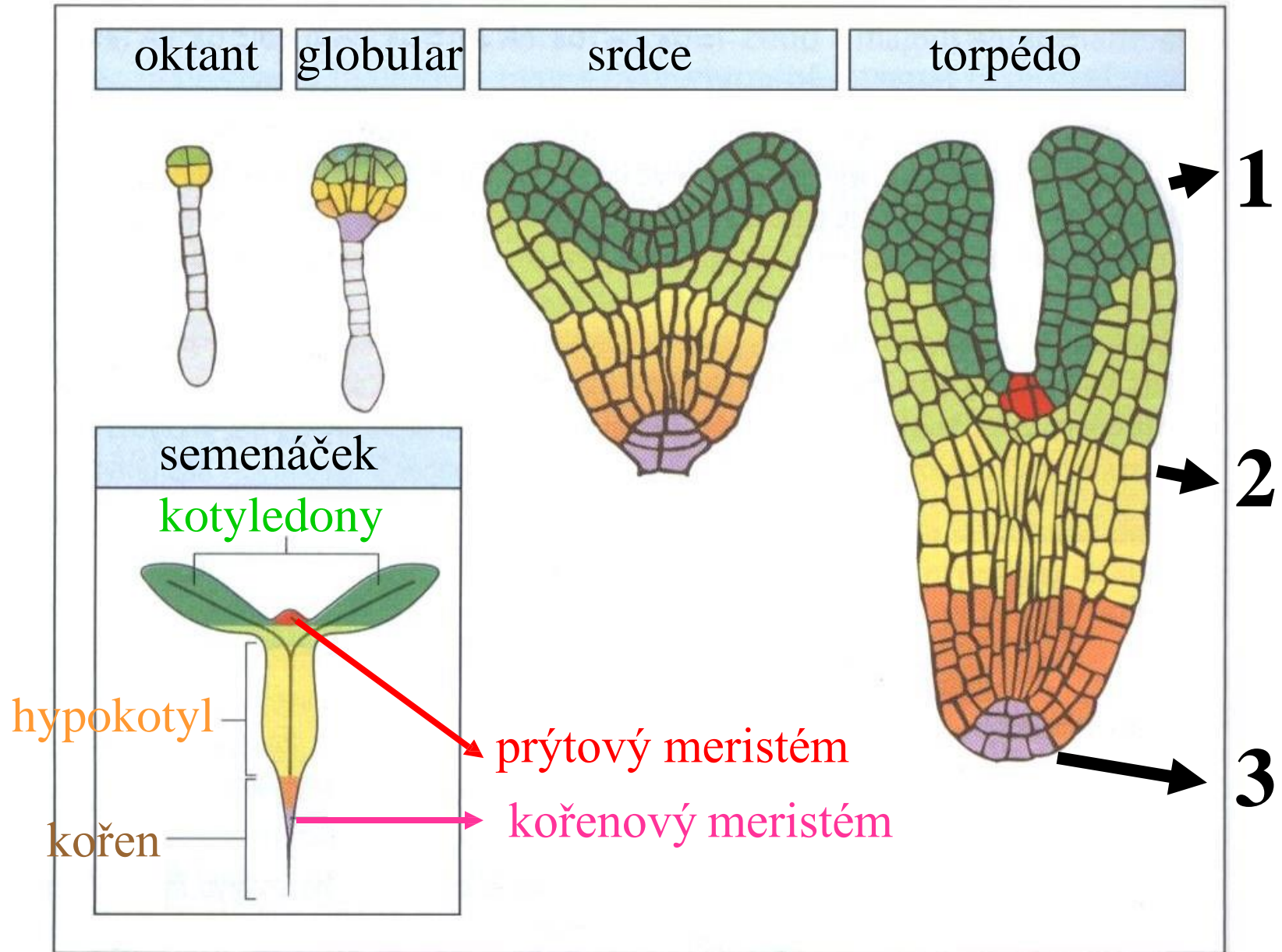
mutace způsobují  
deleční vývojové typy  
podél apikálně-bazální  
osy embrya

(analogie s geny  
velkých mezer  
u drozofily ?)

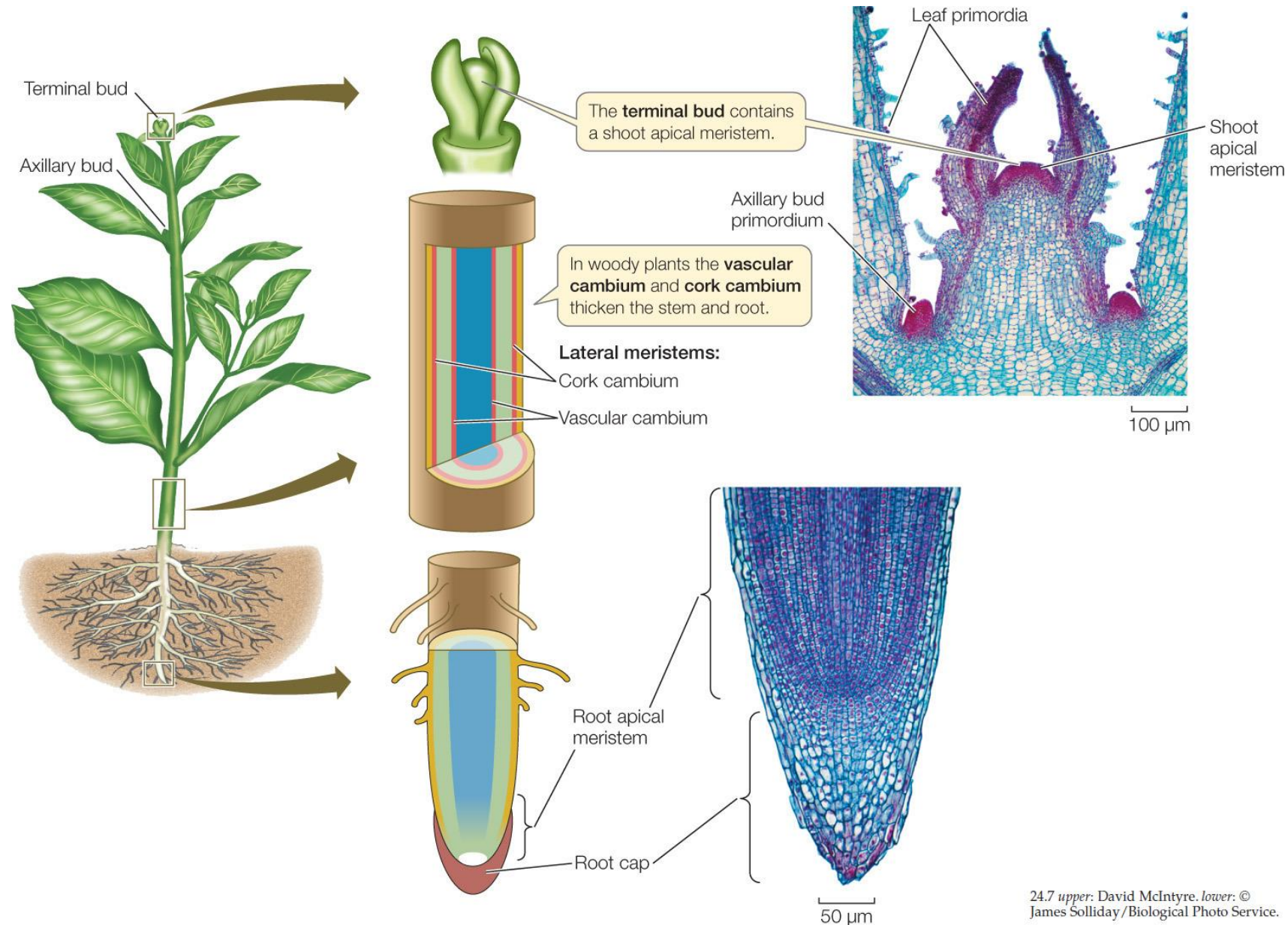
### mutace ovlivňující tvorbu základní osy embrya



„ Osudové mapování “ embrya: již od globulárního stádia je možné rozlišit tři hlavní oblasti podél A – B osy



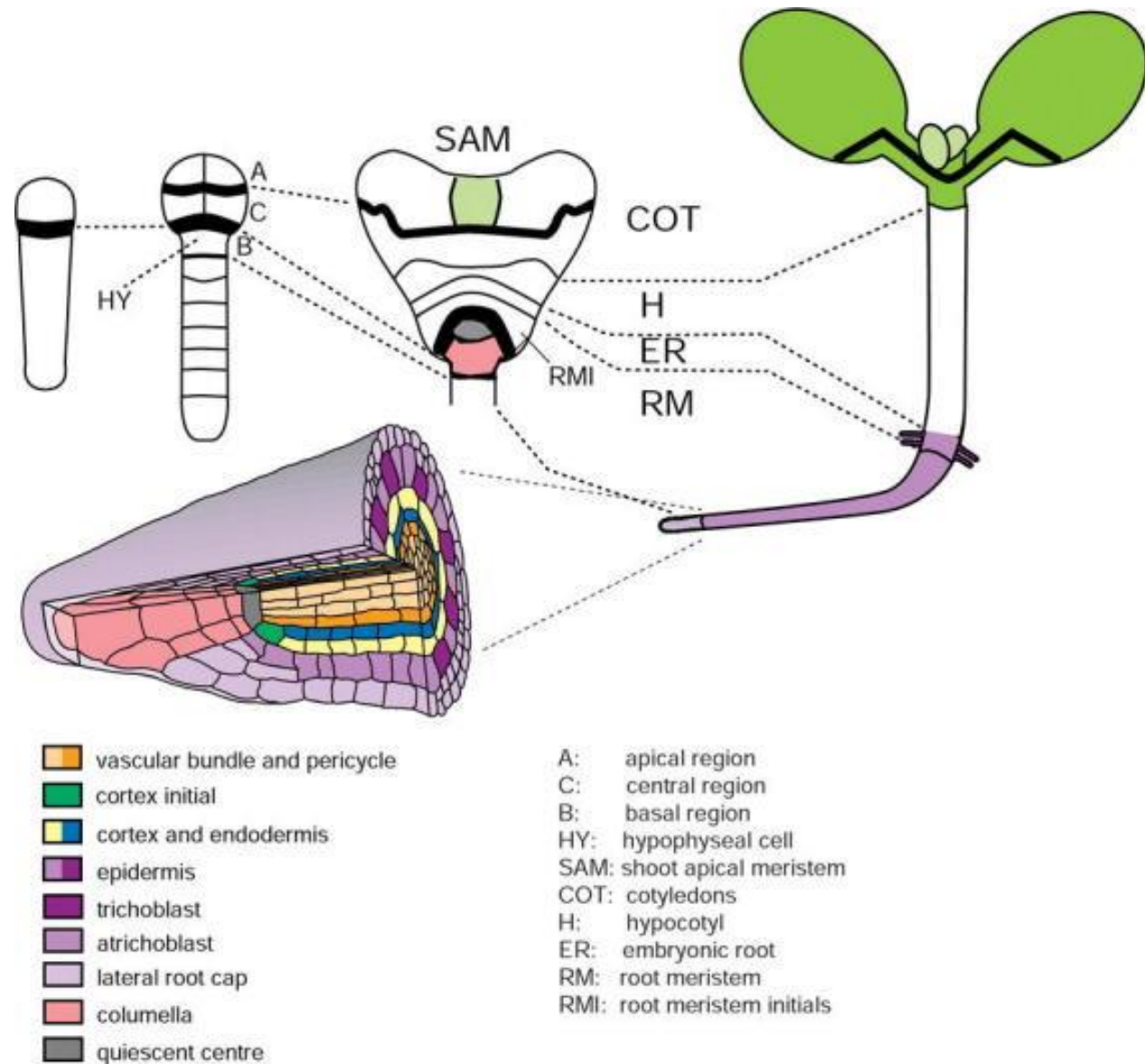
# Veškerý postembryonální růst rostlin pochází z meristémů



Tvar vznikajících struktur  
je dán různou rychlostí dělení buněk

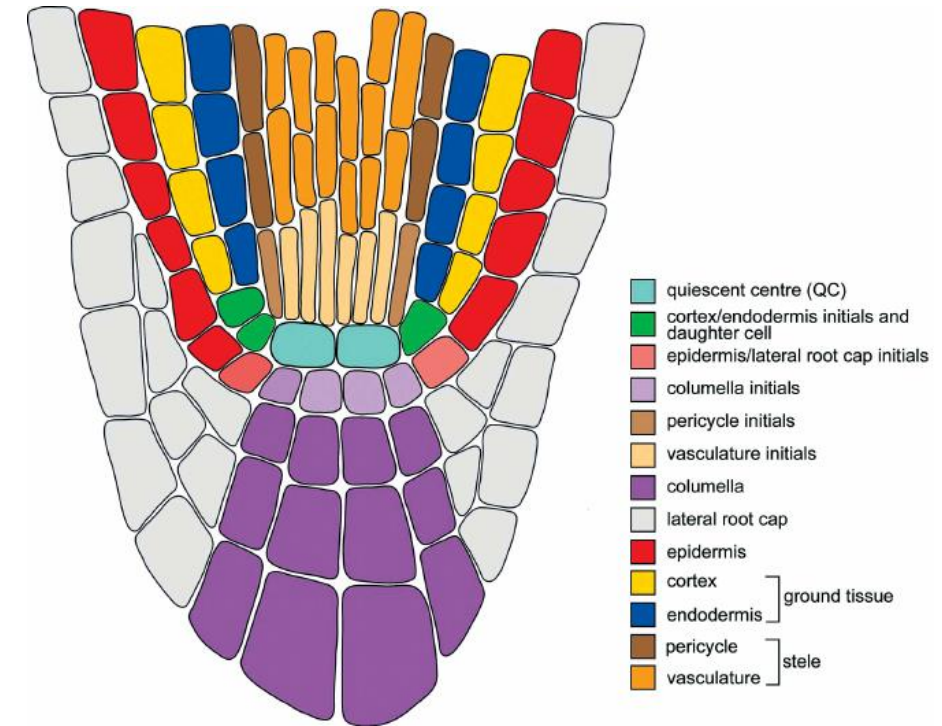
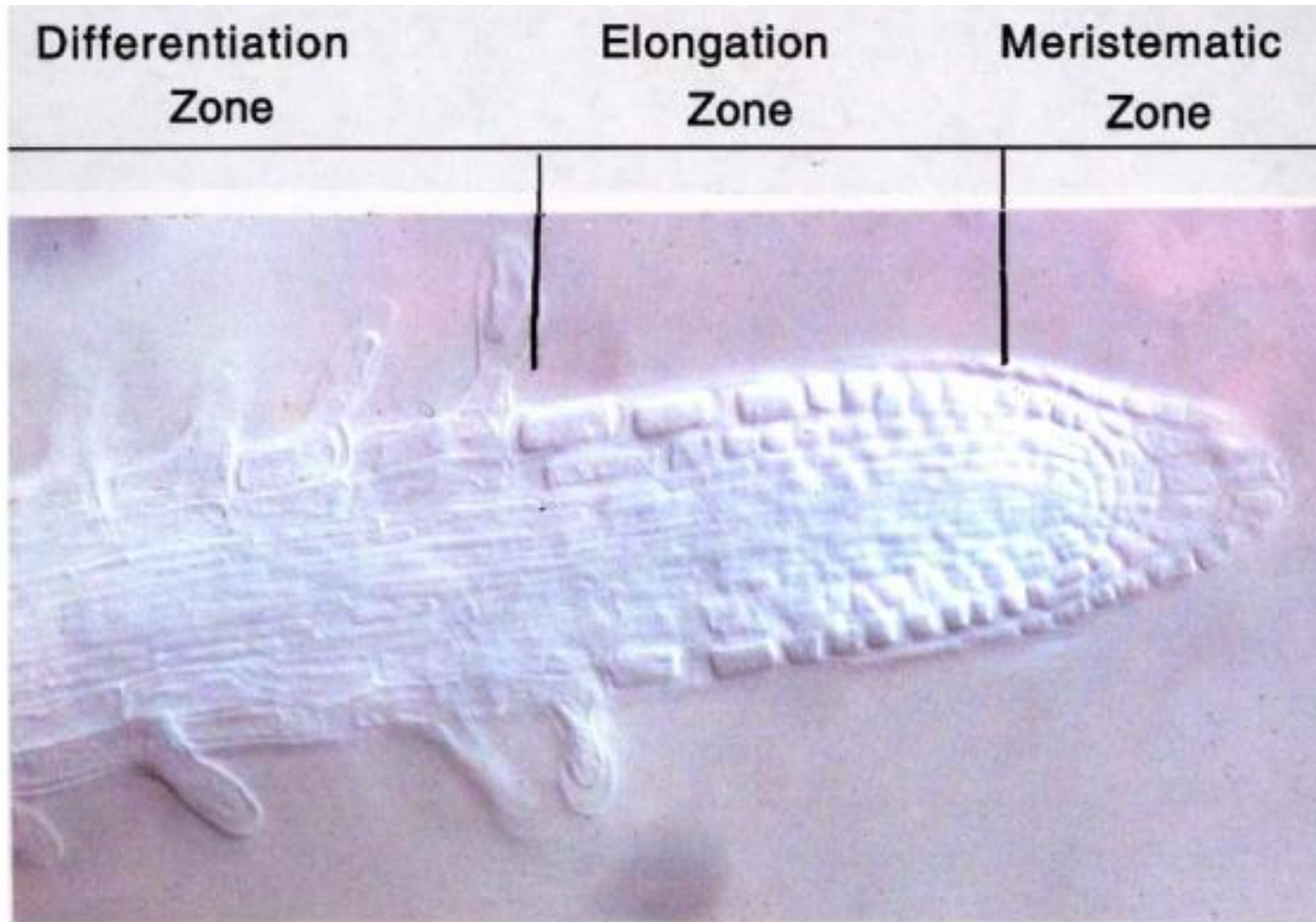
## „Osudová mapa“ embryonálního kořenového meristému *Arabidopsis*

- vývoj meristému je závislý  
na signálech z rostliny
- rostliny se vyznačují výrazným  
regulativním typem vývoje





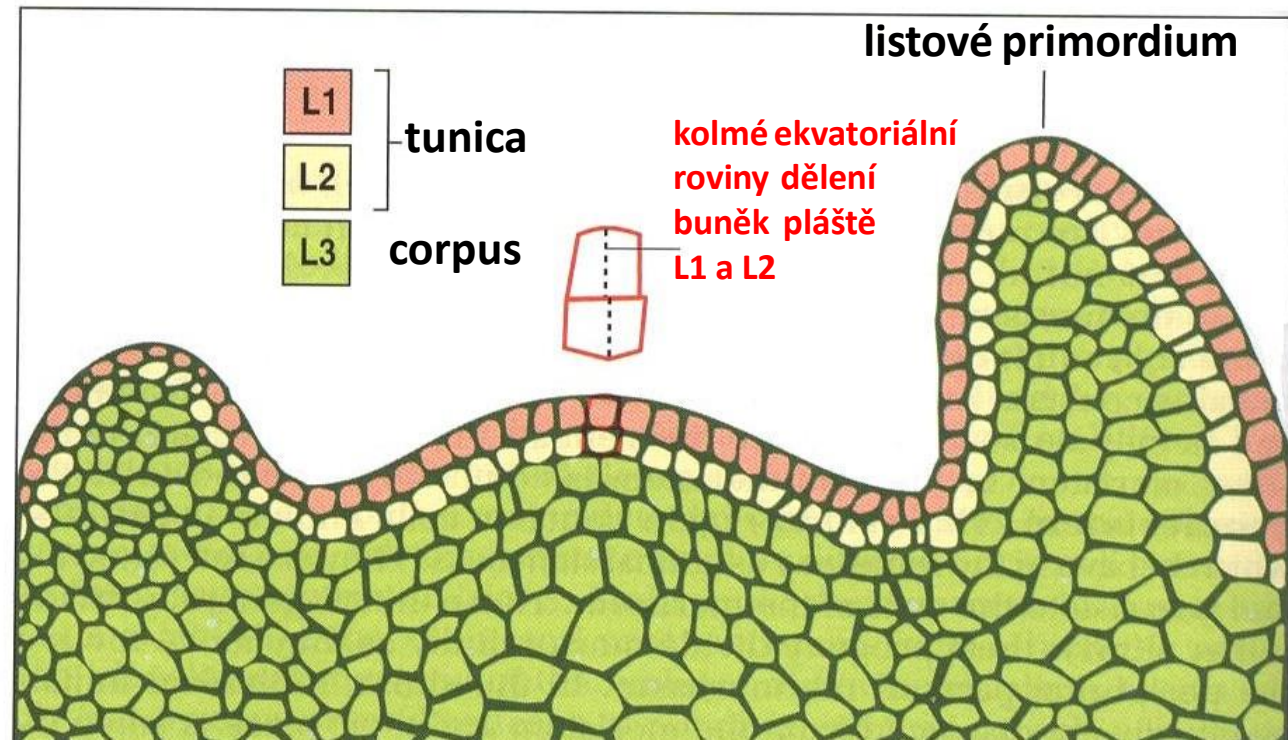
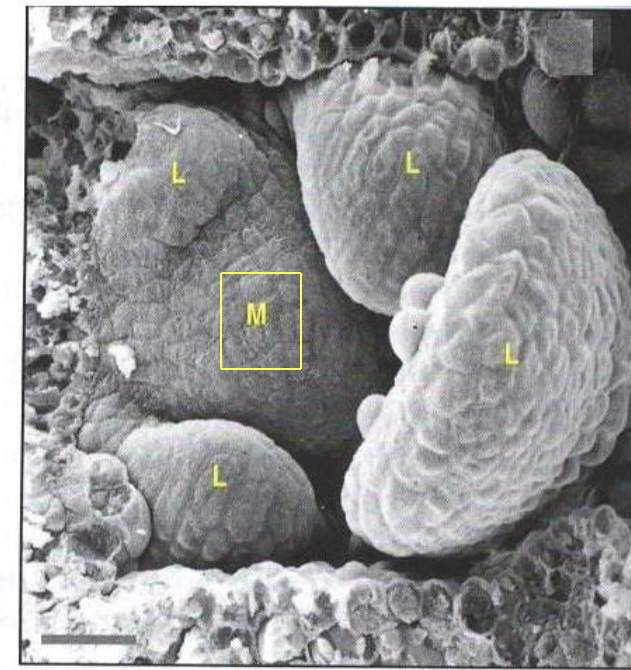
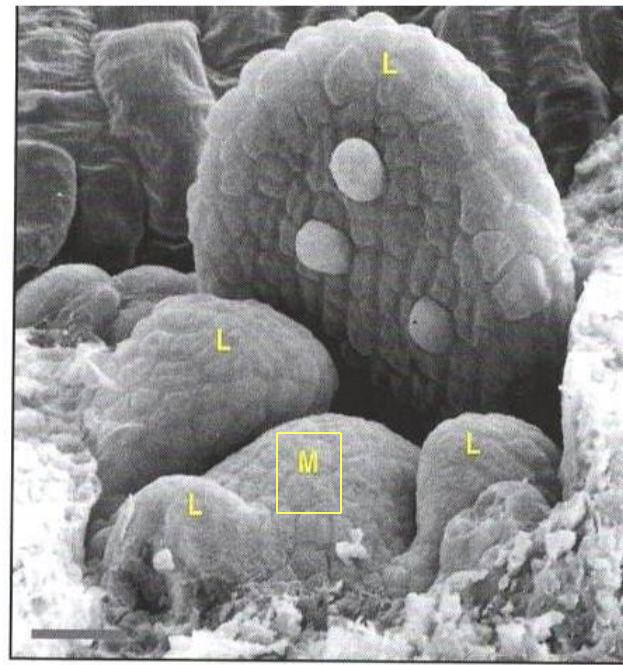
# Veškerý postembryonální růst rostlin pochází z meristémů



Apikální  
meristém (M)  
a základy  
listů (L)

*Arabidopsis* :

meristém má  
trojvrstevnou  
strukturu,  
vrstva L1 a L2 (tunica)  
mají rovinu dělení  
antiklinální,  
corpus L3 má  
roviny různé

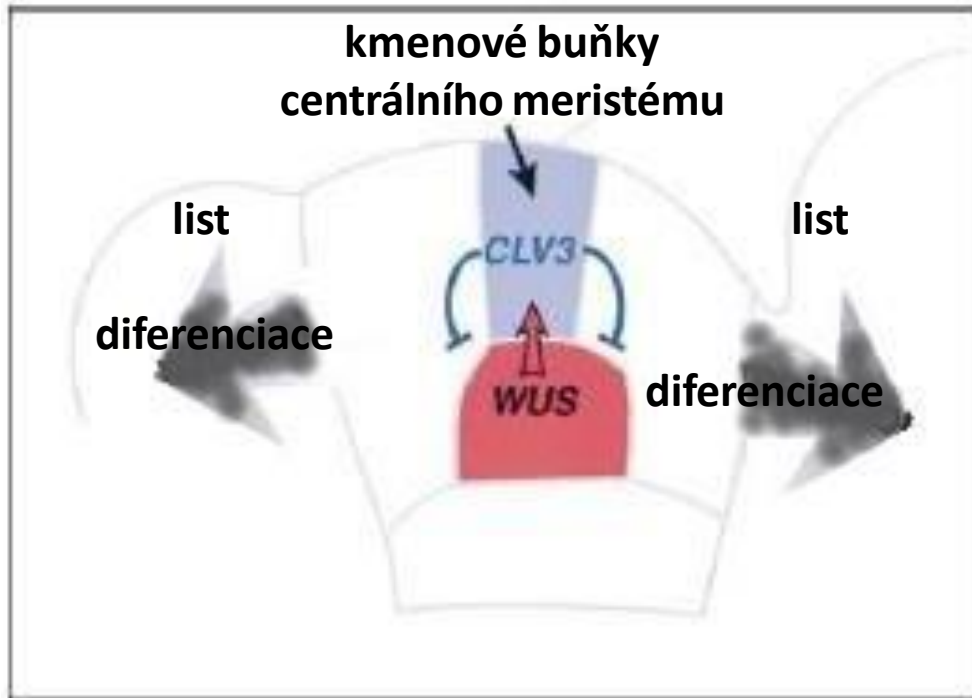


Charakter (kmenových) buněk prýtového meristému je určován antagonistickými účinky genů :

- *Shootmeristemless a Wuschel* potlačují diferenciaci a zajišťují proliferaci meristému
- *Clavata3* naopak stimuluje diferenciaci



(Kathy Barton,  
Stanford)

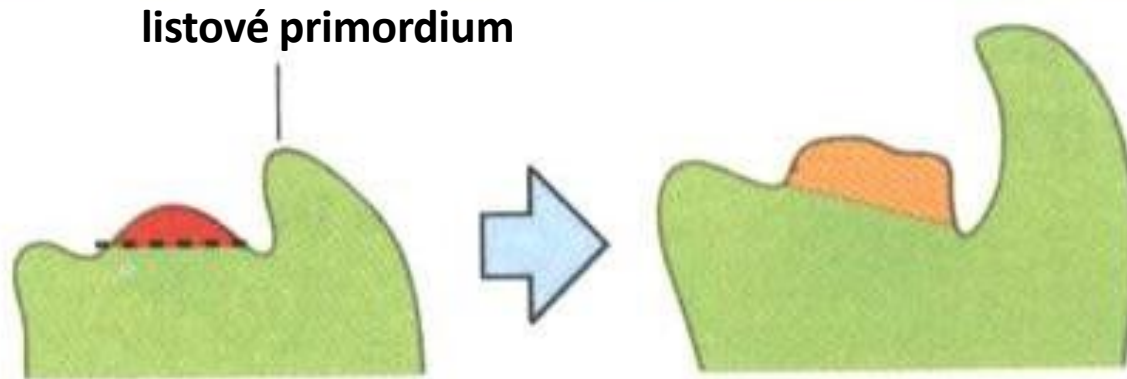


WT

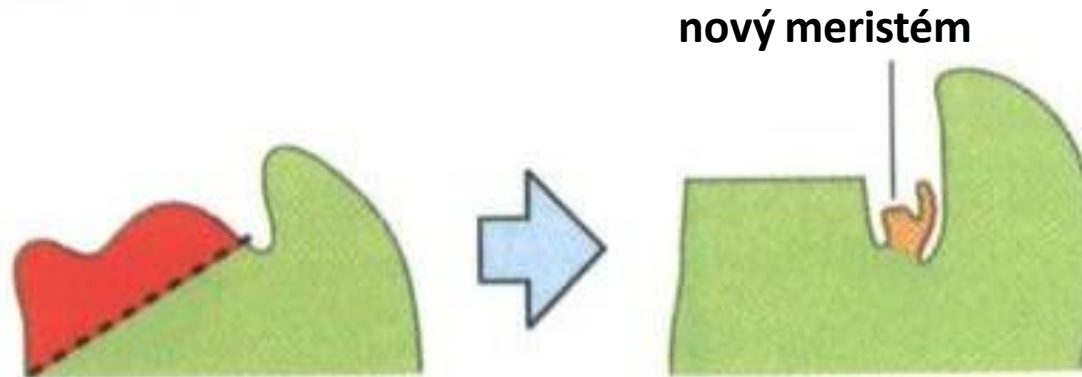
mutace *STM*

**Rostlinné  
meristémy  
jsou  
schopny  
regulace**

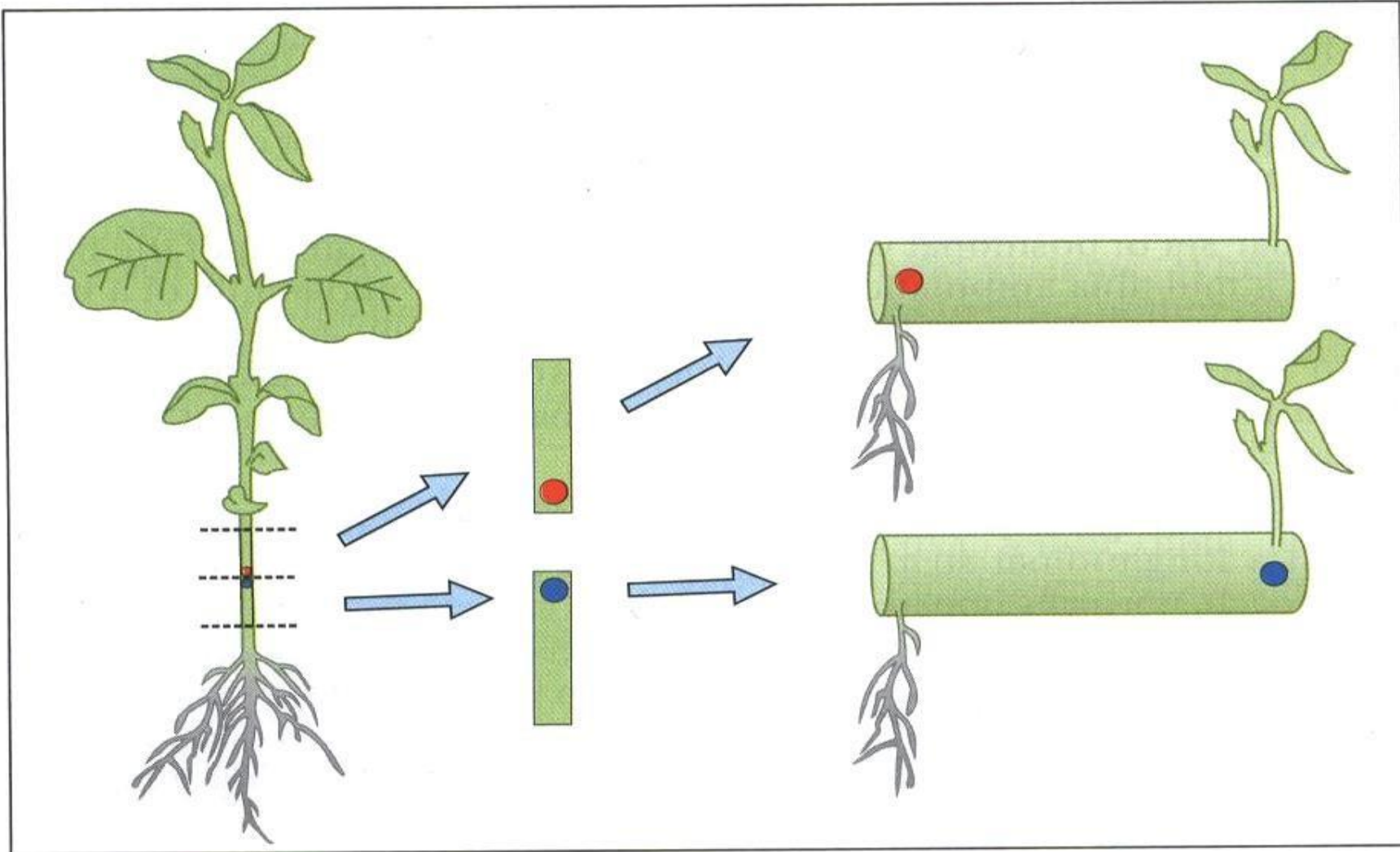
**odstranění špičky meristému vede k regeneraci  
původního meristému**



**odstranění celého meristému vede ke tvorbě  
nového meristému na novém místě**



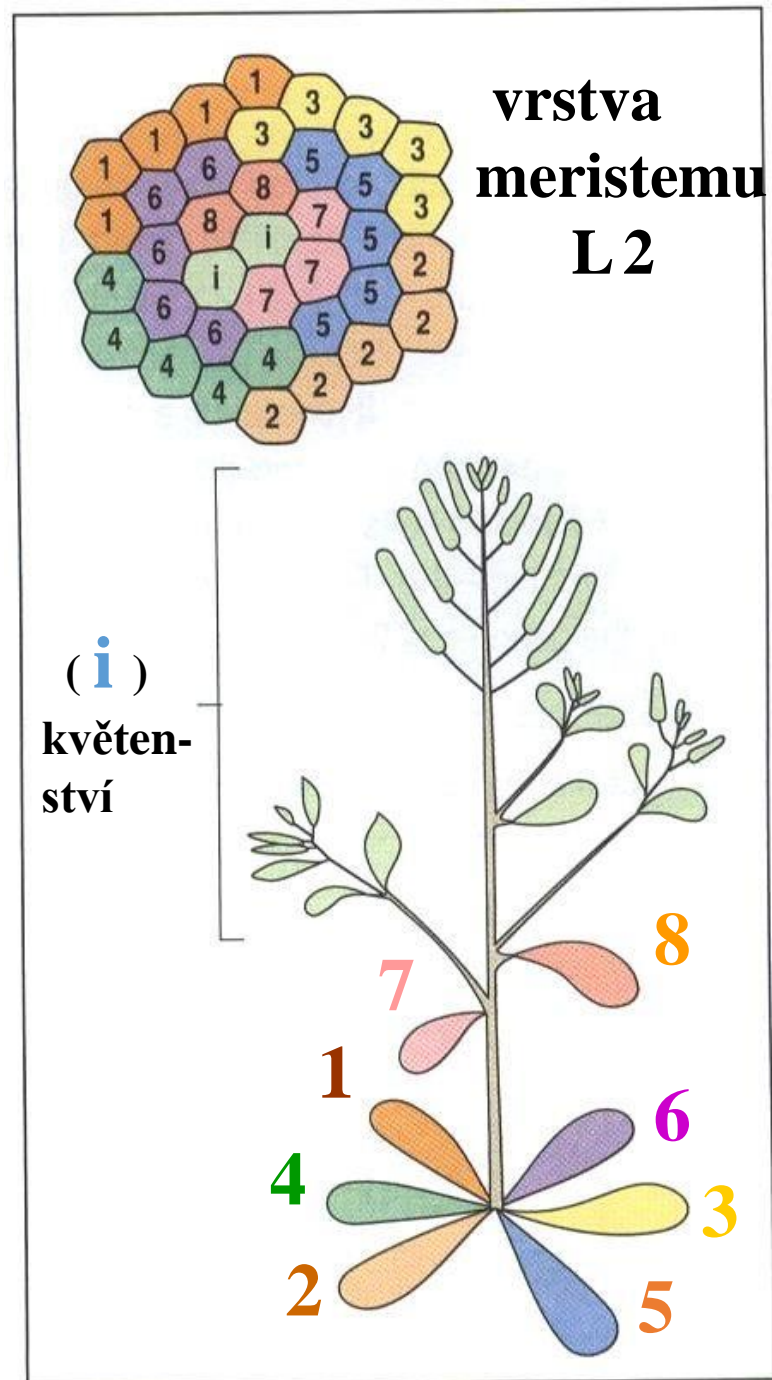
- Regenerace u rostlin je POLARIZOVANÁ :**
- izolované části stonku regenerují vždy**
  - kořeny z bazální části řezu a**
  - stonek z nejbližšího pupene k apikální části**



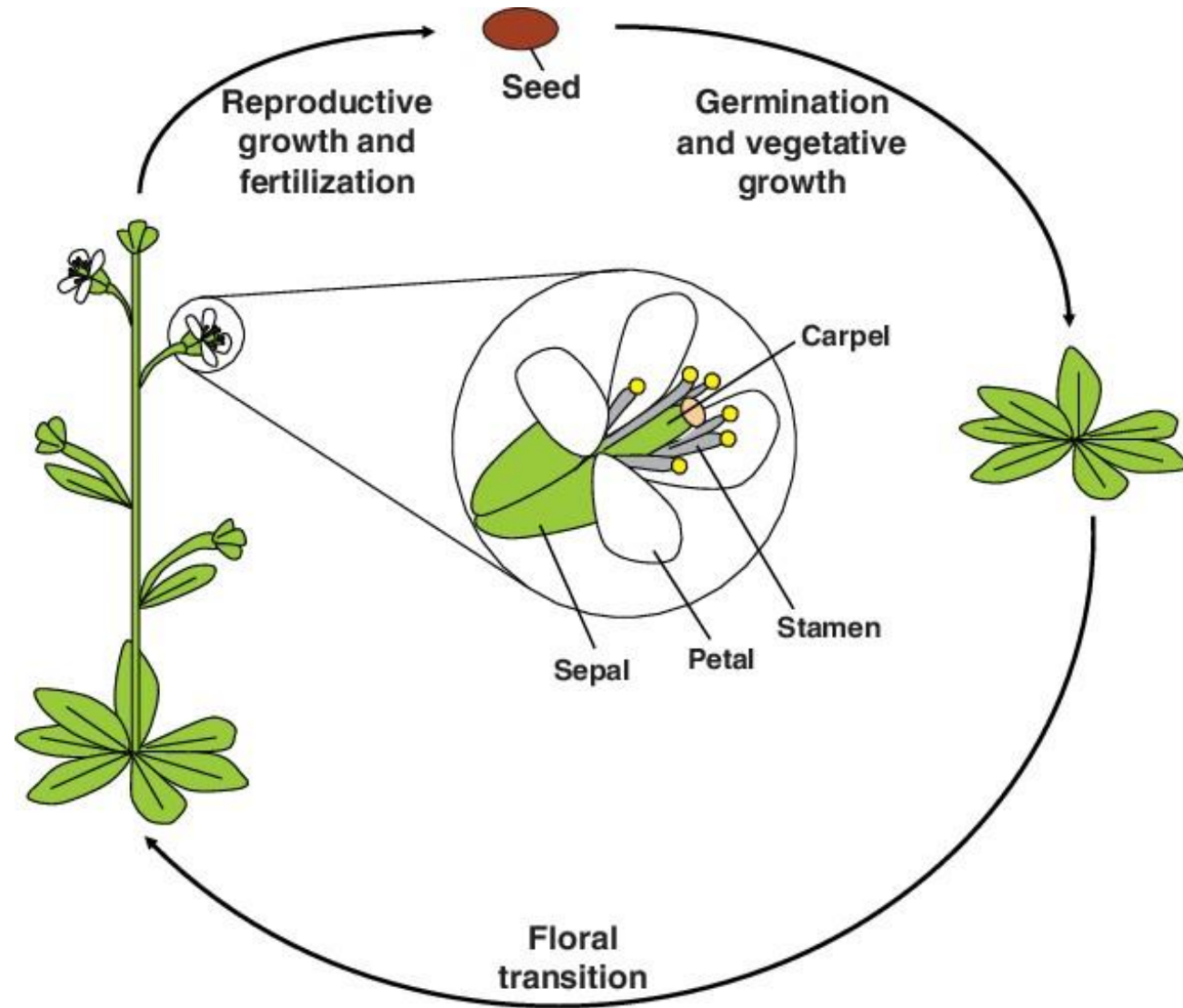
Tvar vznikajících struktur  
je dán různou rychlostí dělení buněk

## „Osudová mapa“ embryonálního prýtového meristému *Arabidopsis*

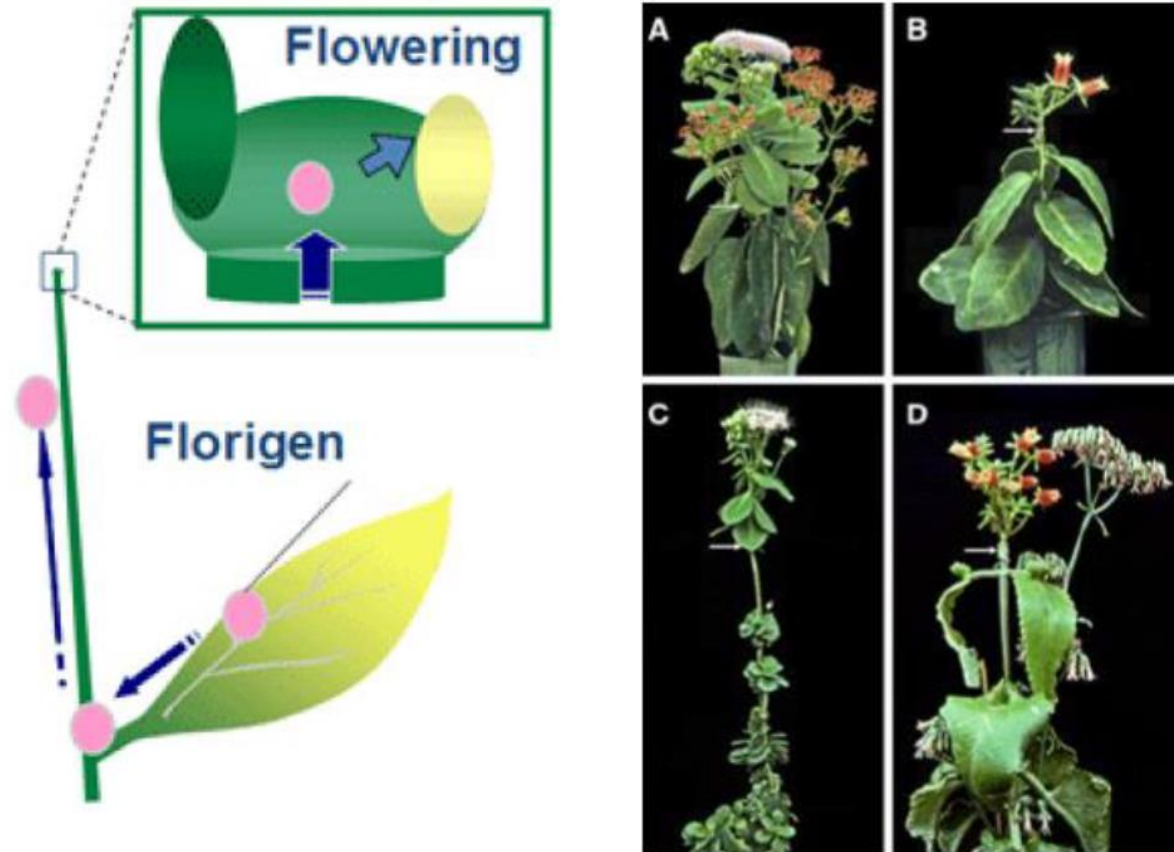
- vývoj meristému je závislý  
na signálech z rostliny
- rostliny se vyznačují výrazným  
regulativním typem vývoje



# Přechod z vegetativní do generativní fáze života rostliny



# Přechod z vegetativní do generativní fáze života rostliny

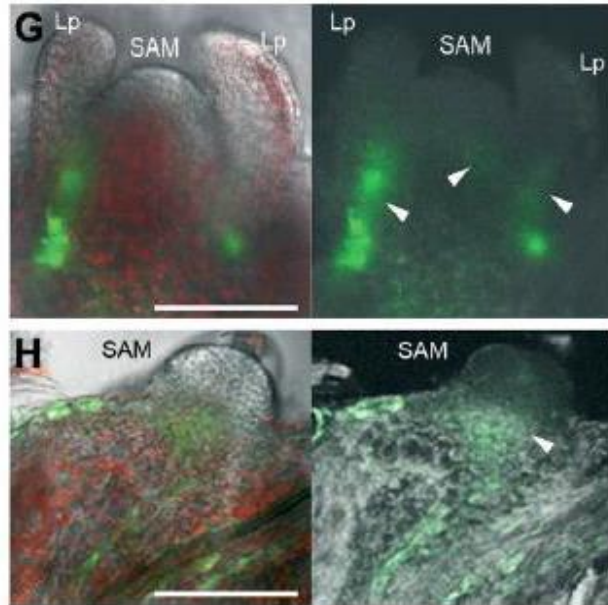


Květní stimul – florigen (Čajlachjan 1936)

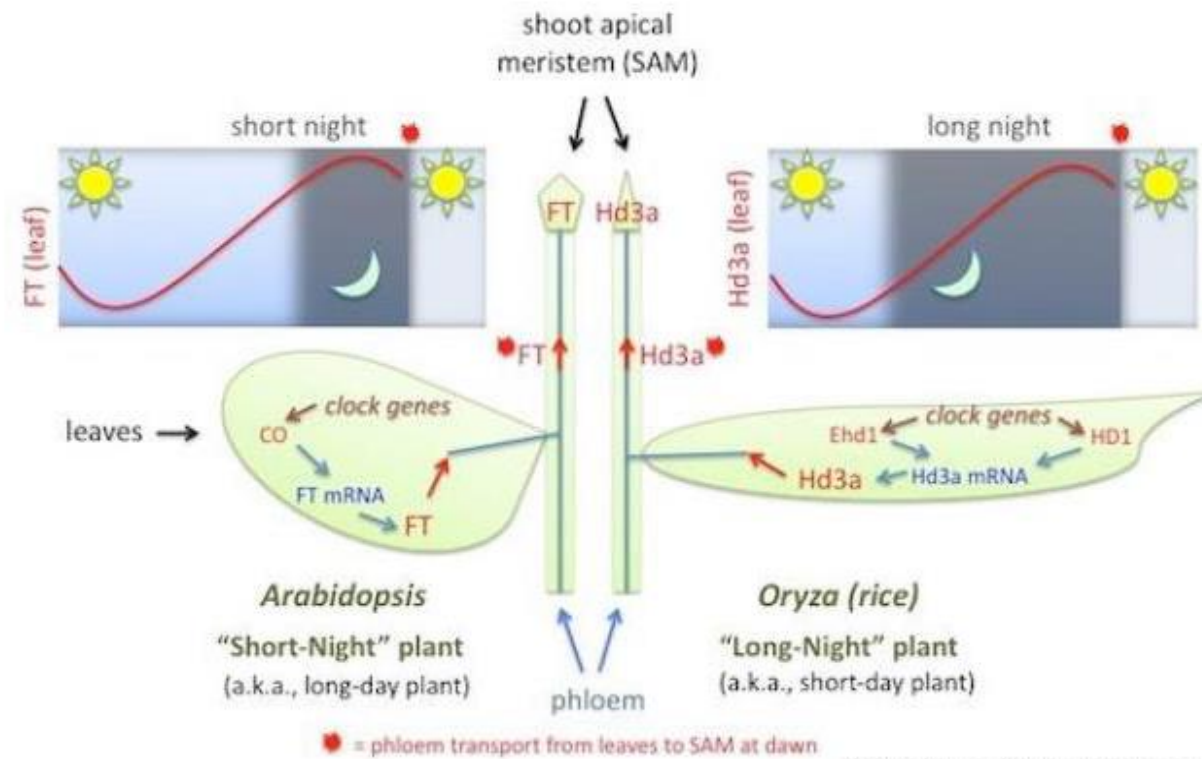
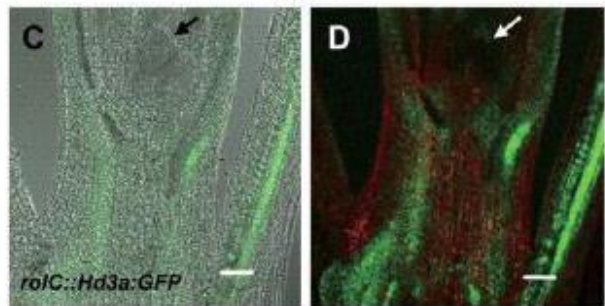


# Květní stimul - Florigen

*Arabidopsis*

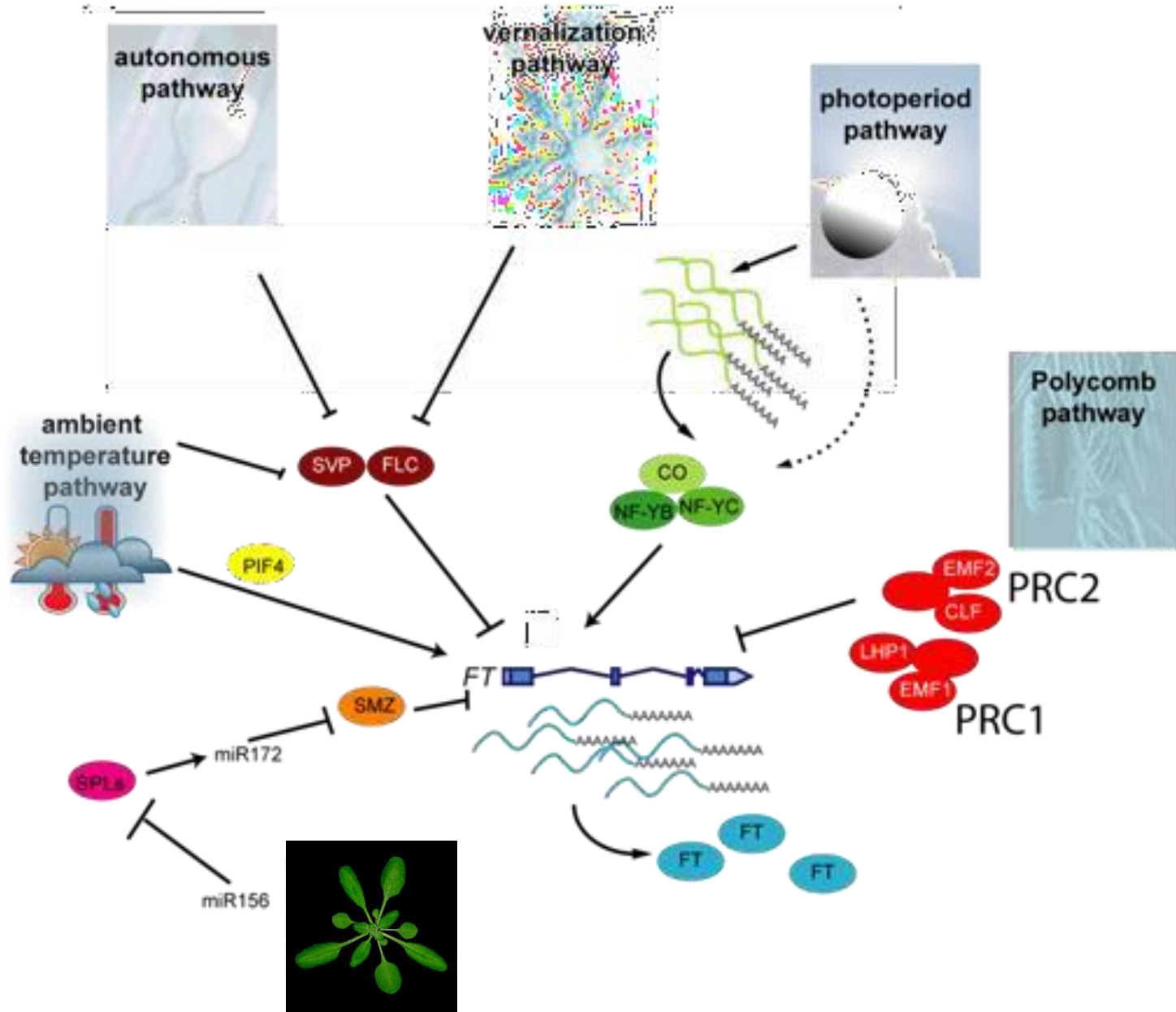


*Rice*



© 2012 HowPlantsWork.com

Transport FT proteinu z listu do meristému



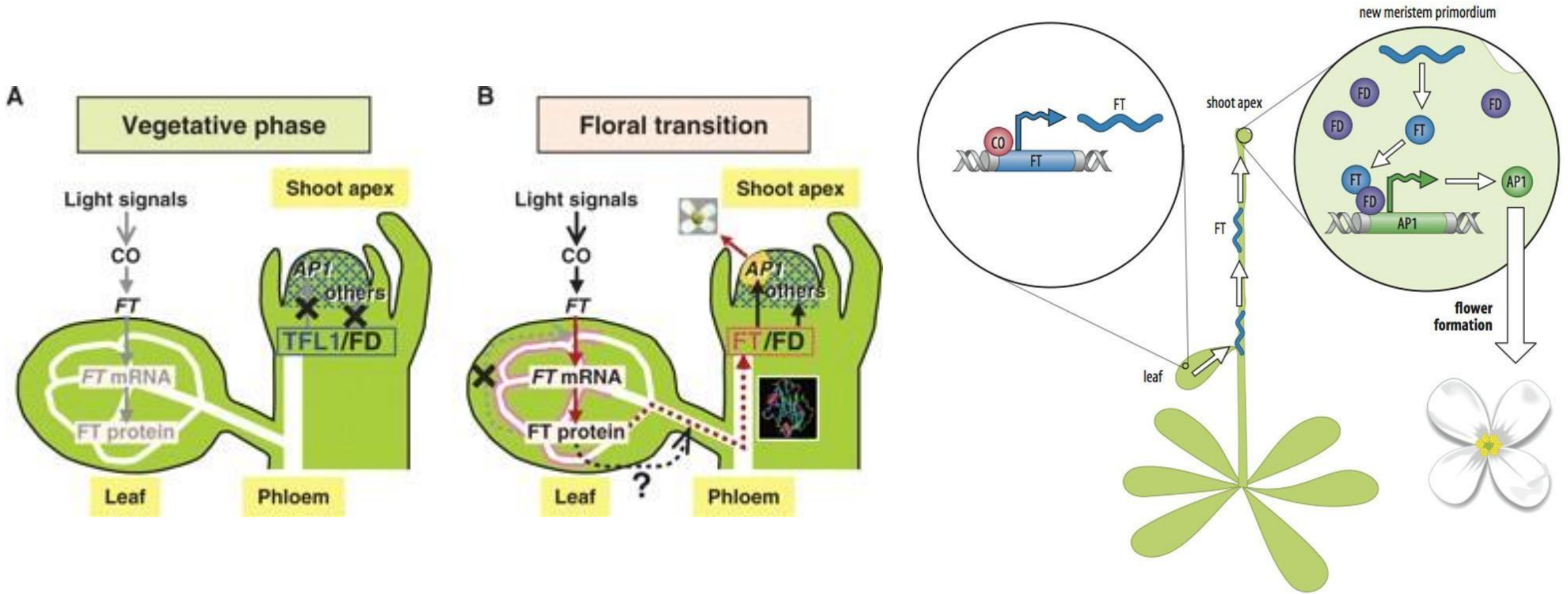
**Photoperiod**

**Vernalization**

**Autonomous pathway**

**GA biosynthesis**

# Fotoperioda a kvetení



# Genetické řízení procesů vývinu květů

vegetativní meristém



**krok 1**

květní geny

př. *Embryonic flower*

meristém květenství



**krok 2**

geny meristémové identity

př. *Leafy*

květní meristém



**krok 3**

katastrální geny

př. *Superman*

tvorba květních  
orgánových primordií

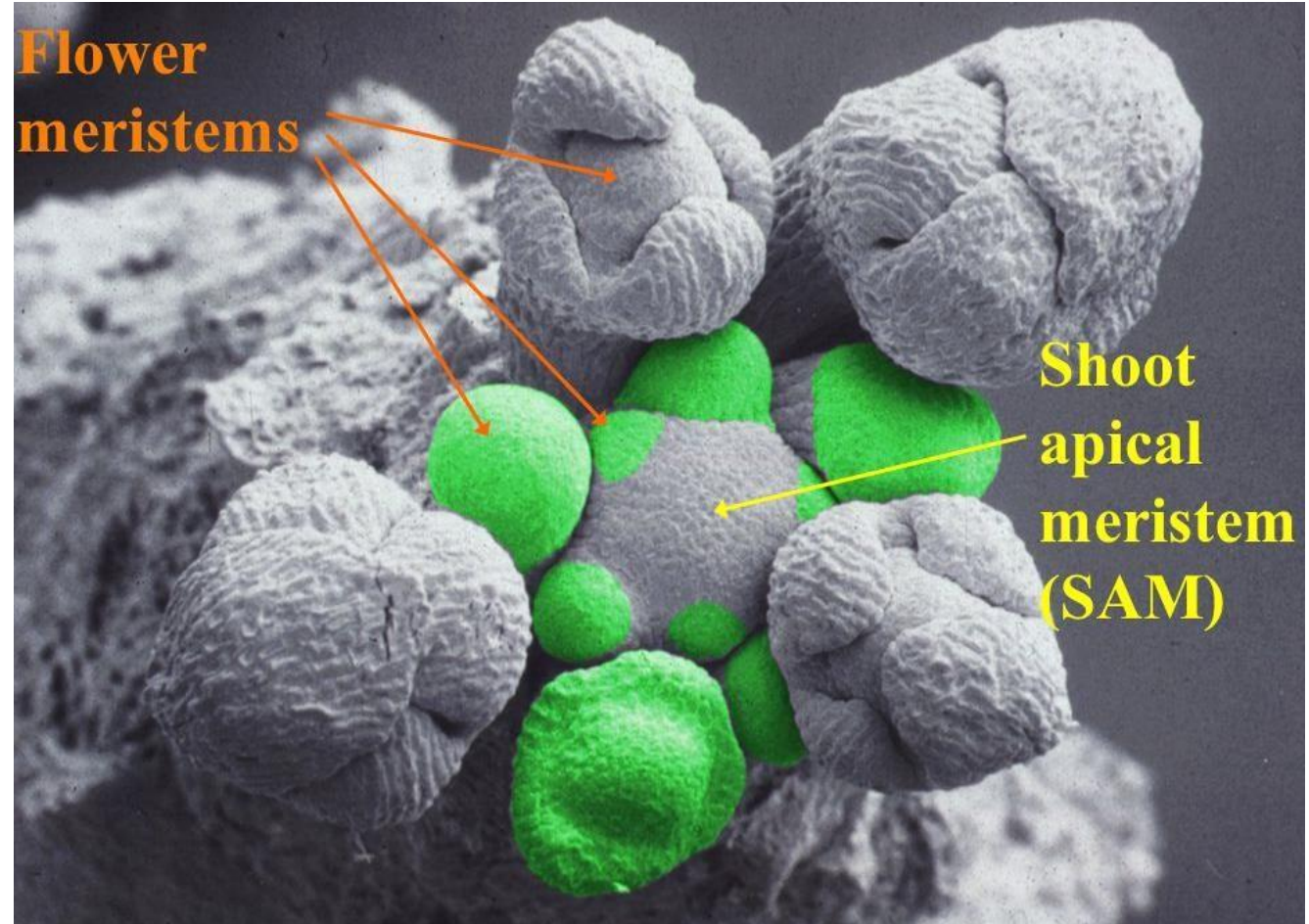


**krok 4**

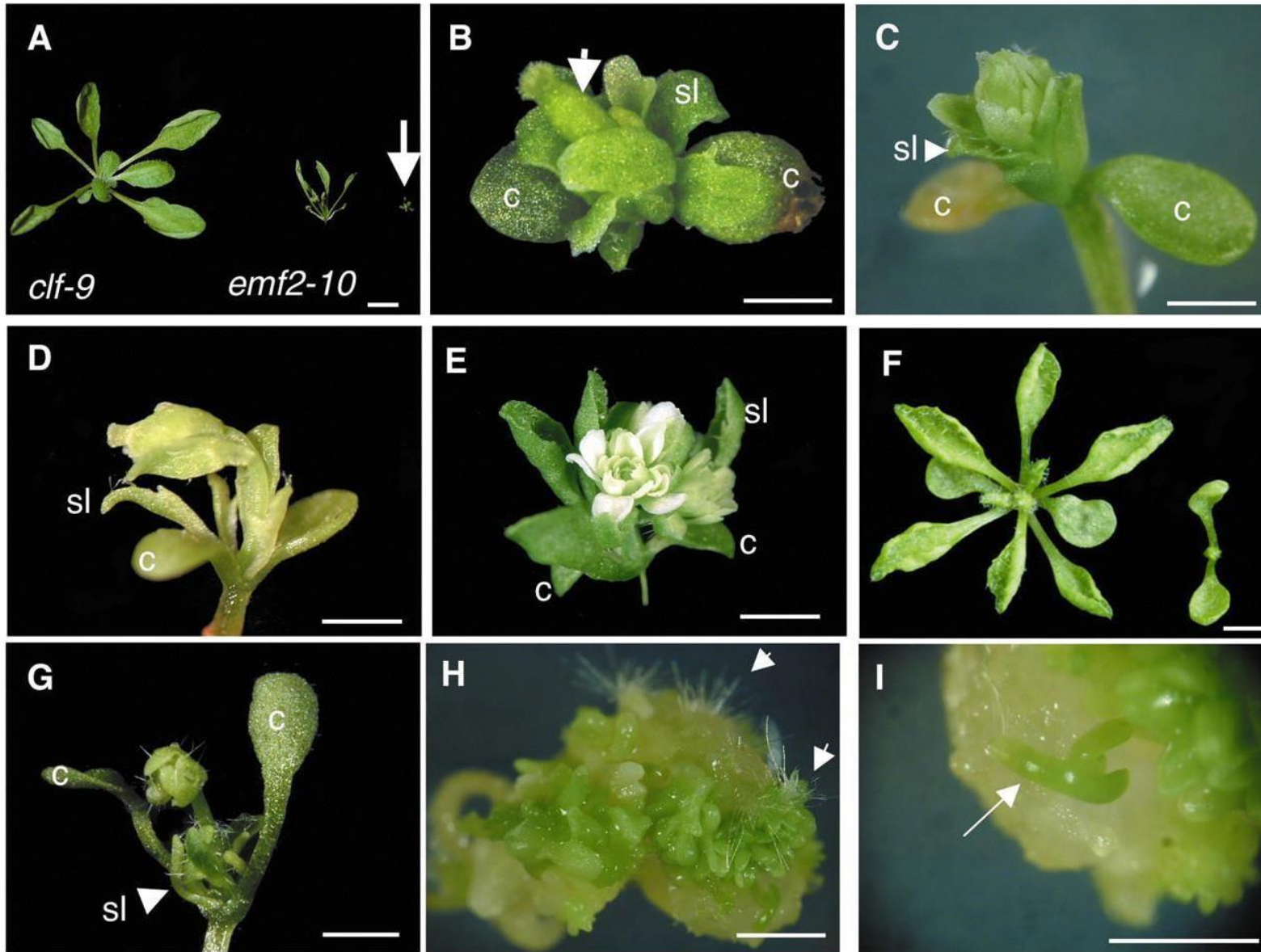
homeotické geny

př. *Apetala 3*

determinace květních  
orgánových primordií



# *Embryonic Flower*

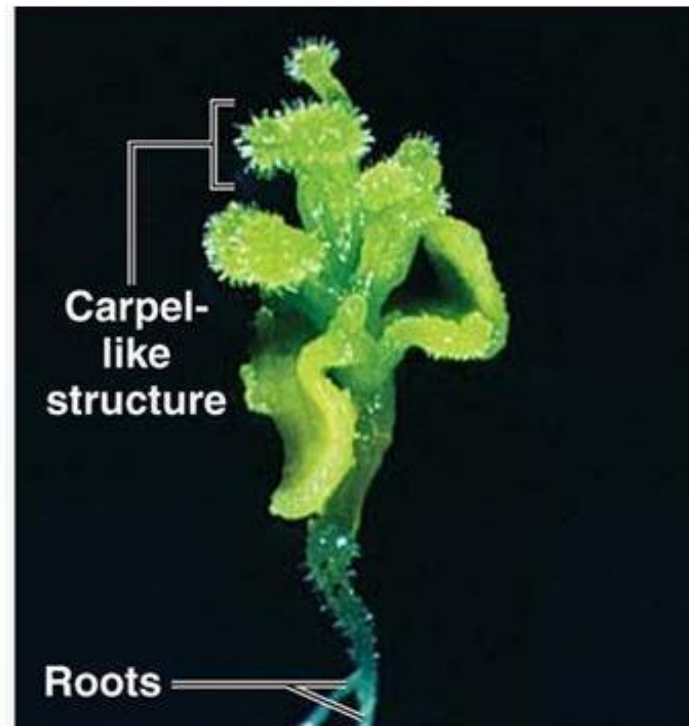


# Reproductive Development

Flowering is the default state

In *Arabidopsis*, the gene ***embryonic flower (EMF)*** prevents early flowering

***-emf* mutants**  
lacking a functional  
EMF protein flower  
immediately



# Genetické řízení procesů vývinu květů

vegetativní meristém



**krok 1**

květní geny

př. *Embryonic flower*

meristém květenství



**krok 2**

geny meristémové identity

př. *Leafy*

květní meristém



**krok 3**

katastrální geny

př. *Superman*

tvorba květních  
orgánových primordií

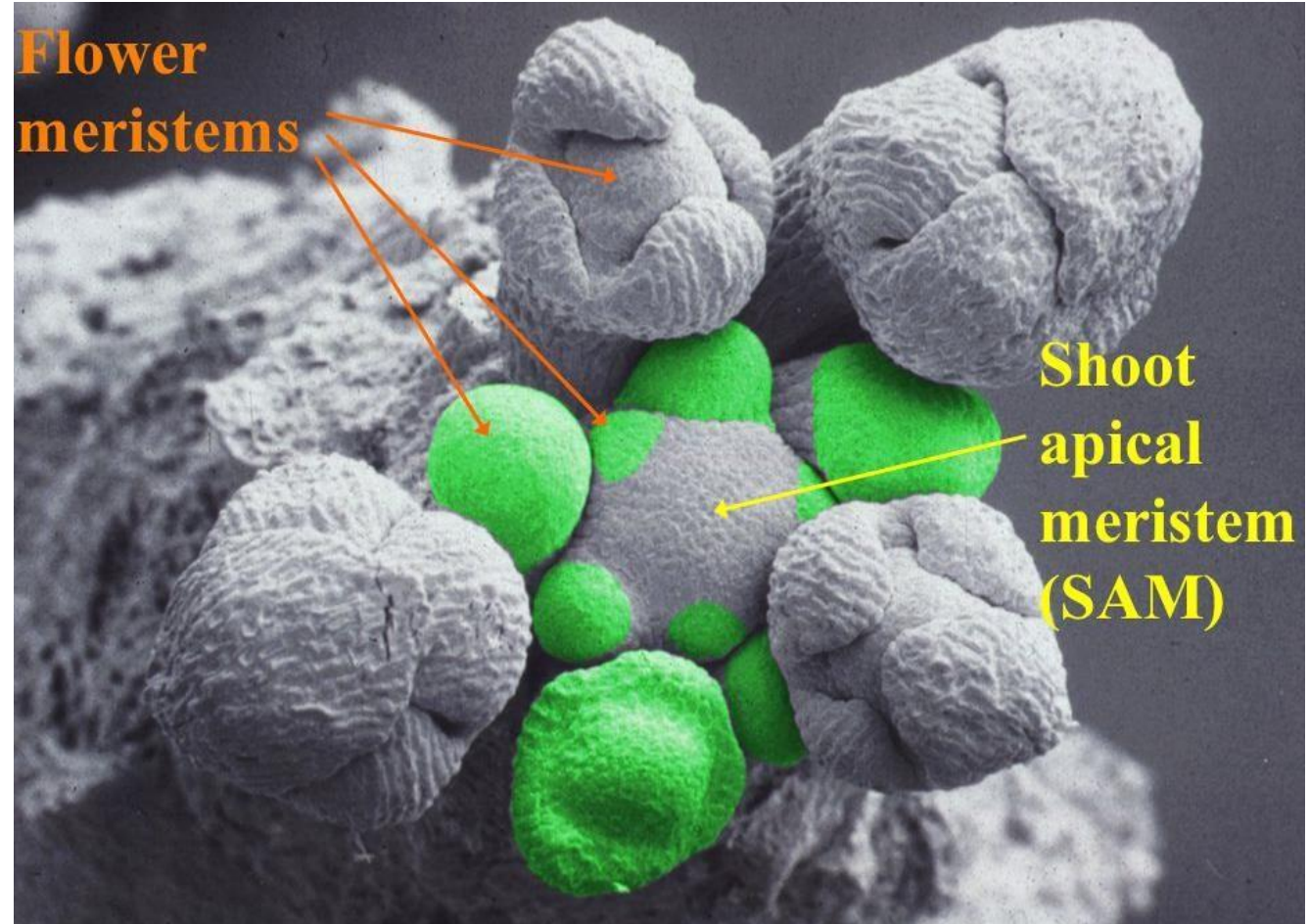


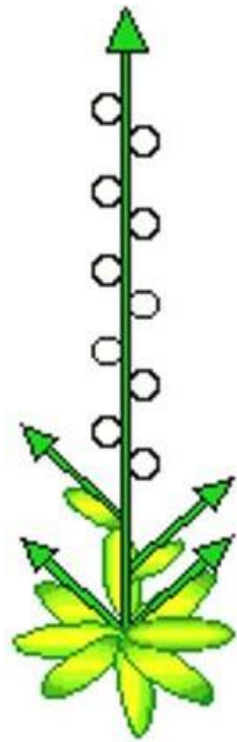
**krok 4**

homeotické geny

př. *Apetala 3*

determinace květních  
orgánových primordií

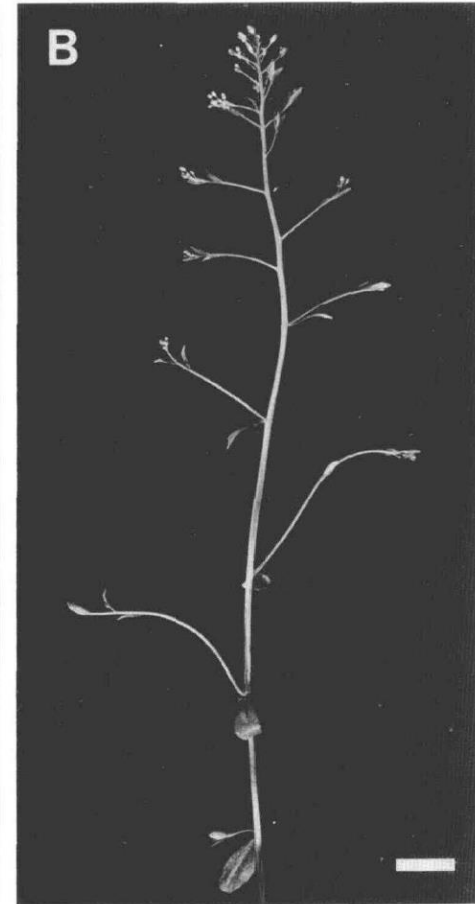




wild type



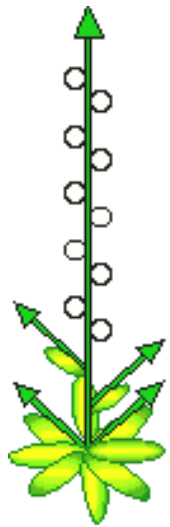
*leafy*



## Geny meristémové identity



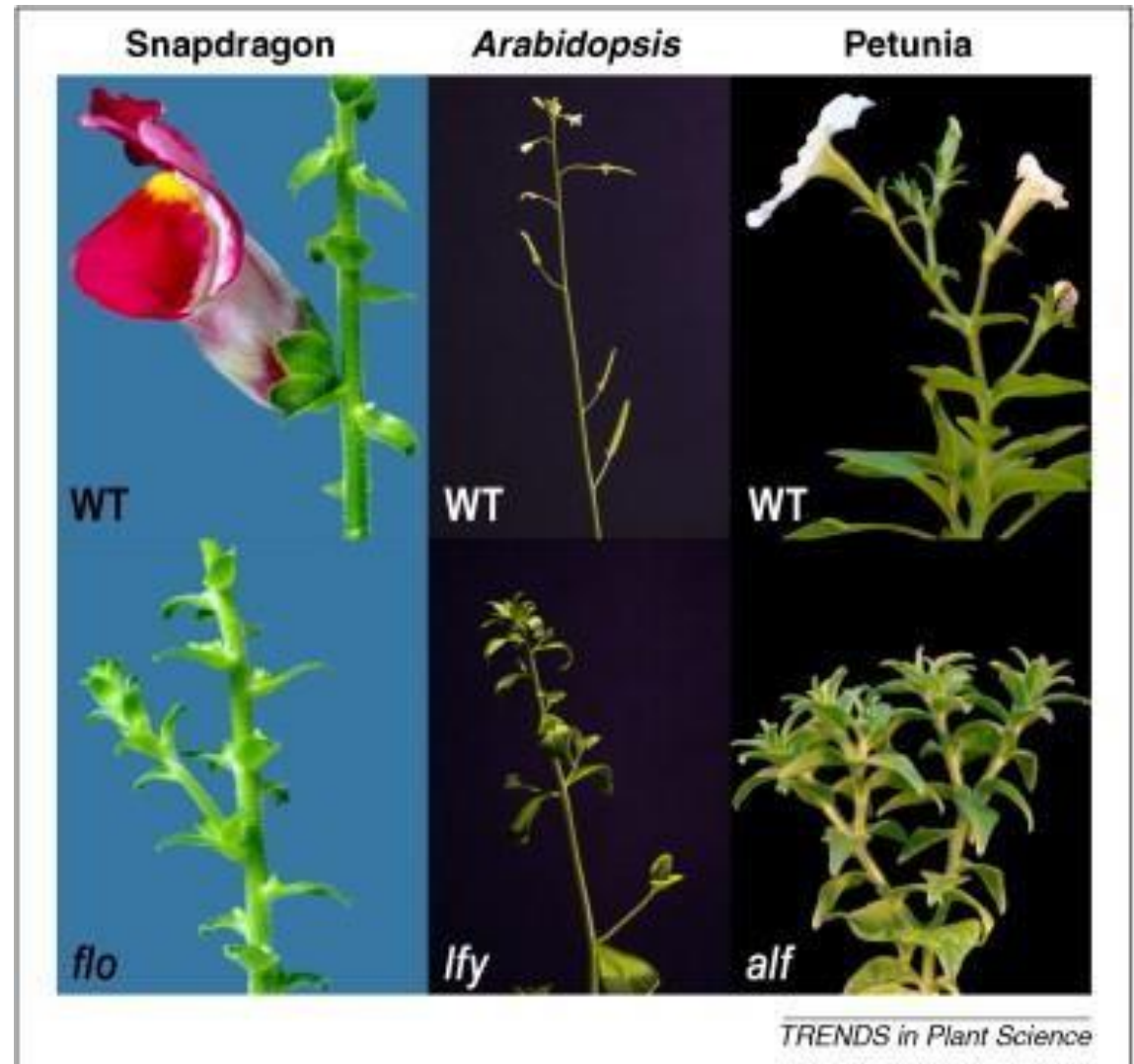
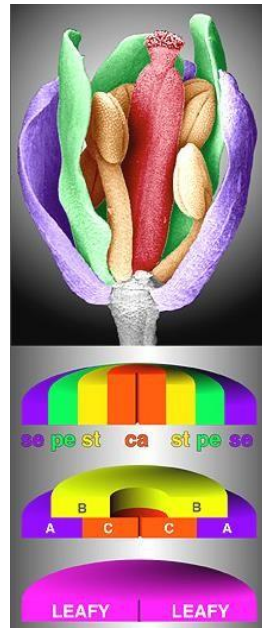
# Gen *LEAFY* řídí tranzici vegetativního růstu v kvetení



wild type



leafy



# Genetické řízení procesů vývinu květů

vegetativní meristém



**krok 1**

květní geny

př. *Embryonic flower*

meristém květenství



**krok 2**

geny meristémové identity

př. *Leafy*

květní meristém



**krok 3**

katastrální geny

př. *Superman*

tvorba květních  
orgánových primordií

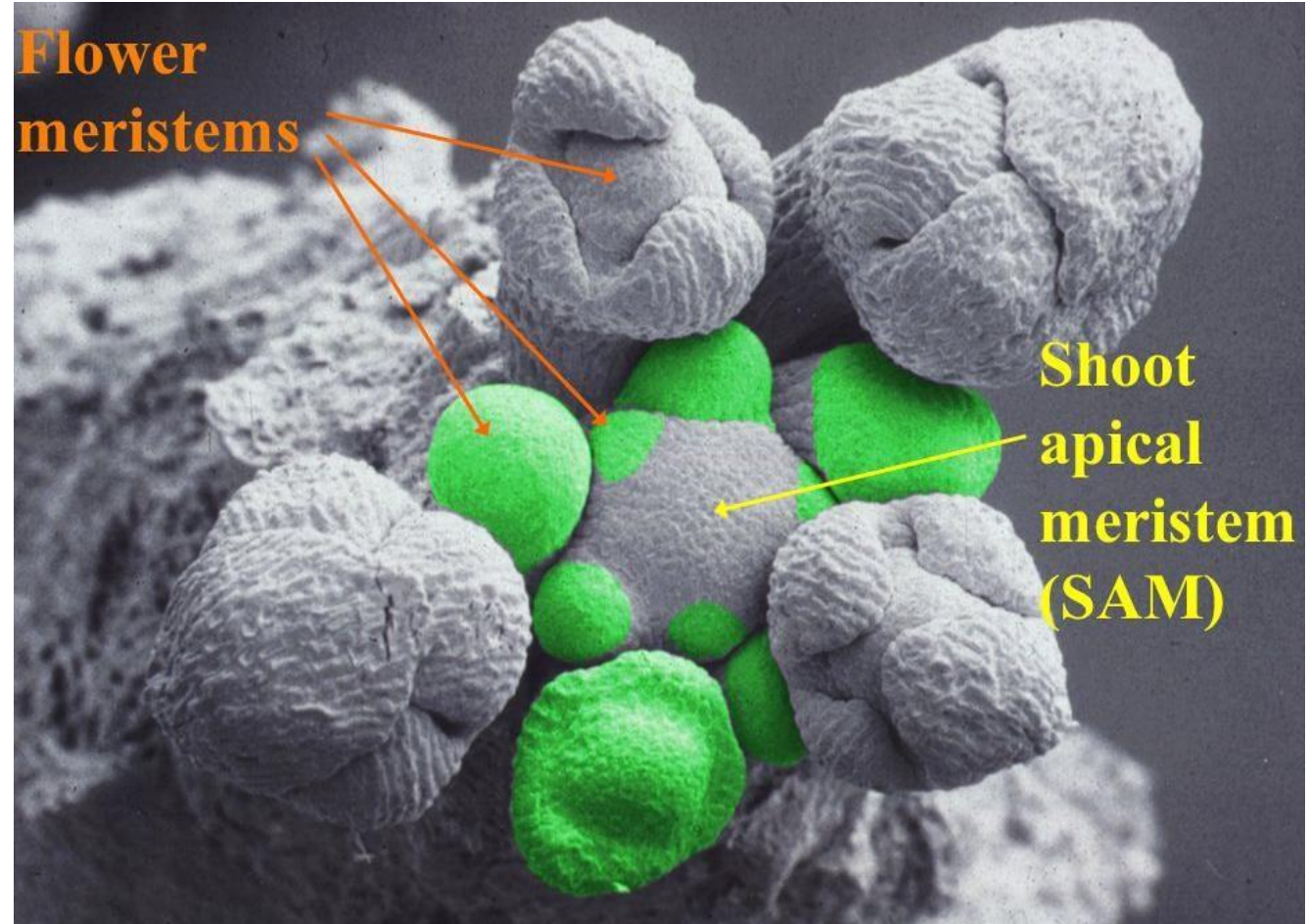


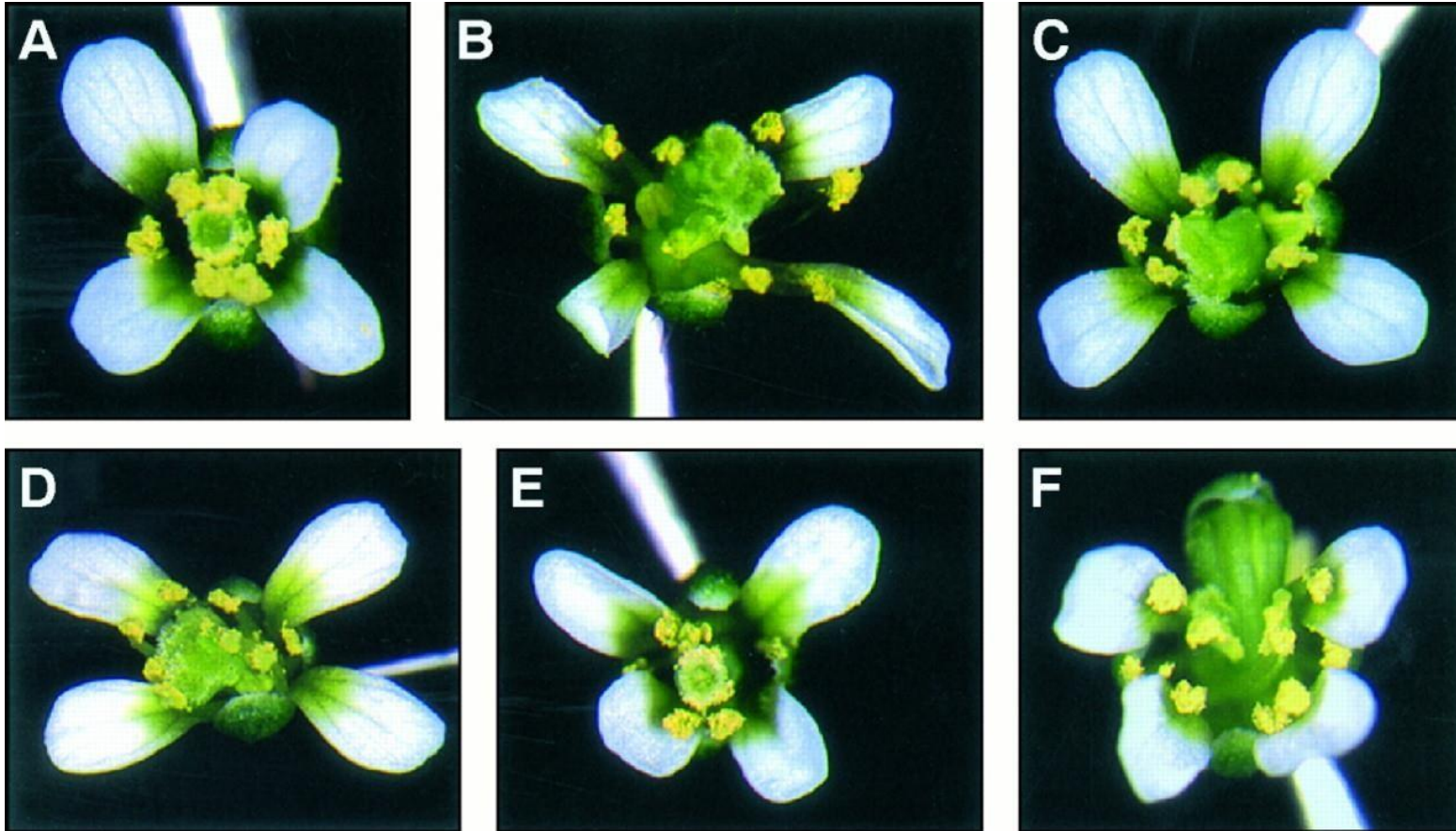
**krok 4**

homeotické geny

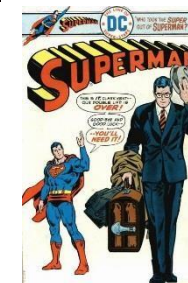
př. *Apetala 3*

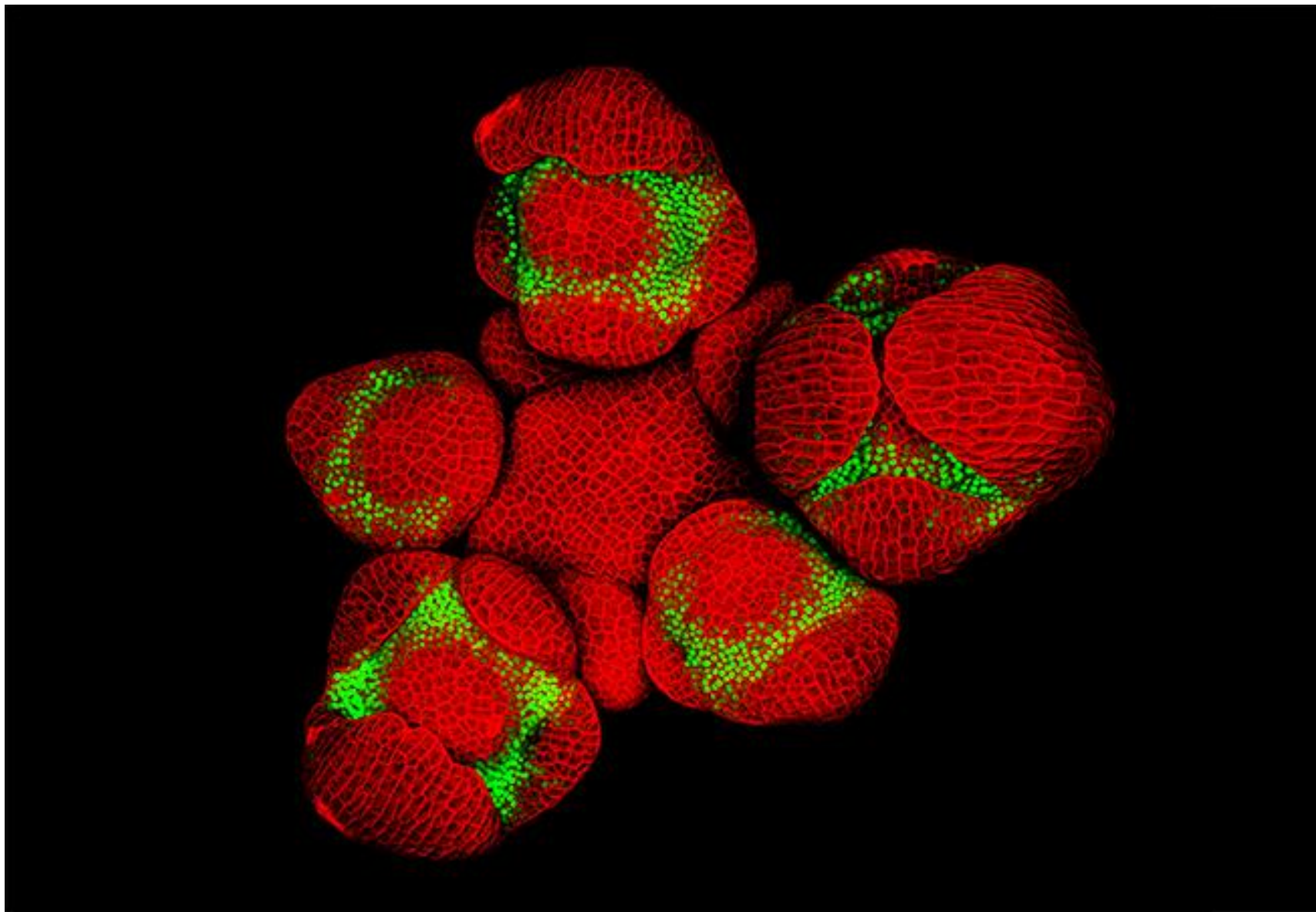
determinace květních  
orgánových primordií





*Arabidopsis thaliana*  
**katastrální geny**





*Arabidopsis thaliana*  
**katastrální geny**

# Genetické řízení procesů vývinu květů

vegetativní meristém



**krok 1**

květní geny

př. *Embryonic flower*

meristém květenství



**krok 2**

geny meristémové identity

př. *Leafy*

květní meristém



**krok 3**

katastrální geny

př. *Superman*

tvorba květních  
orgánových primordií

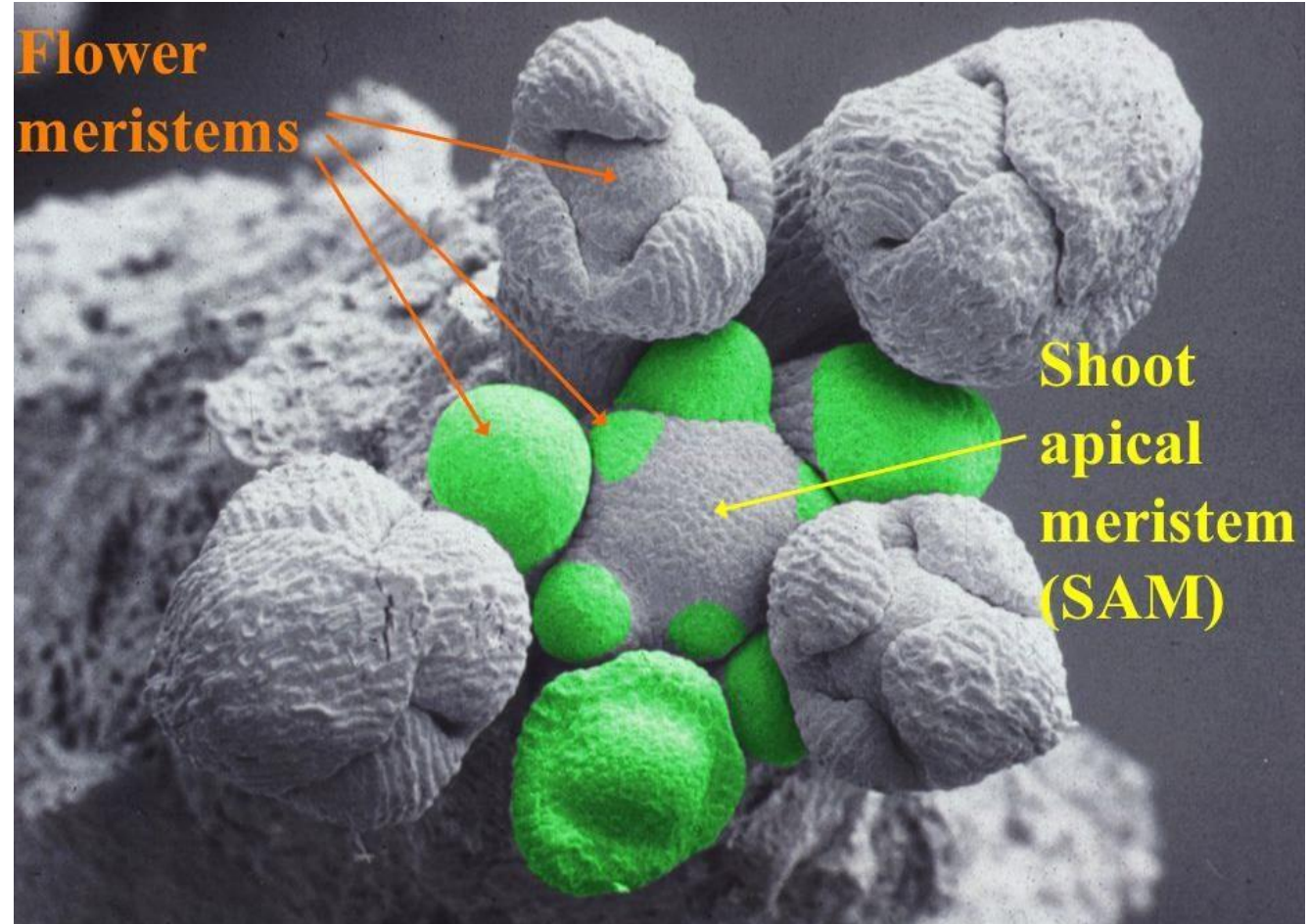


**krok 4**

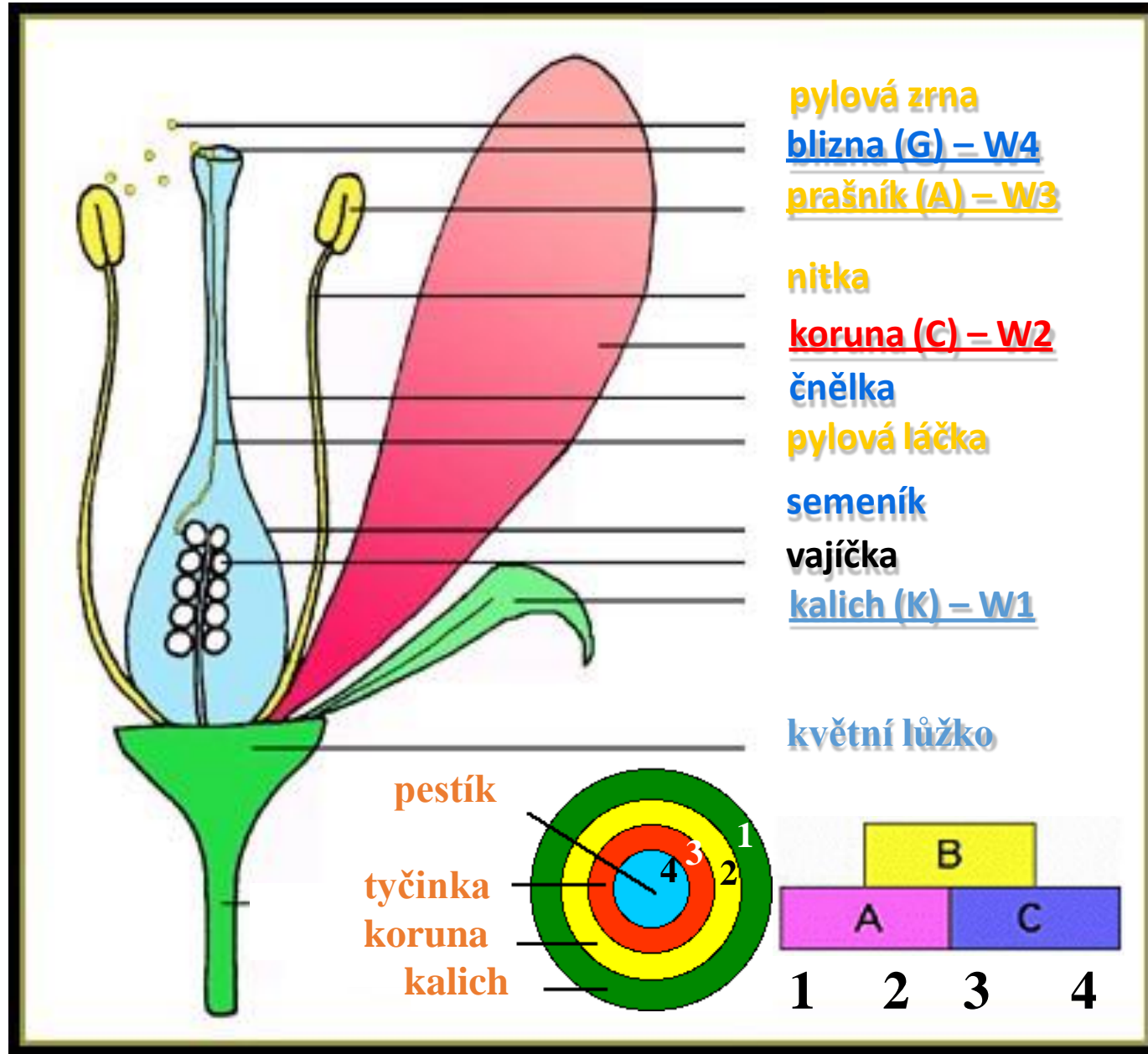
homeotické geny

př. *Apetala 3*

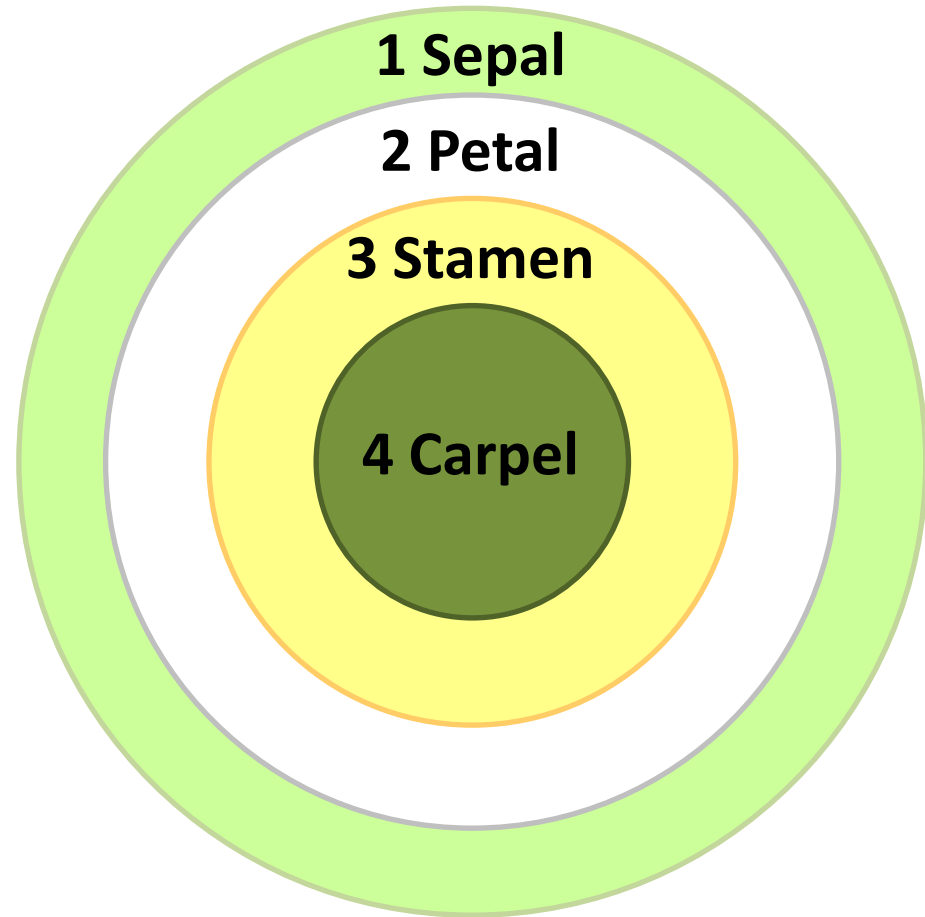
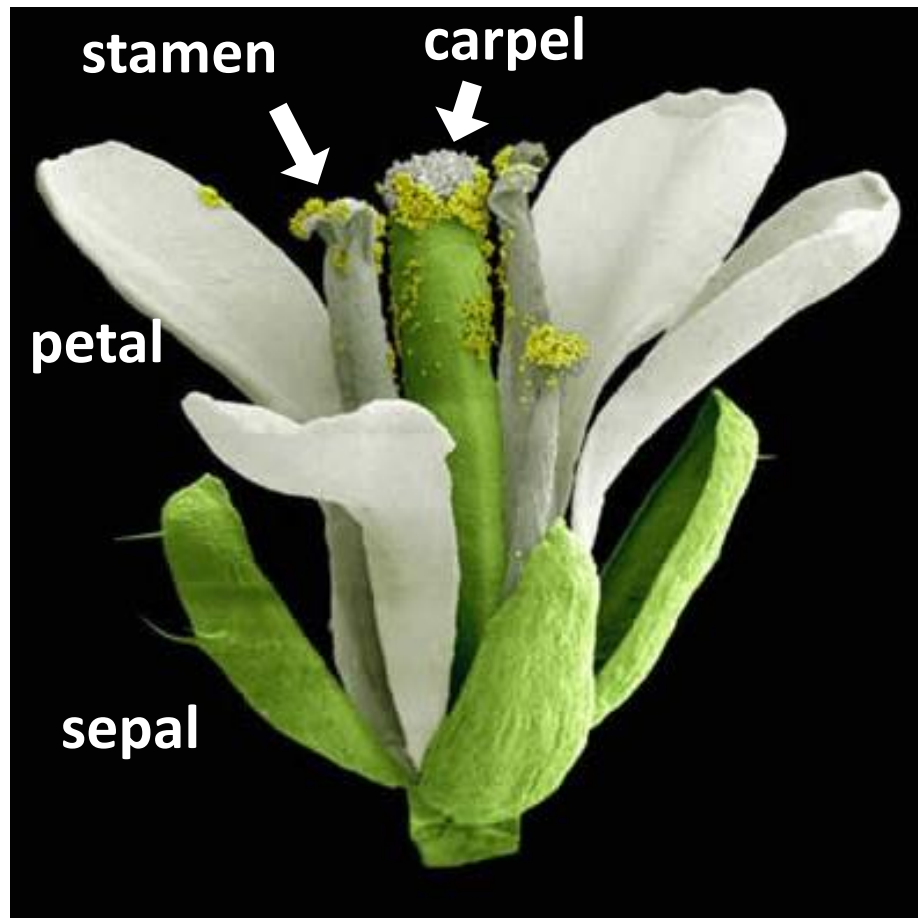
determinace květních  
orgánových primordií



# KVĚT: komplex reprodukčních orgánů krytosemenných rostlin

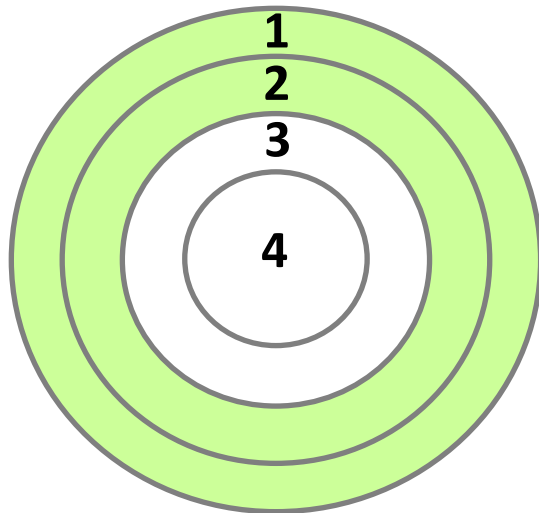


Květní orgány jsou uspořádány v koncentrických kruzích

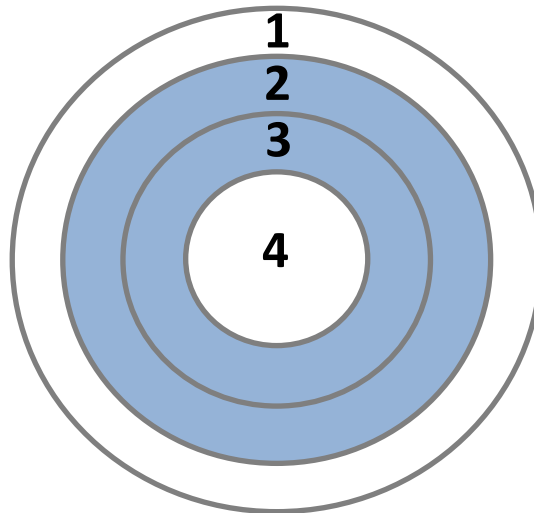


# Identita květních orgánů je determinována na základě působení tří skupin genů - ABC

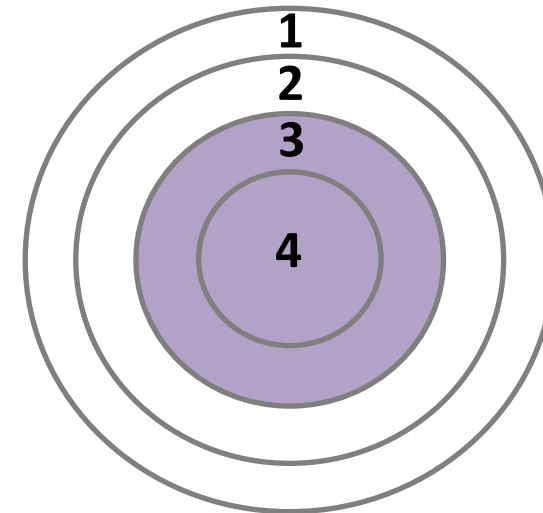
A genes



B genes

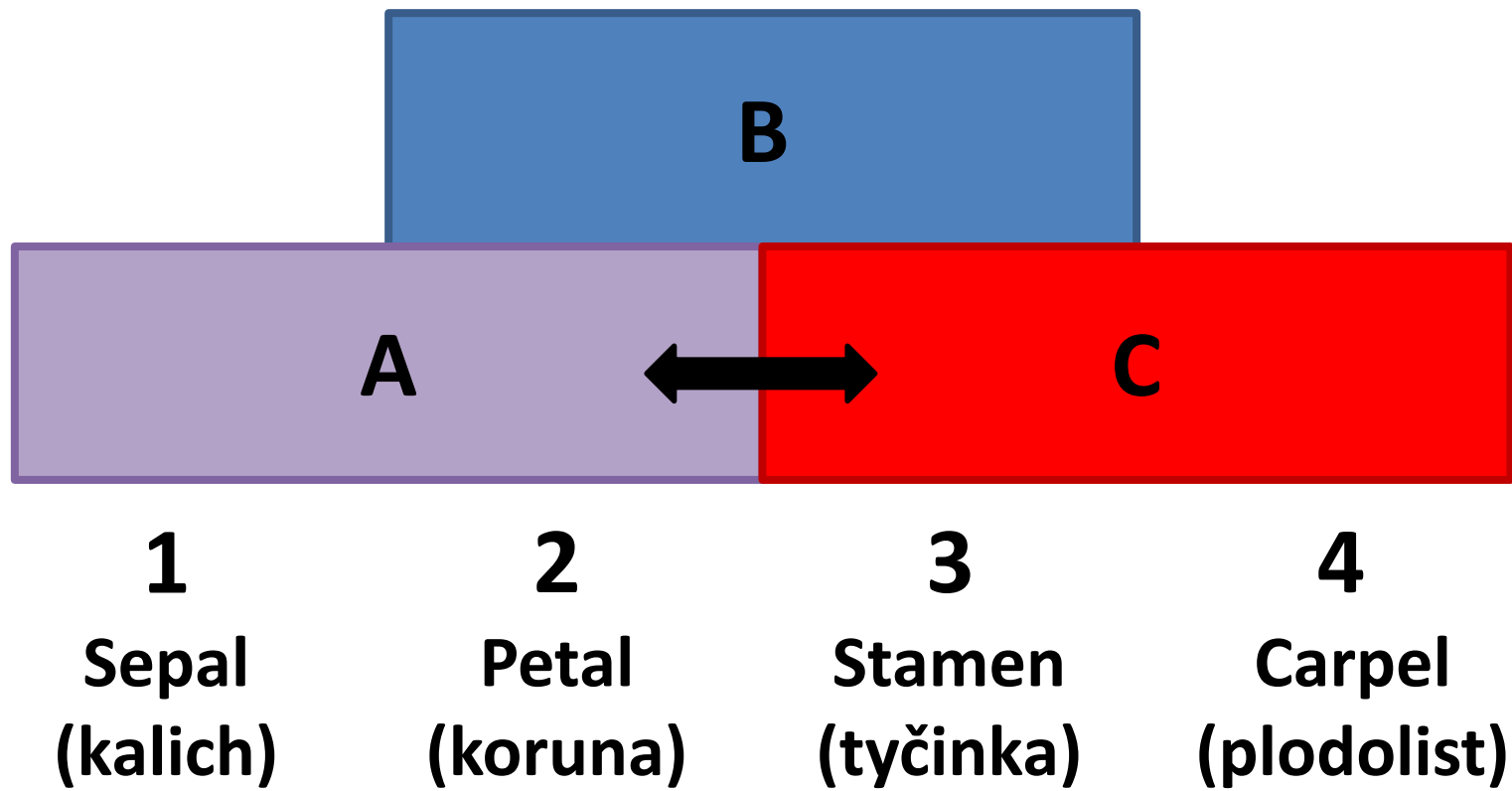
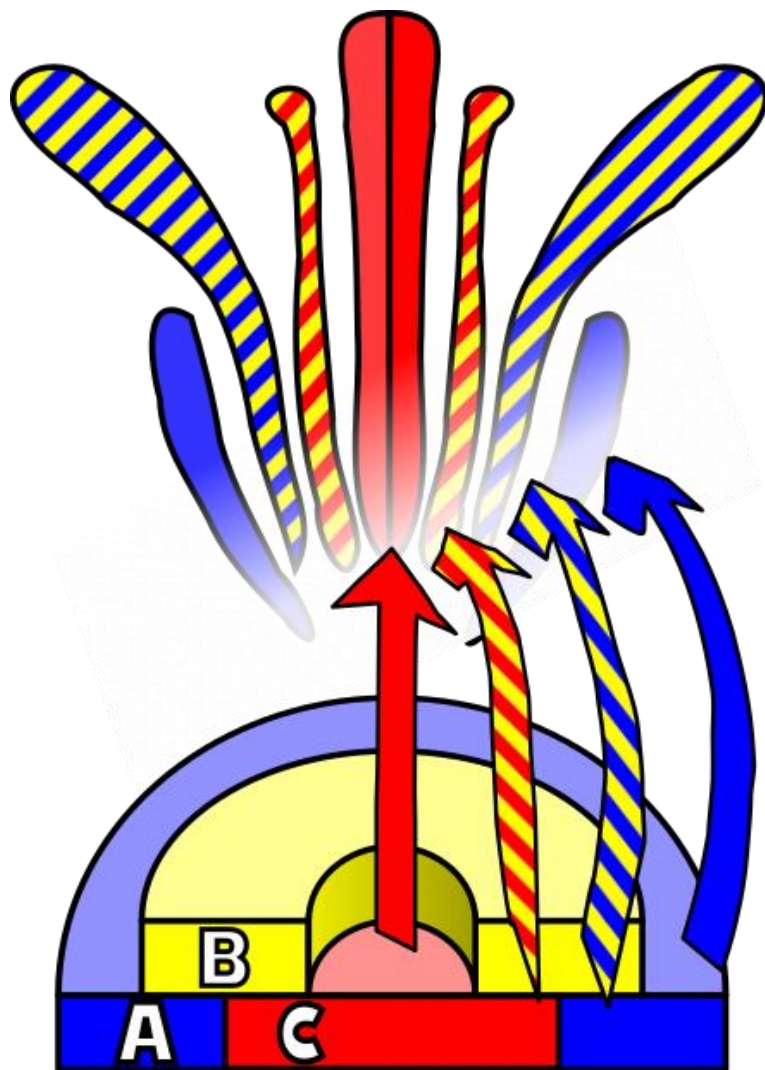


C genes

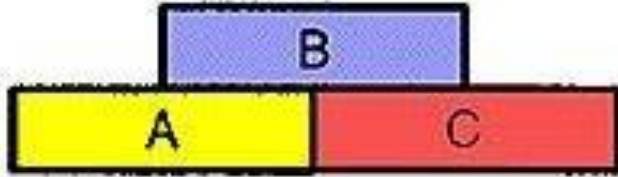




# ABC model



*wild-typ*



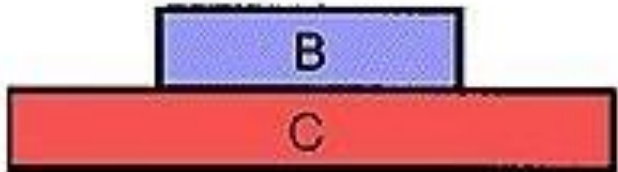
kalich koruna prašník pestík

*mutant skupiny B*



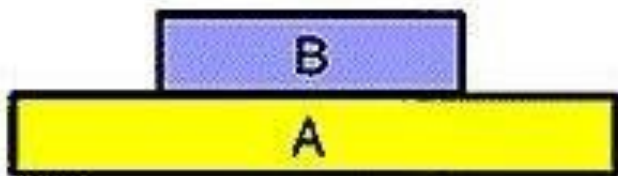
kalich kalich pestík pestík

*mutant skupiny A*



pestík prašník prašník pestík

*mutant skupiny C*



kalich koruna koruna kalich

# Homeotické geny s MADS-boxem řídí specifitu květních orgánů: model ABC u *Arabidopsis thaliana*

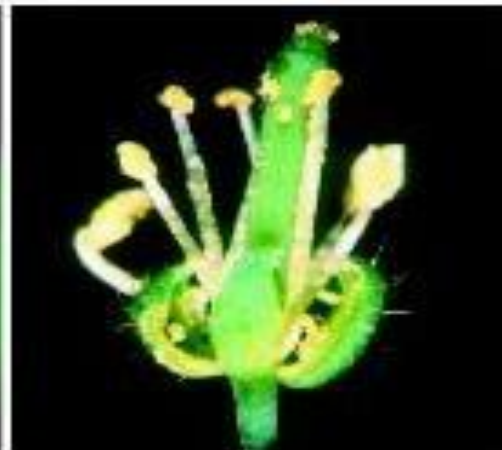
tři skupiny transkripčních faktorů ABC určují specifitu čtyř květních kruhů

K (kalichu), C (koruny), A (tyčinek) a G(pestíku)

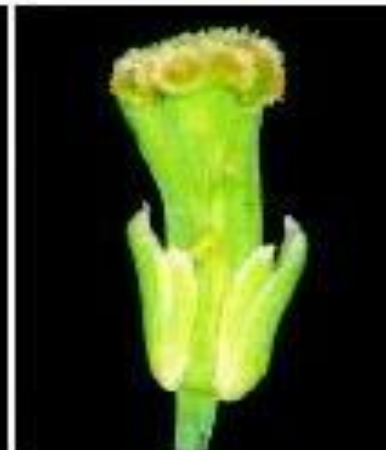
**WT**  
**KCAG (bisexuální)**



**mutace A: *apetala 2***  
**GAAG (hypersexuální)**



**mutace B: *pistillata***  
**KKGG (samičí)**



**mutace C: *agamous***  
**KCKK (asexuální)**

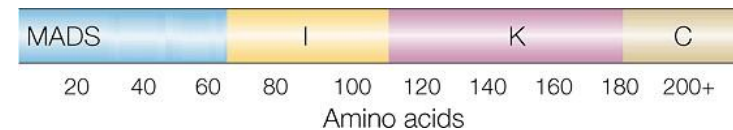
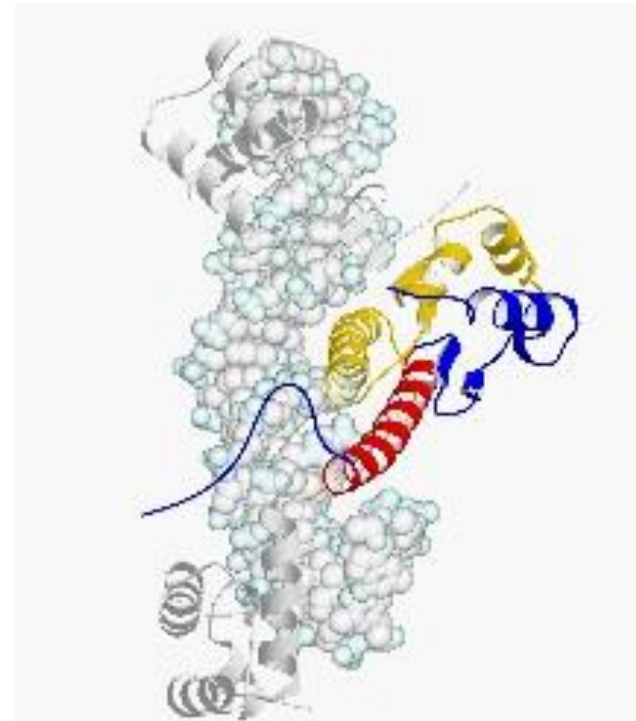


# MADS-boxové geny : alternativní regulátory segmentace a vývoje



- N ... amino-terminální oblast (extenze)
- MADS - box ... konzervativní 5'-oblast
- I ... slabě konzervativní vmezeřená oblast
- K ... kóduje proteinovou doménu podobnou  
cívkové struktuře keratinu
- C ... karboxy-terminální oblast (aktivátor)

- M ... *MCM1* gen kvasinky
- A ... *agamous* květní gen *Arabidopsis*
- D ... *deficiens* květní gen *Antirrhinum*
- S ... *serum response faktor* člověka



# Domény účinku homeotických genů ABC studované s pomocí GUS



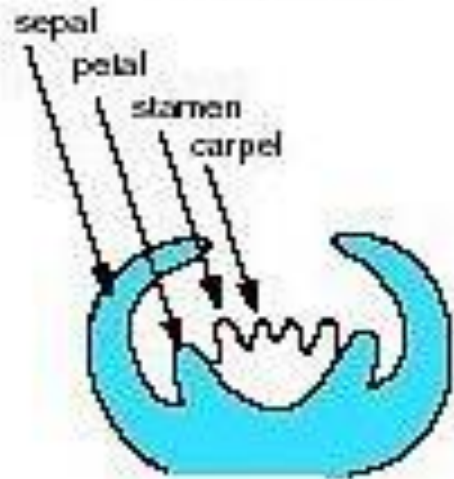
AP1::GUS



AP3::GUS



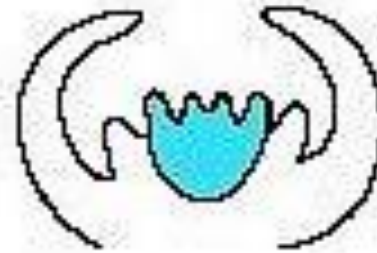
AG::GUS



APETALA 1

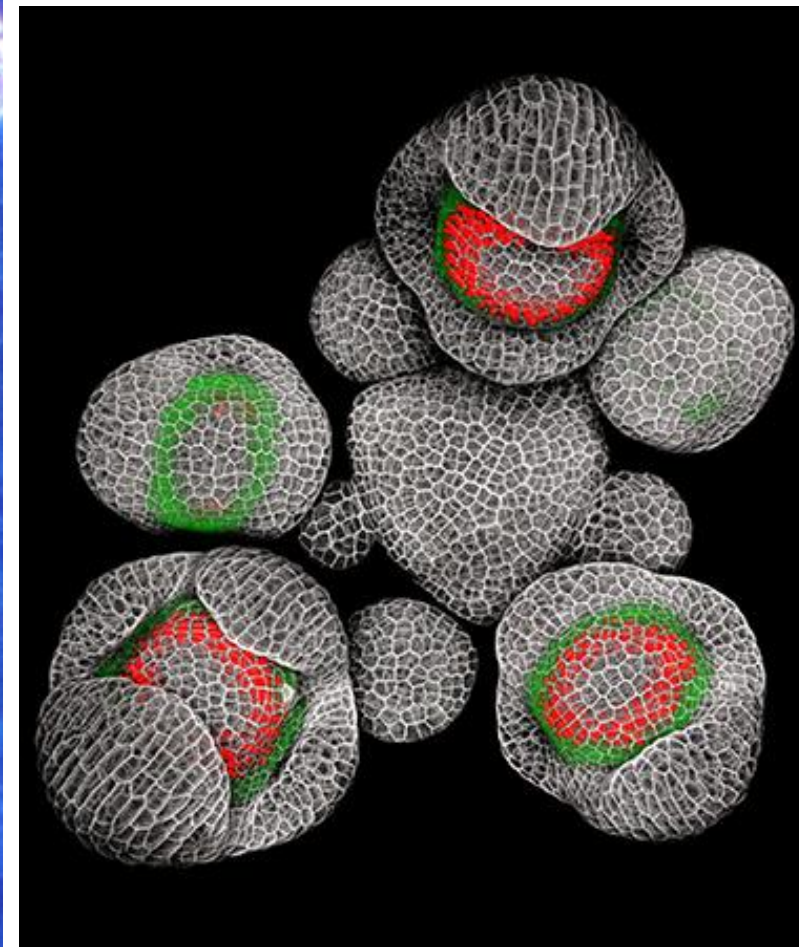
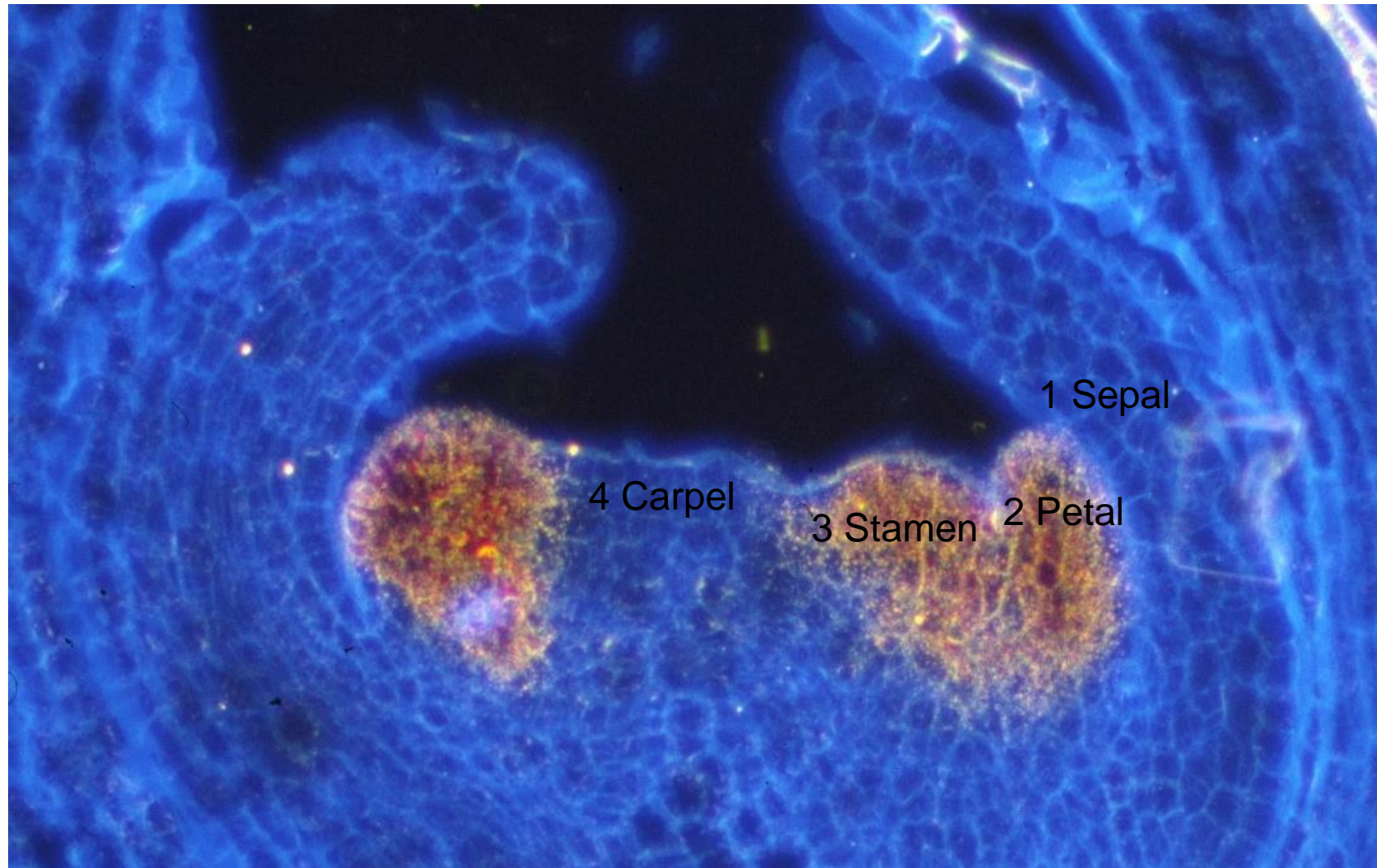


APETALA 3  
PISTILLATA

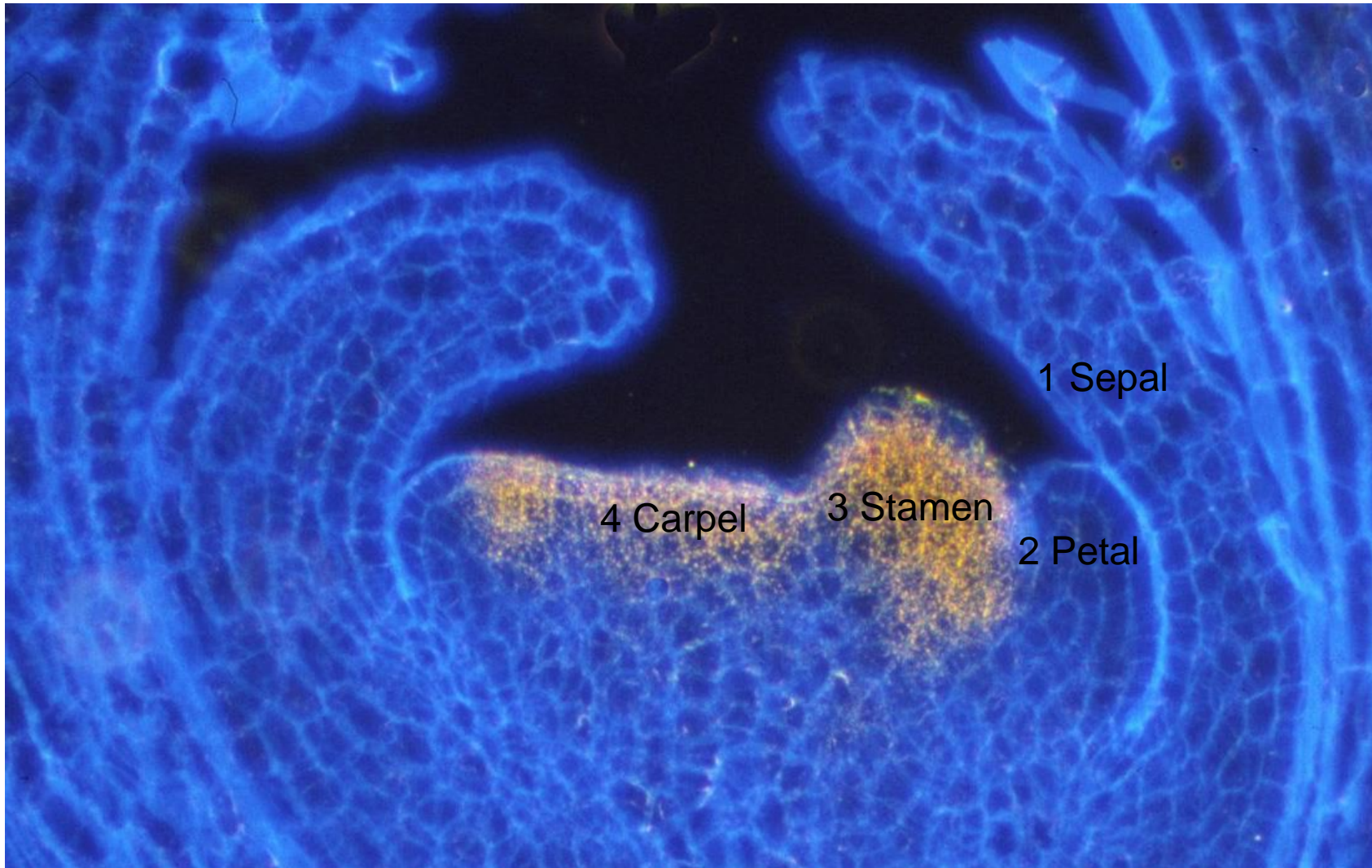


AGAMOUS

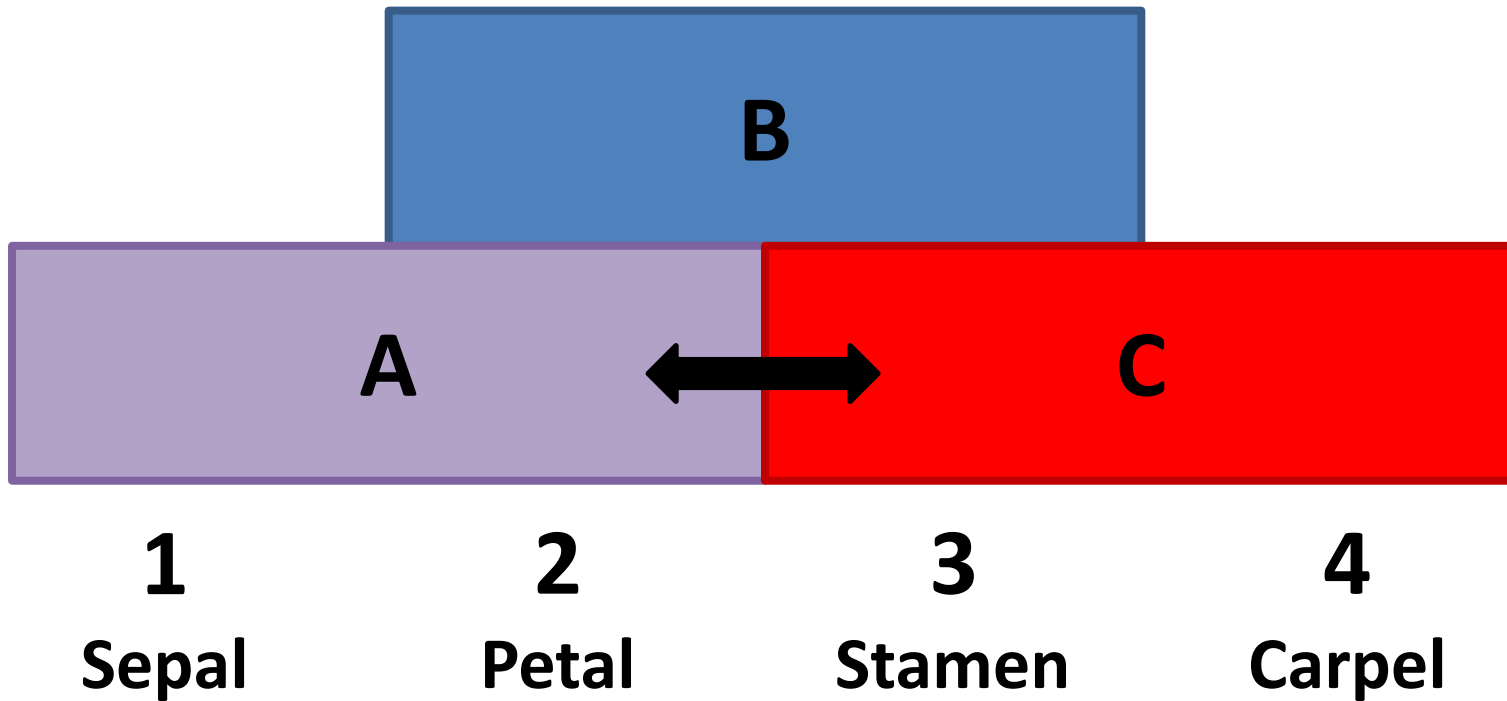
# Exprese genů třídy B



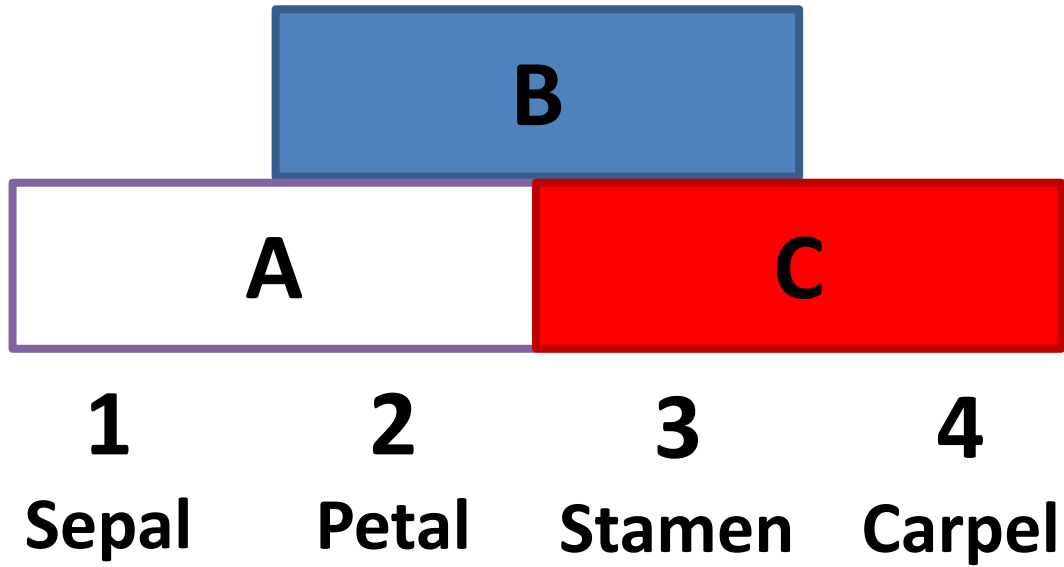
# Expresse genů třídy B



# Can you guess the phenotype?

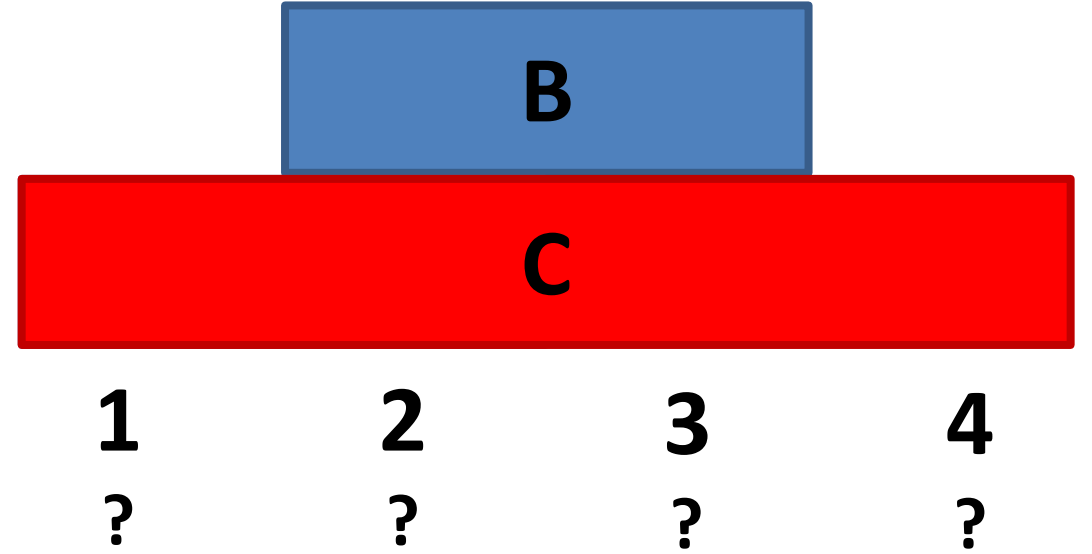
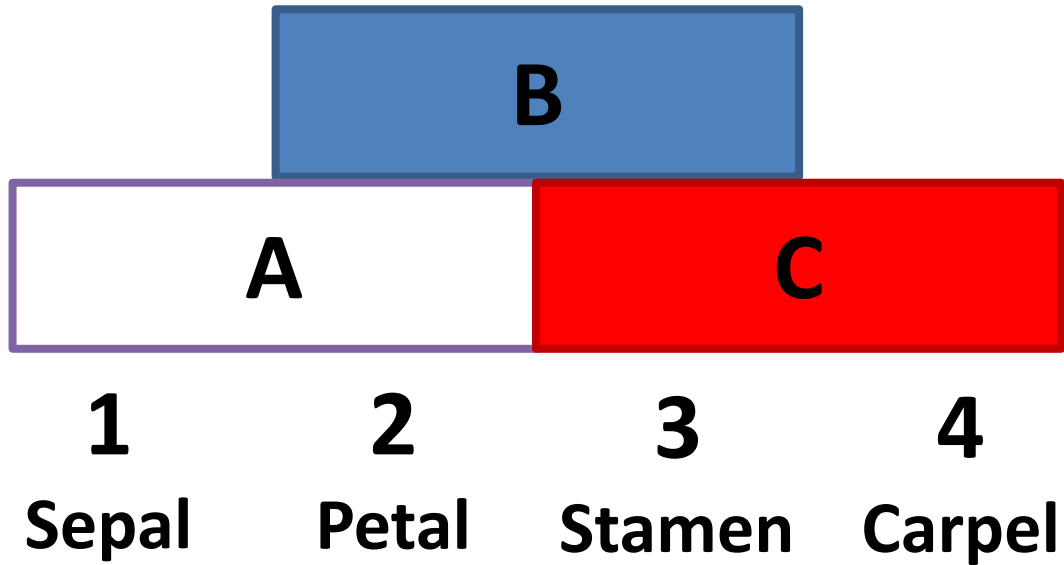


# A Gene Mutations

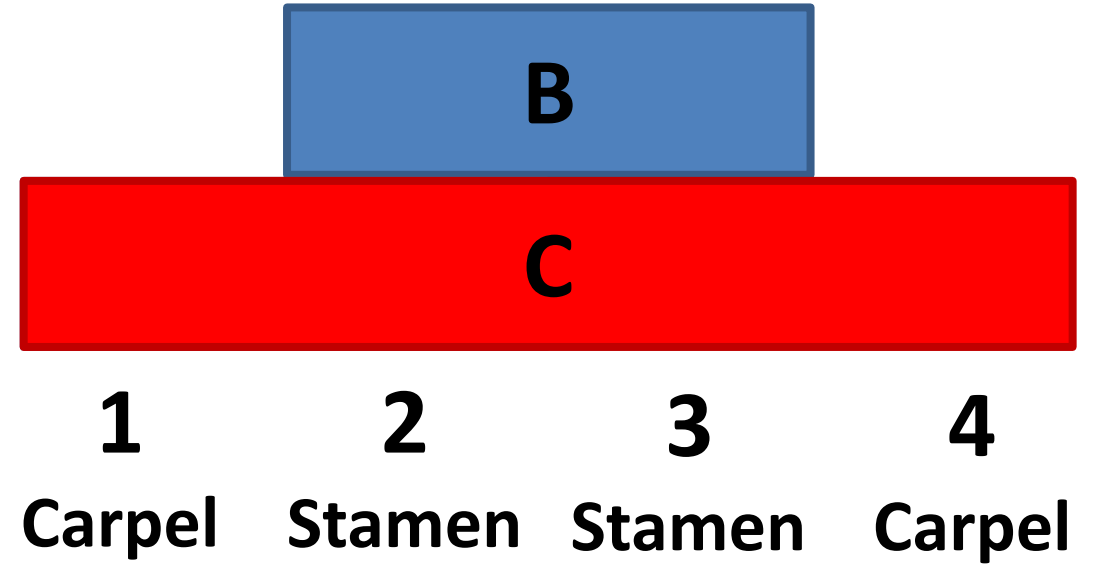
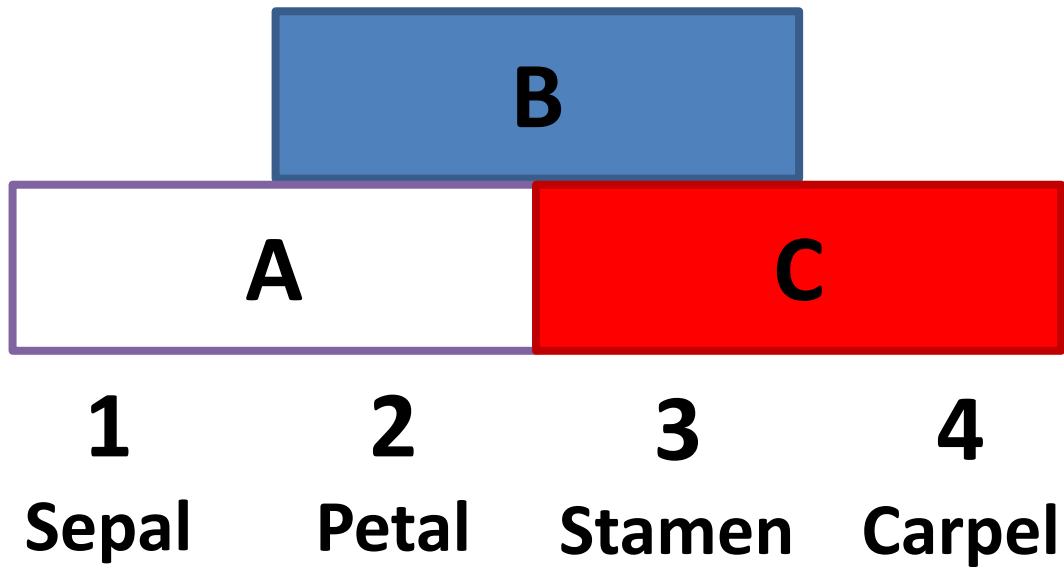




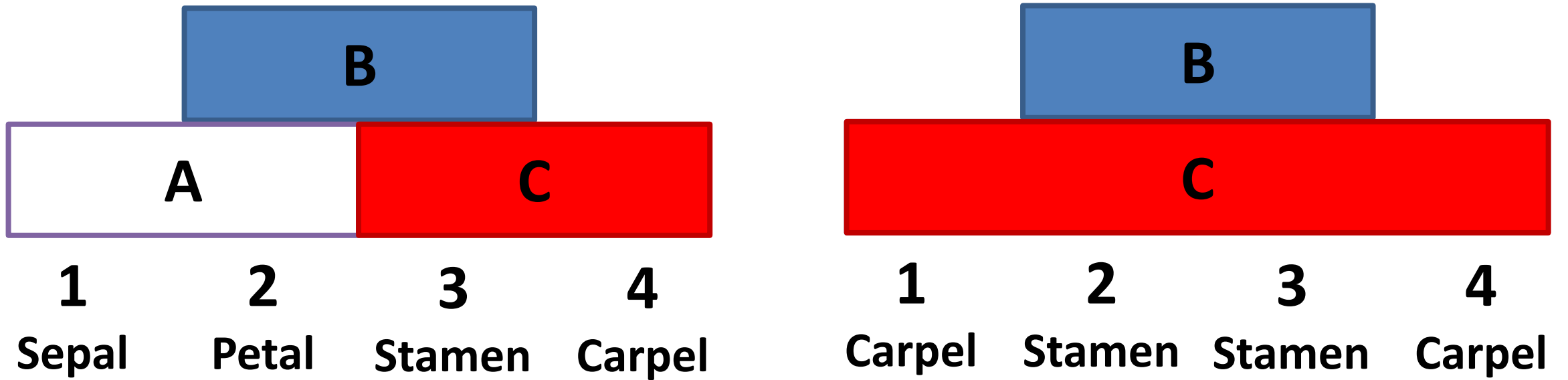
# A Gene Mutations



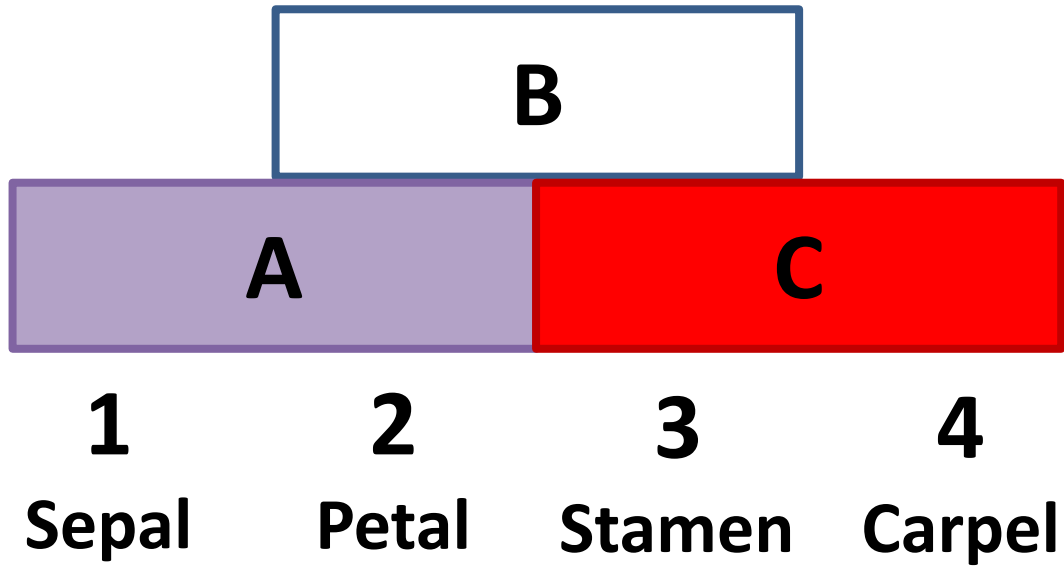
# A Gene Mutations



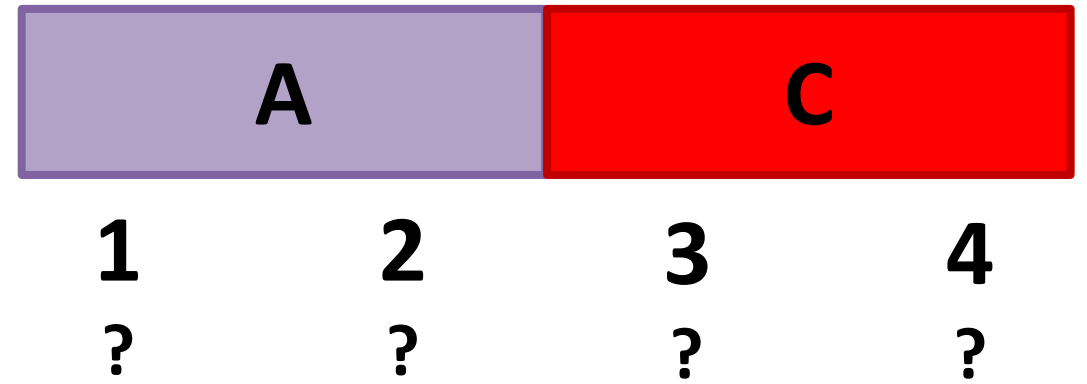
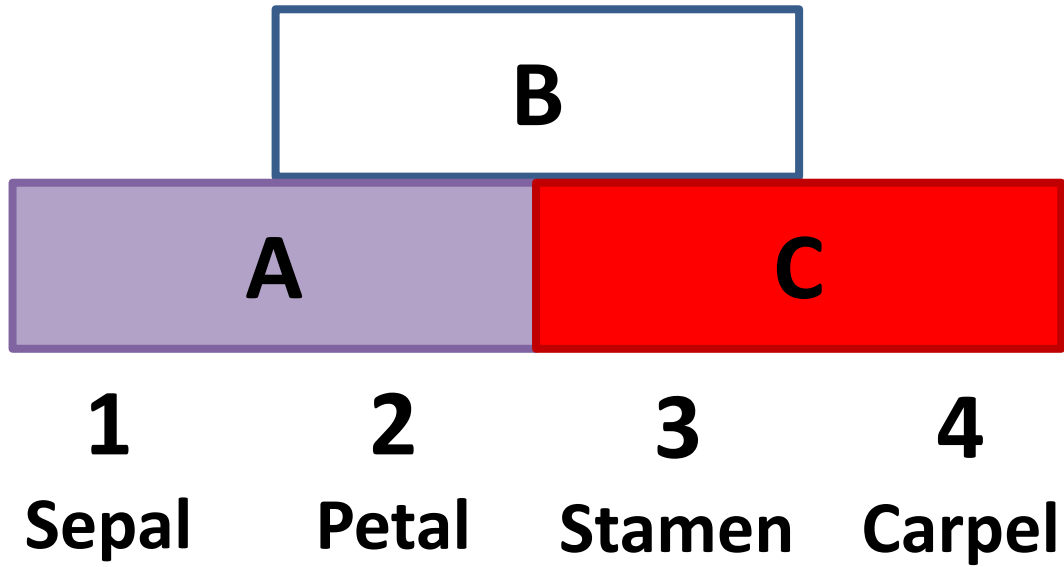
# A Gene Mutations



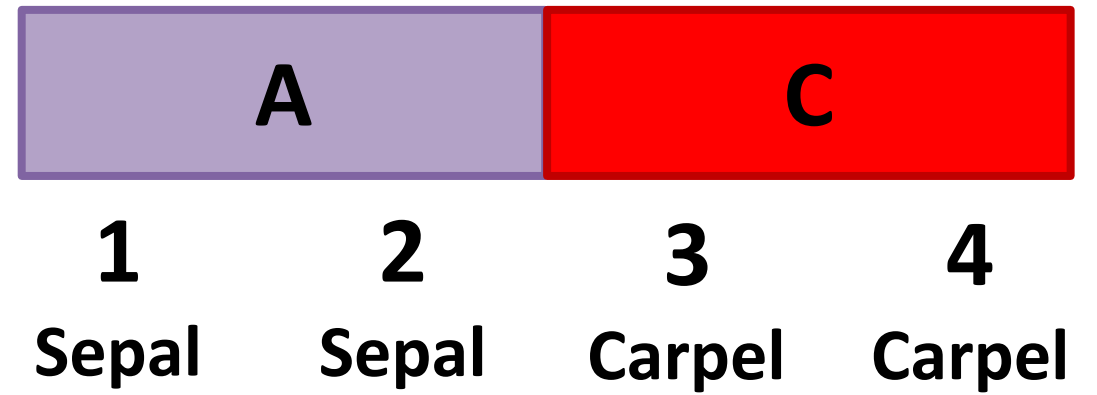
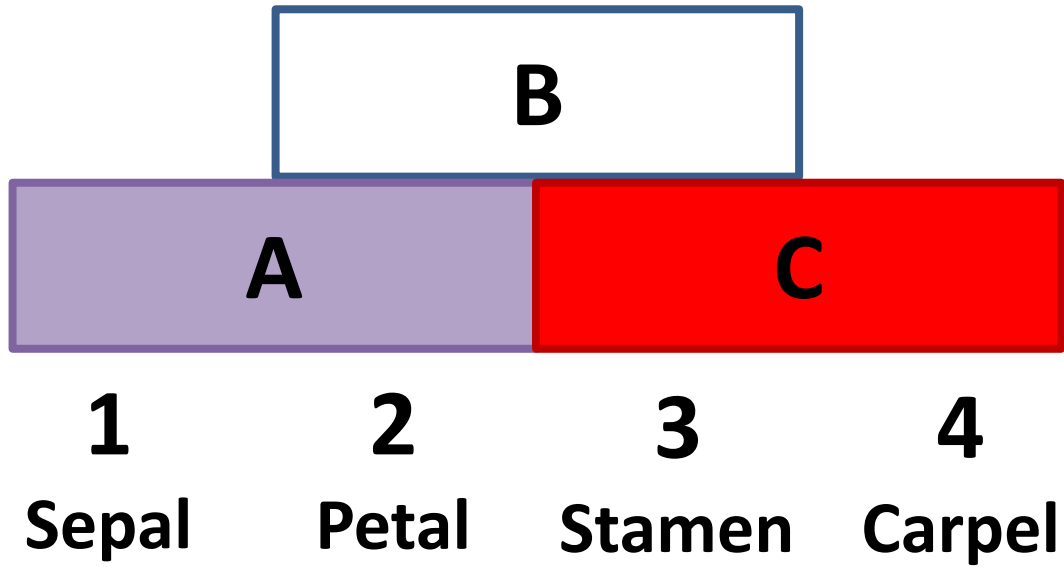
# B Gene Mutations



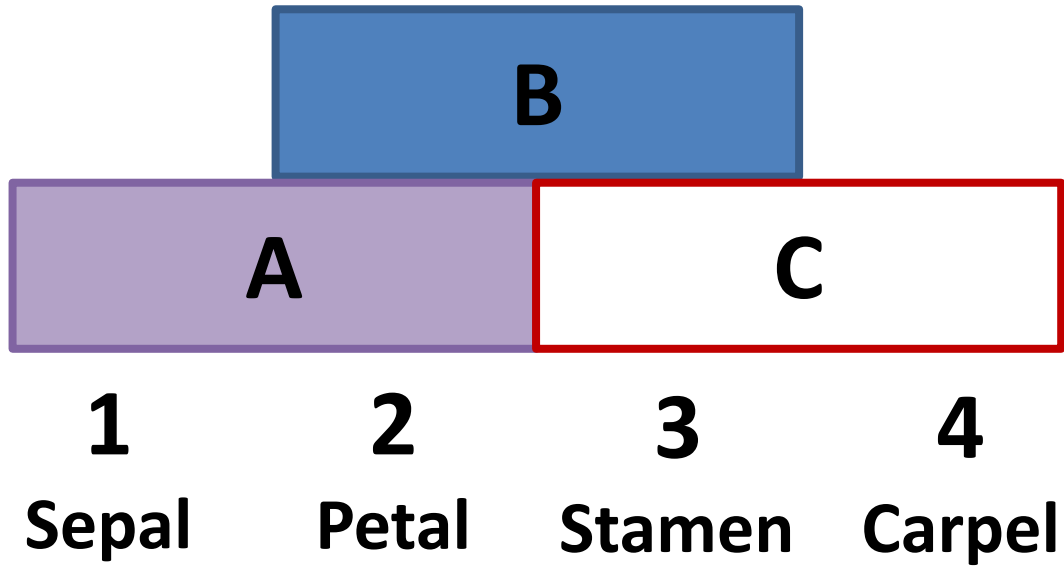
# B Gene Mutations



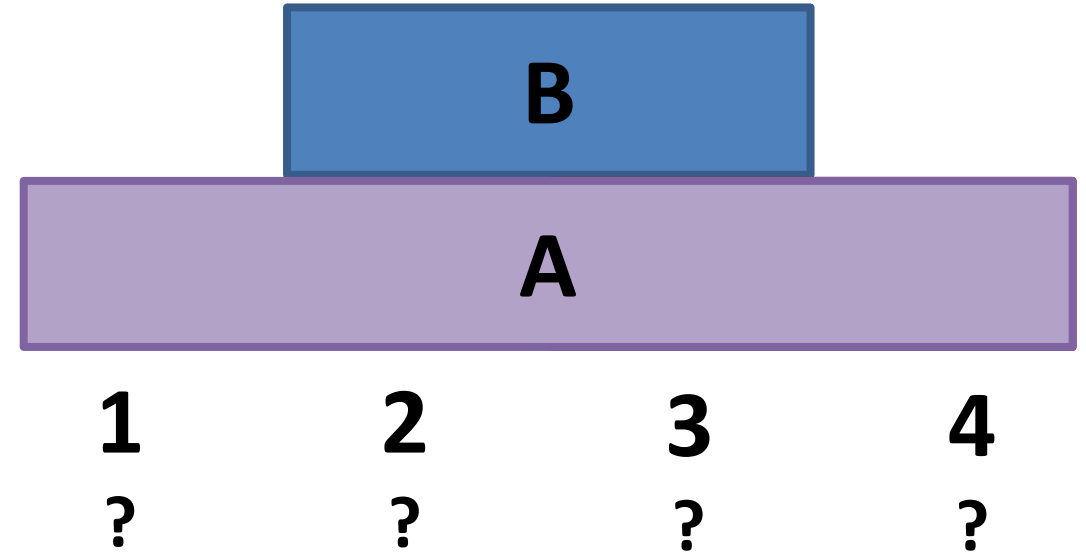
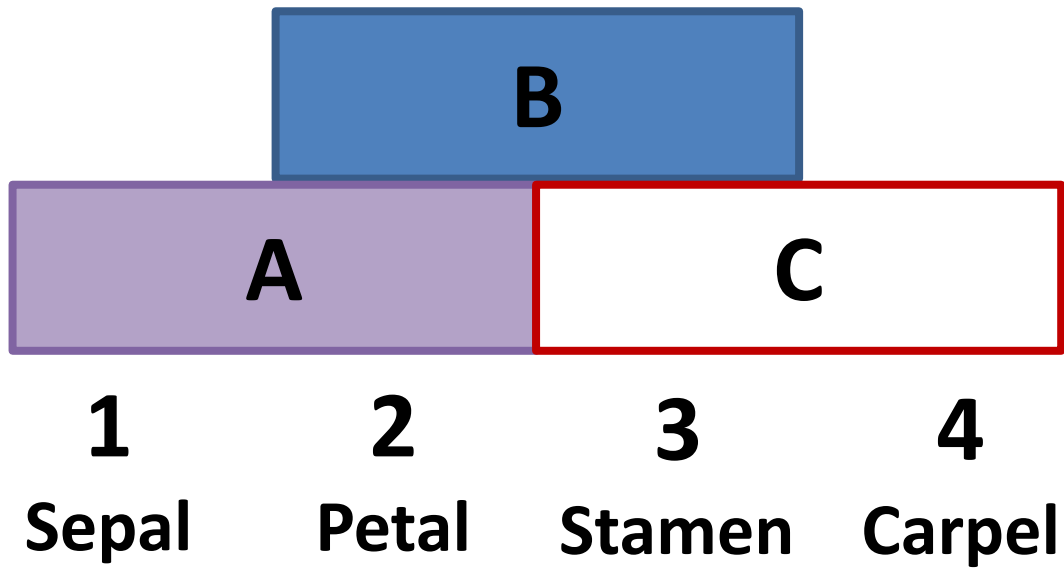
# B Gene Mutations



# C Gene Mutations

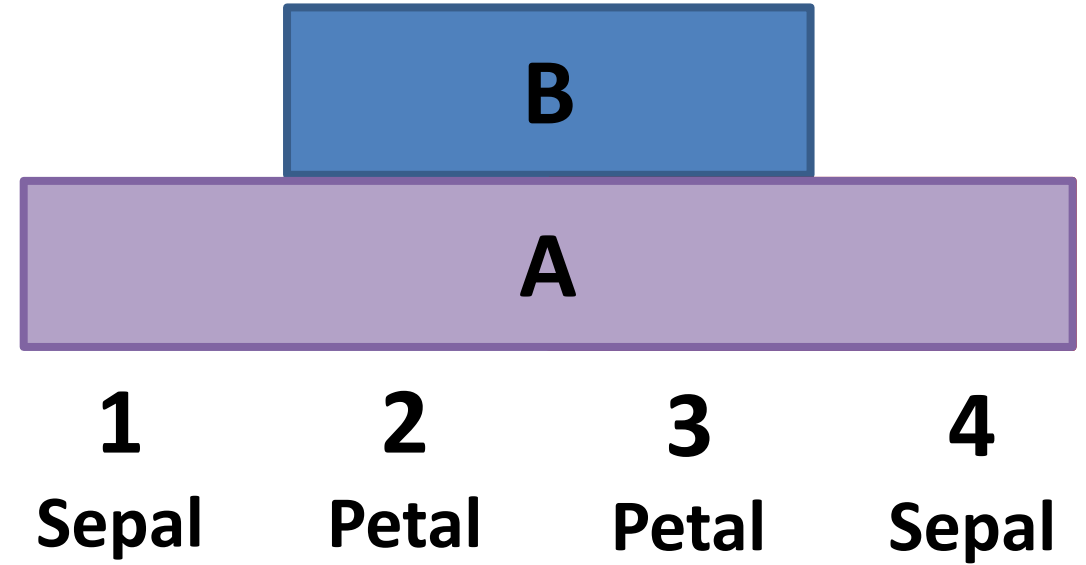
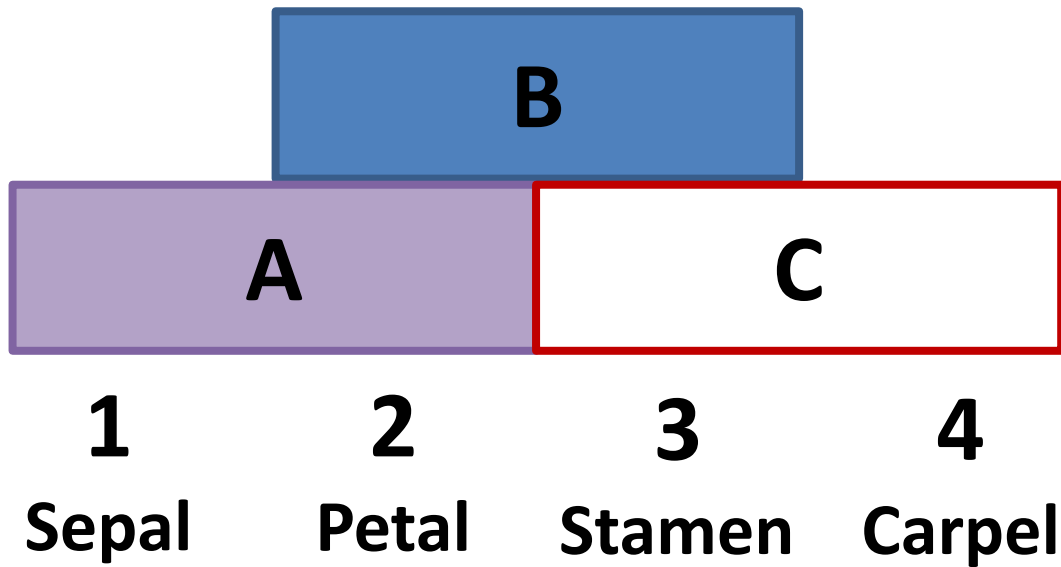


# C Gene Mutations

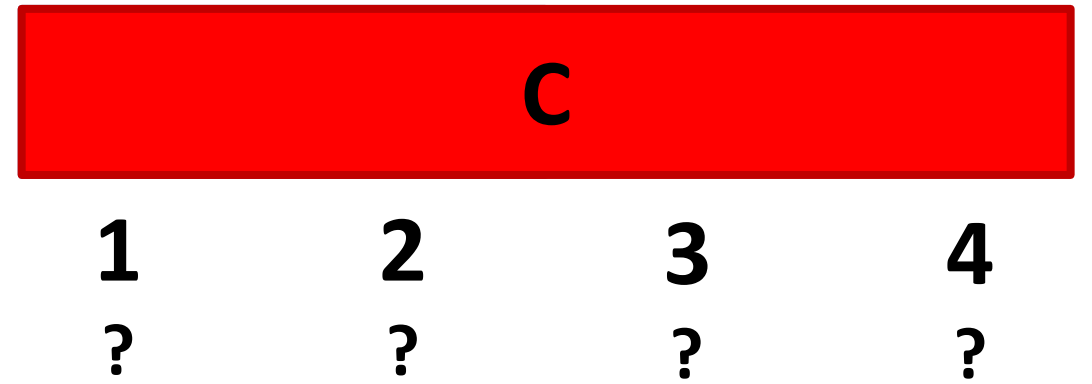
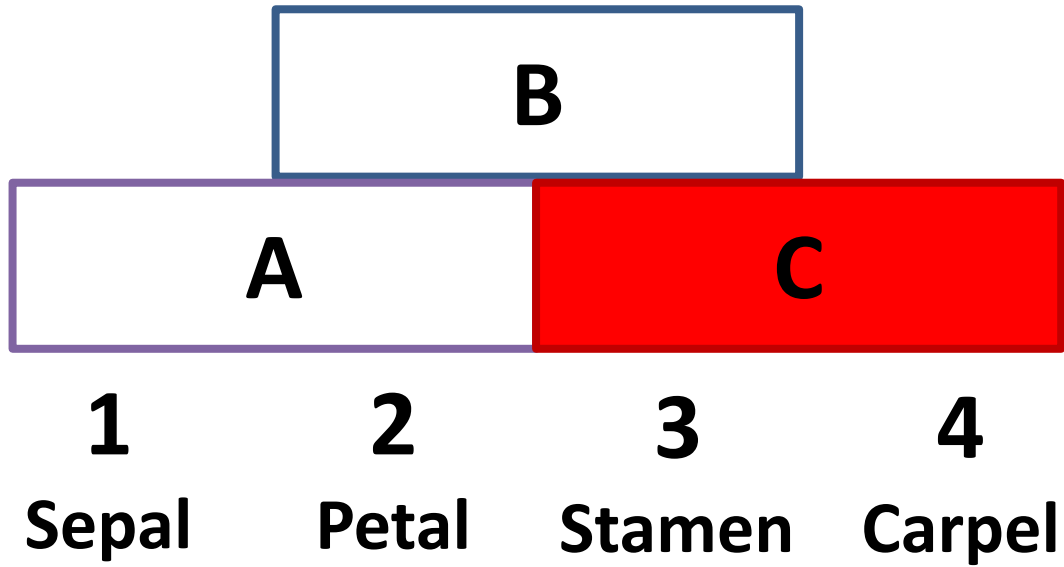




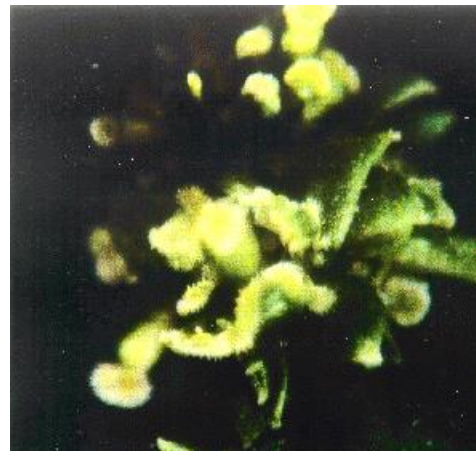
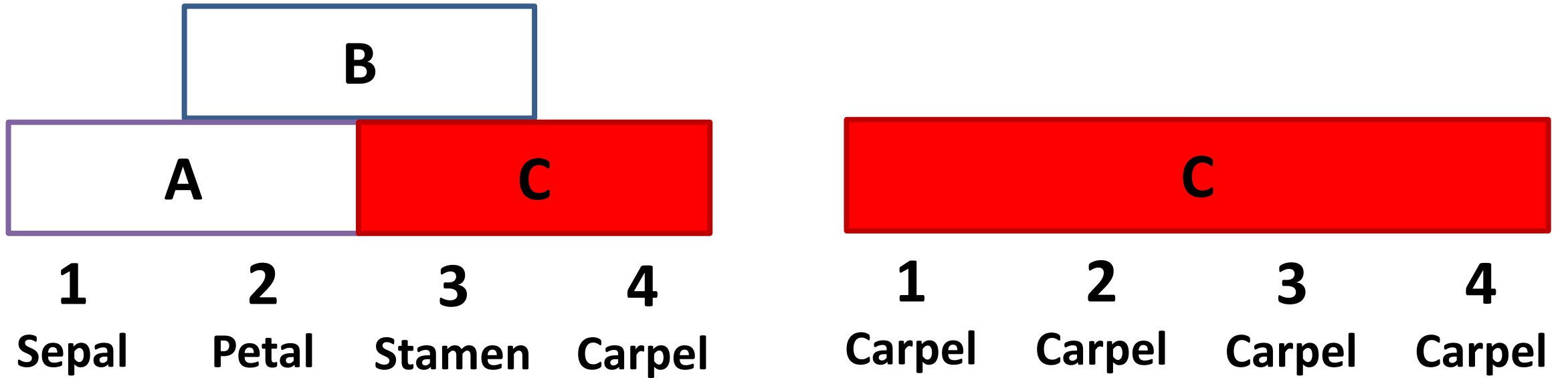
# C Gene Mutations



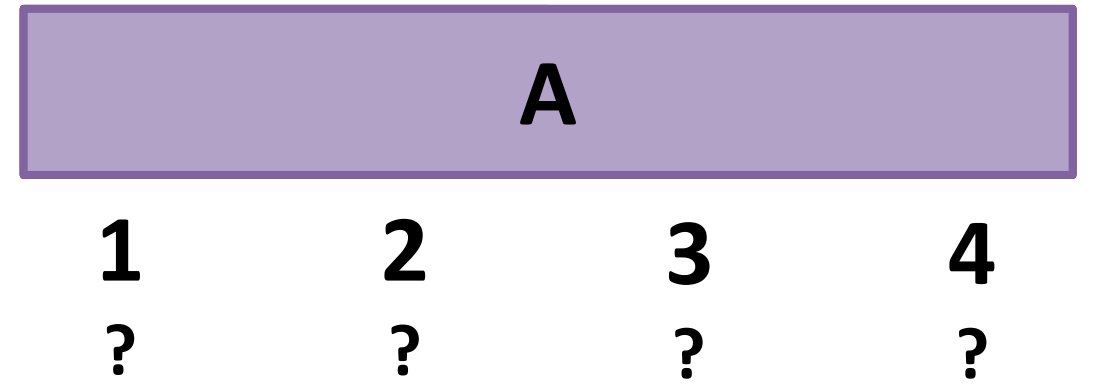
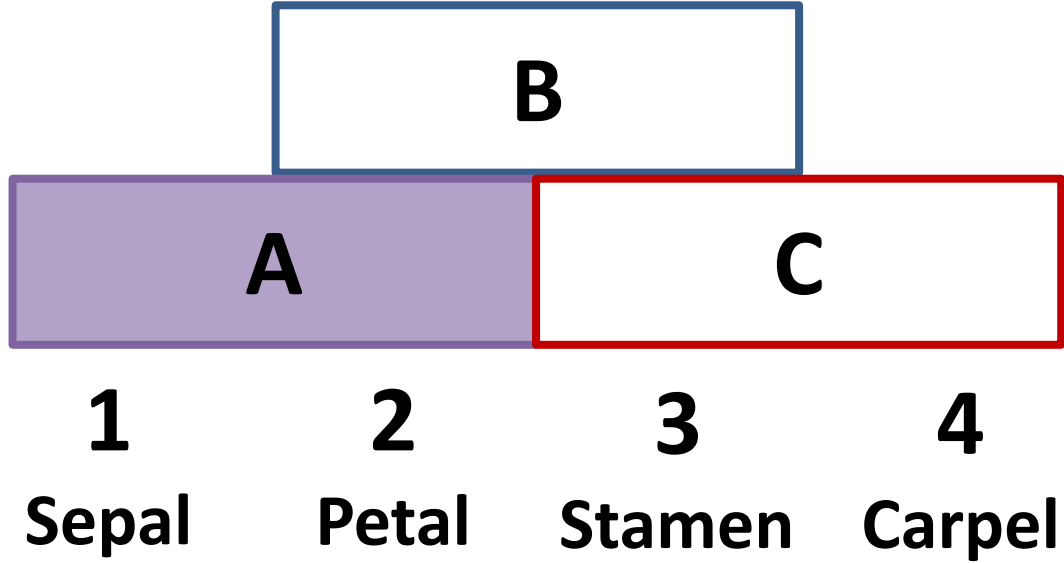
# AB Gene Mutations



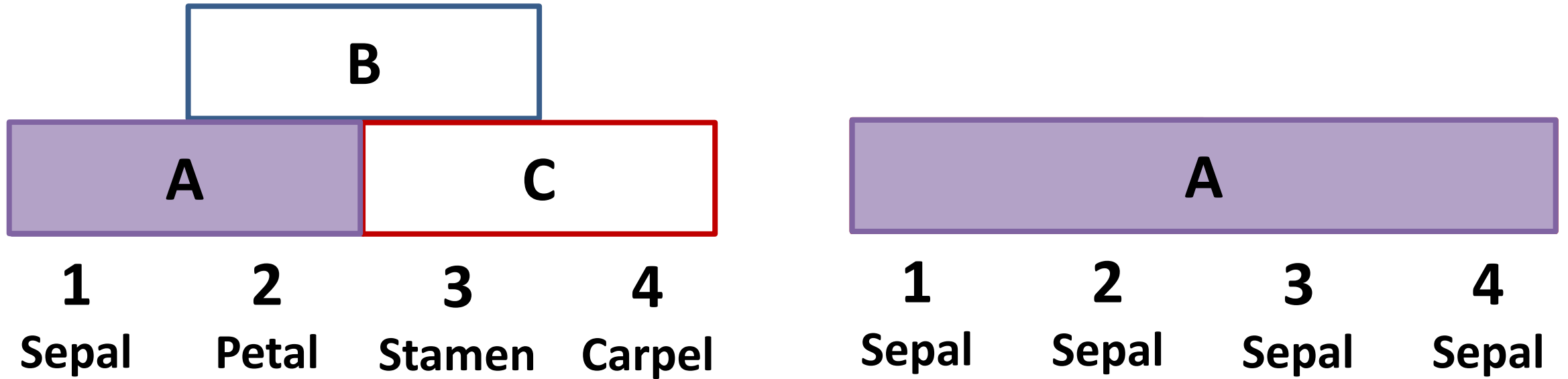
# AB Gene Mutations



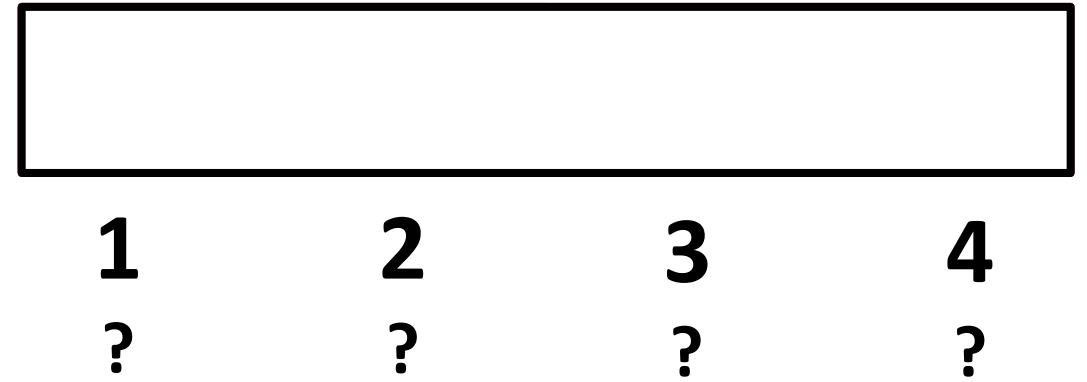
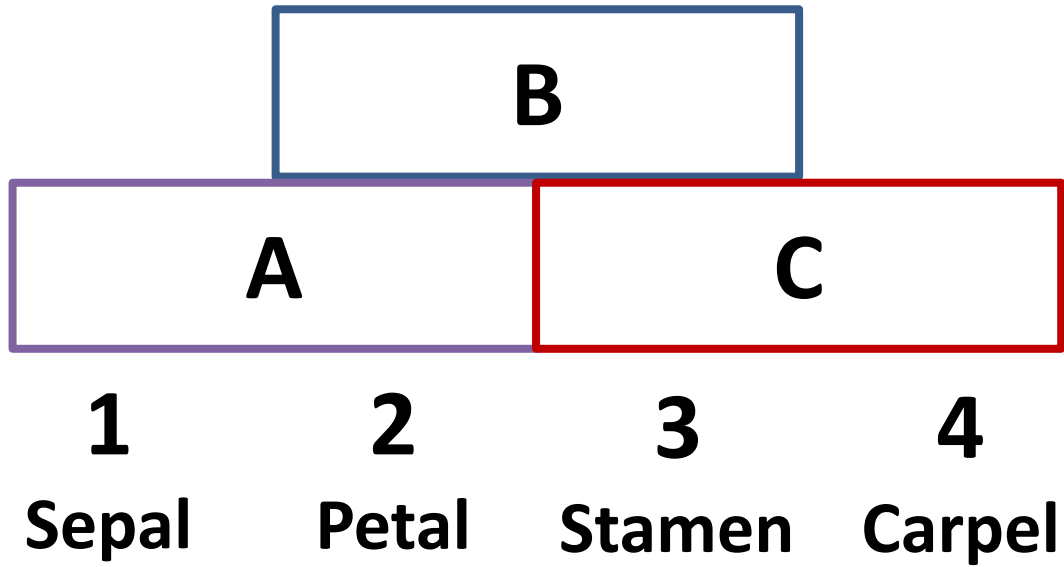
# BC Gene Mutations



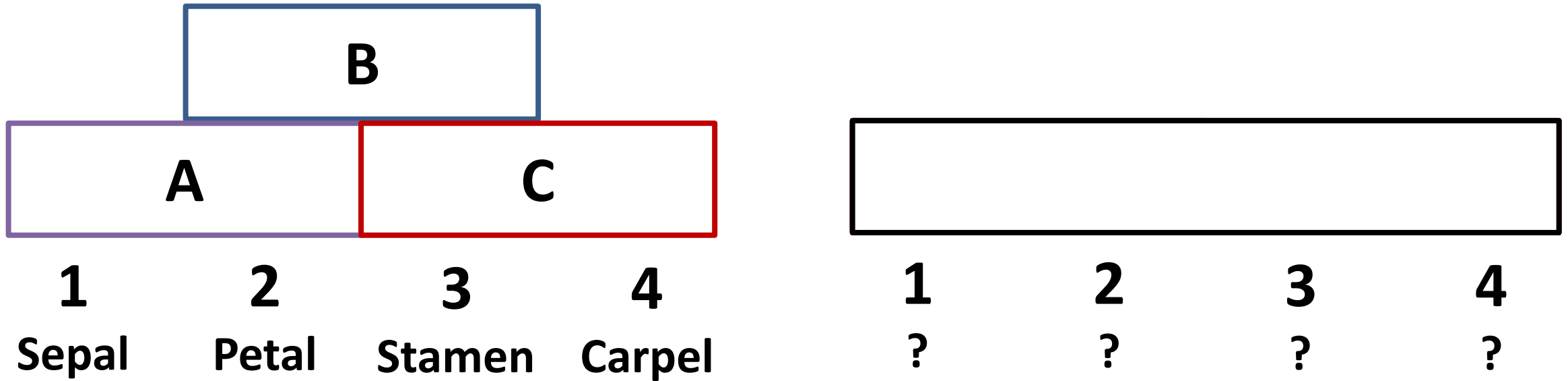
# BC Gene Mutations



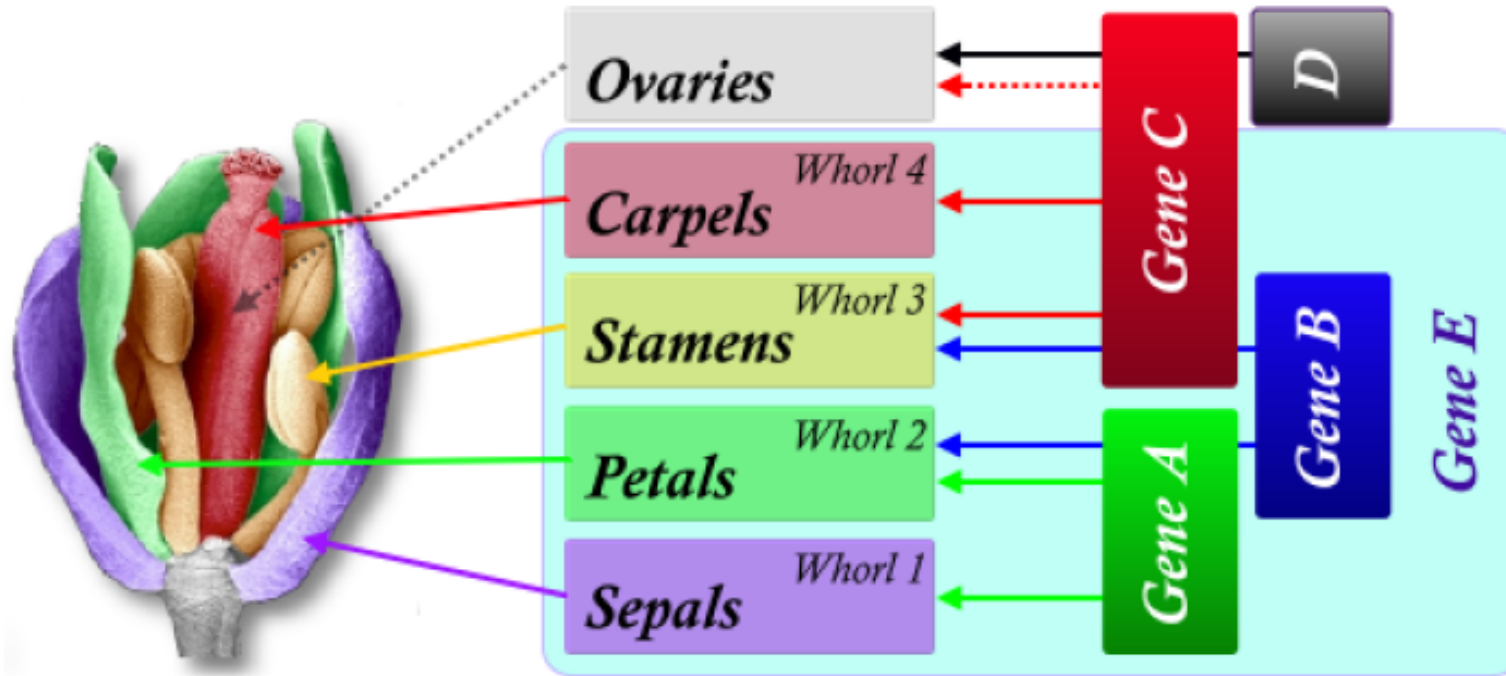
# ABC Gene Mutations



# ABC Gene Mutations



# Geny třídy D a E se rovněž uplatňují v determinaci květních orgánů



'A' genes control the sepals and activation of 'B' and 'C' genes

'A' and 'B' genes in combination control the petals

'B' and 'C' genes in combination control the stamens

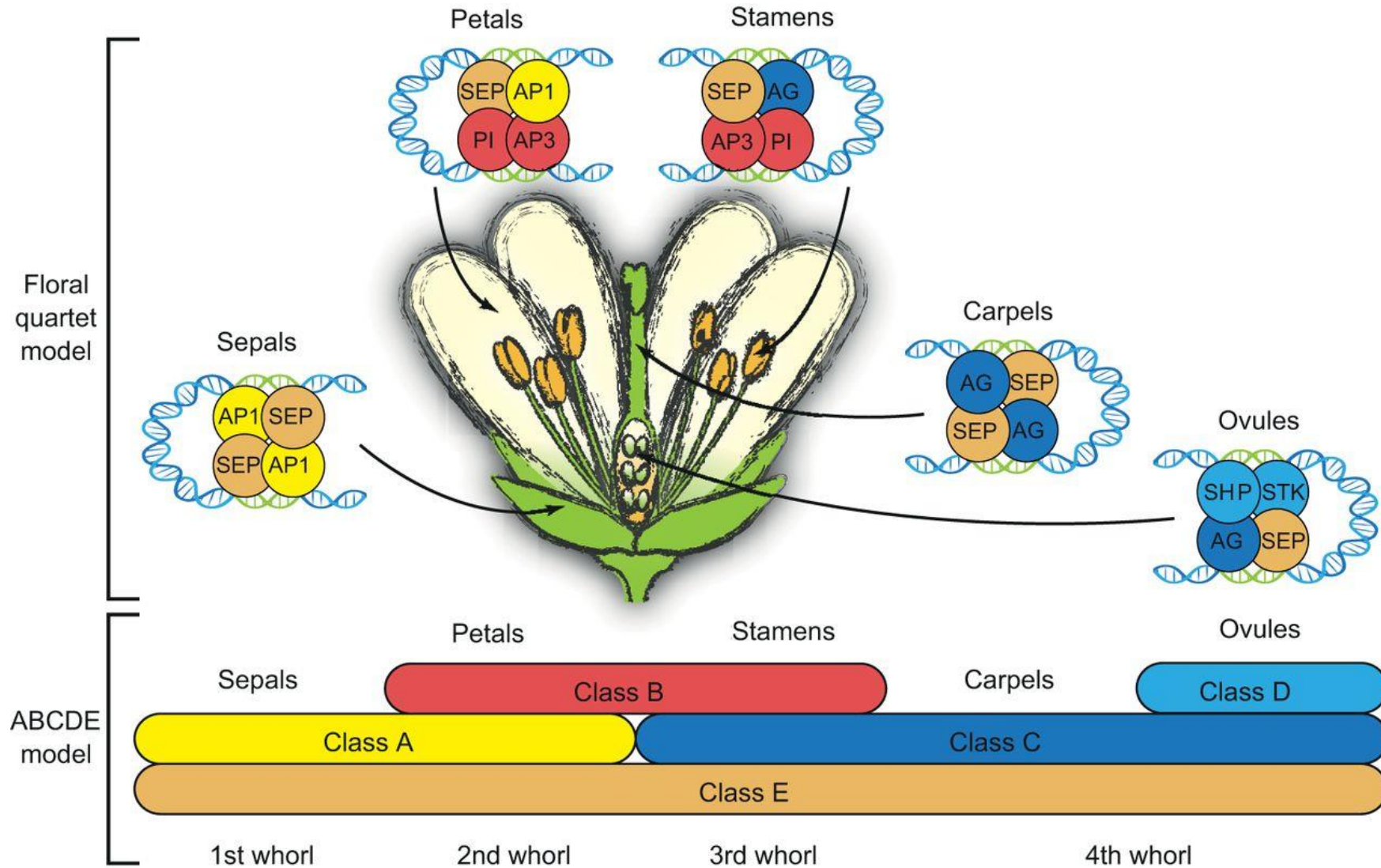
'C' genes control the carpels

'C' and 'D' genes control ovule identity and development

'E' genes establish a floral context in which the 'A', 'B' and 'C' genes can function



# Kvartetový model



# Rostliny mají homeotické geny dvojího typu

- MADS-boxové ... řídí identitu květních kruhů
- homeoboxové ... určují architekturu vegetativních částí



složený list  
wild-typu  
rajčete

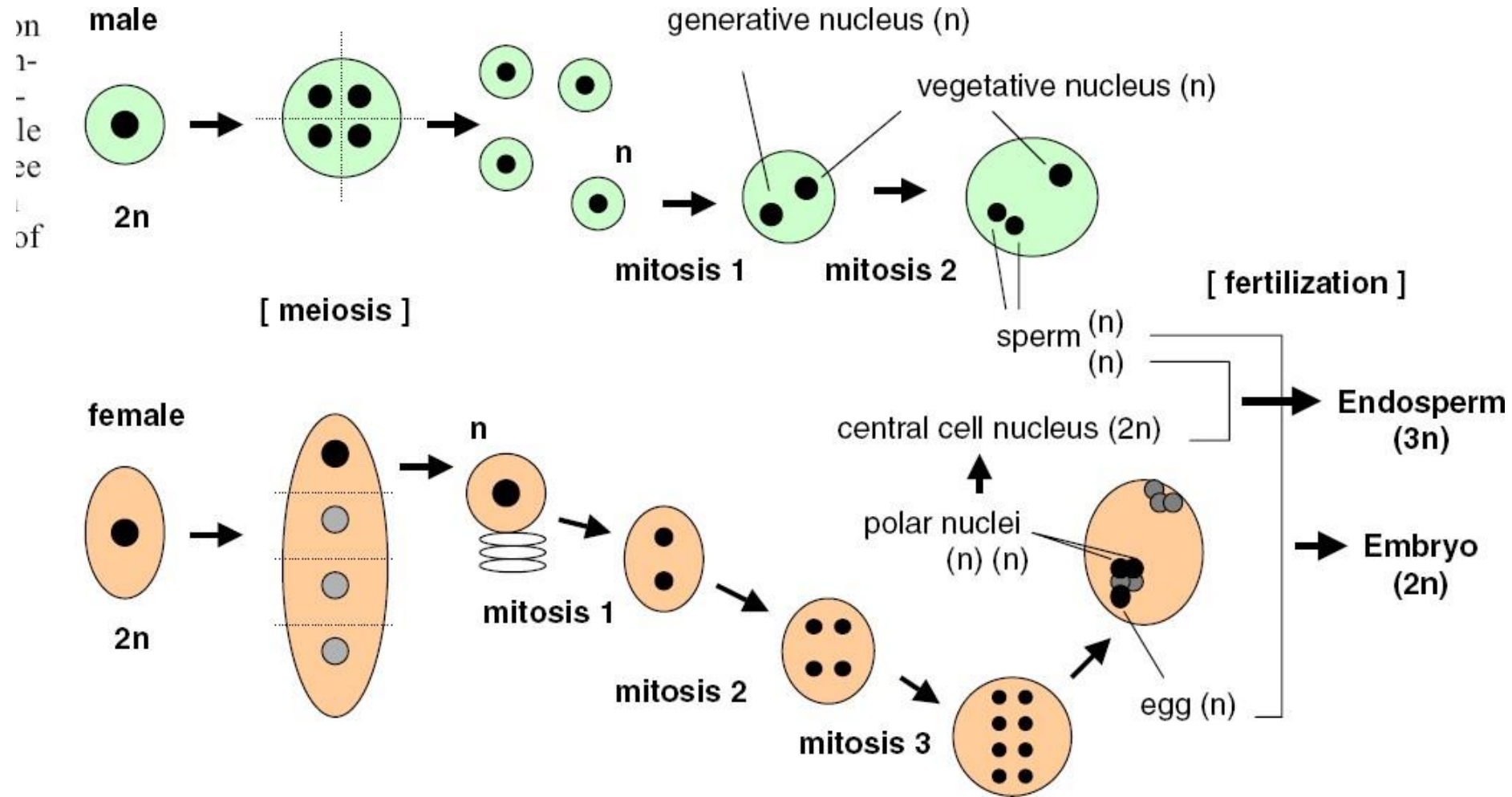


složený list vyššího řádu  
u transgenního rajčete  
s chimérickým genem *knotted1*  
fenotyp ( *Petroselinum* )

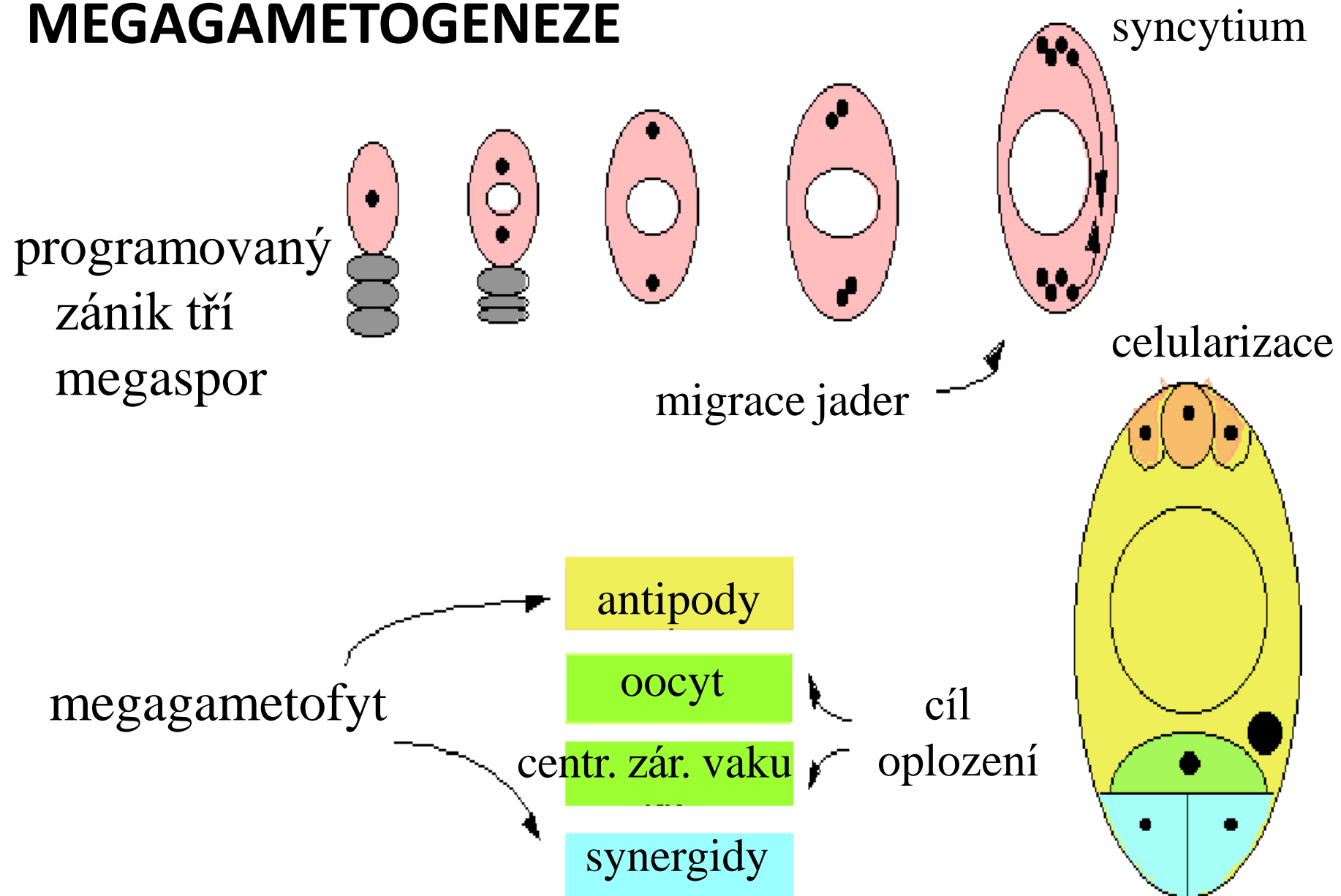


transgenní rajče  
*bushy*

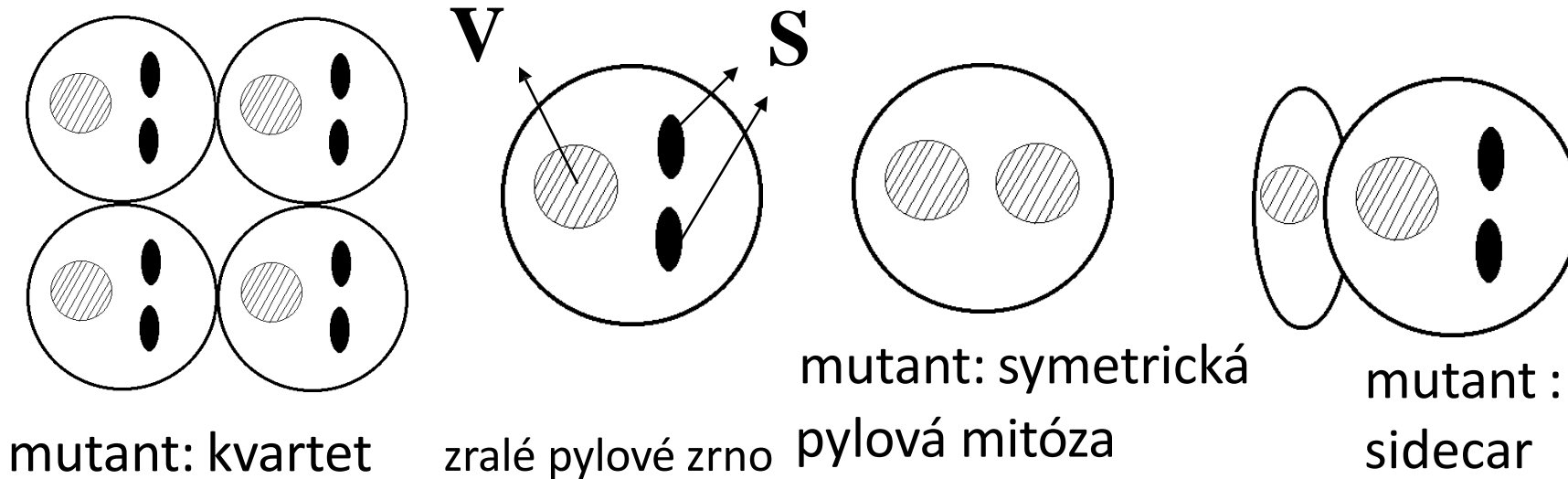
# Samčí a samičí sporogeneze, gametogeneze a dvojitá oplození u Arabidopsis



# MEGASPOROGENEZE A MEGAGAMETOGENEZE

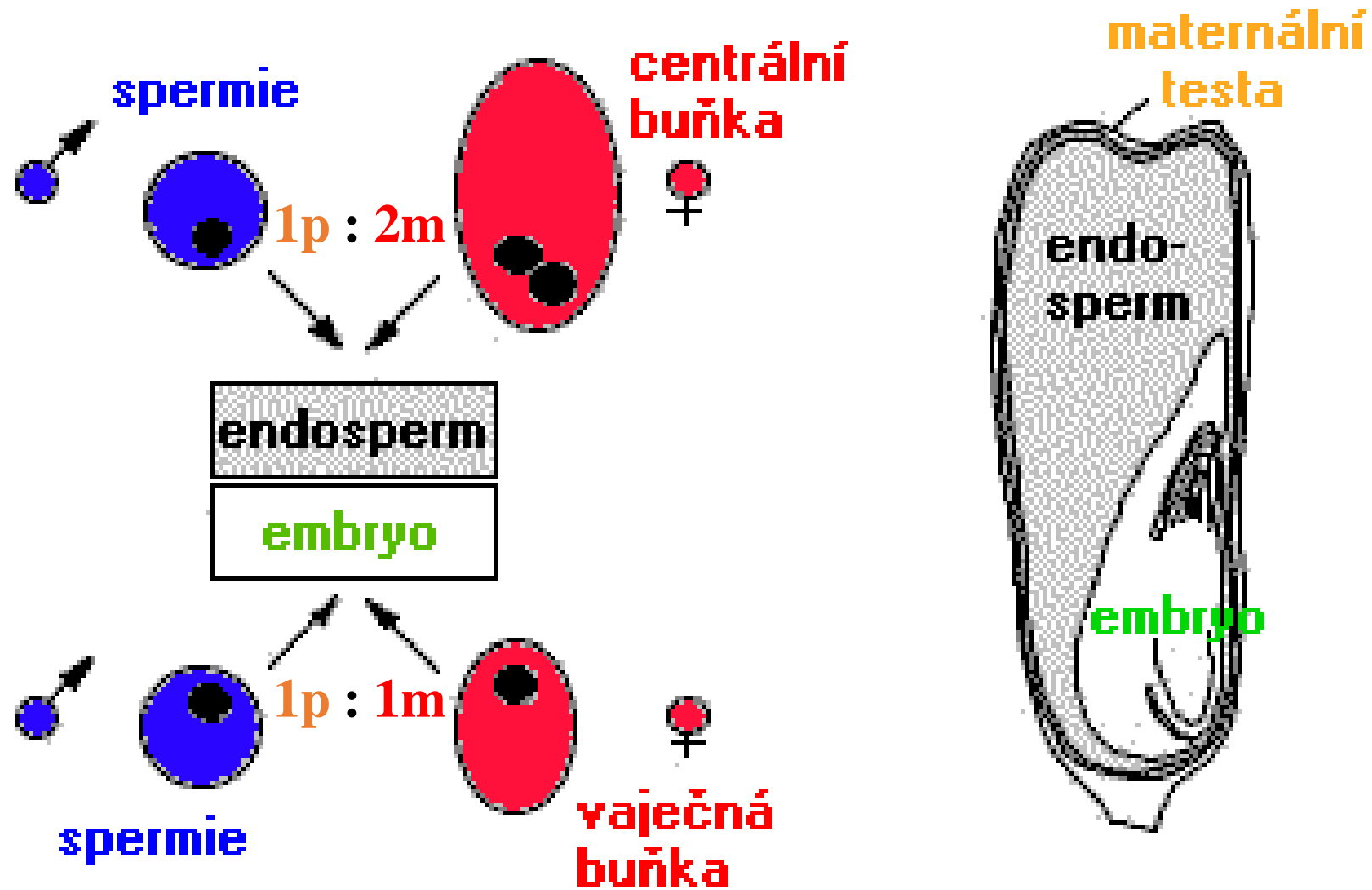


# MIKROSPOROGENEZE A MIKROGAMETOGENEZE



- gametofyt je haploidní, vyžaduje specifickou genovou expresi
- představuje střídání životních cyklů, rodozměnu
- model buněčné biologie, asymetrická první pylová mitóza
- generativní buňka je uvnitř buňky vegetativní (*Bacillus subtilis*!)
- řízený růst a zánik buňky vegetativní (pylová láčka)
- vznik dvou funkčních „souřadných“ spermií (?)

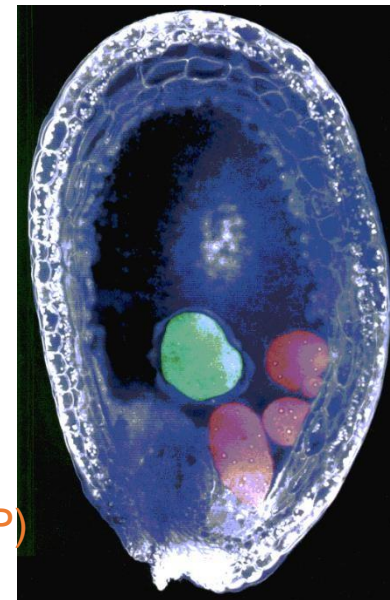
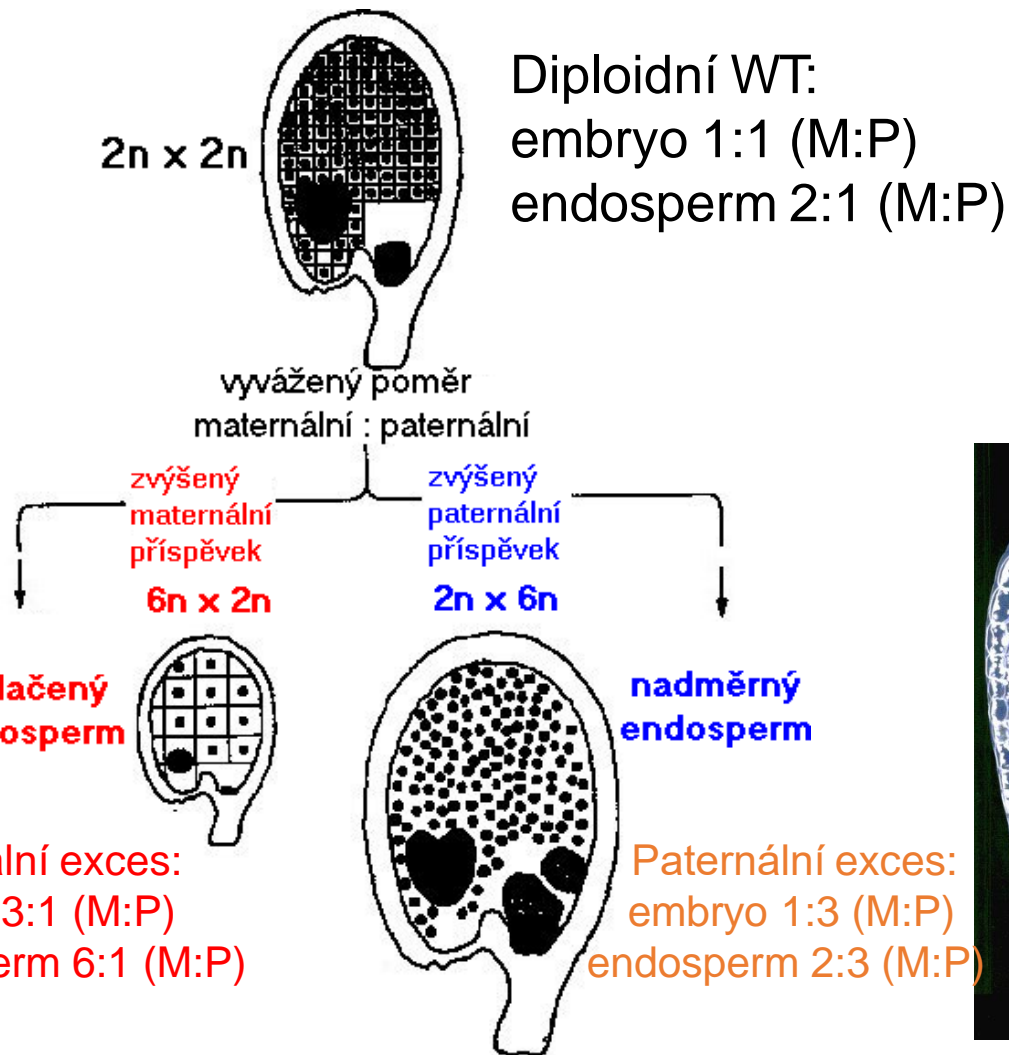
Dvojitá oplození u krytosemenných rostlin :  
Sergej Gavrilovič Navašin 1898

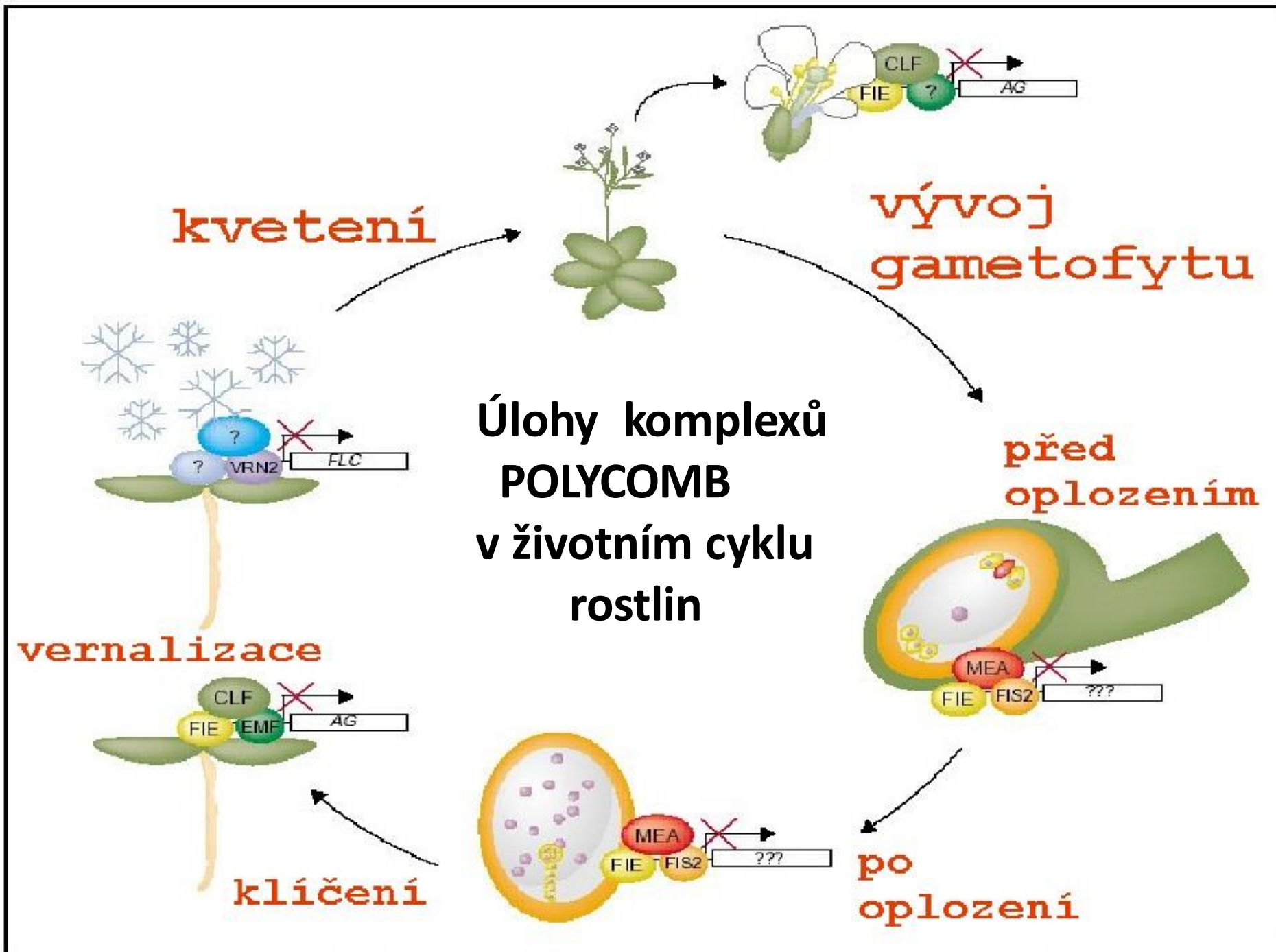


# Maternální či paternální exces vedou k narušení exprese imprintovaných genů v endospermu



Rod Scott  
(Bath 1998)







# Proteiny skupiny POLYCOMB

- jsou antagonisty (represory) homeotických genů s homeoboxem či MADS doménou
- specifikují místo účinku homeotických transkripčních faktorů

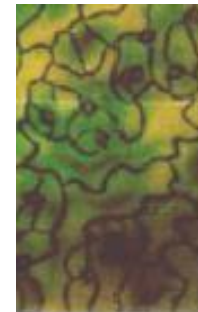
*Arabidopsis* **CURLY LEAF** versus **AGAMOUS**



Justin Goodrich  
(Edinburgh)

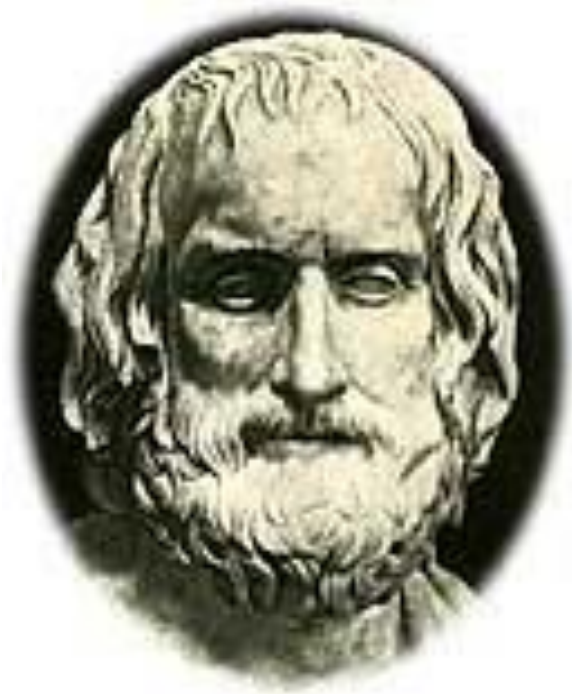


listy  
wild-typu



listy mutace *clf* :  
ektopická  
exprese květního  
genu *AG*

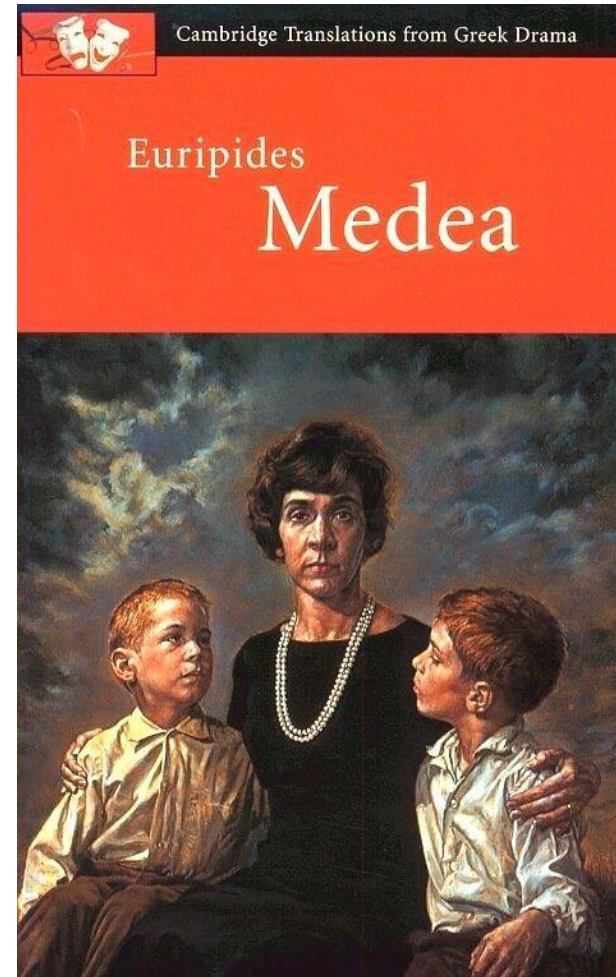




**Euripides**  
**(480–406 př. Kr.)**

**Řecká tragédie**  
**MEDEA**  
**(431 př. Kr.)**  
*... Medea zabíjí*  
*své děti za*  
*lásonovu zradu ...*

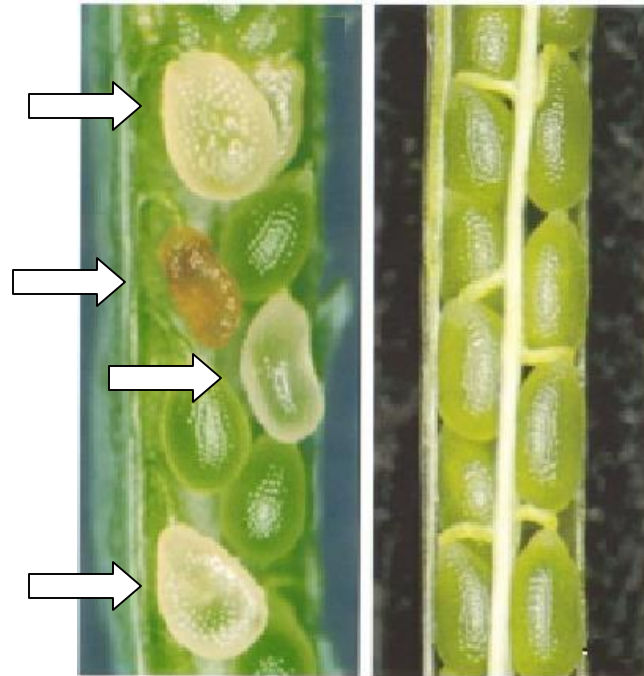
**DŮKAZ TEORIE PARENTÁLNÍHO**  
**KONFLIKTU U ROSTLIN**



# Parentální imprinting u rostlin : maternální efekt genu **MEDEA**



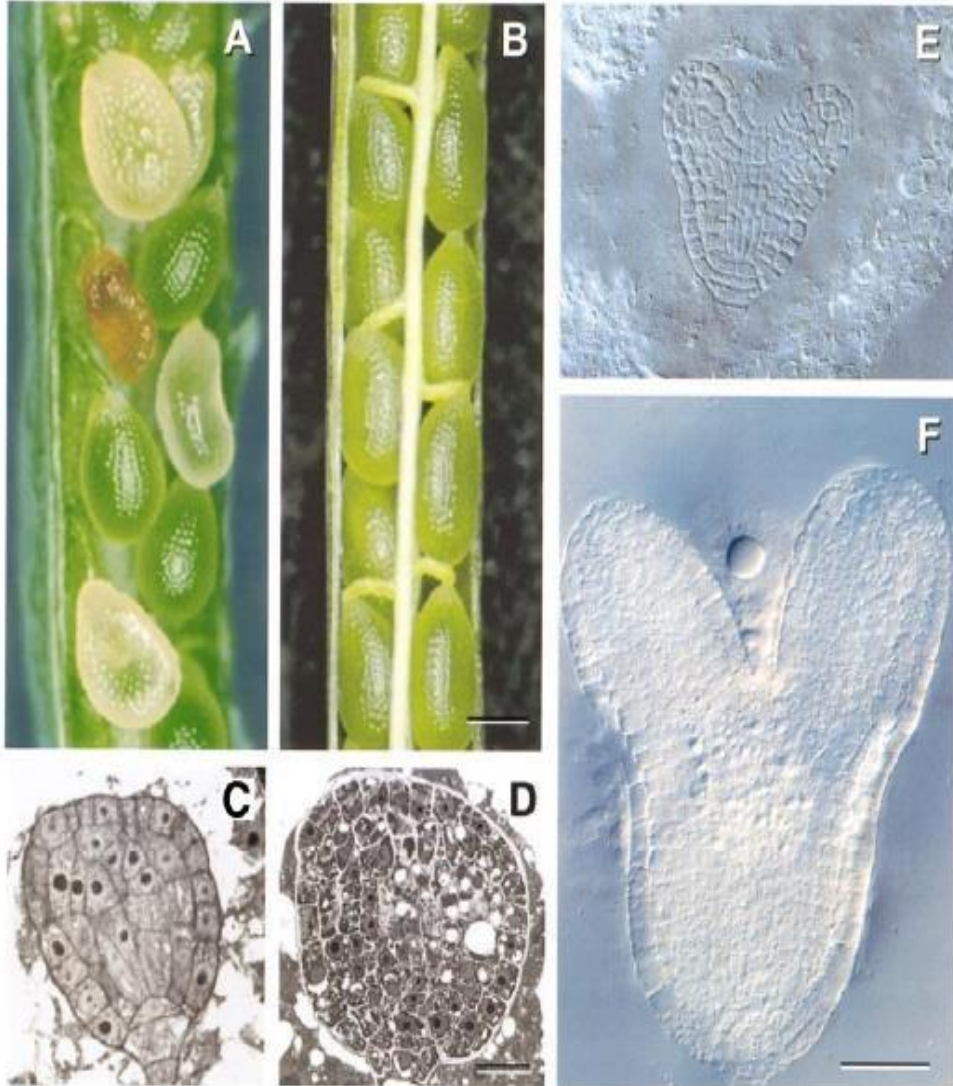
Ueli Grossniklaus  
(Zurich 1998)



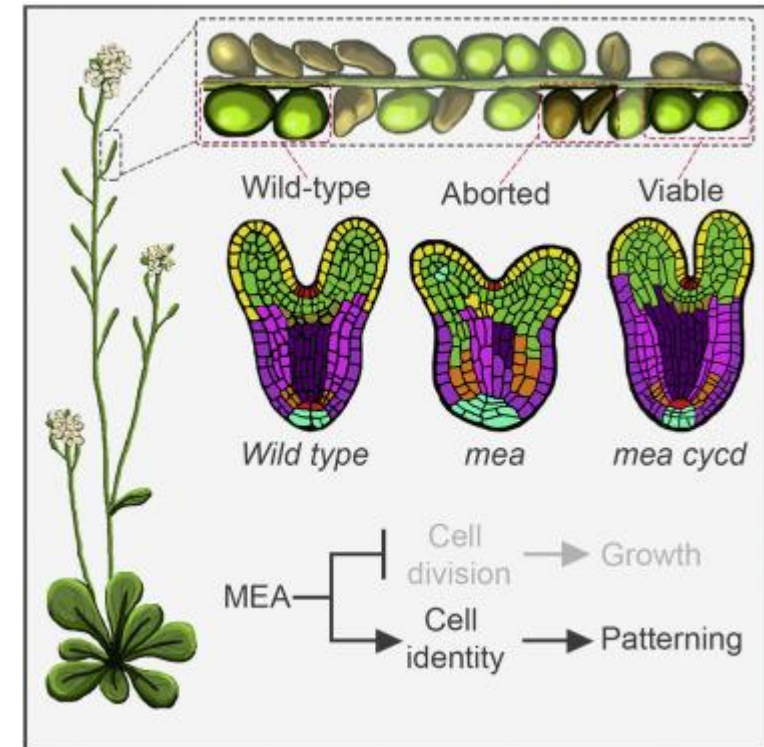
maternální wt-alela: kontrola  
(redukce) embryonální proliferace



# Fenotyp mutace *medea*



- embryo odvozené z vajíčka *medea* nadměrně roste a umírá v průběhu desikace semene
- letalita embrya je nezávislá na paternálním příspěvku a dávce genu
- embryo vykazuje zvýšenou buněčnou proliferaci na úkor endospermu



# DEMETER řídí maternální expresi genu *MEDEA*

*DME / DME*



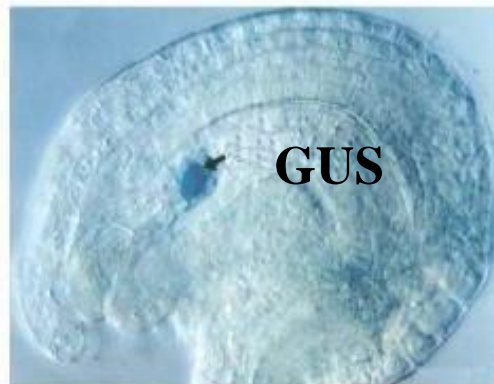
*dme / DME*



*dme / dme*



Steve Jacobsen  
(UCLA 2002)

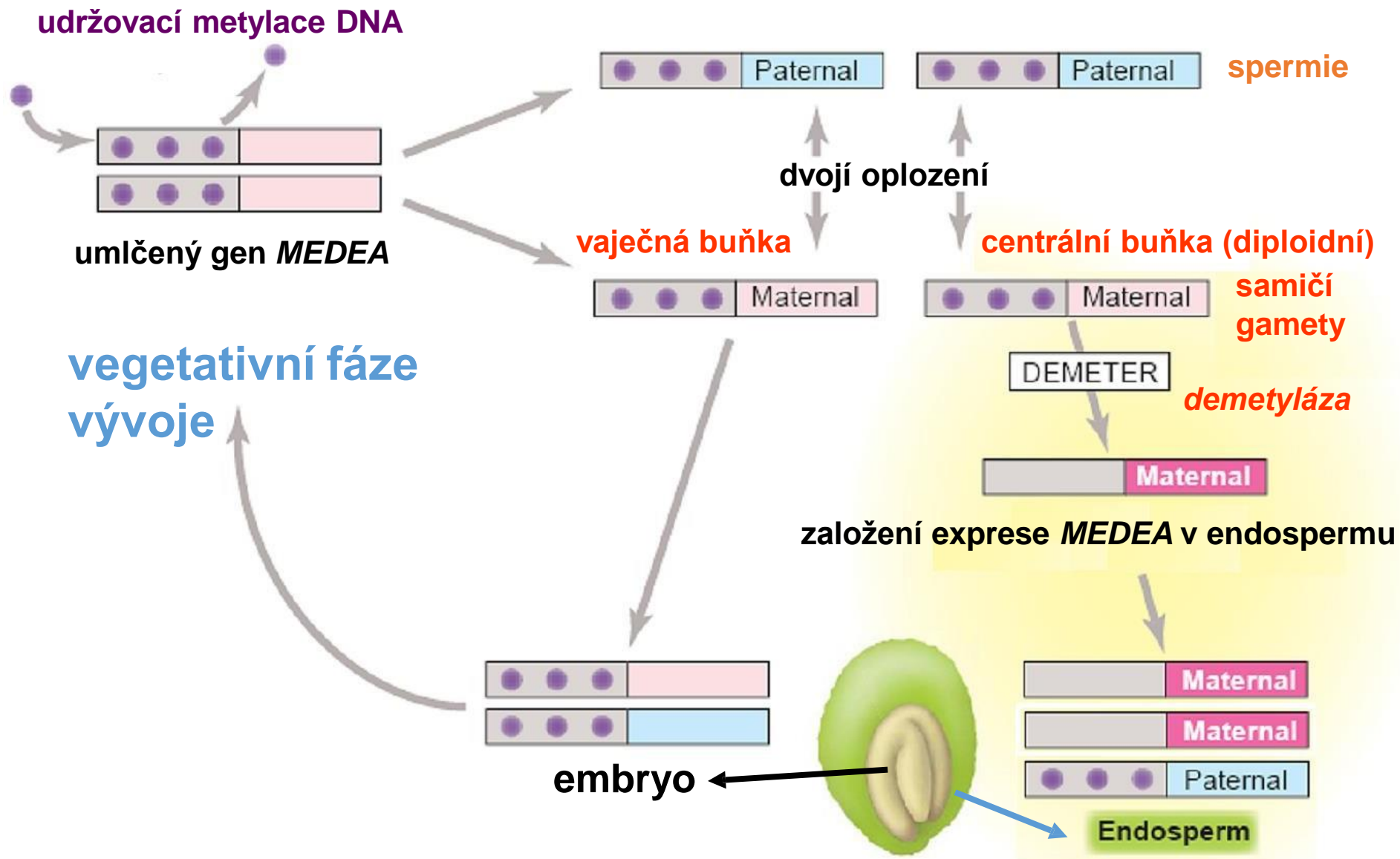


GUS

exprese  
*DME*  
v centrální  
buňce  
samičího  
gametofytu  
(DNA glykosyláza?)



GFP

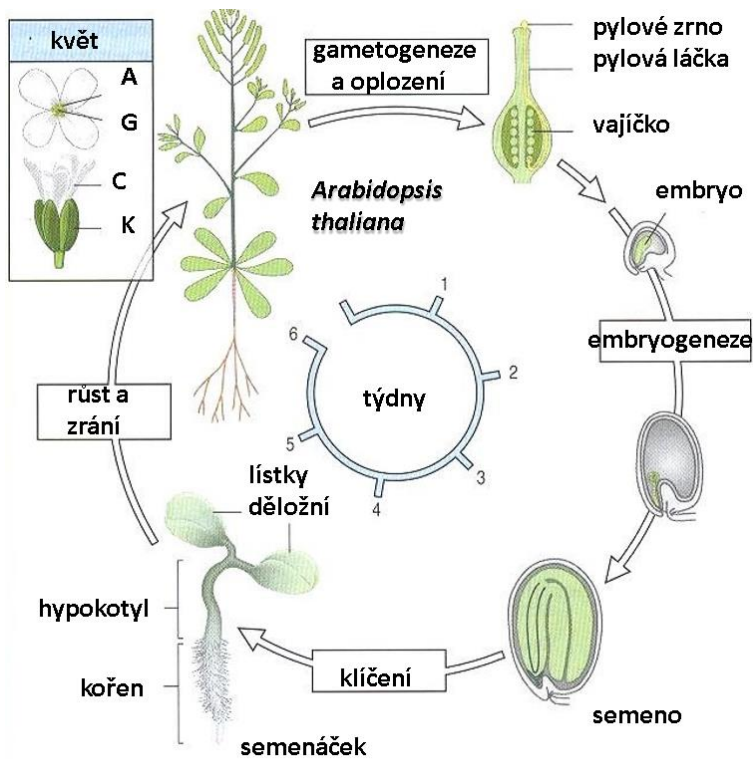


**Irreversibilní demethylace genu *MEDEA* v samičím gametofytu *Arabidopsis* (konvergentní evoluce se savčím imprintingem)**

# Imprintované geny u rostlin

<i>Gen</i>	<i>druh</i>	<i>exprese</i>	<i>mechanismus</i>	<i>funkce</i>
<i>MEDEA</i>	<i>Arabidopsis</i>	<i>maternální</i>	<i>Polycomb</i>	<i>remodelování chromatinu</i>
<i>PHERES1</i>	<i>Arabidopsis</i>	<i>paternální</i>	<i>Polycomb</i>	<i>transkripční faktor</i>
<i>FWA</i>	<i>Arabidopsis</i>	<i>maternální</i>	<i>DNA-metyltransferáza</i>	<i>transkripční faktor</i>
<i>FIS2</i>	<i>Arabidopsis</i>	<i>maternální</i>	<i>DNA-metyltransferáza</i>	<i>remodelování chromatinu</i>
<i>FIE</i>	<i>Arabidopsis</i>	<i>maternální</i>	<i>?</i>	<i>remodelování chromatinu</i>
<i>AGL80</i>	<i>Arabidopsis</i>	<i>maternální</i>	<i>?</i>	<i>transkripční faktor</i>
<i>AtFH5</i>	<i>Arabidopsis</i>	<i>maternální</i>	<i>?</i>	<i>regulace aktinu</i>
<i>FIE1</i>	<i>kukuřice</i>	<i>maternální</i>	<i>DNA-metyltransferáza</i>	<i>remodelování chromatinu</i>
<i>FIE2</i>	<i>kukuřice</i>	<i>maternální</i>	<i>DNA-metyltransferáza</i>	<i>remodelování chromatinu</i>
<i>R</i>	<i>kukuřice</i>	<i>maternální</i>	<i>?</i>	<i>syntéza pigmentu</i>

... Oidipovský komplex

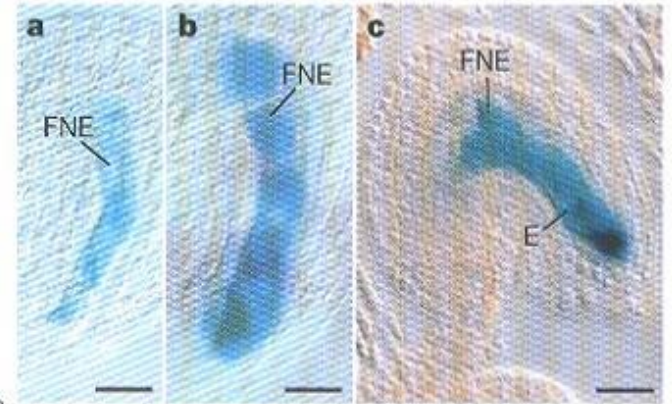


## Delayed activation of the paternal genome during seed development

Jean-Philippe Vielle-Calzada<sup>\*†</sup>, Ramamurthy Baskar<sup>\*†</sup>  
& Ueli Grossniklaus<sup>\*†</sup>

<sup>\*</sup> Cold Spring Harbor Laboratory, 1 Bungtown Road, Cold Spring Harbor, New York 11724, USA

NATURE | VOL 404 | 2 MARCH 2000 | www.nature.com



The Plant Cell, Vol. 17, 1061–1072, April 2005, www.plantcell.org

Daniel Grimanelli, Enrico Perotti, Jorge Ramirez, and Olivier Leblanc

## Timing of the Maternal-to-Zygotic Transition during Early Seed Development in Maize

