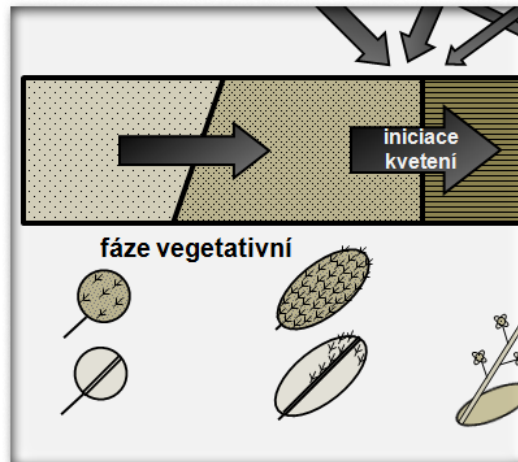


Bi8240 GENETIKA ROSTLIN

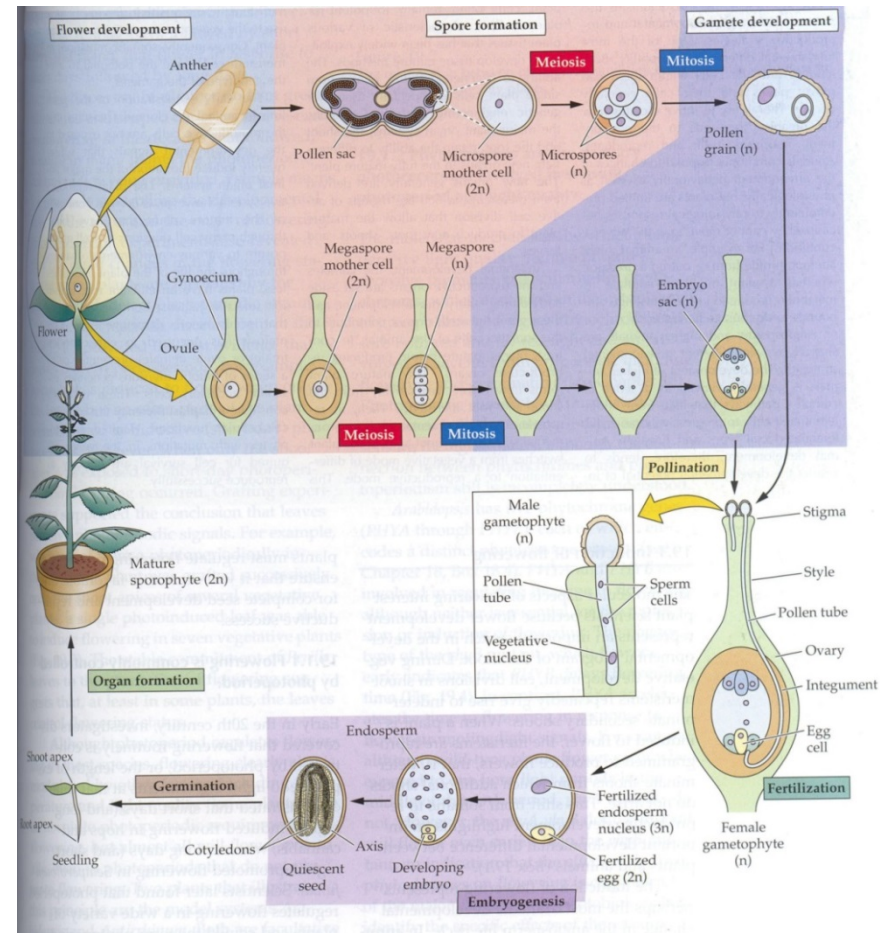
Prezentace 02 Reprodukční vývoj – Indukce kvetení



doc. RNDr. Jana Řepková, CSc.
repkova@sci.muni.cz

Reprodukční vývoj rostlin

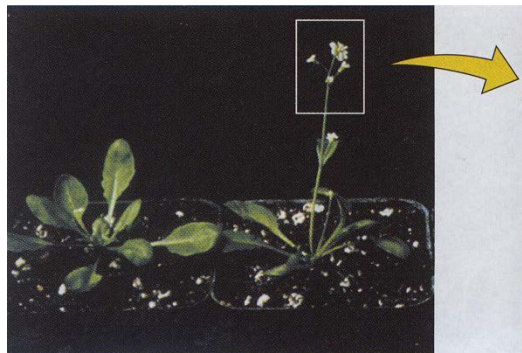
1. Indukce kvetení a tvorba květů
2. Tvorba reprodukčních orgánů a gamet
3. Opylení, oplození a embryogeneze
4. Klíčení zárodku a vegetativní vývoj
5. Generativní vývoj



Indukce kvetení

Přenos signálu zprostředkovaného světlem

Arabidopsis thaliana

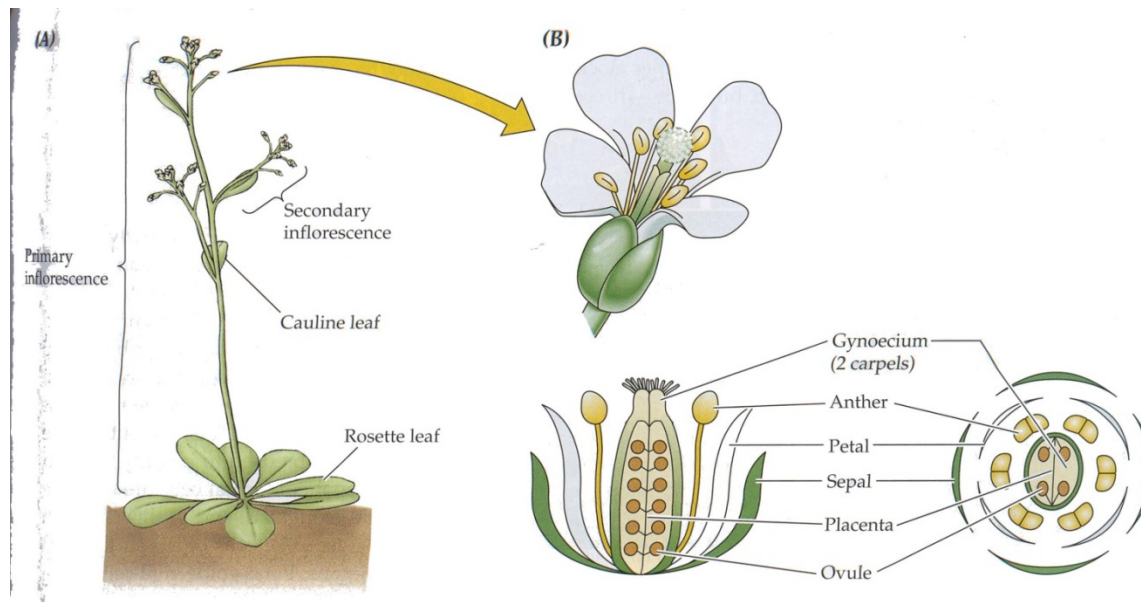


➤ Dlouhý den

- 16 hod. fotoperioda
- 9 listů/23 dní do kvetení

➤ Krátký den

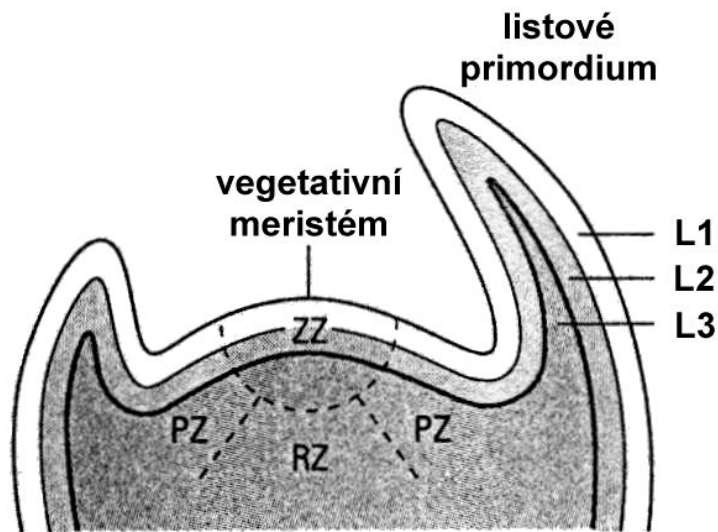
- 29 listů/47 dní do kvetení



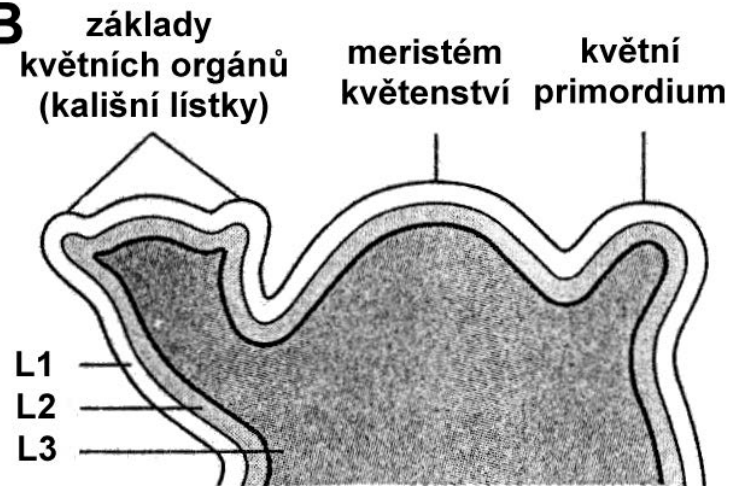
Morfologická podstata indukce kvetení

Přeměna vegetativního meristému v meristém květenství

A



B



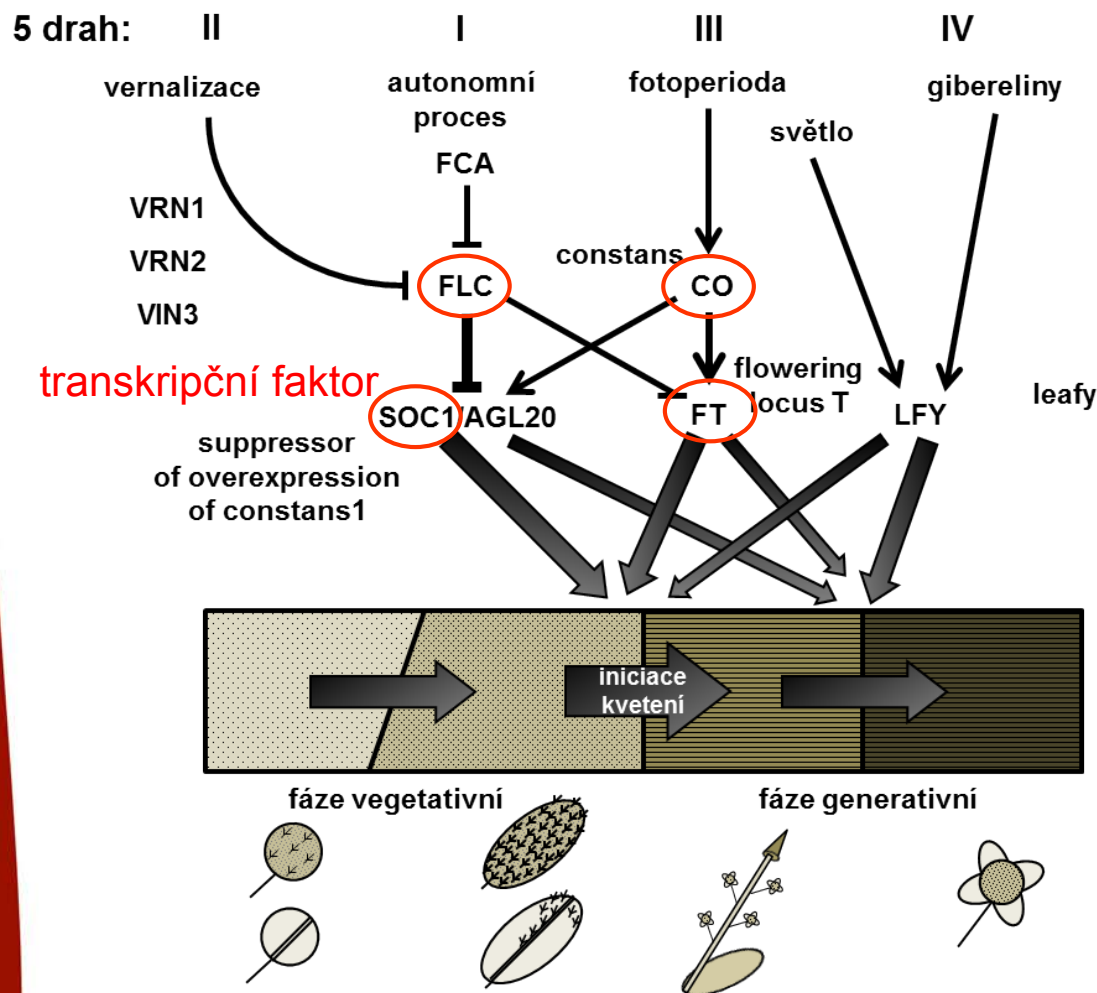
Fáze přechodu do generativního stavu

1. Přepnutí z neorganizovaného vegetativního růstu do organizovaného generativního růstu. Nastartování dalších změn.
2. Přeměna vegetativního meristému v meristém květenství.
3. Přeměna meristému květenství v květní meristém. Tvorba prekurzorů květních orgánů a jejich diferenciacce.
4. Funkční fáze, zrání reprodukčních orgánů, opylení a oplození.

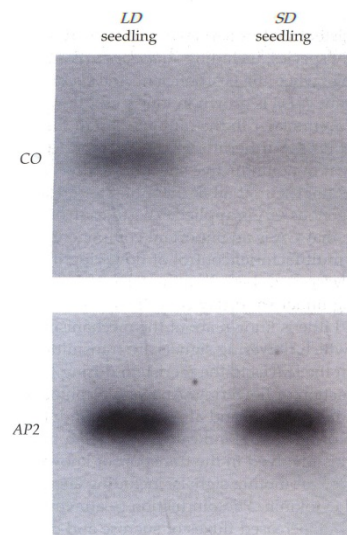
Geny kódující regulaci vývoje květů

1. **Geny regulující přechod z vegetativního růstu do generativního**
2. **Geny podmiňující zakládání meristémů květenství**
3. **Geny regulující tvorbu a identitu květních orgánů**
4. **Geny regulující růst květních orgánů a jejich zrání**

Geny reglující přechod z vegetativního stavu do generativního



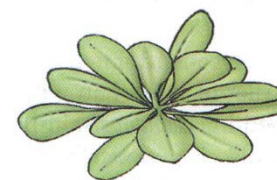
Expresse CO a AP2



Krátký den – exprese CO

(A)

(B)



Wild-type control (ecotype Landsberg erecta)



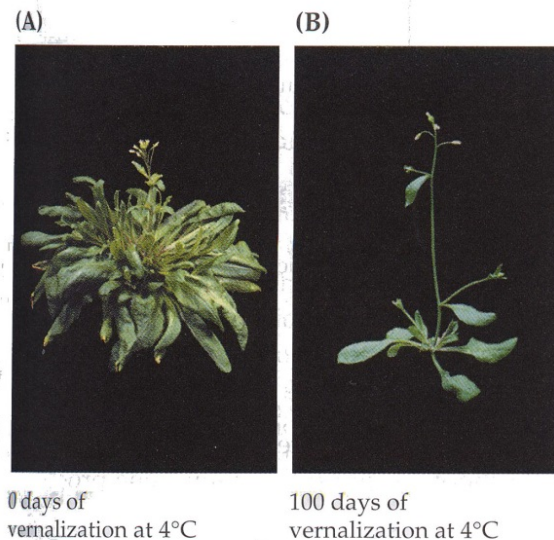
35S::CO transformant

1. Autonomní dráha

- ➔ Identifikováno více než 80 lokusů, které řídí dobu do kvetení.
- ➔ **Klonované geny:**
 - *FLC FLOWERING LOCUS C*
 - supresor kvetení
 - pozdní kvetení
- ➔ **Geny aktivátory – rané kvetení**
 - *FCA*
 - *FLK FLOWERING LOCUS KH DOMAIN*
 - *FLM FLOWERING LOCUS M*
 - *LD LUMINIDEPENDENS*
 - *FY, FPA*
 - *FLD FLOWERING LOCUS D*

2. Vernalizační dráha

- ➔ ***FRI FRIGIDA*** pozdní kvetení, regulace kvetení podle chladového působení

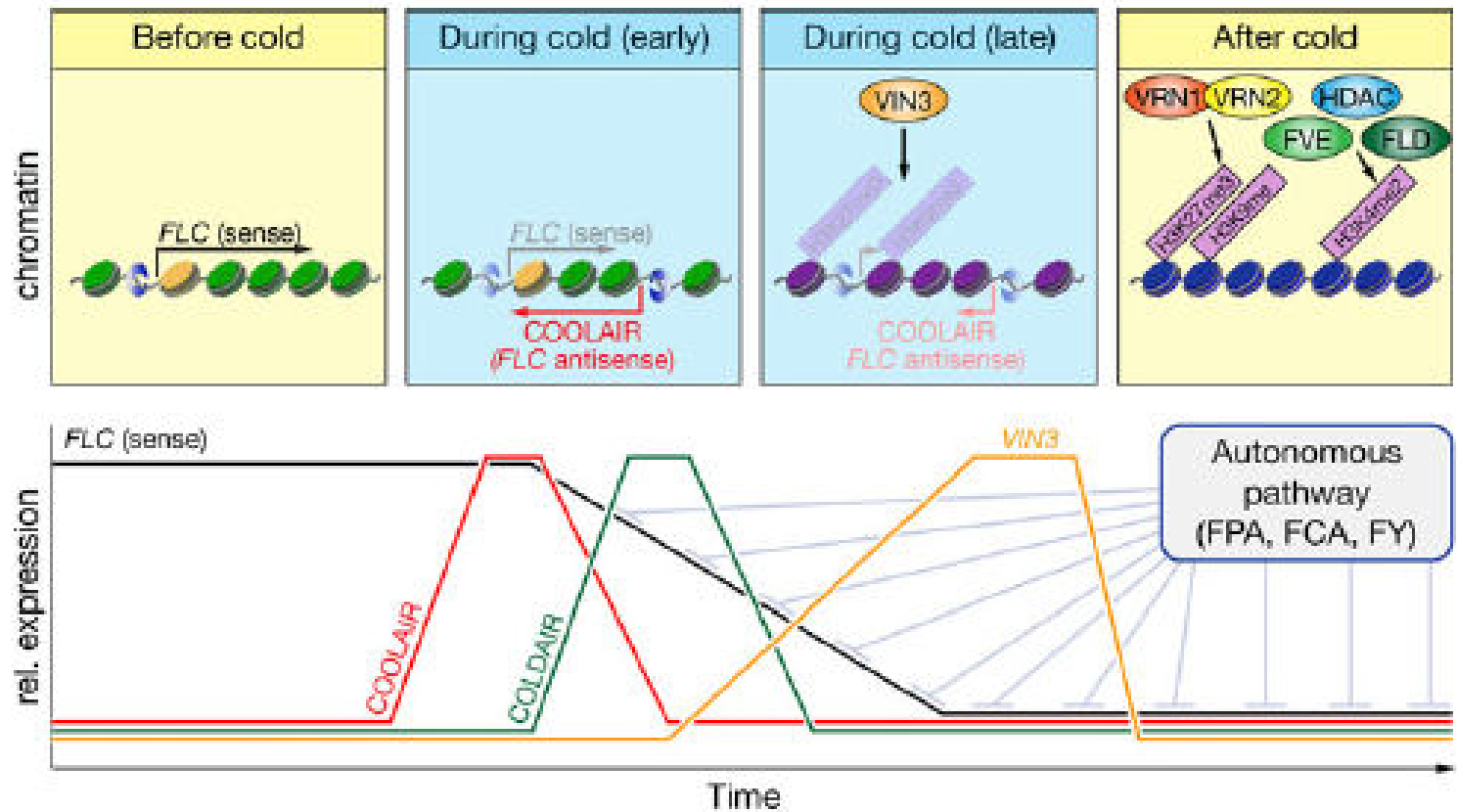


Genotyp rostlin FRI

- ➔ **Vliv vernalizace – chladového působení**
 - Geny *VRN1*, *VRN2*, *VIN3*
 - *VERNALIZATION1, 2*
 - *VERNALIZATION INSENSITIVE3*

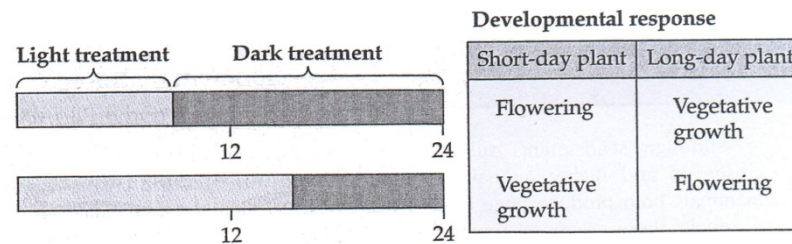
- ➔ Vernalizace mimo jiné způsobuje metylaci cytosinů histonu H3, aktivace exprese dalších genů ovlivňujících kvetení.

Mechanismus regulace *FLC*



COLD INDUCED LONG ANTISENS INTRAGENIC RNA
COLD ASSISTED INTRONIC NONCODING RNA (10 dní od začátku vernalizace)

3. Délka dne - fotoperioda

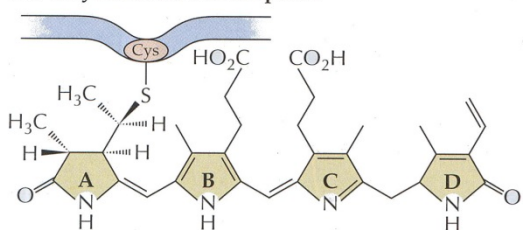


Signály zprostředkované světlem (fotoreceptory)

1. Fytochromy: *PHYA*, *PHYB*, *PHYC*, *PHYD*, *PHYE*
– 600–700 nm, červené a dlouhé červené světlo
2. Kryprochromy: *CRY1*, *CRY2*
– 400–500 nm, modré a UV světlo
3. Fototropiny: *PHOT1*, *PHOT2*
– modré světlo, UV-A
4. Fotoreceptory pro UV-B spektrum světla
– neidentifikované

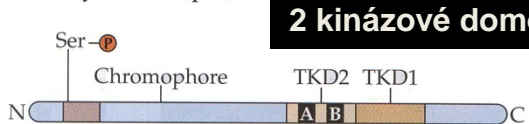
Struktura a funkce fytochromů

(A) Phytochrome chromophore

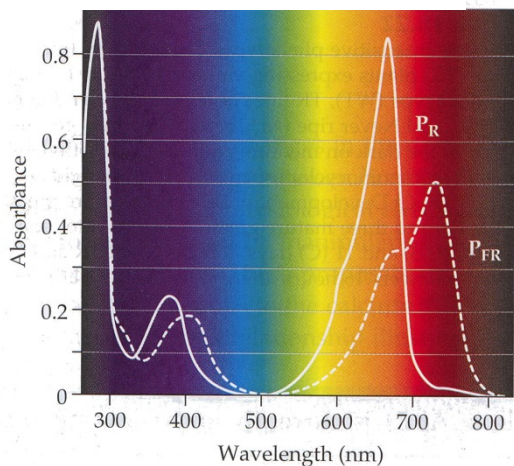


2 stejné polypeptidy 120-127 kD

(B) Phytochrome protein



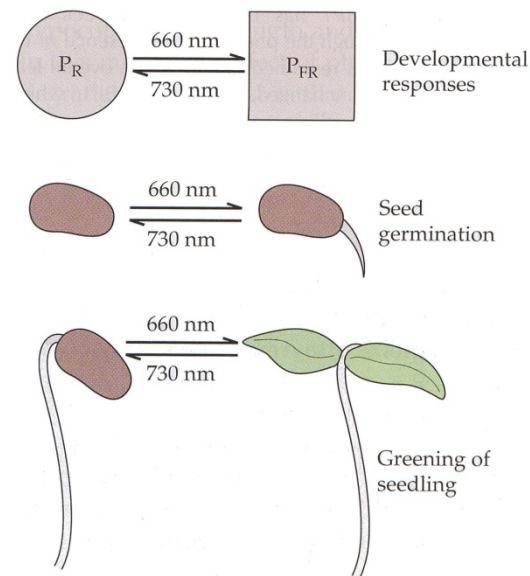
2 kinázové domény na C konci



Absorpční spektra

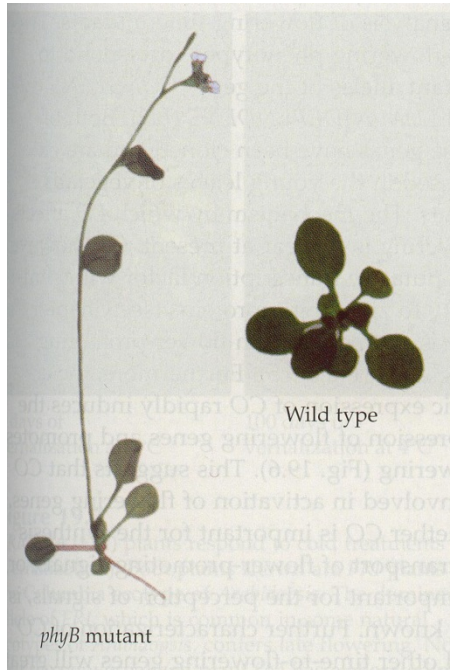
Tetrapyrrolový chromofor = pigmentoproteinový komplex

(D) Phytochrome activities



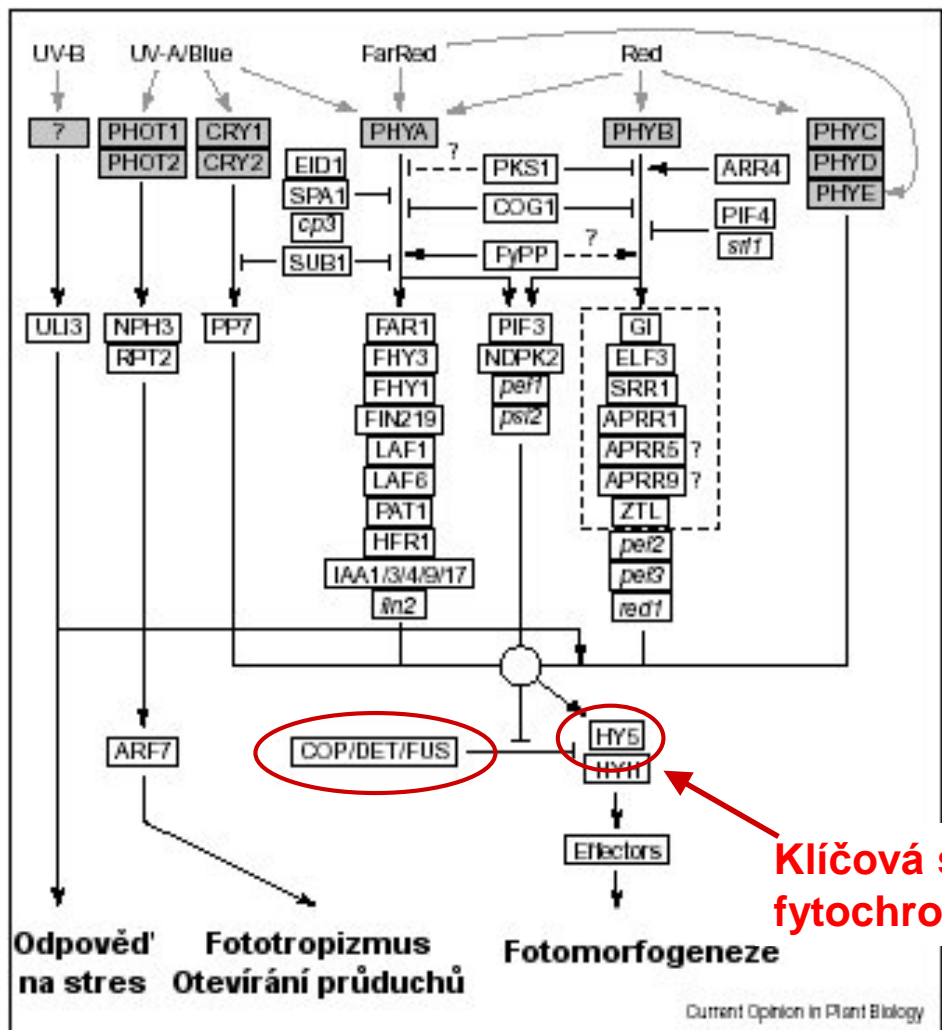
Reverzibilní změny při fytochromové aktivitě

Funkce genů pro fytochromy



- ➔ Geny *PHYA* a *PHYB* regulují dobu do kvetení
- ➔ Mutant *phyB* je raně kvetoucí – *PHYB* zpožduje kvetení.
- ➔ *PHYA* urychluje kvetení prostřednictvím světelných signálů

Klasifikace fotoreceptorů *A. thaliana* a jejich funkce



Vnější signál – světlo
Fotoreceptory

Pozitivní a negativní regulace morfogeneze světlem

Geny pro pozitivní regulaci

Promotory mají motivy LRE

(light regulatory elements)

Geny pro negativní regulaci

fotomorfogeneze

COP – CONSTITUTIVE

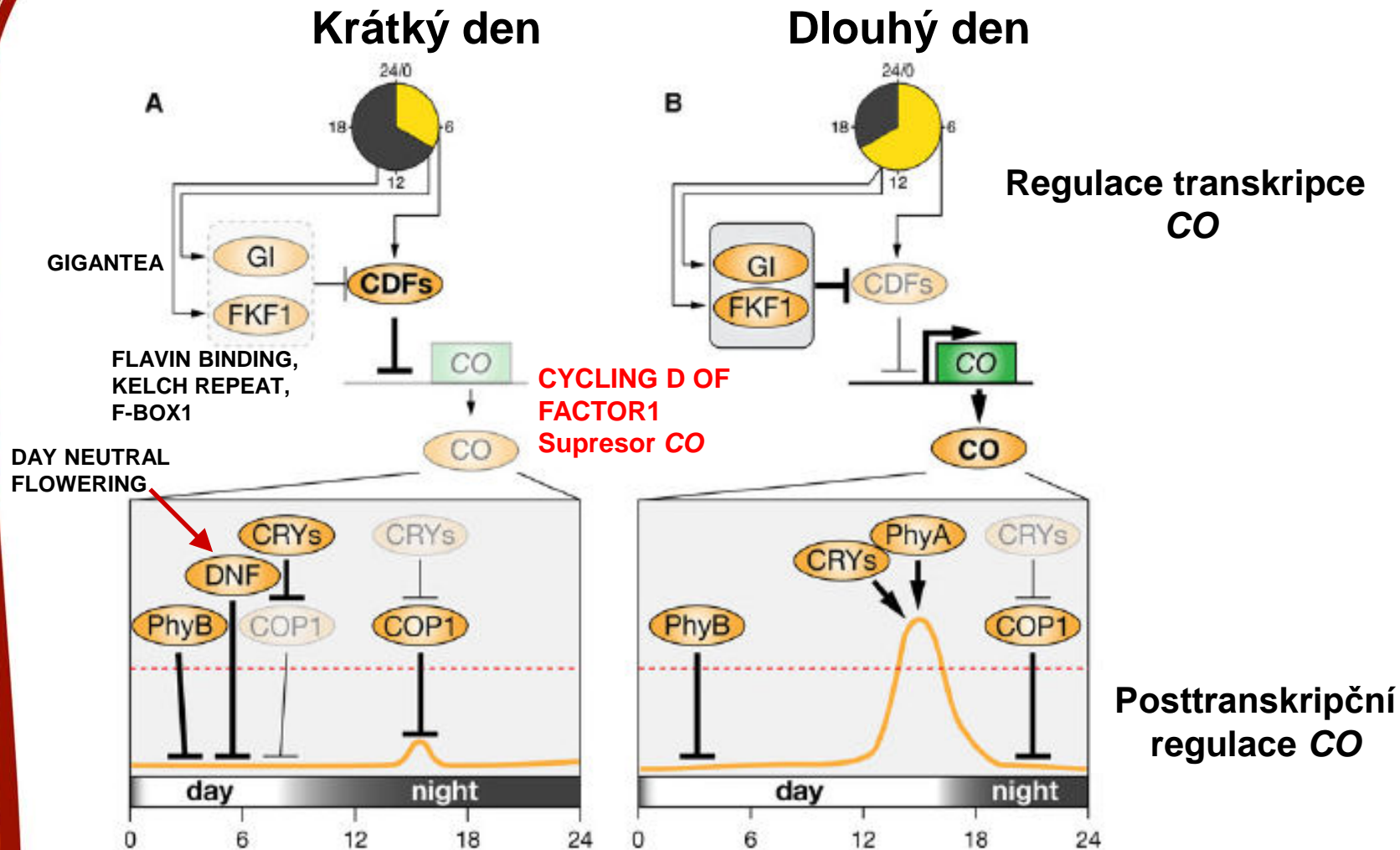
PHOTOMORPHOGENIC

DET – DE/ETHIOLATED

FUS – FUSCA

**Klíčová složka
fytochromové signalizační kaskády**

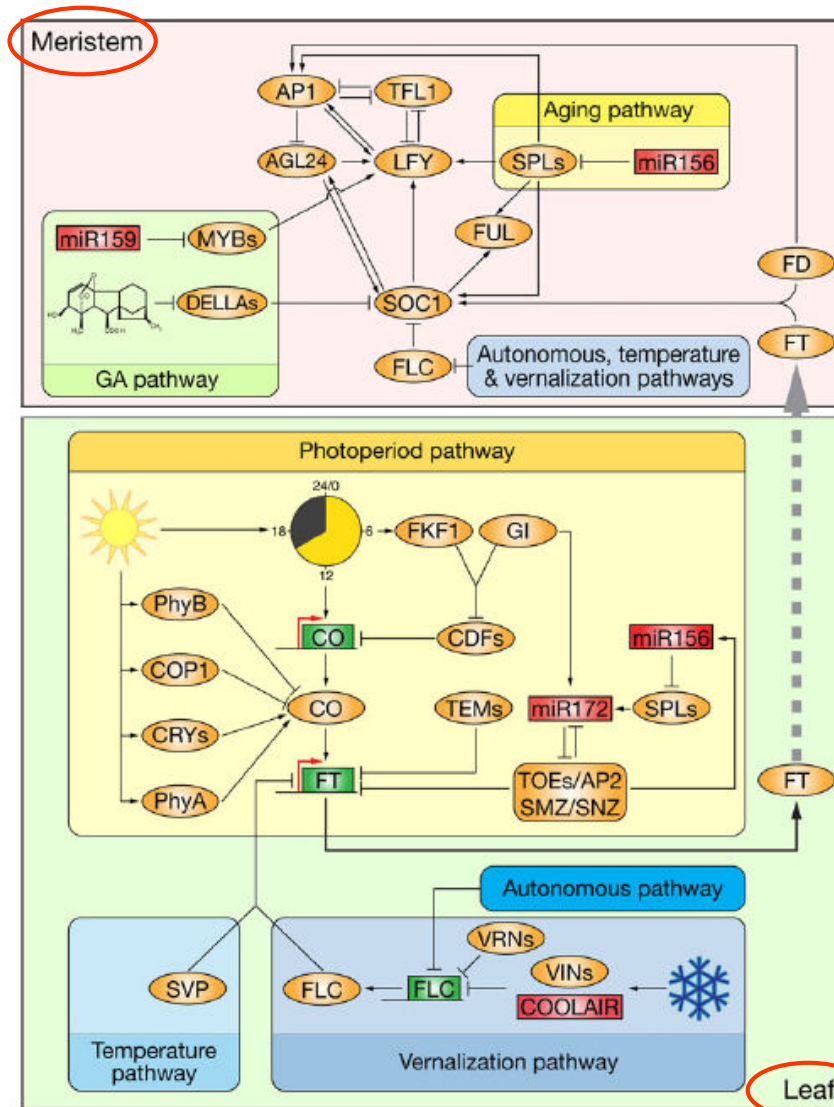
Regulace genu *CONSTANS*



4. Kontrola růstovými hormony

- ➔ **Kyselina giberelová (GA), cytokininy**
 - aktivují kvetení
- ➔ ***GA1 GA REQUIRING1*** – aktivátor
 - rané kvetení v podmínkách krátkého dne
 - GA je limitující pro kvetení v podmínkách krátkého dne
- ➔ Mutanti ***ga1–3*** deficientní, v podmínkách dlouhého dne kvete stejně jako standard, nekvete za krátkého dne
- ➔ ***GID1A, GID1B, GID1C*** – aktivátor
- ➔ ***GAI GA INSENSITIVE*** – supresor
- ➔ ***GNC, GNL*** – supresory

Molekulární mechanismy regulace indukce kvetení



Geny zeleně
Proteiny žlutě

Cellular and
Molecular Life
Sciences 2011, 68,
p. 2013–237

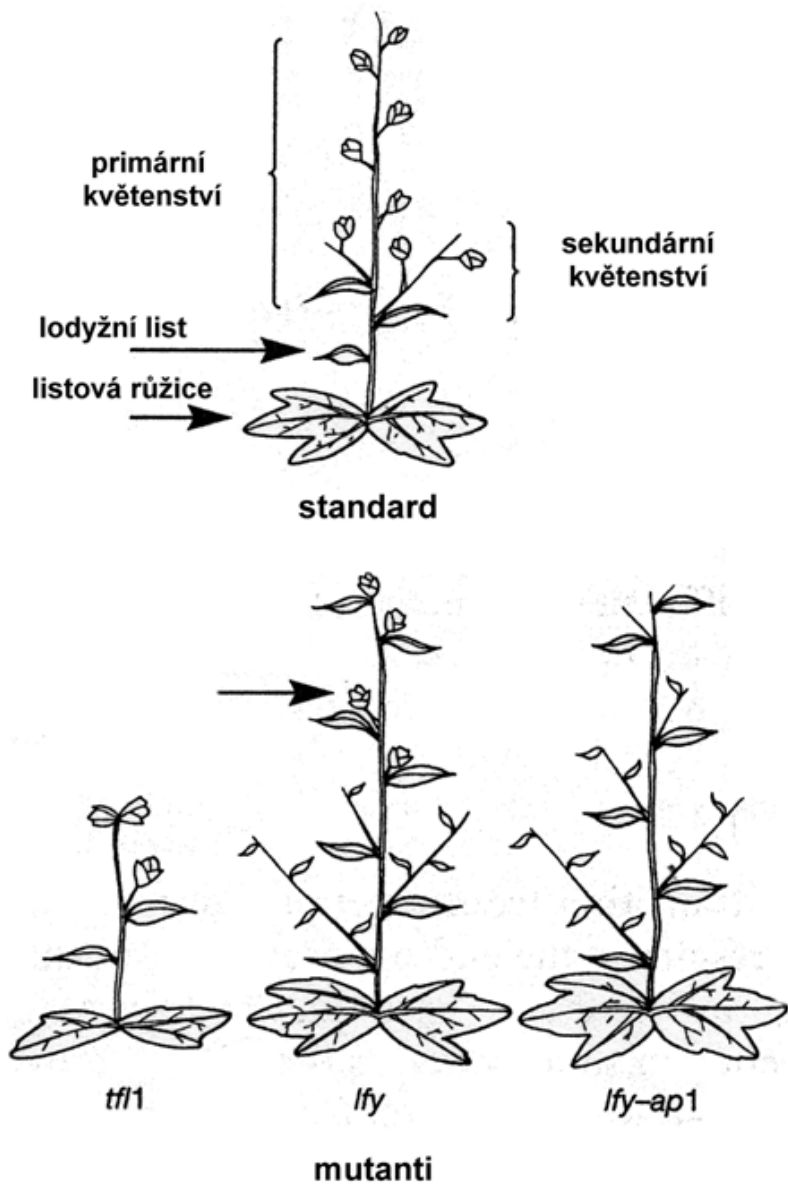
Geny podmiňující tvorbu meristémů květenství

➔ *LFY (LEAFY)*

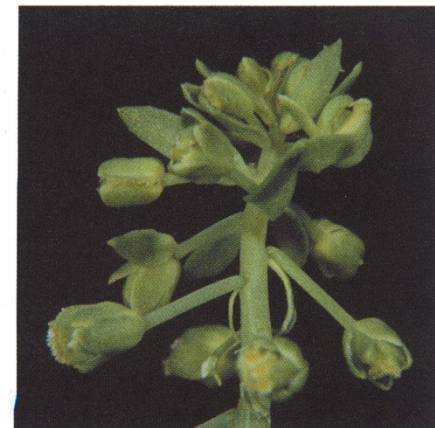
- blokuje vegetativní růst a zakládání listových primordií
- **Mutantní fenotyp:** částečná přeměna květních meristémů v listy, bohaté květenství. Květy zelené

➔ *TFL (TERMINAL FLOWER)*

- zachování meristému květenství
- **Mutantní fenotyp:** přeměna meristému květenství v květní meristém



(A)



leafy

(B)



Expresse 35S::LFY

AP1 (APETALA1)

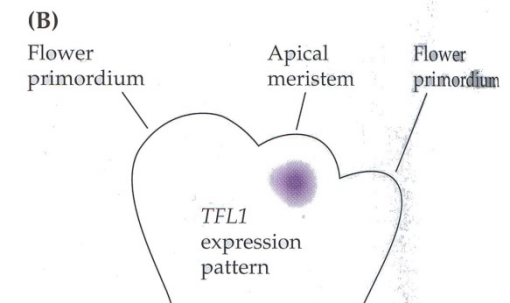
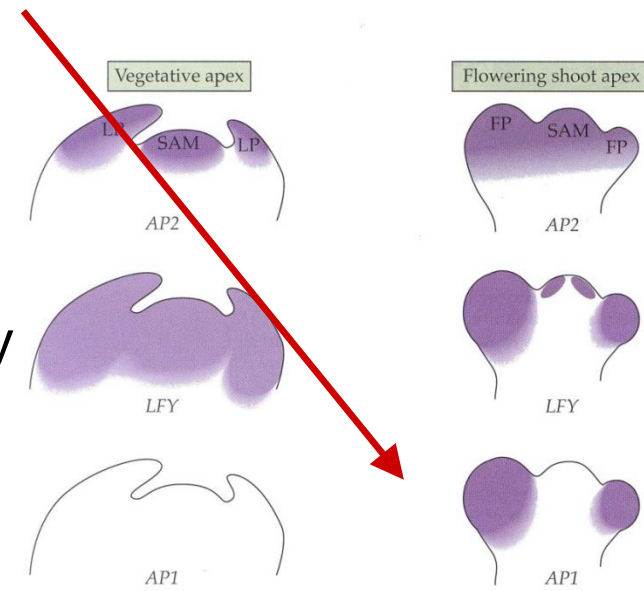
1. Zakládání květních meristémů
2. Přeměna květních primordií v determinované struktury

➔ **Mutantní fenotyp:**

- tvorba axilárních květů
- homeotická přeměna sepal v listy

➔ Mutace *ap1* (i *ap2*) zvyšují fenotyp *lfy*

➔ *LFY* + *AP1* + *TFL* rané funkce ve specializaci květního meristému



Geny regulující tvorbu a identitu květních orgánů

➔ *AP1, AP2*

- Mutantní fenotyp: homeotická přeměna sepal v listy a petal v tyčinky

➔ *AP3*

- Mutantní fenotyp: homeotická přeměna petal a tyčinek

➔ *PI PISTILLATA*

- Mutantní fenotyp: homeotická přeměna petal a tyčinek

➔ *AG AGAMOUS*

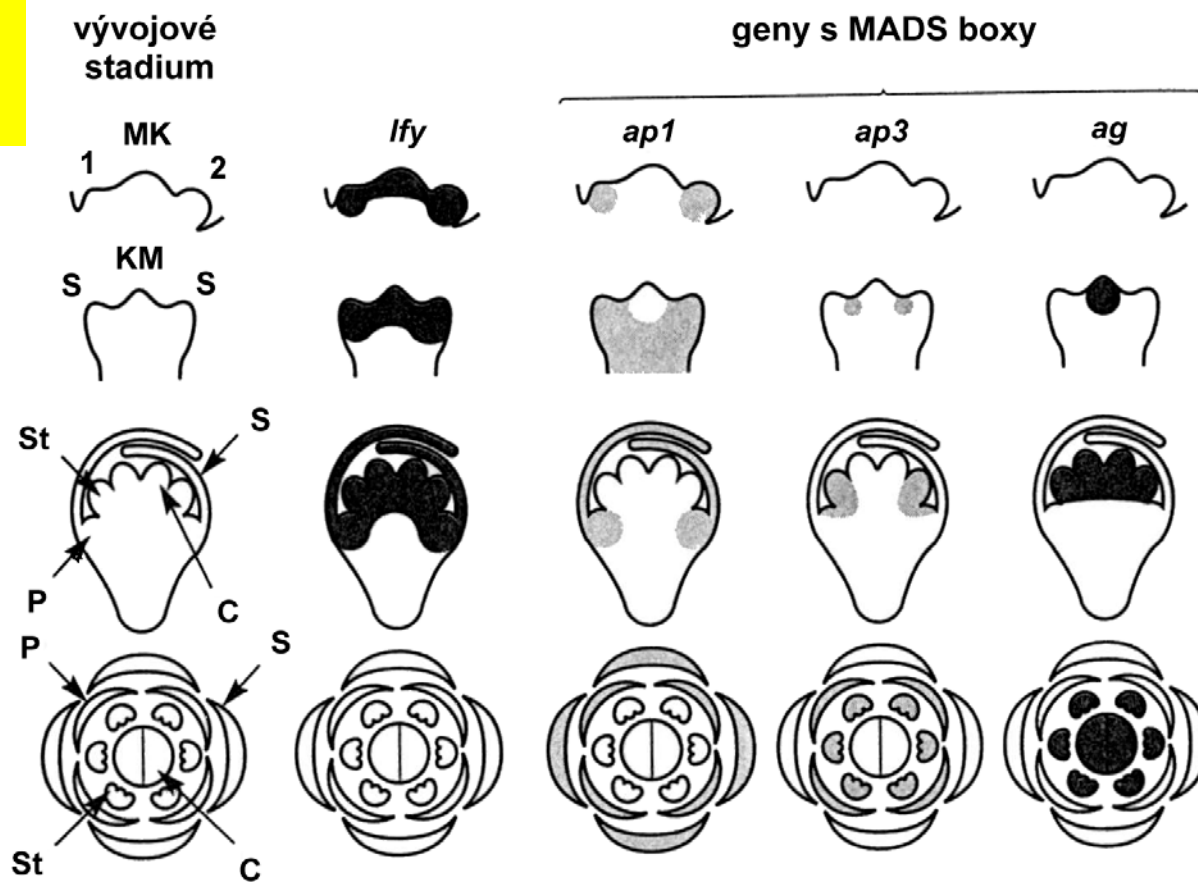
- Mutantní fenotyp: homeotická přeměna tyčinek a pestíků

Vliv na strukturu květ. orgánů vždy ve 2 květních kruzích

➔ *SUP SUPERMAN*

Časová a prostorová regulace genové exprese během vývoje květu

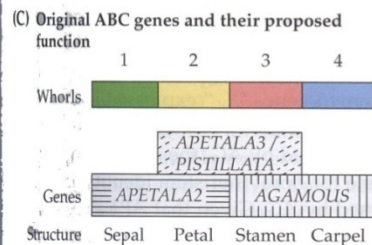
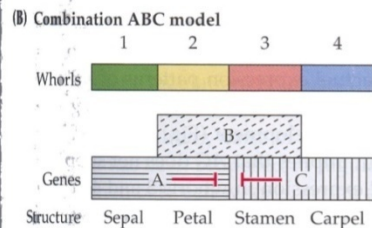
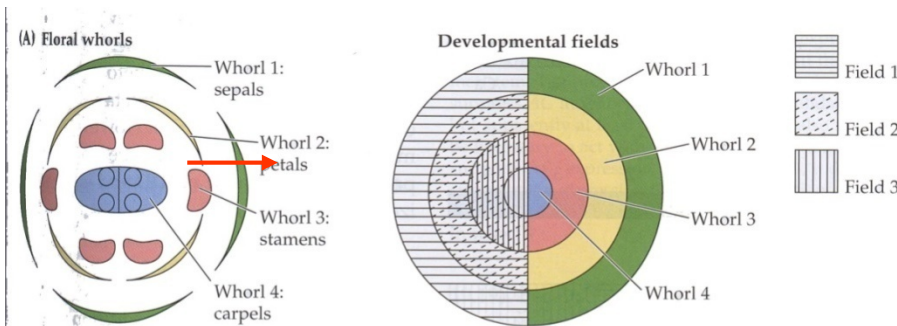
MCM1 kvasinek
Agamous rostlin
Deficiens rostlin
SRF savčí



Homeostaze vývoje květů

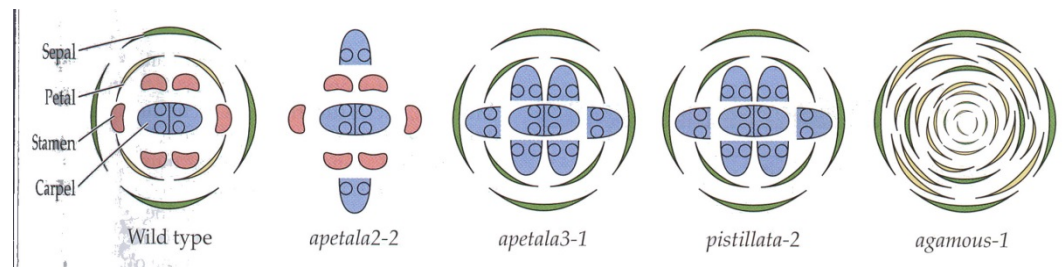
Prostorová regulace genové exprese během vývoje květů

ABC model

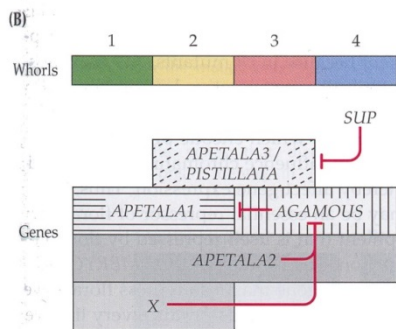
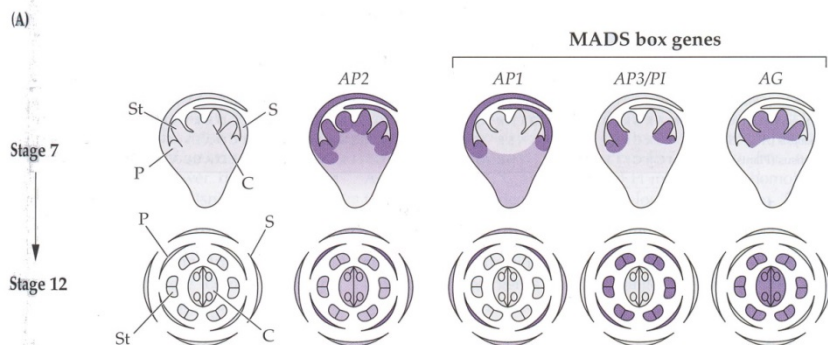


Expresse genů ve dvou sousedních kruzích

1. Expresse genů B je nezávislá na genech A, C
 2. Fenotypy mutantů bez funkčních genů C mají zvýšenou funkci genů A a naopak.
- Geny A a geny C fungují antagonisticky.



Antagonismus mezi geny A a C



Revize modelu ABC

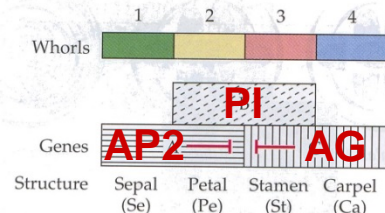
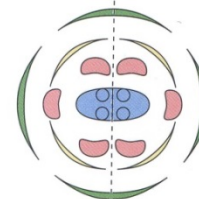
1. SUP – negativní regulátor funkce genů B (PI, AP3).

Expanduje tvorba tyčinek do 4. kruhu. Epigenetická regulace

hypermetylace SUP = mutace *sup*

2. Neznámý gen X – skupina A

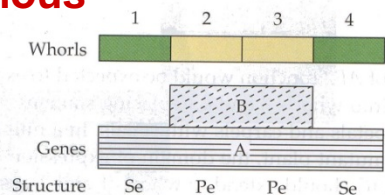
Wild type



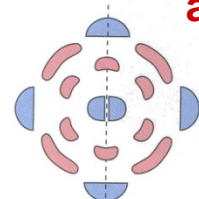
Loss of C function



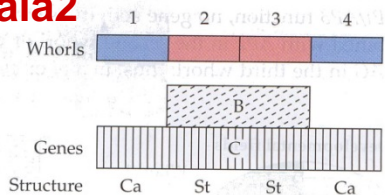
agamous



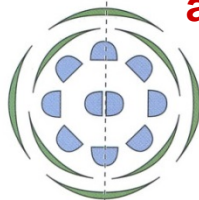
Loss of A function



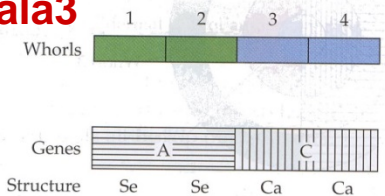
apetala2



Loss of B function

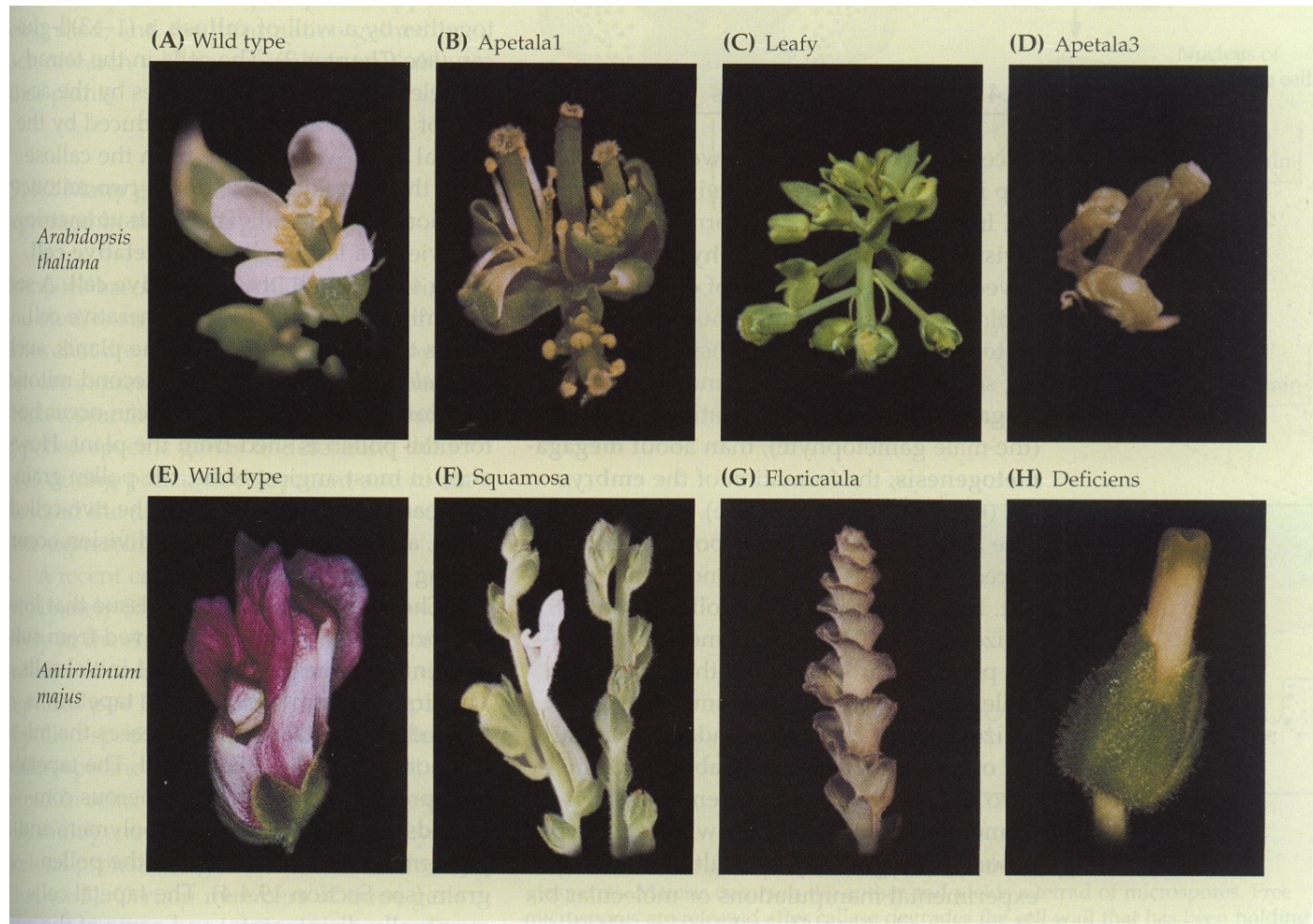


pistilata
apetala3



Podobné geny se podílejí na tvorbě zcela odlišných květů

Arabidopsis thaliana x *Antirrhinum majus*



Geny regulující růst květních orgánů a jejich zrání

Geny kódující samičí gametofyt

➔ Zakládání a vývoj vajíček

– 12 lokusů, regulace buněčné diferenciace

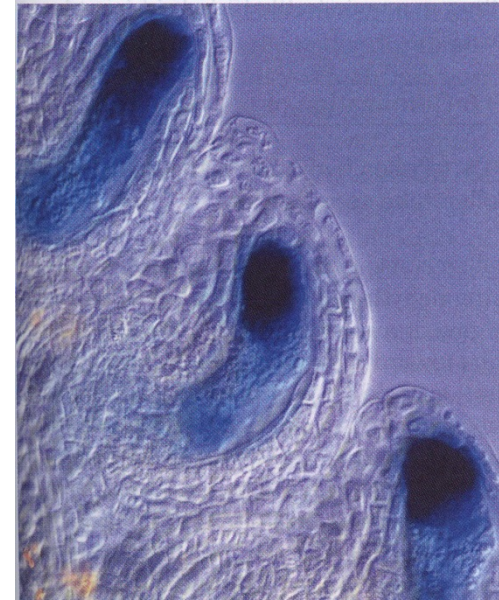
– *ANT* *AINTEGUMENTA*

– *BEL1* *BELL1*

– *ATS* *ABERRANT TESTA SHAPE*

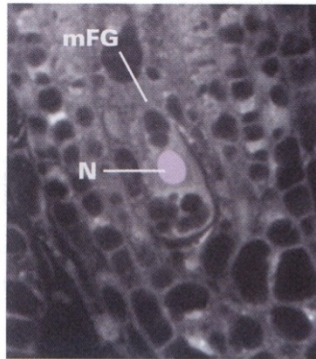
➔ Megasporogeneze

– *MAC1* meióza probíhá jen u 1 mateřské buňky megaspóry

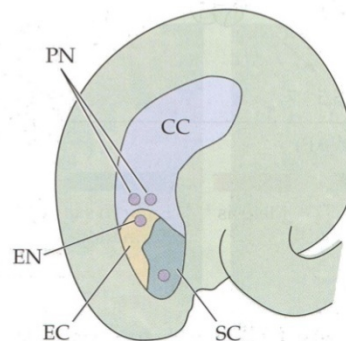
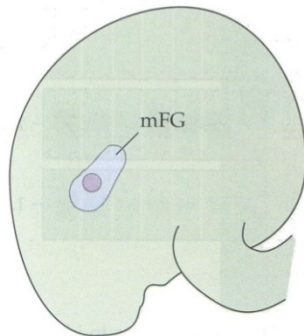
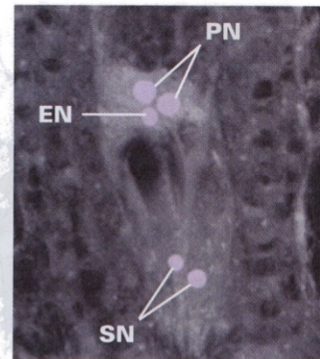


Pozdější fáze

fem2: Never progresses beyond megasporogenesis



gfa2: Polar nuclei fail to fuse



SIN1 – SHORT INTEGUMENTS1

➤ Megagametogeneze

- Determinace tvorby zralého embryonálního vaku
- identifikace řady mutantů

➤ Mutace *fem2*

- zastavení vývoje ve stadiu jedné buňky

➤ Mutace *gfa*

- centrální jádra nesplývají

➤ Oplození

- *SIN1* – normální průběh embryogeneze

Geny kódující samčí gametofyt

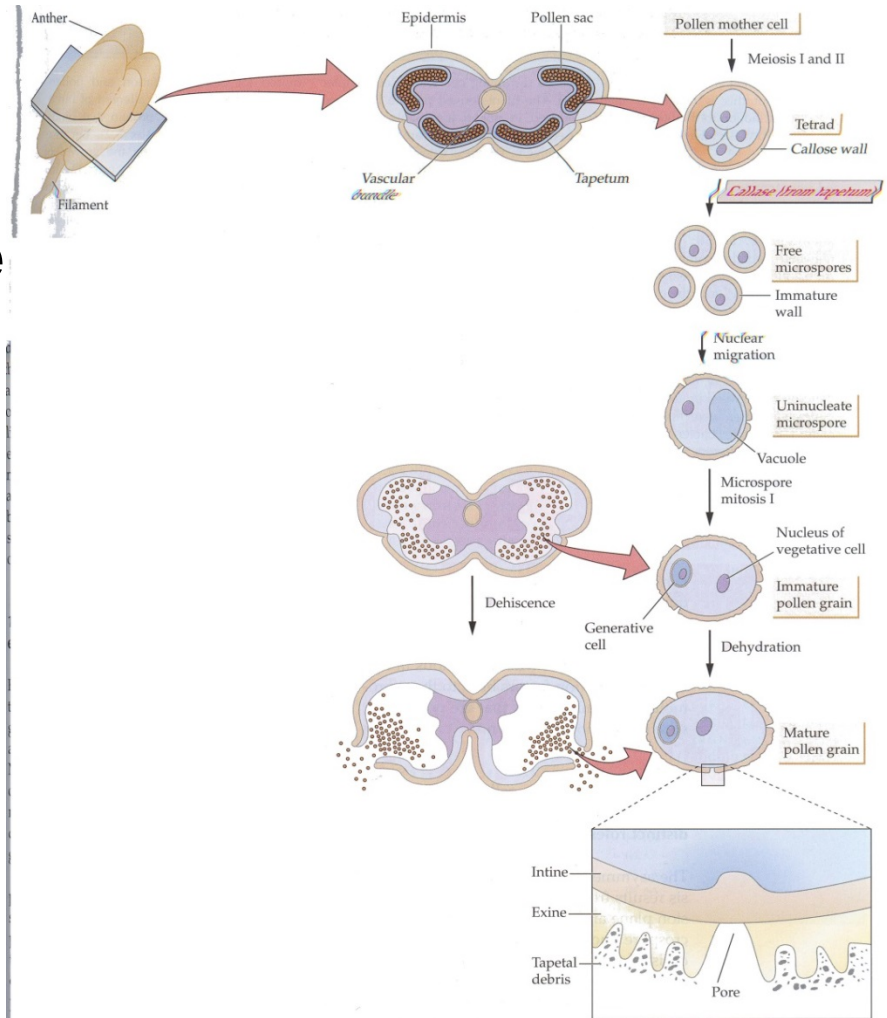
➔ **Mikrosporogeneze a mikrogametogeneze**

➔ **APT**

– ABORTIVE POLLEN DEVELOPMENT

➔ **AT**

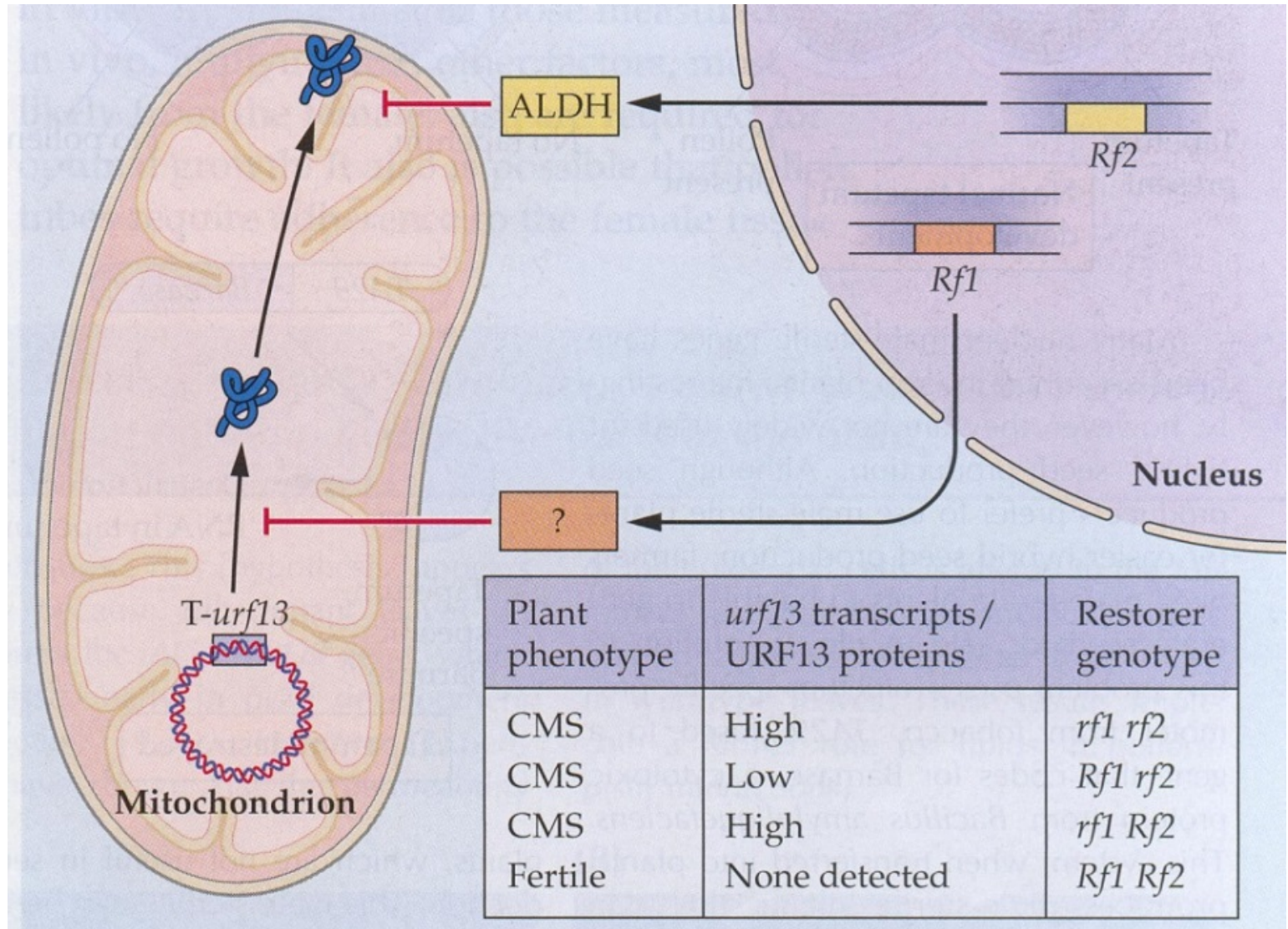
– ANTHERLESS



CMS a geny pro obnovu fertility

- ➔ **150 druhů rostlin** – kukuřice, slunečnice, rýže, petúnie, fazol
- ➔ **Geny pro CMS**
 - mitochondriální genom, CMS-T systém u kukuřice, gen *T-urf13*, protein *URF-13*
- ➔ **Geny obnovy *Rf1*, *Rf2***
 - jaderný genom, dominantní alely redukce proteinu URF-13 (tvoří aldehydy toxické pro mitochondrie)
- ➔ **Rf2**
 - tvorba alkoholdehydrogenázy odstraňuje toxické látky

CMS a geny pro obnovu fertility



Výukovou pomůcku zpracovalo
Servisní středisko pro e-learning na MU

<http://is.muni.cz/stech/>

CZ.1.07/2.2.00/28.0041

Centrum interaktivních a multimediálních studijních opor pro inovaci výuky a efektivní učení



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ