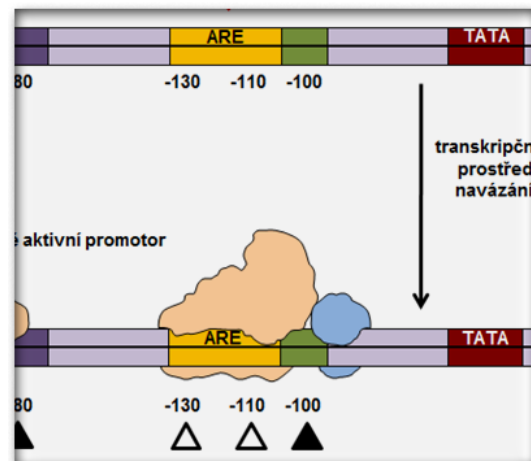


Bi8240 GENETIKA ROSTLIN

Prezentace 07

Rezistence rostlin k abiotickým faktorům



doc. RNDr. Jana Řepková, CSc.

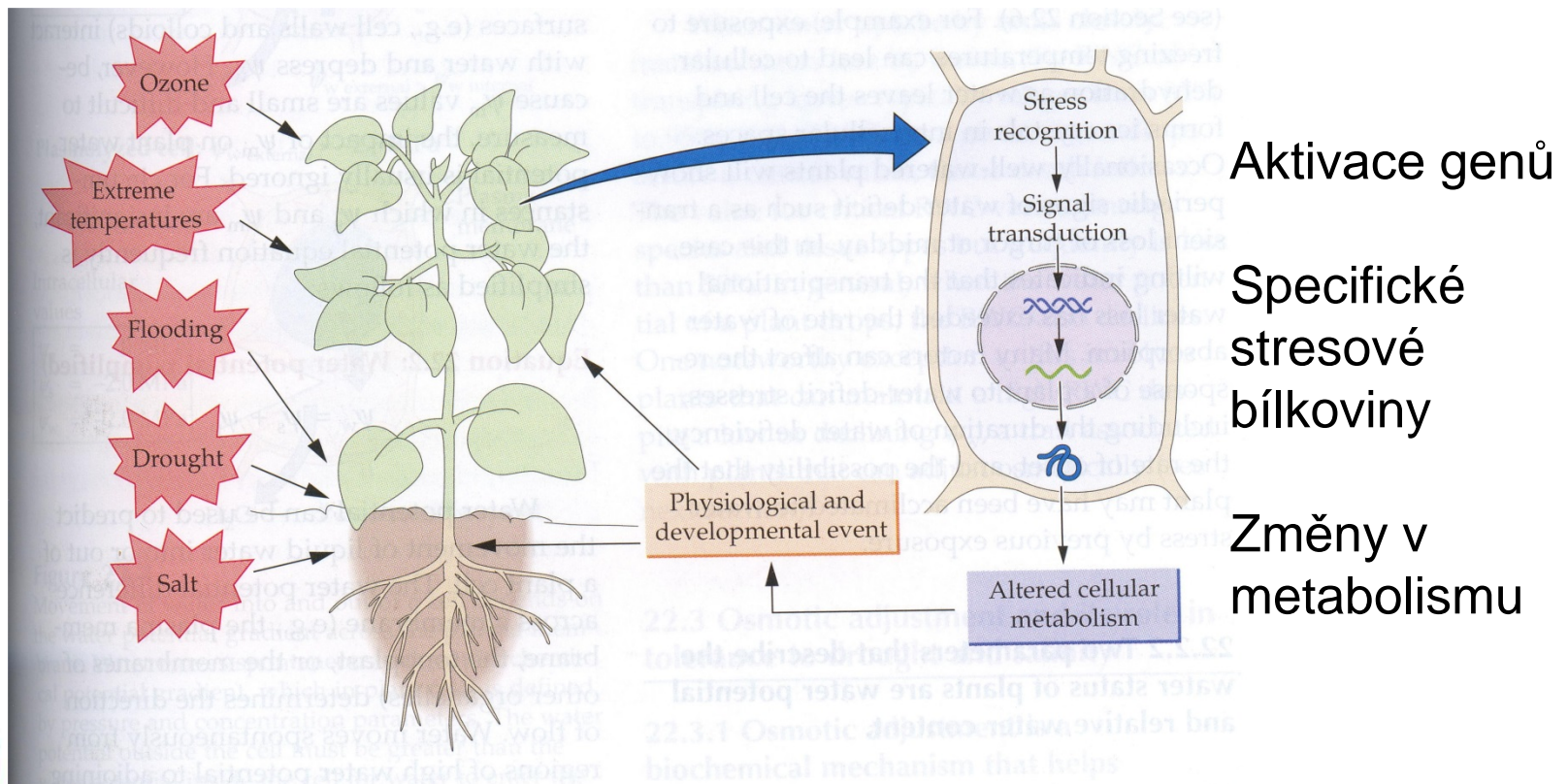
repkova@sci.muni.cz

Abiotické faktory

- 1. Nízké teploty (chladuvzdornost, mrazuvzdornost, zimovzdornost)**
- 2. Vysoké teploty**
- 3. Sucho (suchovzdornost)**
- 4. Osmoticky aktivní látky**
- 5. Oxidativní stres**
- 6. Ozón**
- 7. Pokles pH**
- 8. Vysoká koncentrace solí, těžkých kovů, toxických látek**
- 9. Nedostatek kyslíku**
- 10. Mechanické poranění**

Abiotické faktory rezistence

- ➔ Studium genetické podstaty stresových reakcí a jejich molekulárních mechanismů



Reakce rostlin na stres obecně

- Konstitutivní obranné mechanismy rezistence
- Dočasná aklimatizace
- Indukce exprese specifických genů (řádově stovky)
- Změny v metabolismu a přestavby buněk poškozených stresem - proteiny, enzymy (nukleázy, proteázy)
 - oprava poškozených makromolekul
 - eliminace poškozených buněk
 - ochrana stávajících struktur

Modelové druhy

- Tabák, huseníček, vojtěška, rýže

Suchovzdornost

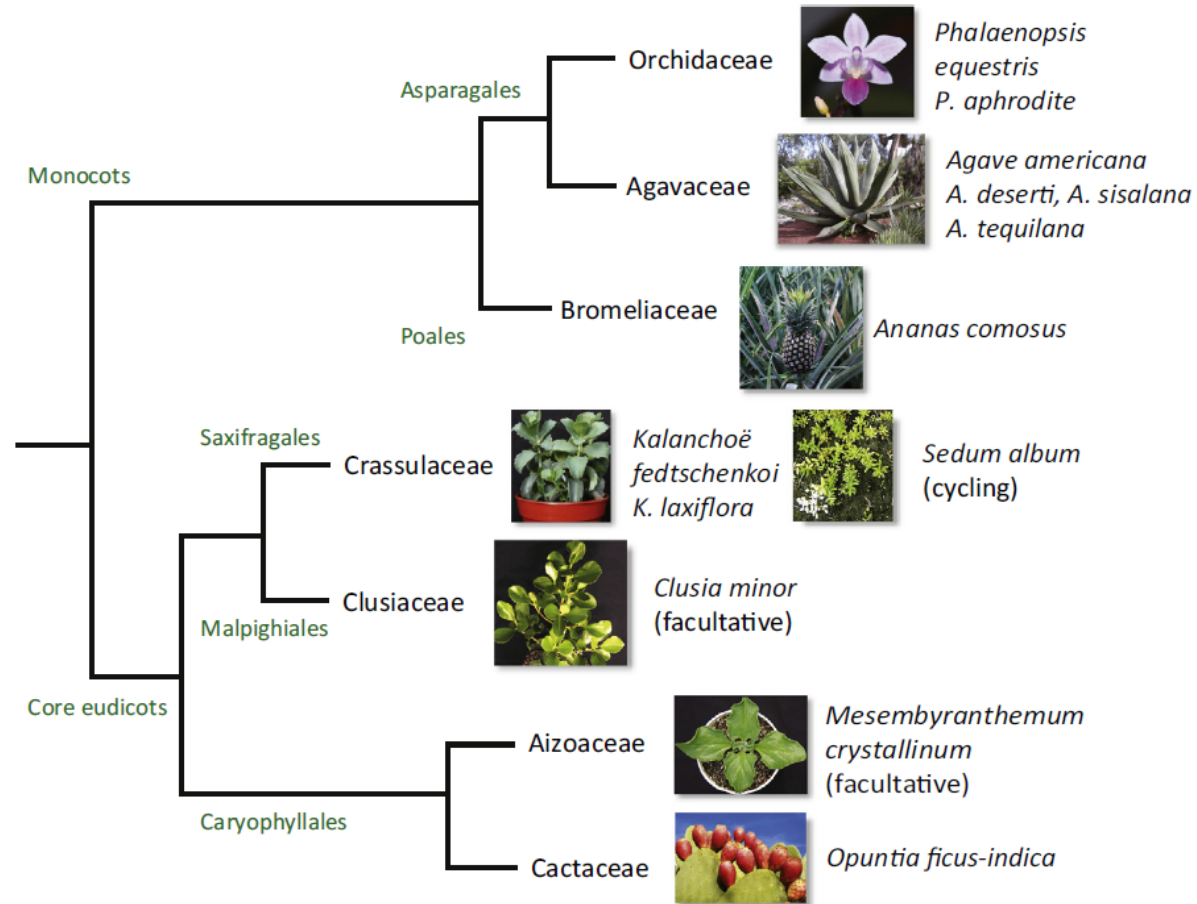
Obranné mechanismy rostlin

- ➔ Krátký životní cyklus
- ➔ Zamezení odpařování listy, zvýšení příjmu kořeny
- ➔ Tolerance k suchu
 - tučnolisté, pouštní rostliny
 - např. *Craterostigma plantagineum*
 - CAM (crassulacean acid metabolism)

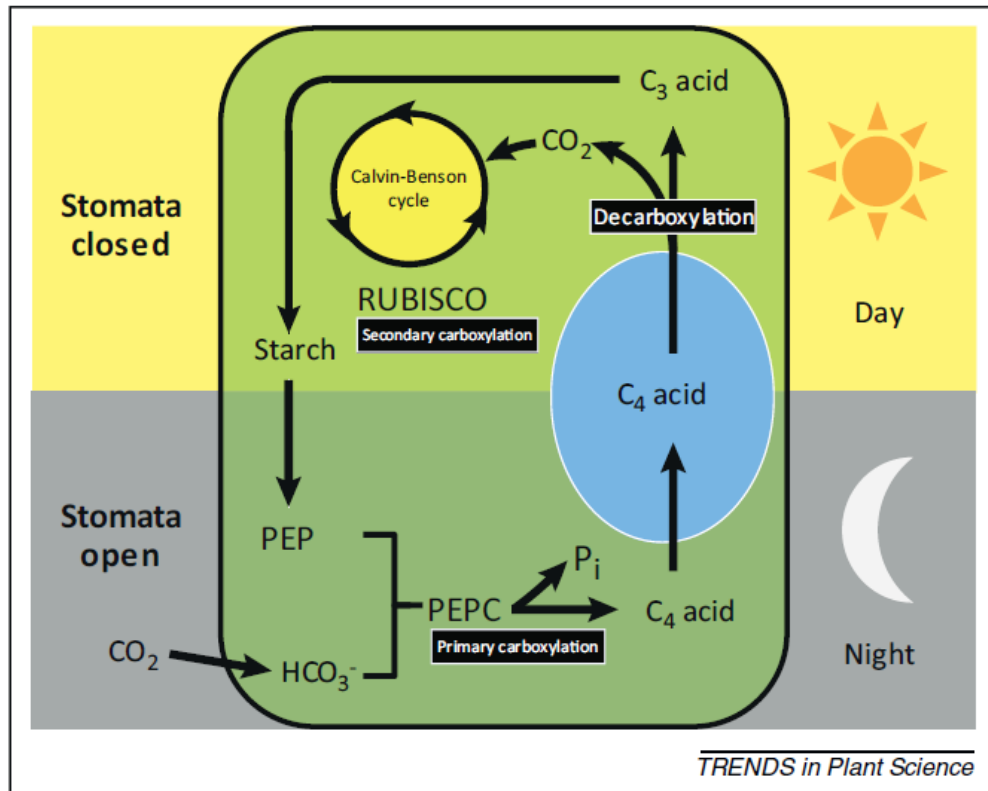


CAM

Fylogenetické vztahy mezi agronomicky významnými druhy s CAM, jejichž genom se studuje a jsou identifikovány geny



CAM

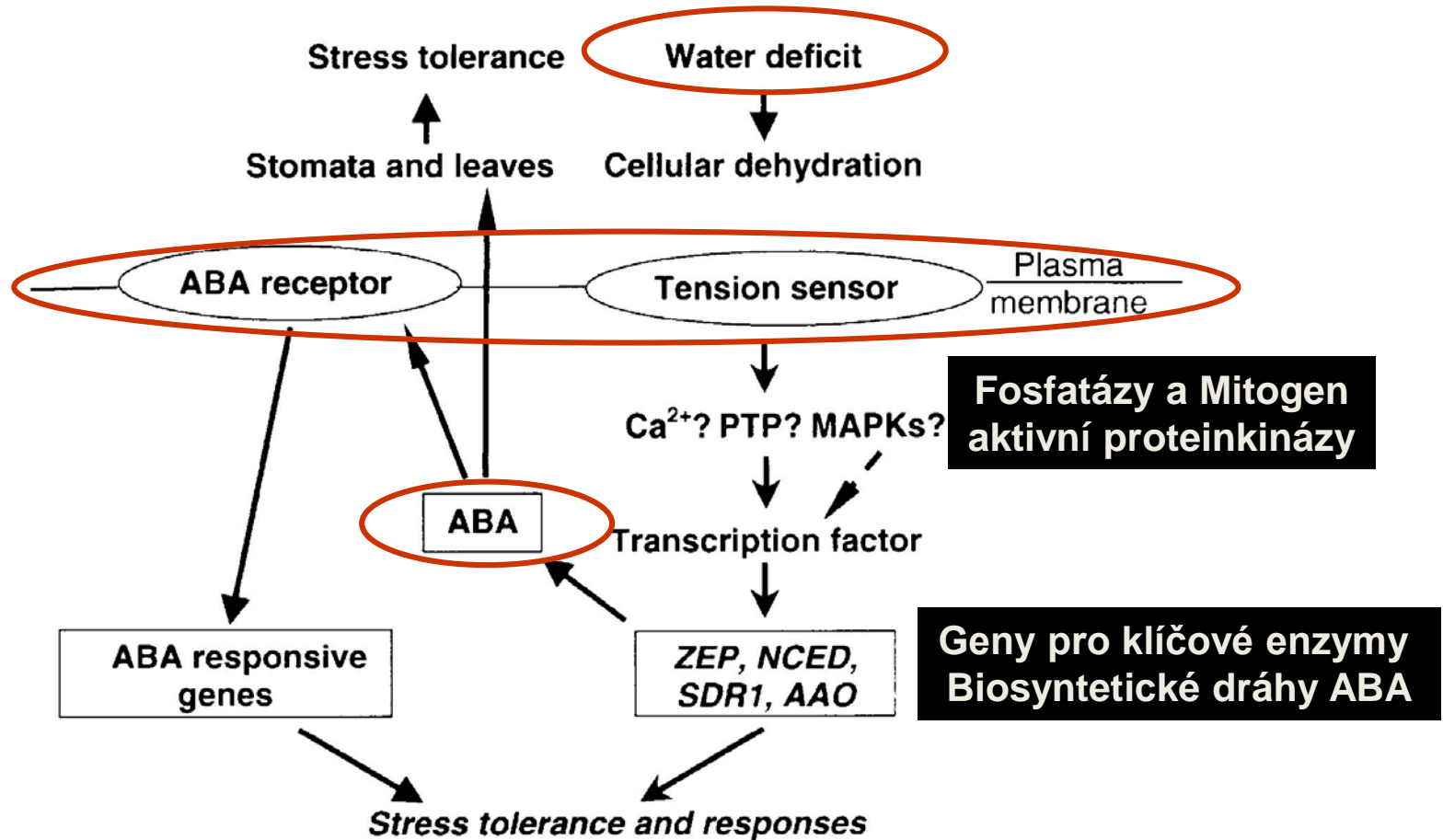


Den: průduchy zavřené
dekarboxylace malátu
CO₂ do Calvinova cyklu
C₃ substrát pro glukoneogenezi
- uchovány ve formě škrobu

Noc: průduchy otevřené
příjem atmosférického CO₂
fosfoenolpyruvát karboxyláza
umožní tvorbu C₄ organ.kyselin
(malát - vakuola)
Předpoklady CAM – velké vakuoly, sukulenty

Studium mechanismů, identifikace genů pro efektivní vodní režim
Introdukce např. do *Populus* – lesnictví, suché oblasti

Přenos signálu v buňce v podmínkách sucha

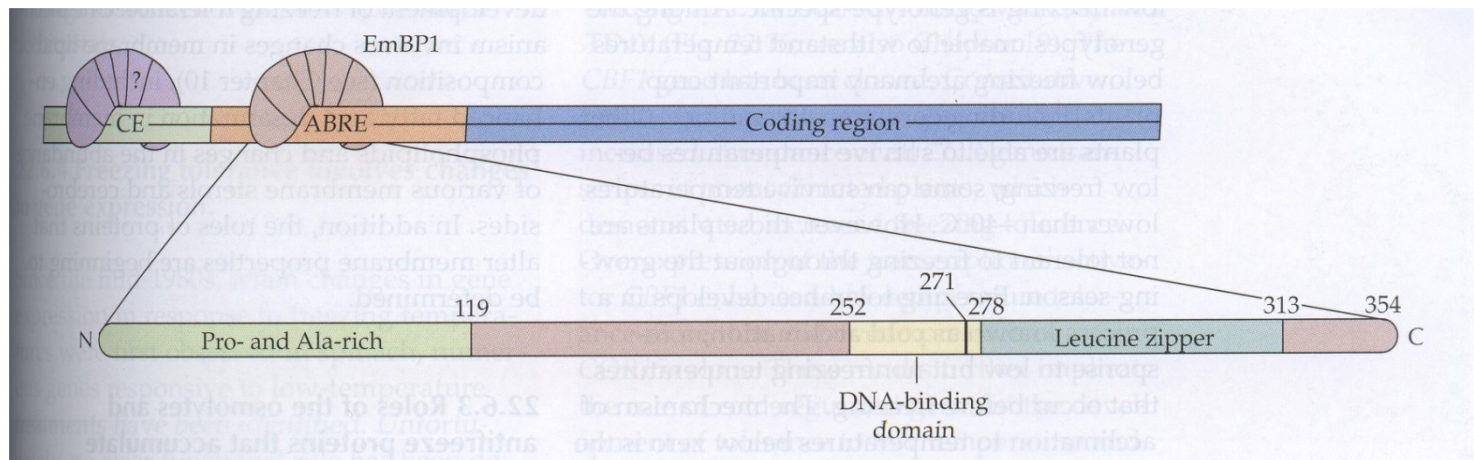


Vliv kyseliny abscisové na vodní režim

- ➔ 10x až 50x vyšší hladina ABA při vodním deficitu
- ➔ Uzavírání průduchů

1. Exprese genů, které reagují na přítomnost ABA

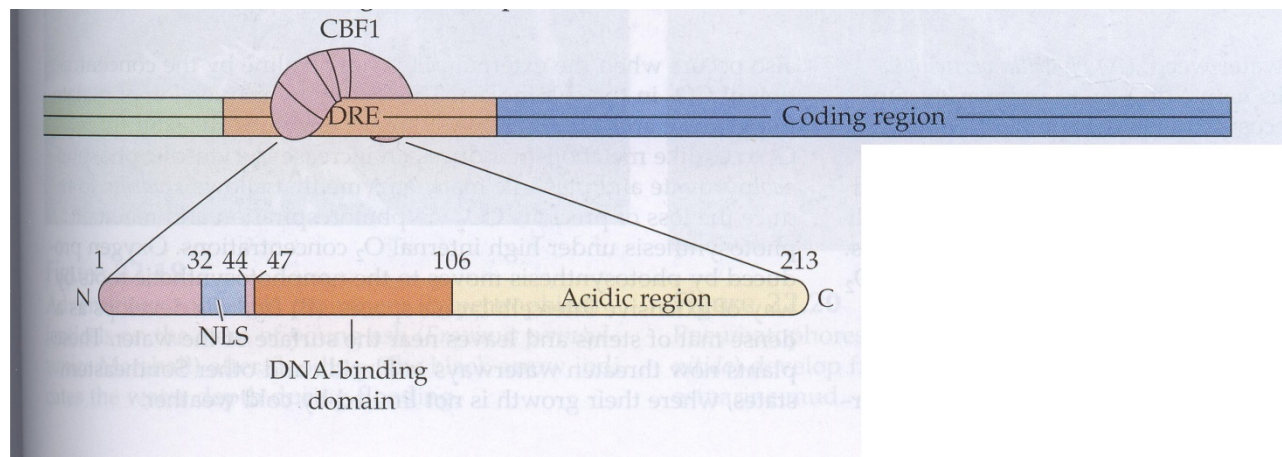
- ABA – regulační faktor
- exprese genů rezponzivních k ABA
- promotorová sekvence ABA rezponzivního elementu
- **ABRE** (abscisic acid responsive element)
PyACGTGGC



Vliv kyseliny abscisové na vodní režim

2. Exprese genů, které reagují na vodní deficit

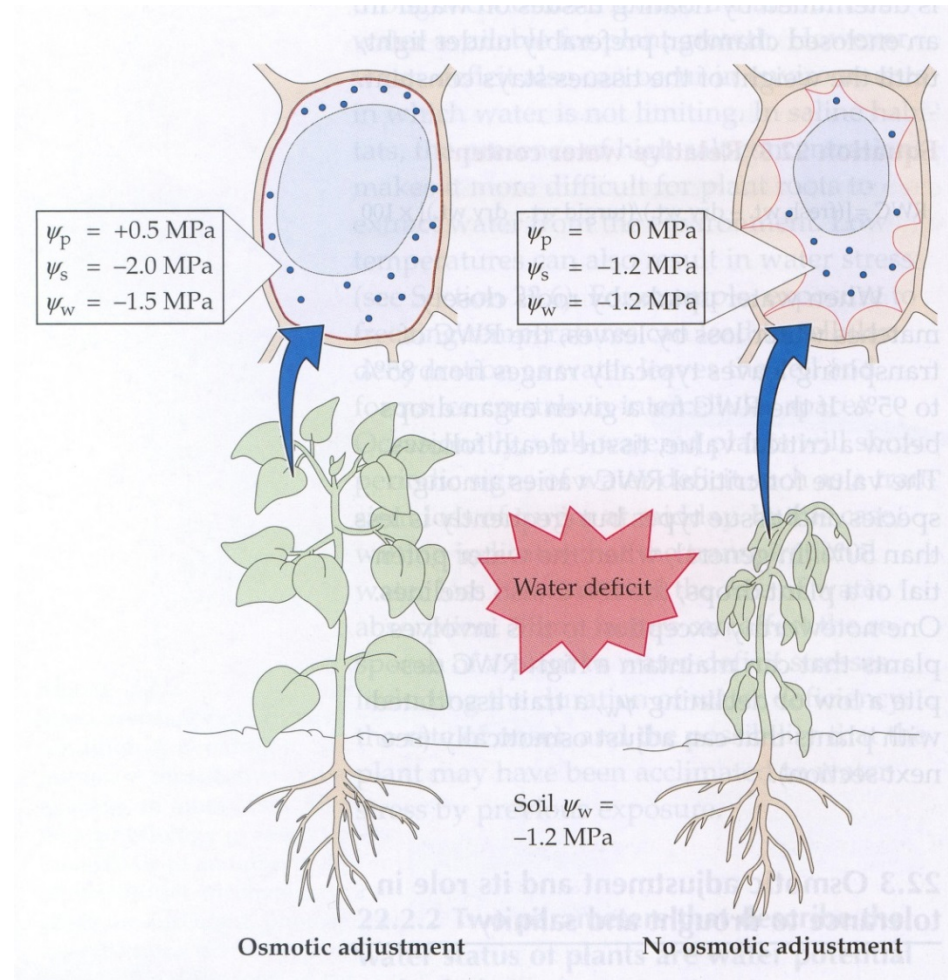
- promotorová sekvence responzivního elementu vodního deficitu – **DRE**
- (dehydration responsive element) 9 bp TACCGACAT



Ztráta vody a osmotický stres

Osmoprotektanta

1. Aminokyseliny
 - prolin
 - glycin betain
 - GABA
2. Polysacharidy
 - manitol
 - trehalóza
 - sorbitol
 - fruktany



Nahrazují vázané molekuly vody v makromolekulách a na povrchu membrán

Geny determinující rezistenci k suchu

Ochranná funkce

- ➔ Geny **LEA** (late embryogenesis abundant)
 - skupina proteinů s ochrannou funkcí při dehydrataci
- ➔ Geny dehydriny lokusy **Dhn**
 - skupina proteinů o nízké molekulové hmotnosti
 - zabraňují ztrátám vody, zachovávají funkčnost membrán
- ➔ *Hordeum vulgare*
- ➔ *Zea mays*

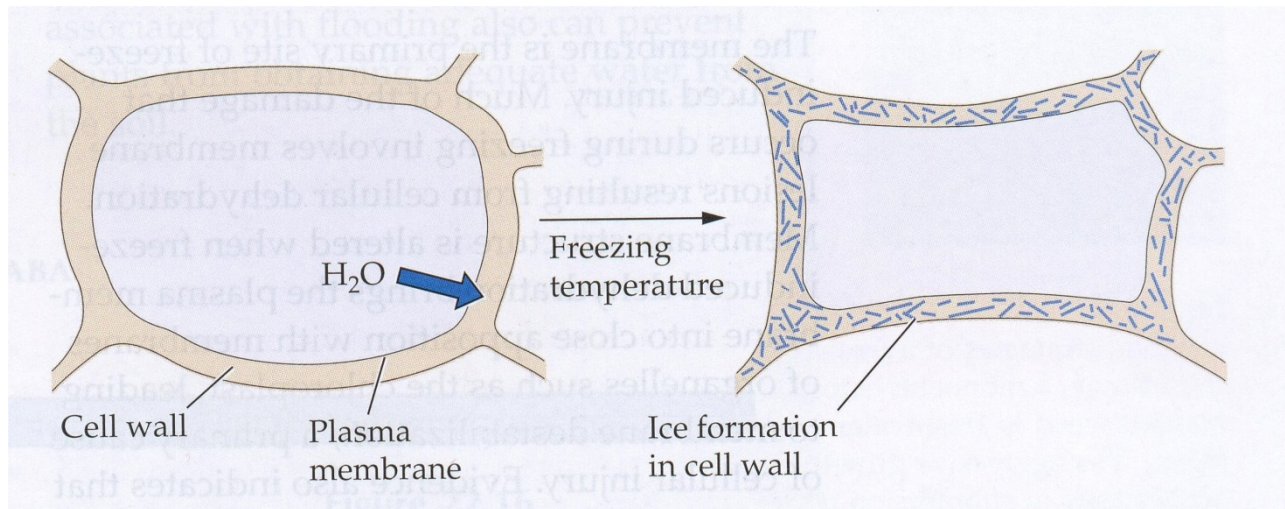
Odolnost k nízkým teplotám

- ➔ **Chladuvzdornost**
- ➔ **Mrázuvzdornost**
- ➔ **Zimovzdornost**

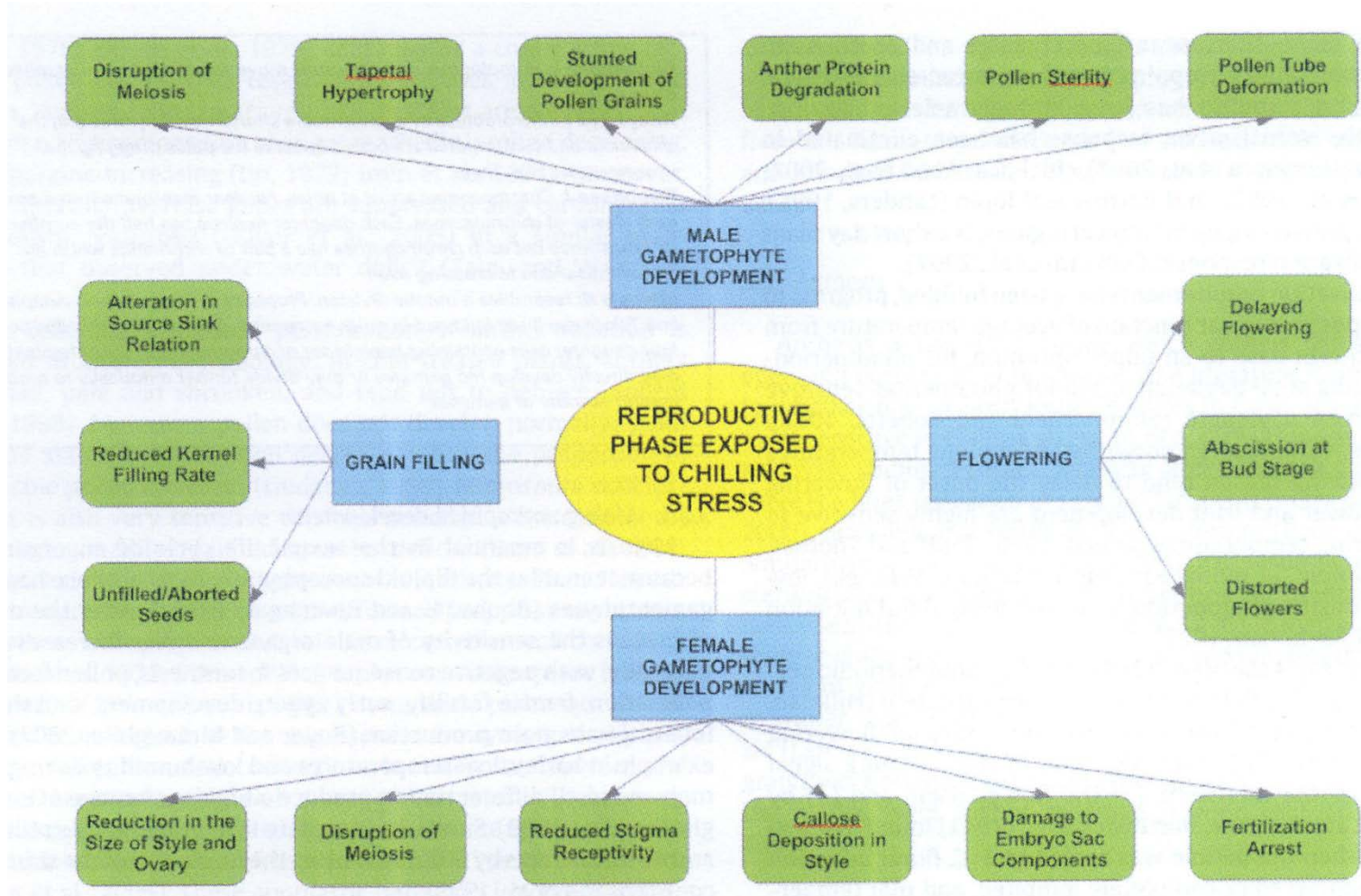
Chlad

➔ Fyziologické a biochemické procesy

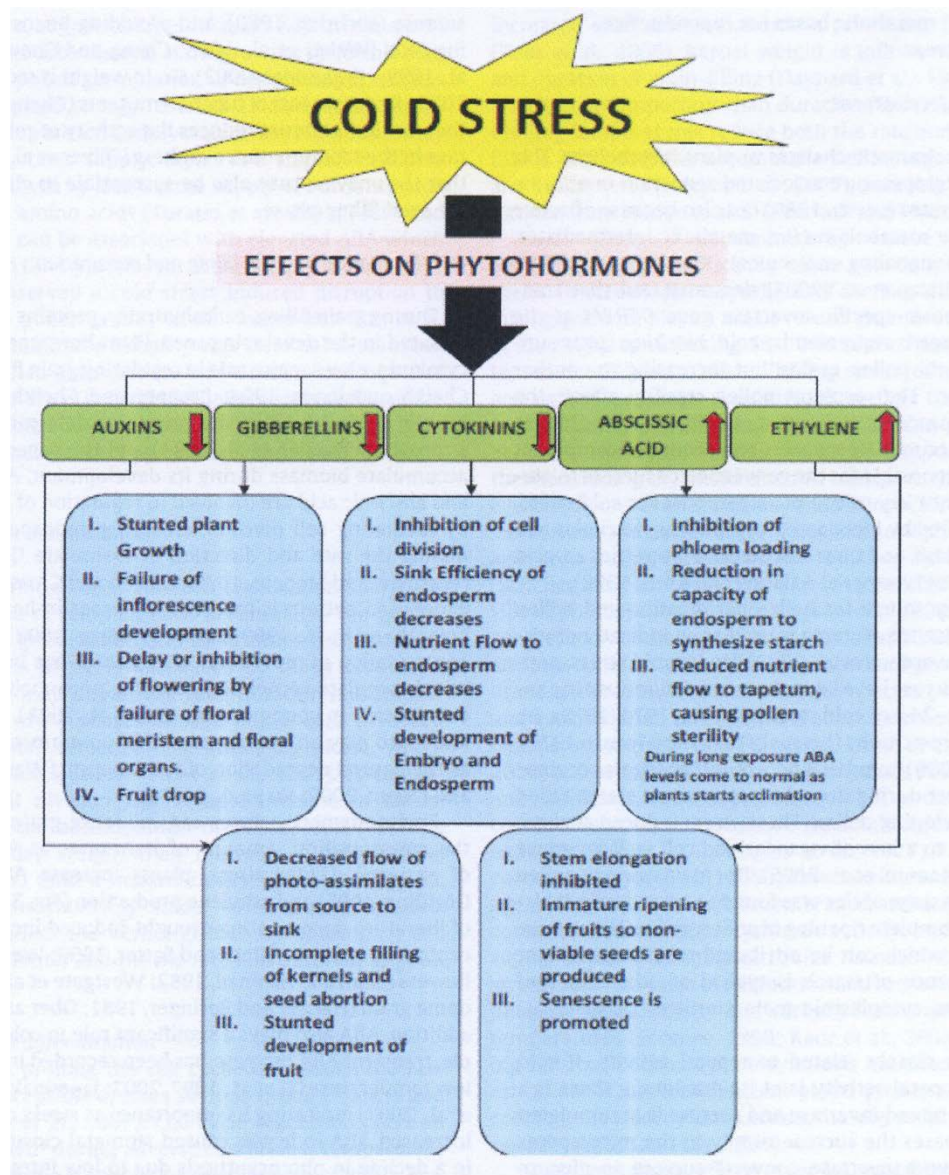
- změny v aktivitě enzymů
- změny vlastností membrán
- poškození pletiv



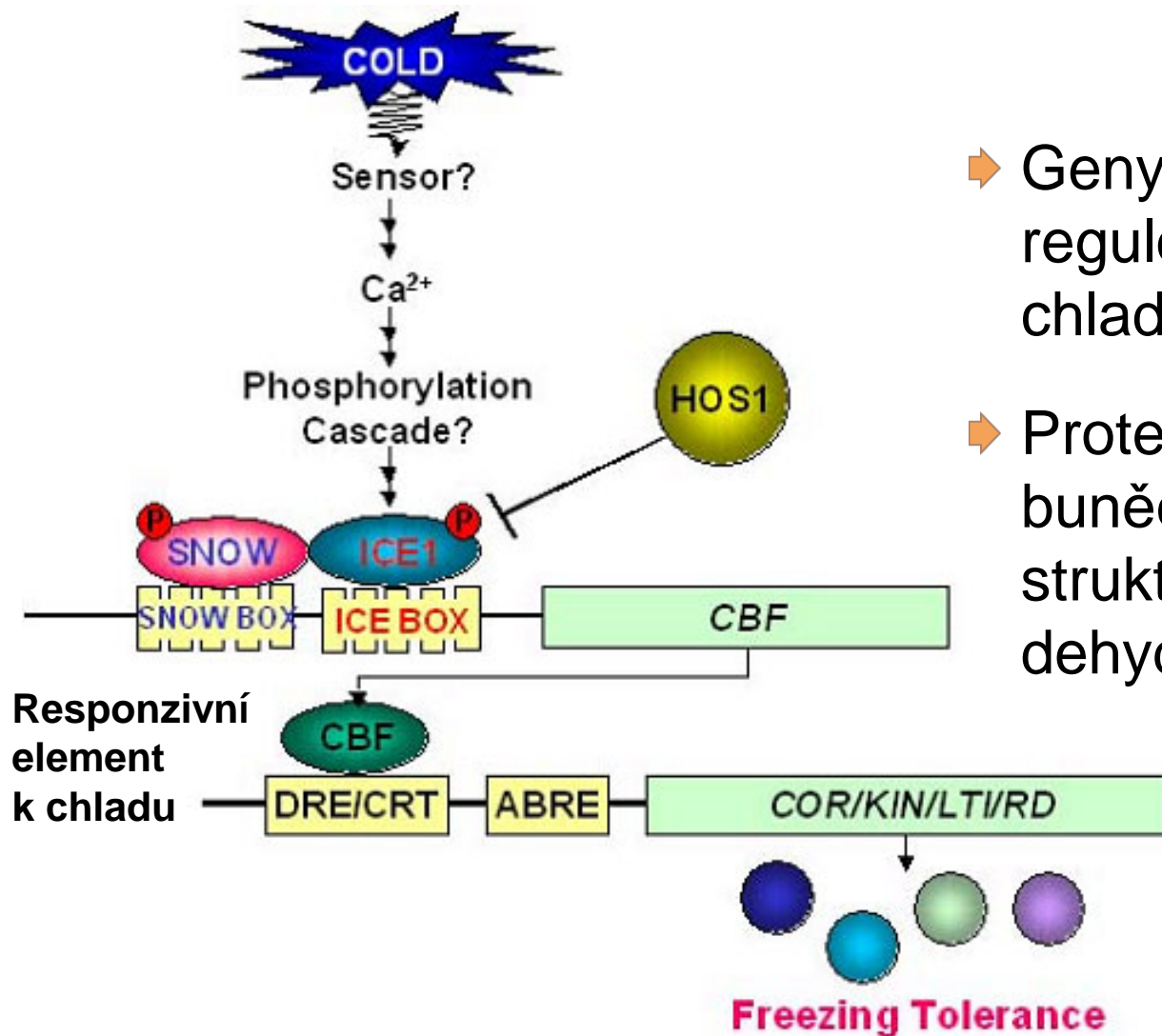
Negativní vliv na reprodukční mechanismy



Vliv na fytohormony



Přenos signálu v buňce v podmínkách chladu



- Geny regulované chladem i ABA
- Proteiny chrání buněčné struktury od dehydratace

Geny determinující rezistenci k chladu (a suchu)

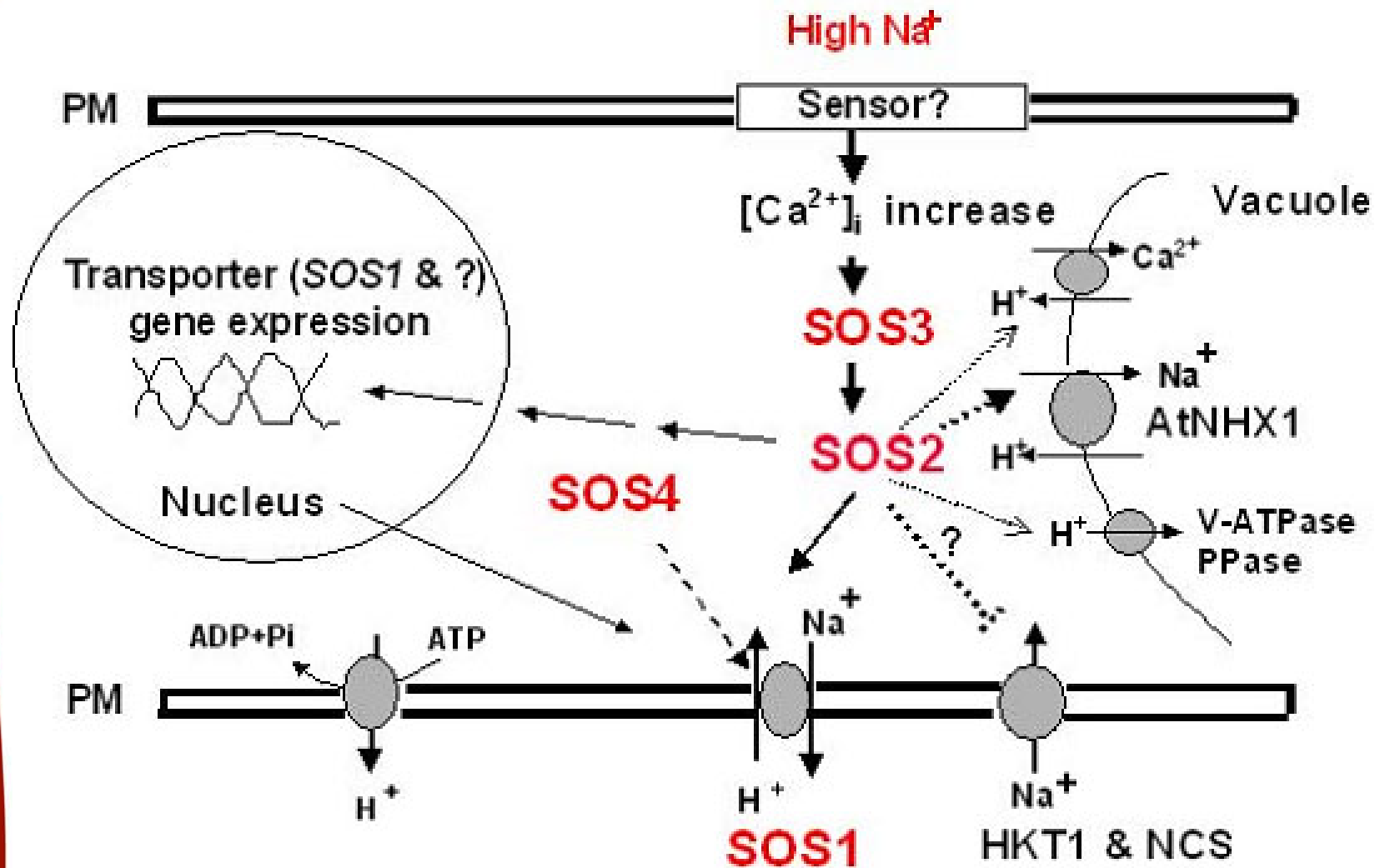
- ➔ Aktivace genů pro transkripční faktory CBF, DREB1
- ➔ **Cílové geny:**
 - **geny COR** (cold regulated) geny druhově specifické
 - *Arabidopsis thaliana* *COR15a, COR47, COR78,*
 - *Hordeum vulgare* *HVA1*
 - *Medicago sativa* *CORa, CAS15a*
 - *Brassica napus, B. rapa, B. oleracea*
 - *Triticum aestivum*
 - **geny LEA**
 - **dehydriny**

Odolnost k zasolení

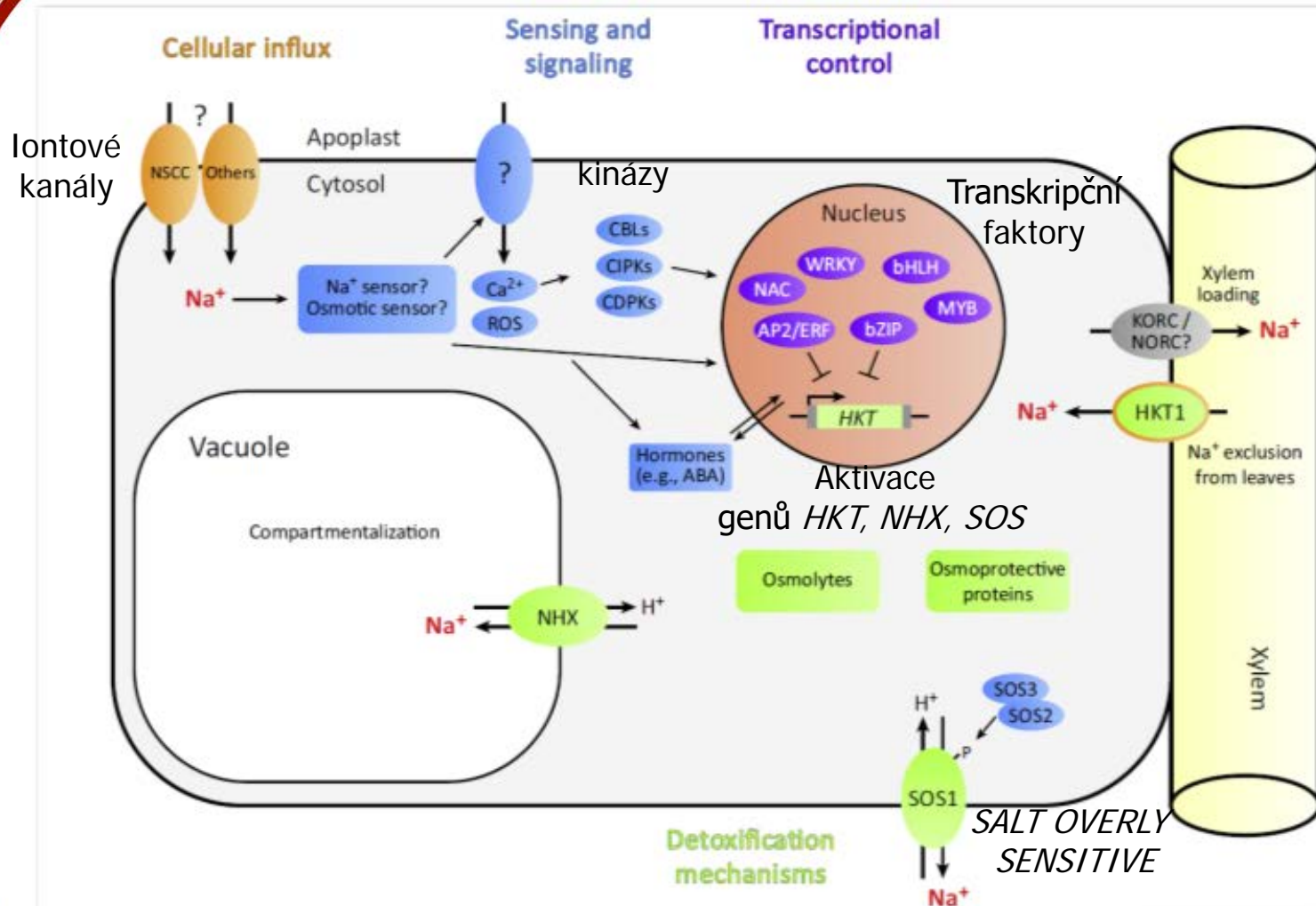
- ➔ **Zvýšení osmotického potenciálu = osmotický stres**
- ➔ **Ztráty vody, zvýšení koncentrace živin**
- ➔ **Uplatnění mechanismů jako při dehydrataci**
- ➔ **Oxidativní stres**

- ➔ **Překrývání se stresových faktorů**

Přenos signálu v buňce v podmínkách zvýšené koncentrace solí



Komponenty stresu v buňce kořene



TRENDS in Plant Science

HKT, NHX, SOS – osmolyty, osmoprotektanta, detoxifikace buňky, transport iontů Na do vakul, xylému – eliminace listy

Studium rezistence k suchu – chladu – zasolení u *Arabidopsis thaliana*

➔ Mutageneze

- *aba2, abi1, era1, fry1, hos1, los1, los2, los5, sad1, sos1* až *sos4*
- přístupy přímé i reverzní genetiky

➔ Srovnávací genomika – transkripty

➔ Čipové technologie, microarray

➔ Identifikováno:

- 299 genů aktivovaných suchem
- 54 genů aktivovaných chladem
- 245 genů aktivovaných ABA
- 40 genů pro transkripční faktory

Odolnost k vysokým teplotám

- Růst vyšších rostlin v rozpětí teplot 0 až 60 °C
- Pěstování rostlin v rozpětí teplot 10 až 40 °C
 - pšenice 26 °C
 - bavlník 45 °C
 - kukuřice 38 °C
- Vysoké teploty zpomalují růst, nepříznivě ovlivňují určité látky.
- Syntéza specifických proteinů tepelného šoku – ochrana nukleových kyselin a organel

Fyziologické dopady vysokých teplot

- Změna vodního režimu
- Akumulace osmolytů (glycin betain, prolin, GABA)
- Fotosyntéza
- Transport asimilátů
- Změny buněčné membrány
- Hormonální změny (ABA, etylén, kys. jasmonová)
- Tvorba sekundárním metabolitů (fenolické látky, karotenoidy, izoprenoidy)

Molekulární mechanismy obrany

Stresové proteiny

- ➔ HSP
- ➔ SOD superoxiddismutáza
- ➔ Pir proteiny – podobné osmotinu
- ➔ LEA
- ➔ dehydriny

HSP

- ➔ **Syntéza specifických proteinů tepelného šoku – ochrana nukleových kyselin a organel**

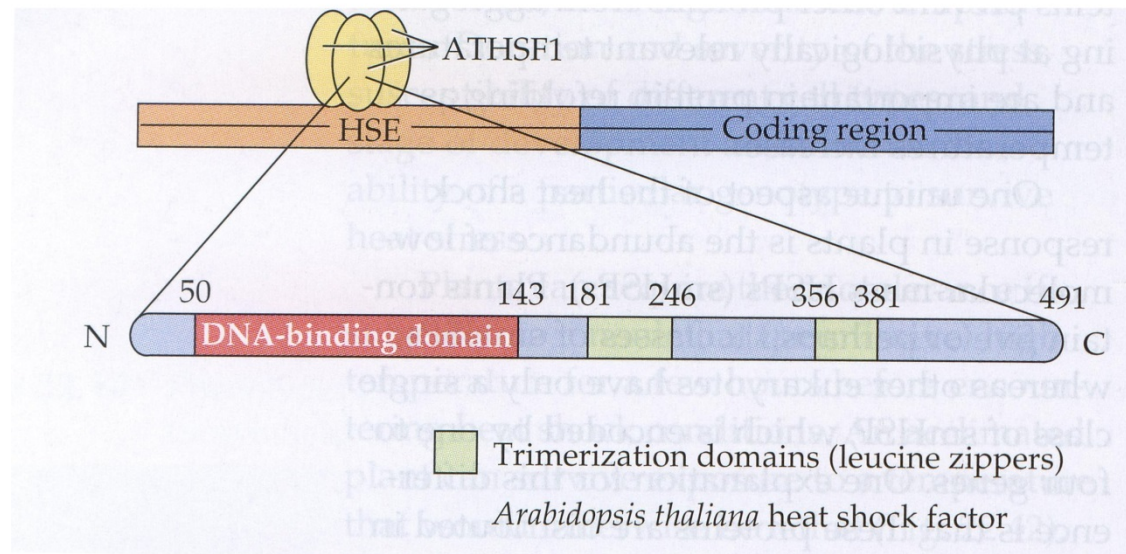
- ➔ **5 tříd proteinů hsp**
 - hsp110
 - hsp90 (80 až 95 kDa)
 - hsp70 (63 až 78 kDa)
 - hsp60 (53 až 62 kDa)
 - hsp nízkomolekulární (14 až 30 kDa)
 - hsp20 převažují u rostlin

- ➔ hsp60, hsp70, hsp90:
 - stabilizace konformace proteinů
 - transport přes membrány

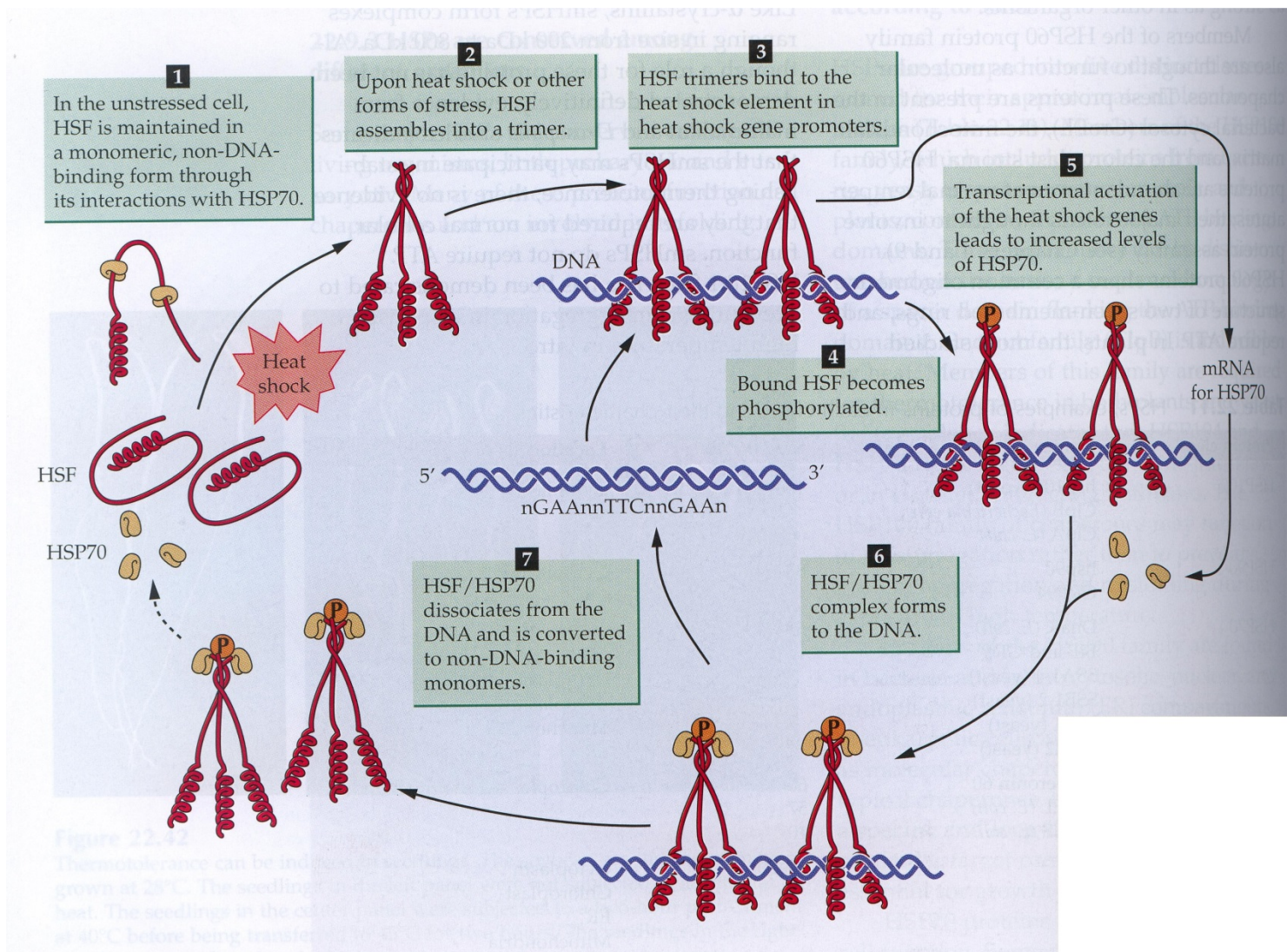
HSF

- ➔ Vysoký konzervativní charakter
- ➔ Aktivace genů transkripčním faktorem HSF (heat shock factor)
- ➔ Vazba na specifické motivy promotorů (nGAAn)

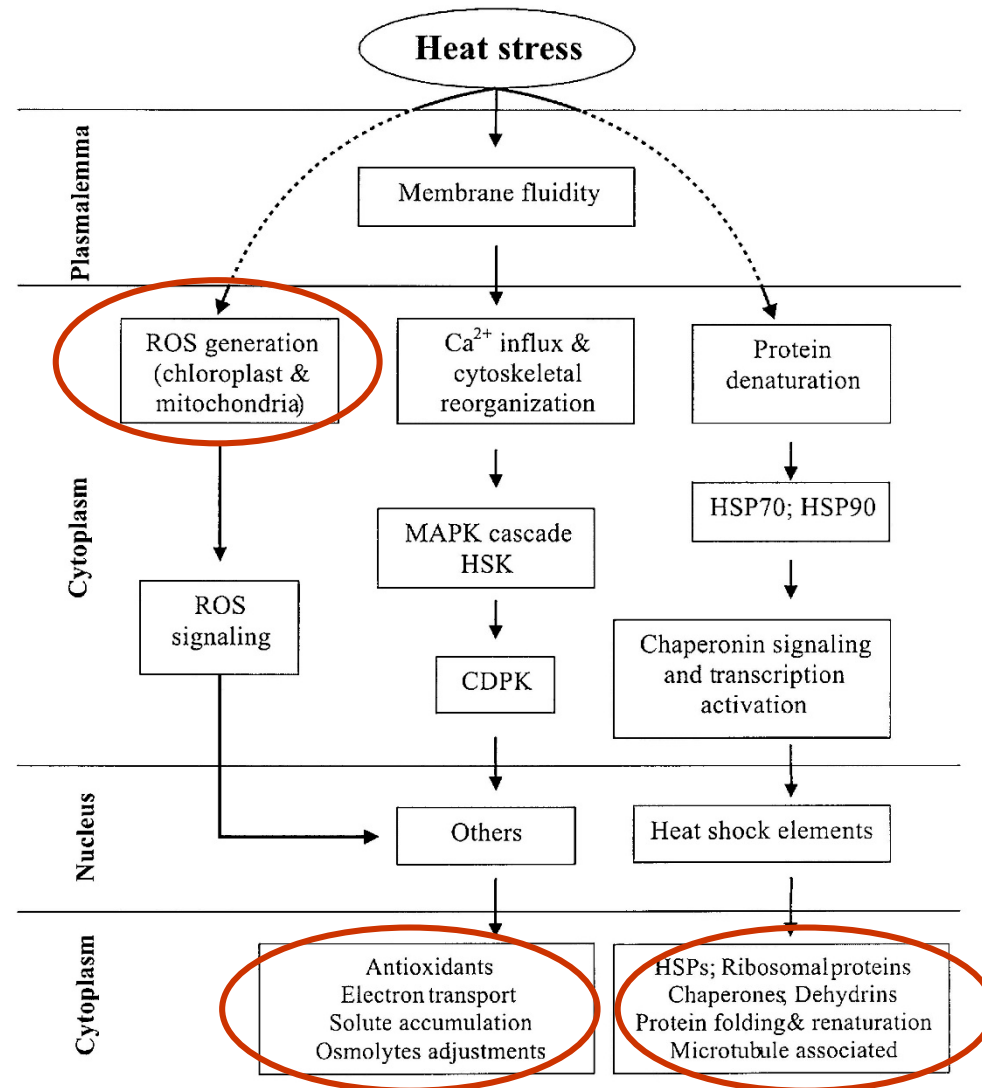
Aktivace exprese genu v podmínkách vysokých teplot



Cyklus tvorby HS faktoru a aktivace exprese genů



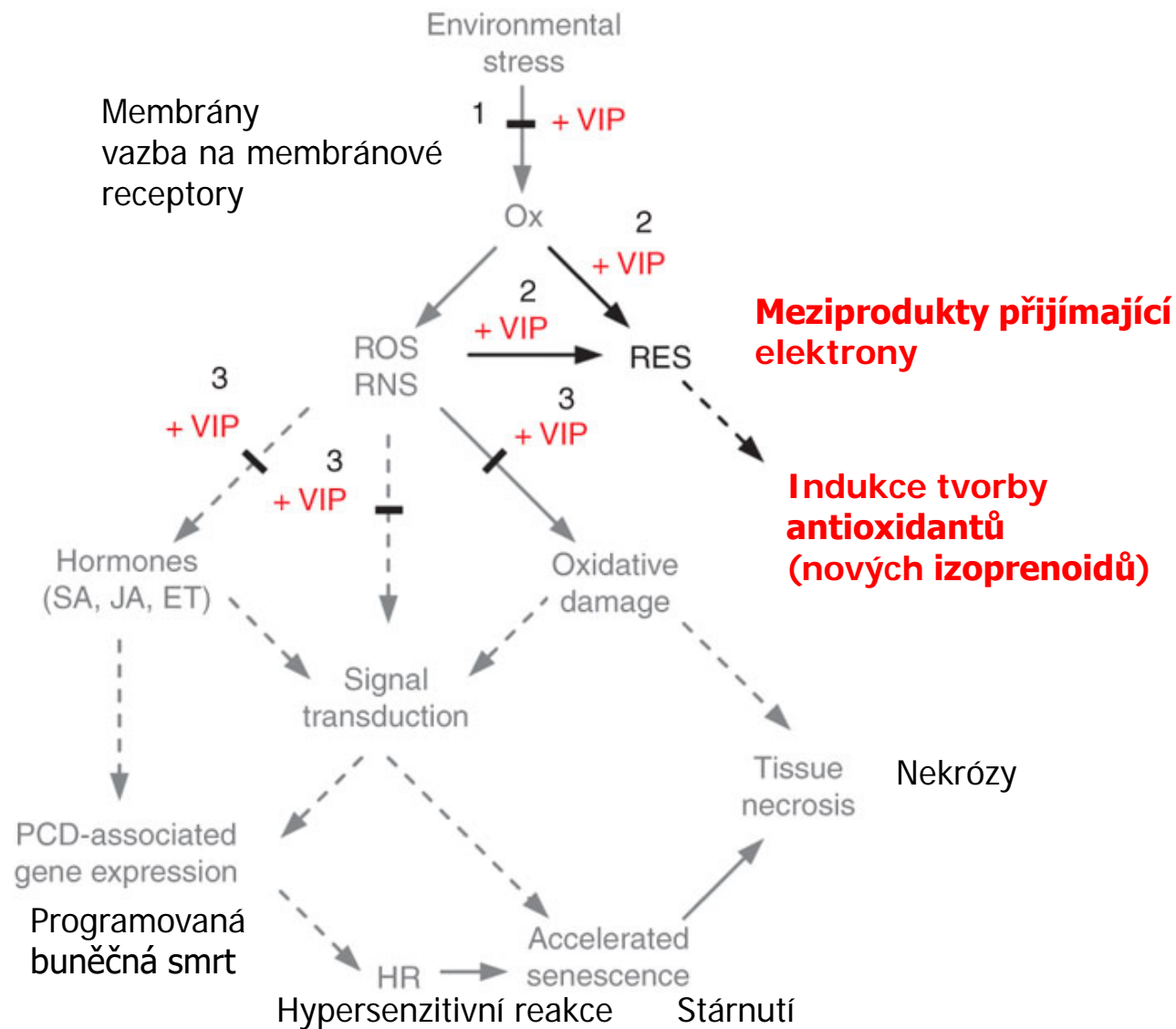
Mechanismy tolerance rostlin k vysokým teplotám



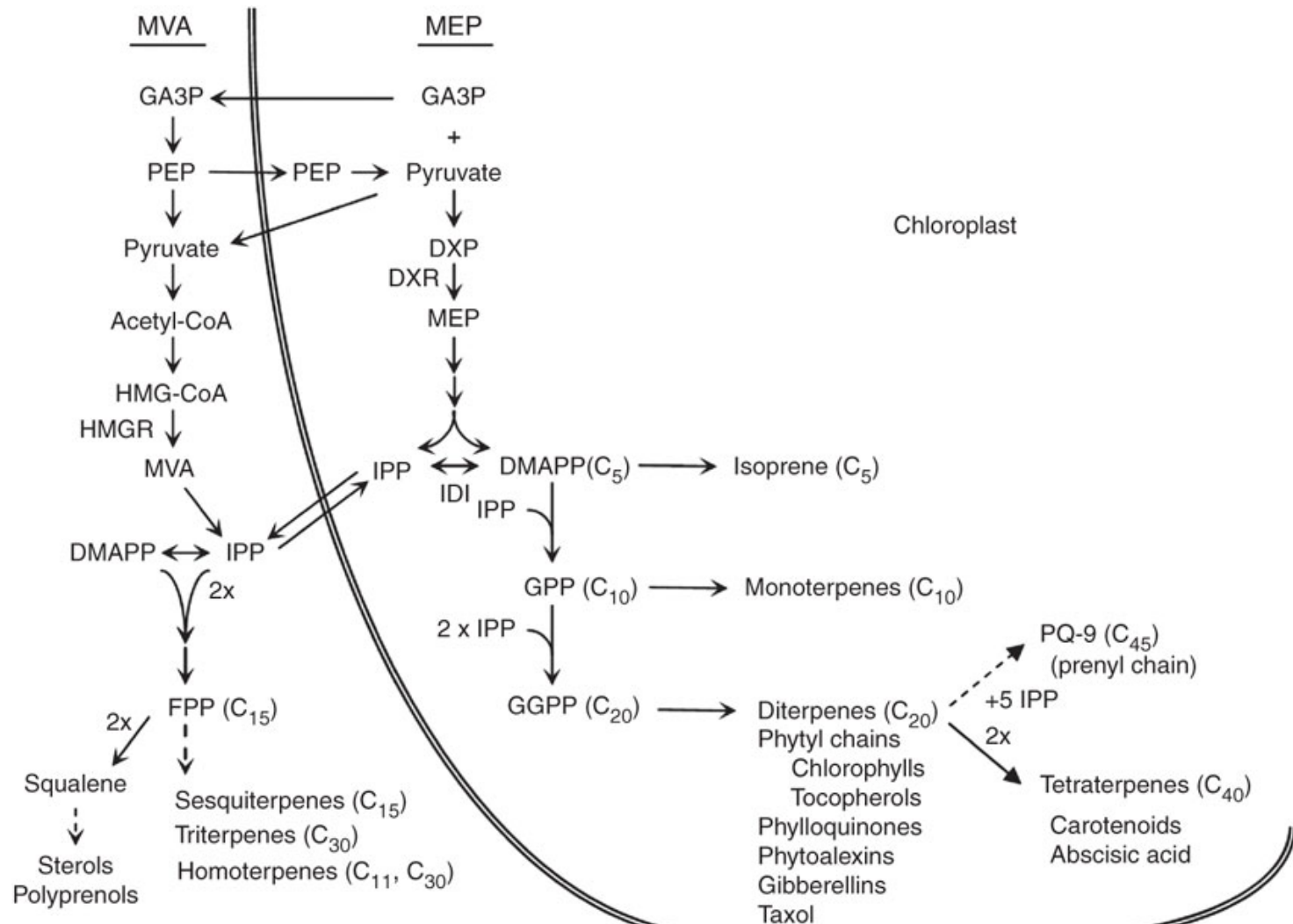
Oxidativní stres

- ➔ **Antioxidanty – odstraňují reaktivní formy kyslíku (ROS)**
- ➔ **Enzymy**
 - superoxiddismutáza (SOD), peroxidáza, monoaskorbátreduktáza, glutathionreduktáza, kataláza
- ➔ **Látky neenzymatické**
 - vitamín E, kys. askorbová, karotenoidy, flavonoidy, polyaminy, cukry
- ➔ **Sekundární metabolity**

Izoprenoidy – sekundární metabolity rostlin

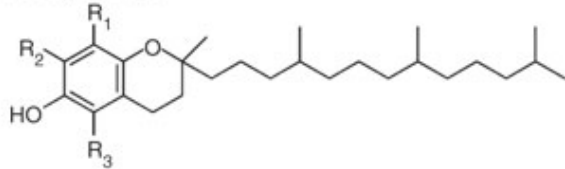


Biosyntetická dráha izoprenoidů v chloroplastech a cytoplasmě

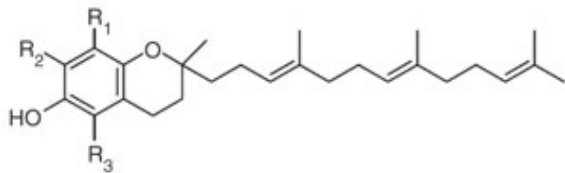


Chemická struktura izoprenoidů s antioxidačními vlastnostmi

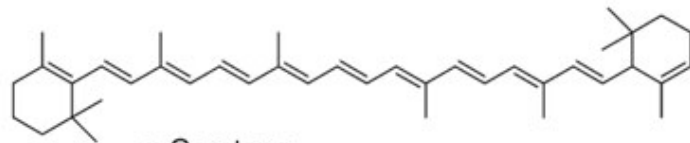
Tocopherols



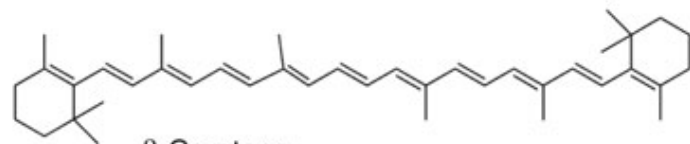
Tocotrienols



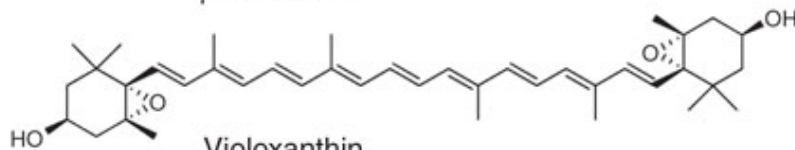
Carotenoids



α -Carotene



β -Carotene



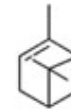
Violoxanthin

Hemiterpenes

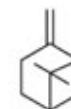


Isoprene

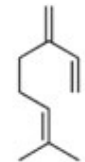
Monoterpenes



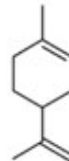
α -Pinene



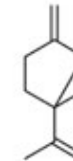
β -Pinene



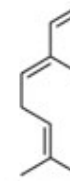
Myrcene



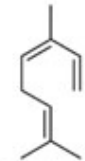
Limonene



Sabinene

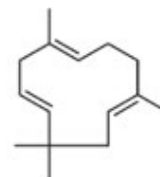


(*E*)- β -Ocimene

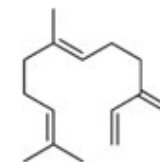


(*Z*)- β -Ocimene

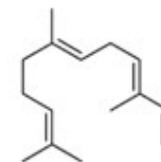
Sesquiterpenes



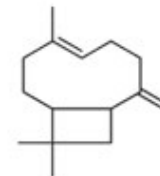
α -Humulene



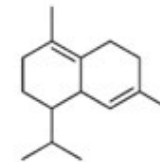
(*E*)- β -Farnesene



(*E,E*)- α -Farnesene



(*E*)- β -Caryophyllene



δ -Cadinene

Nedostatek kyslíku

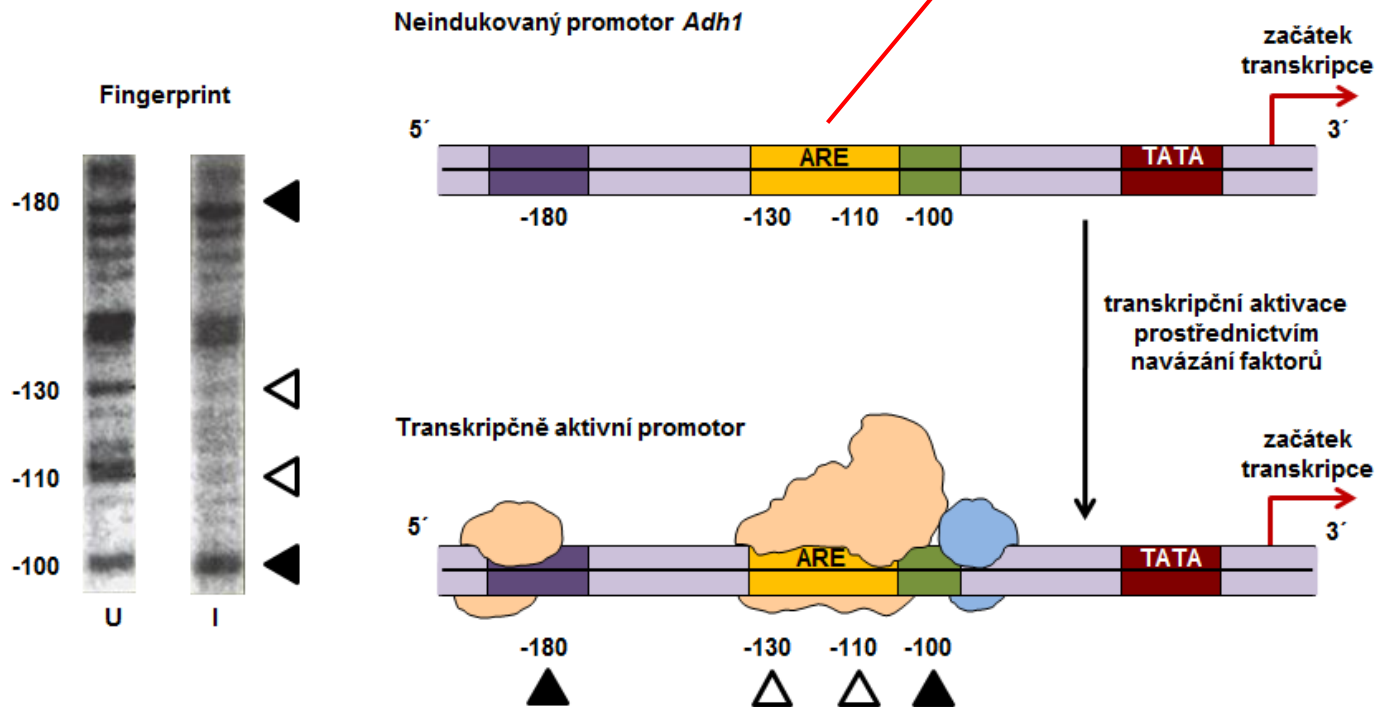
- ➔ **Změny v regulaci proteosyntézy**

- ➔ **Známo 20 typů proteinů syntetizovaných v pletivech kořenů při zaplavení půdy:**
 - alkoholdehydrogenáza,
 - glukózafosfátizomeráza,
 - pyruvátdekarboxyláza,
 - aldoláza

Promotor genu *Adh1* kukuřice

- ➔ Regulace transkripce genu jako odpověď na nedostatek kyslíku v prostředí

Element ARE (anaerobic response element)



Nadbytek ozónu, přesvětlení

➔ Krátkodobé působení

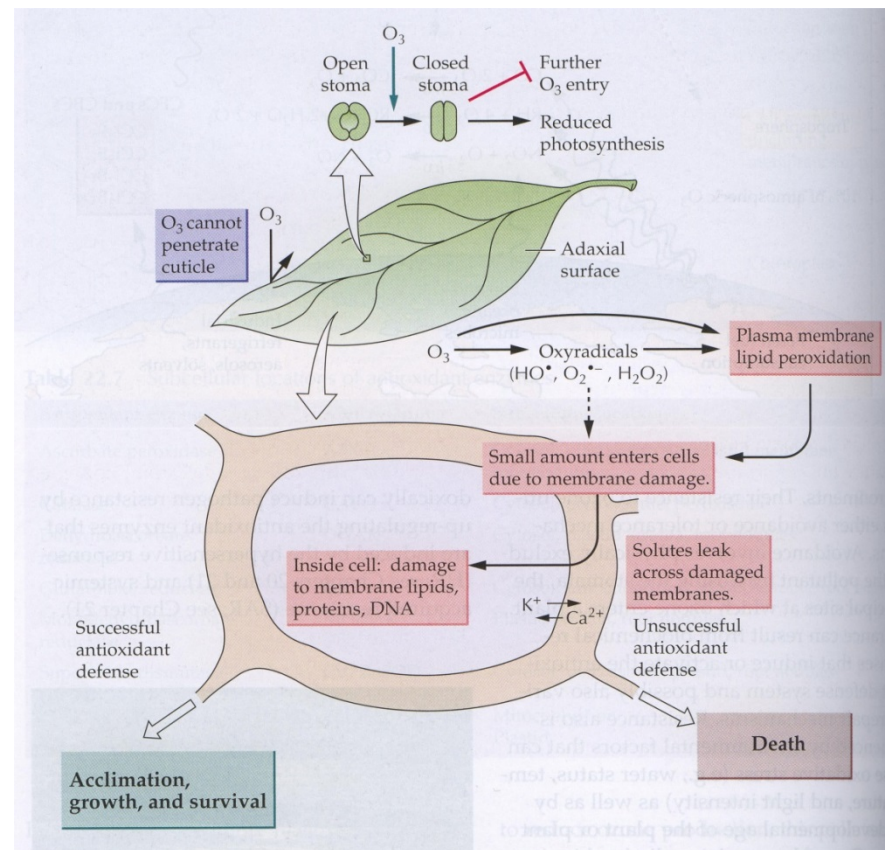
- nekrózy

➔ Chronické působení

- fyziologické změny
- redukce růstu

➔ Škodlivé účinky:

- Poškození membrán
- Lipidů
- Proteinů
- DNA
- Snižuje rezistenci k patogenům, k dalším stresům



Toxické ionty v půdě, vodě, ve vzduchu

- ➔ Narušení minerální rovnováhy
- ➔ Ovlivnění buněčného metabolismu a kapacity růstu
- ➔ Polutanty vzduchu – kysličníky dusíku a síry, amoniak, ozon
- ➔ Reakce s buněčnou vodou za vzniku kyseliny siřičité, dusité, dusičné.
- ➔ Překyselení pletiv

Těžké kovy

- Železo, mangan, zinek, měď, molybden a kobalt jsou esenciální
- Hliník, kadmium, rtuť jsou nepotřebné
- Eliminace: vazba kationtů na pektiny buněčných stěn kořenů
- Nitrobuněčné chelatovací systémy
 - **fytochelatiny** (Glu-Cys)_n-Gly
 - vazba těžkých kovů prostř. SH-skupiny

Poranění

- ➔ Rychlá indukce fytohormonů etylénu, ABA, kyseliny jasmonové
- ➔ Obranné mechanismy rostliny:
 - zesílení buněčných stěn ukládáním kalózy
 - syntéza ligninu a glykoproteinů
 - syntéza fytoalexinů
 - tvorba inhibitorů proteáz, chitináz, glukonáz
- ➔ *Arabidopsis* geny **TOUCH**

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