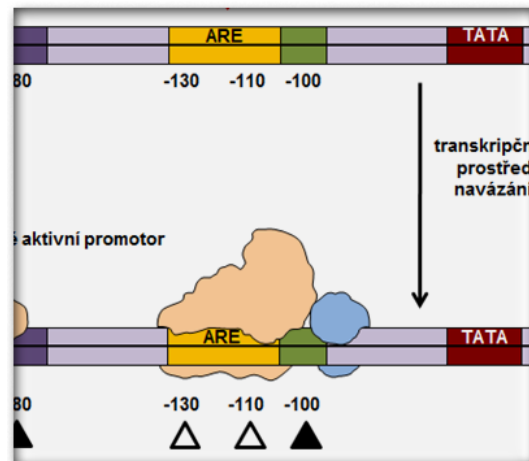


# Bi8240 GENETIKA ROSTLIN

## Prezentace 07

### Rezistence rostlin k abiotickým faktorům



doc. RNDr. Jana Řepková, CSc.

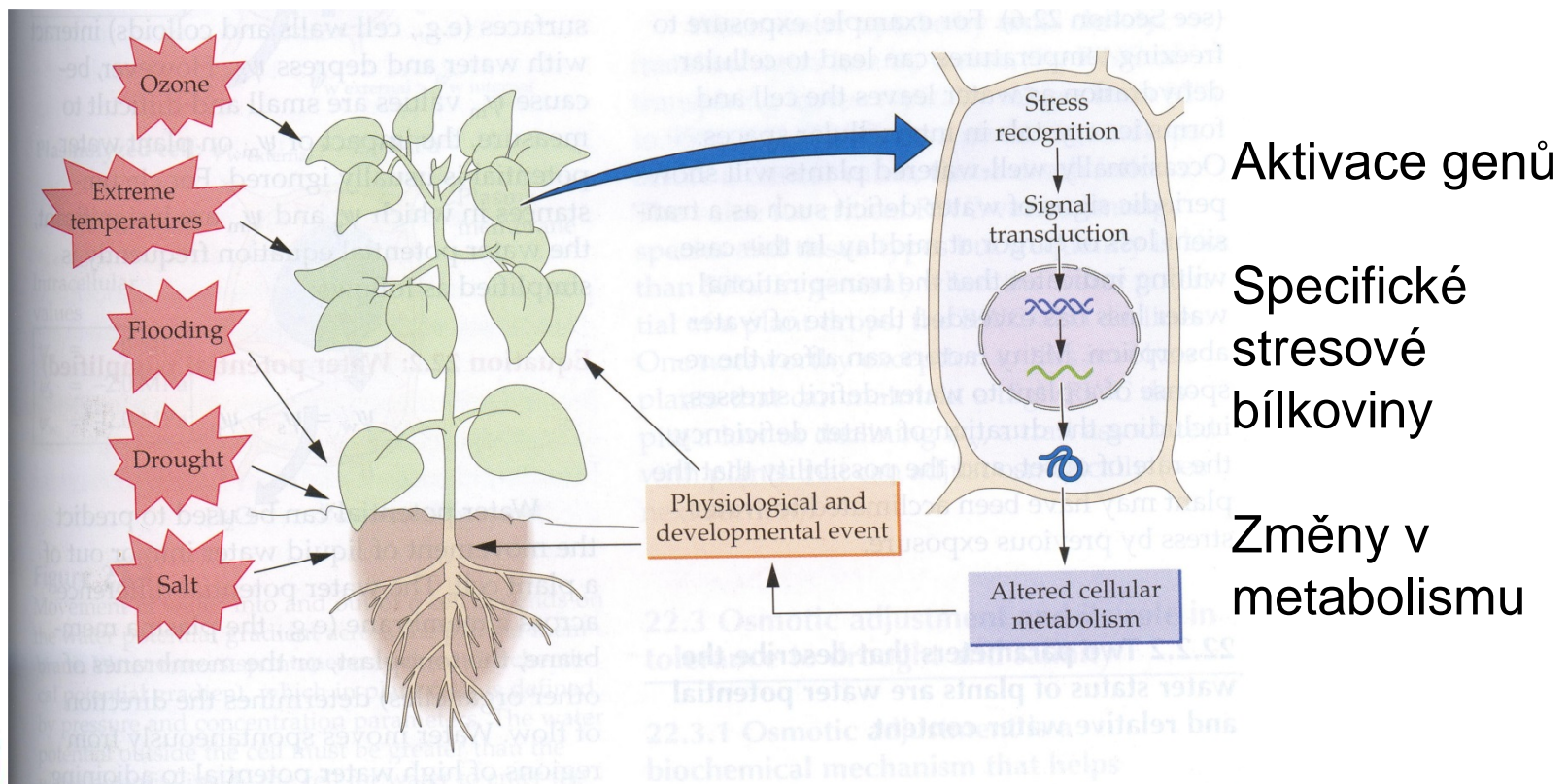
[repkova@sci.muni.cz](mailto:repkova@sci.muni.cz)

## **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

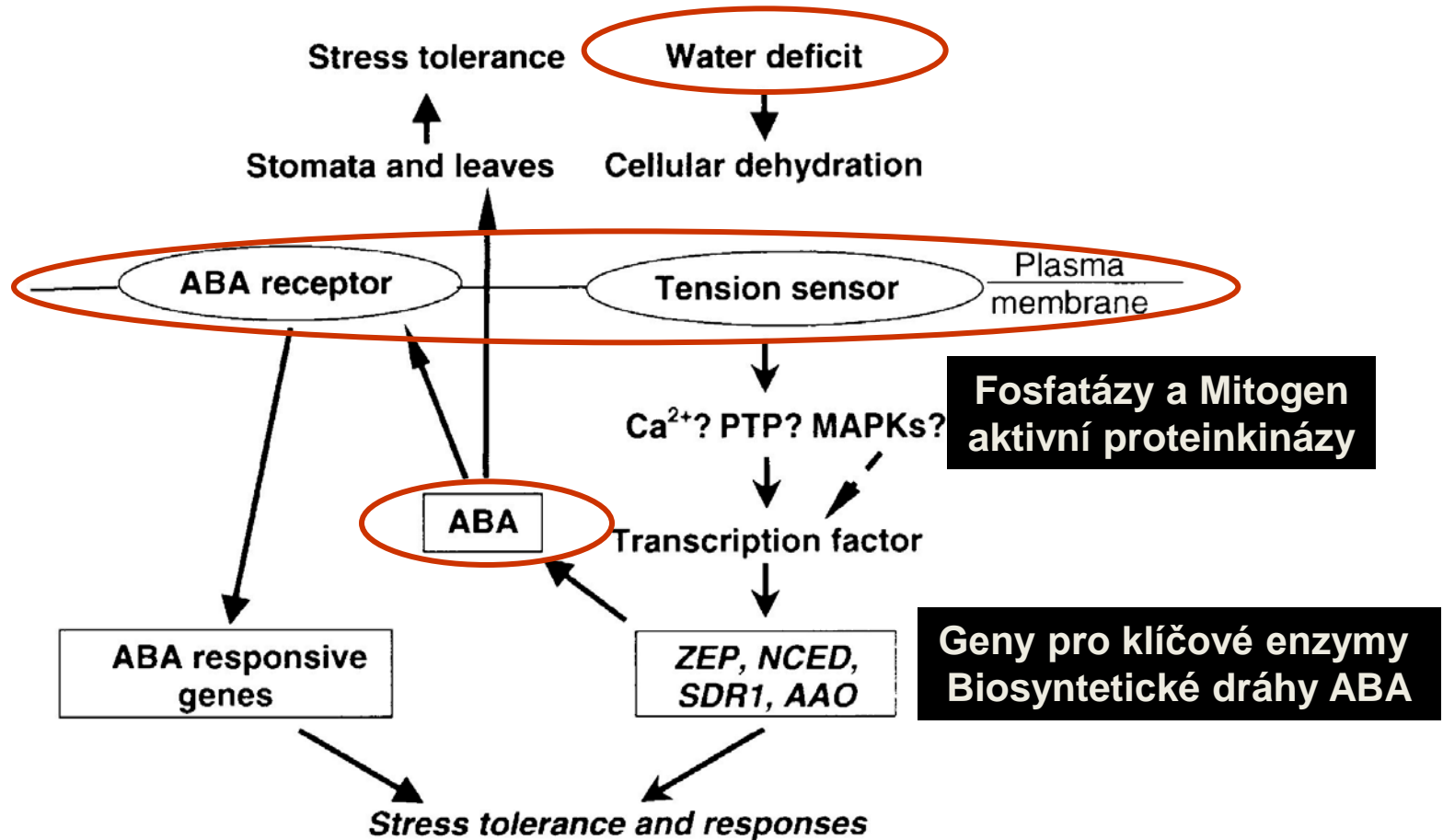
# Suchovzdornost

## 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)



# Přenos signálu v buňce v podmínkách sucha

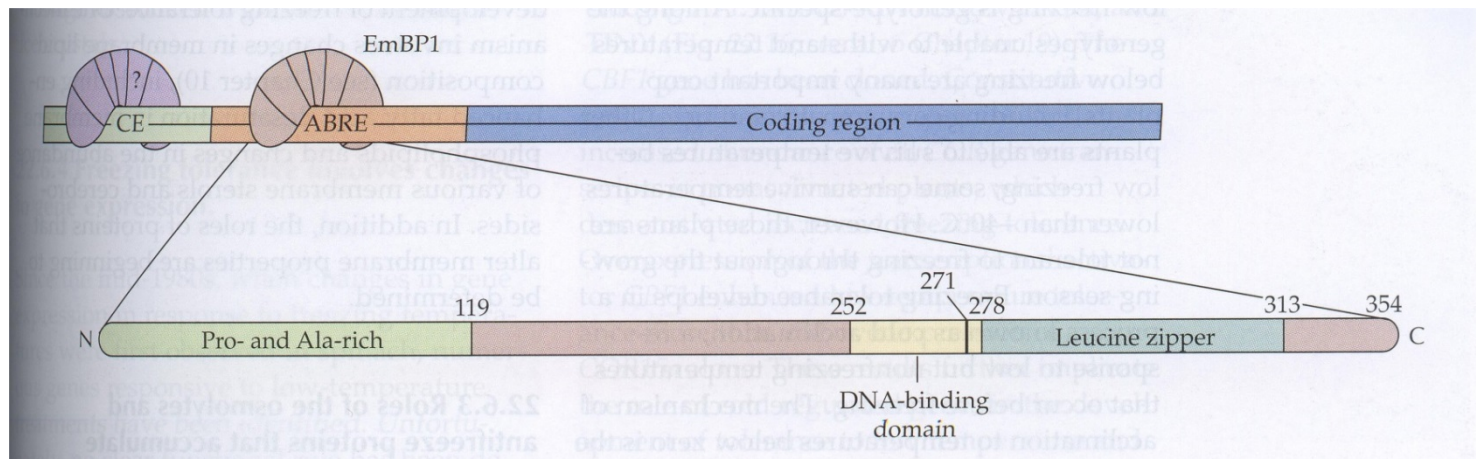


## Vliv kyseliny abscisové na vodní režim

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

### 1. Exprese genů, které reagují na přítomnost ABA

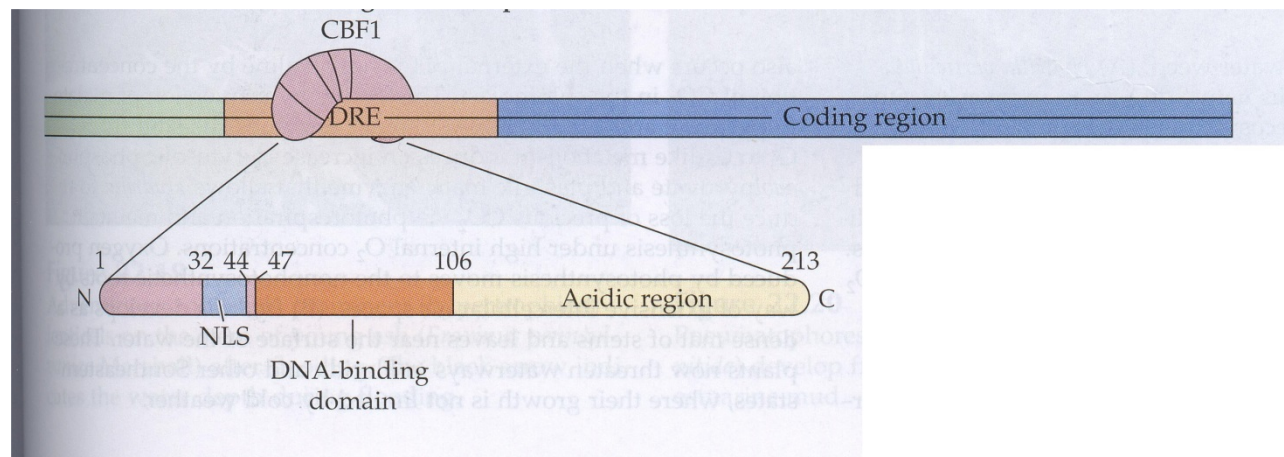
- ABA – regulační faktor
- exprese genů rezponzivních k ABA
- promotorová sekvence ABA rezponzivního elementu
- **ABRE** (abscisic acid responsive element)  
PyACGTGGC



## 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

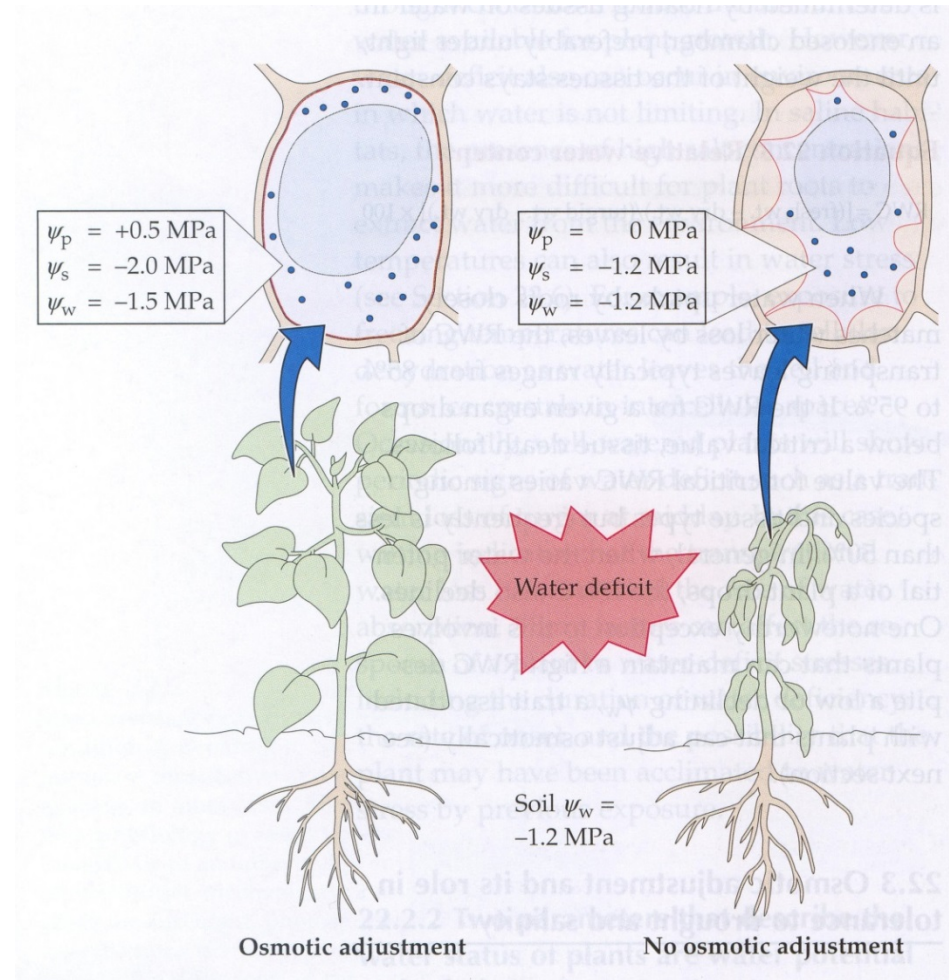




# Ztráta vody a osmotický stres

## 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*

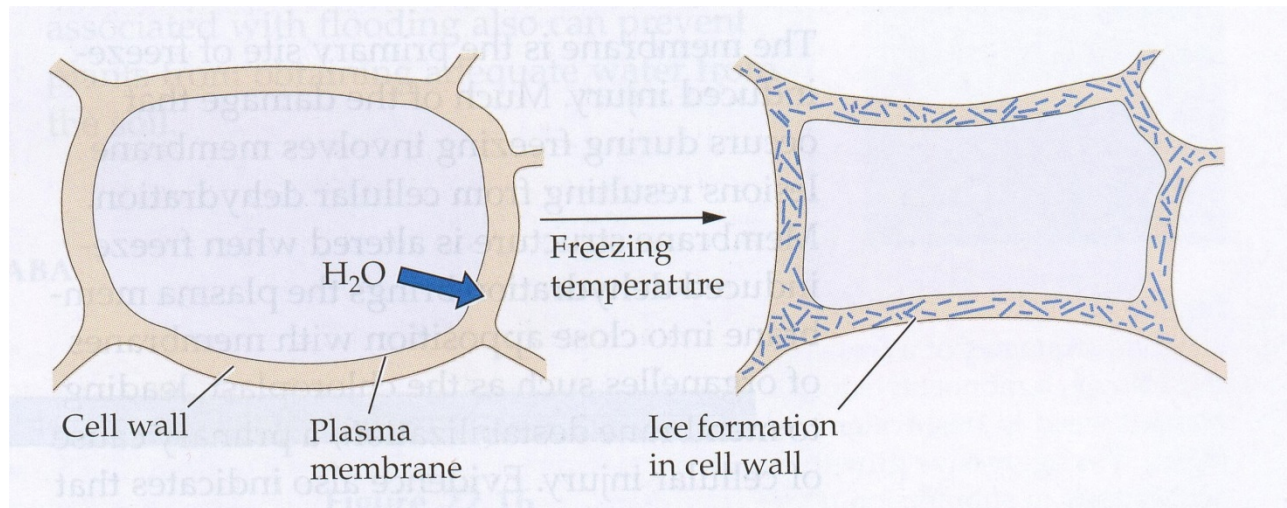
## Odolnost k nízkým teplotám

- ➔ **Chladuvzdornost**
- ➔ **Mrazuvzdornost**
- ➔ **Zimovzdornost**

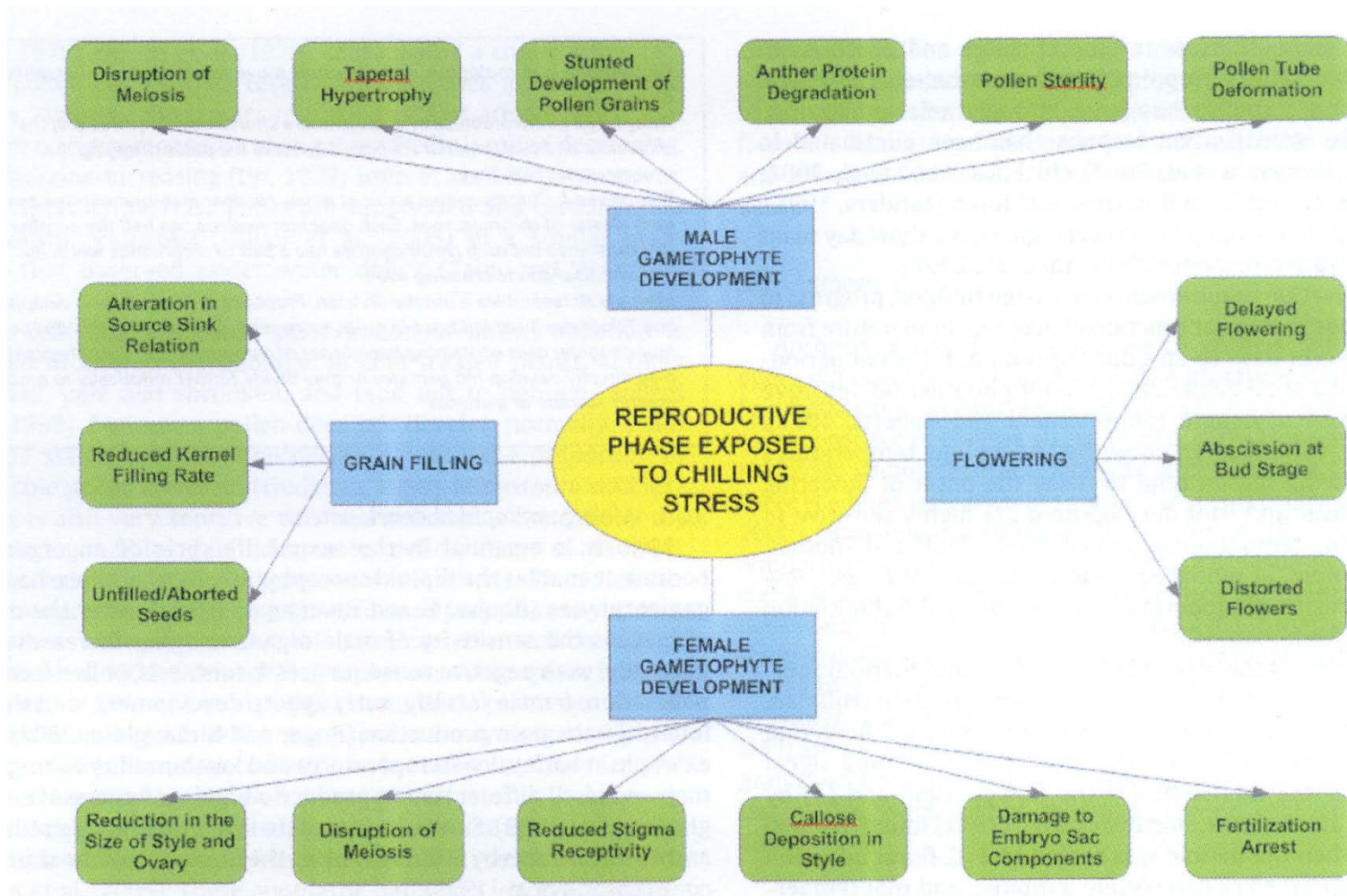
## Chlad

### ➔ Fyziologické a biochemické procesy

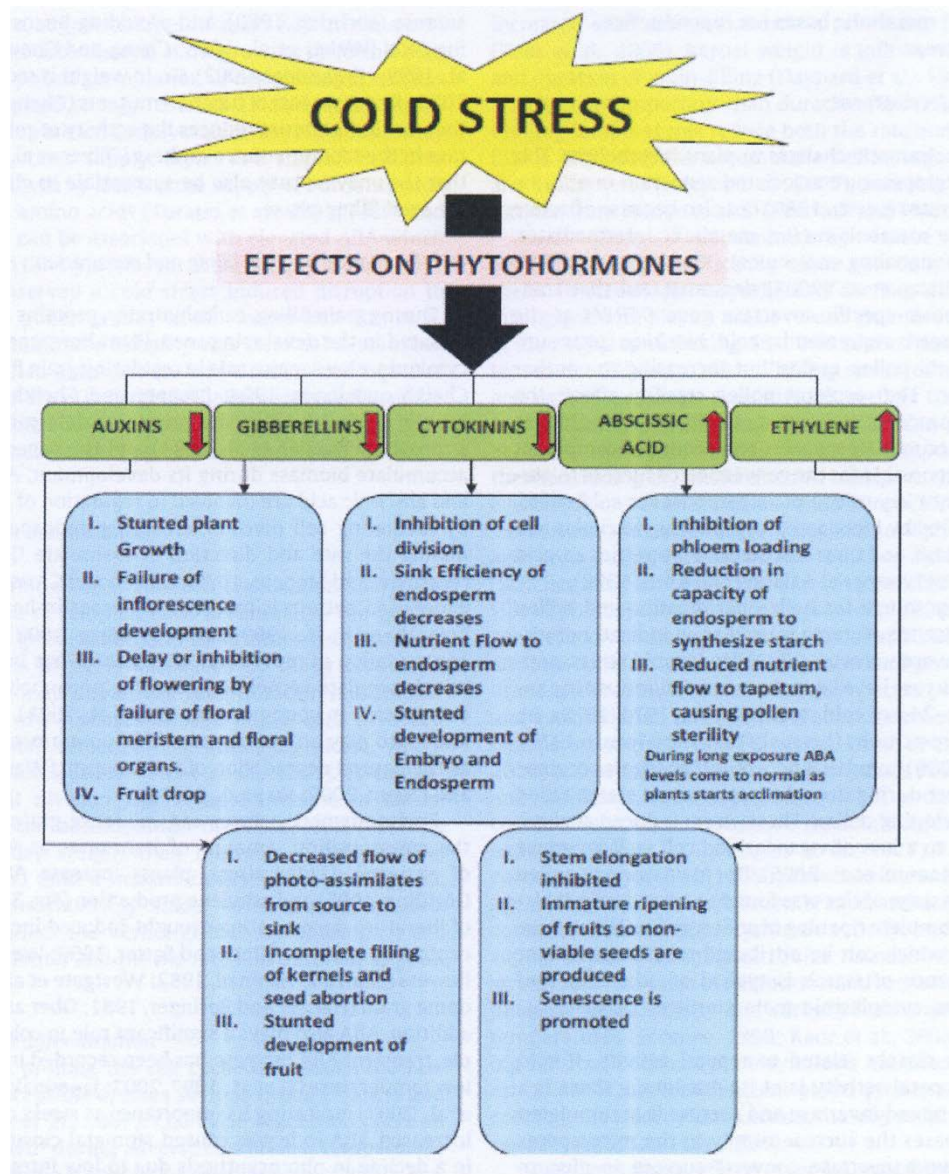
- změny v aktivitě enzymů
- změny vlastností membrán
- poškození pletiv



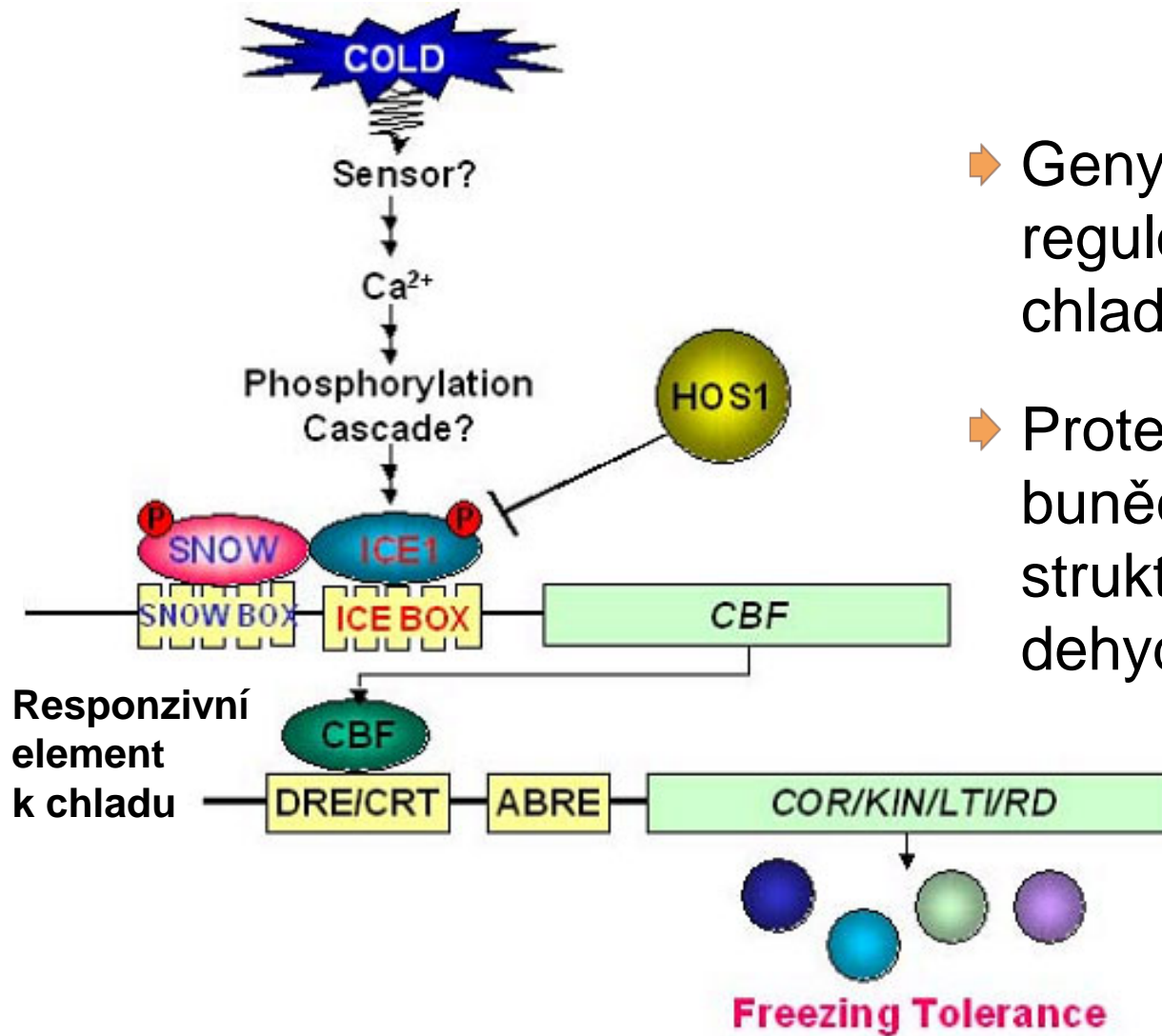
# Negativní vliv na reprodukční mechanismy



# Vliv na fytohormony



# Přenos signálu v buňce v podmínkách chladu



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

Responzivní element k chladu

Freezing Tolerance

## Geny determinující rezistenci k chladu (a suchu)

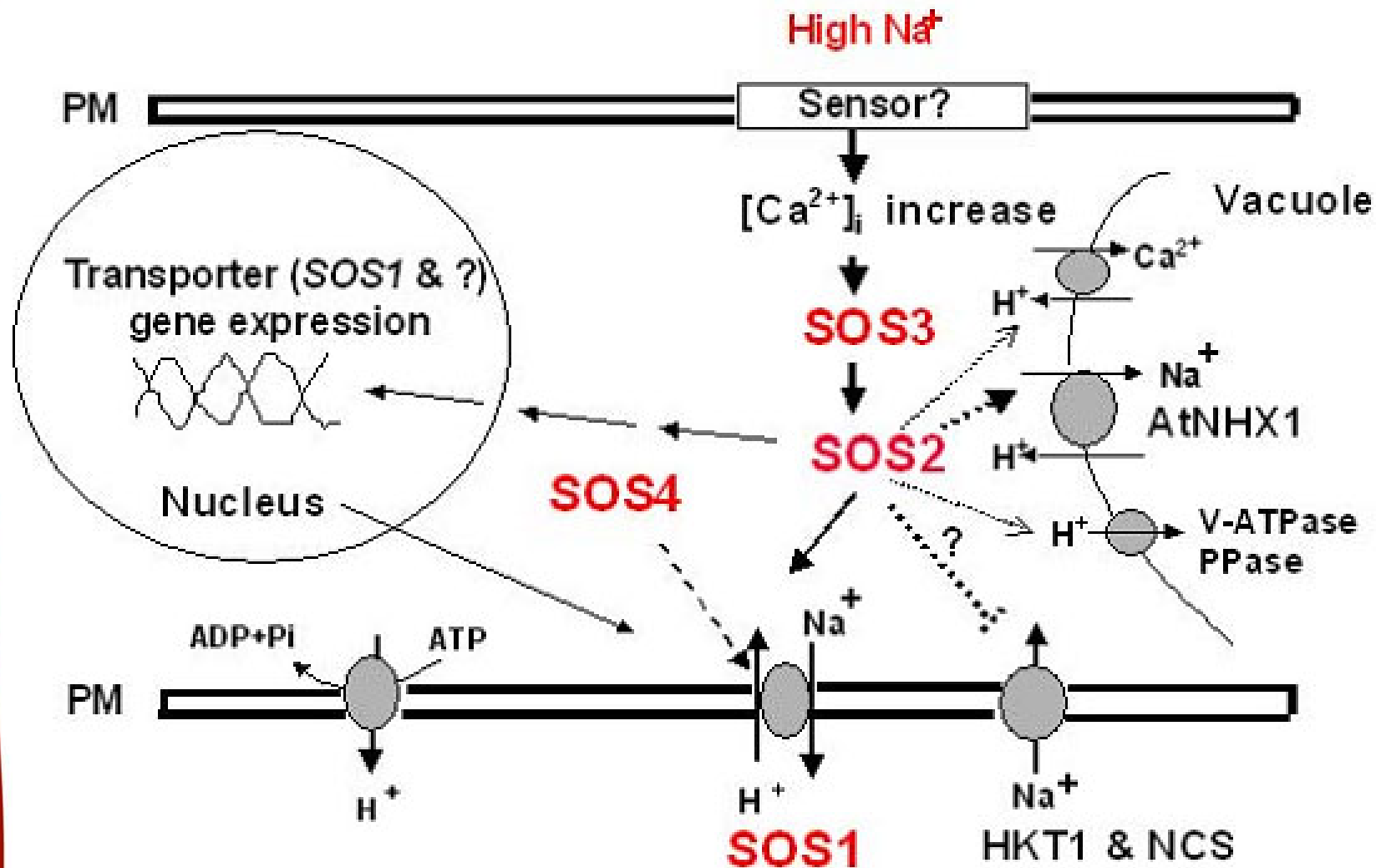
- ➔ Aktivace genů pro transkripční faktory CBF, DREB1
- ➔ **Cílové geny:**
  - **geny COR** (cold regulated) geny druhově specifické
    - *Arabidopsis thaliana*    *COR15a, COR47, COR78,*
    - *Hordeum vulgare*        *HVA1*
    - *Medicago sativa*        *CORa, CAS15a*
    - *Brassica napus, B. rapa,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



## 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

### ➔ 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
- Tvorba sekundárním metabolitů (fenolické látky, karotenoidy, izoprenoidy)

## Molekulární mechanismy obrany

### Stresové proteiny

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

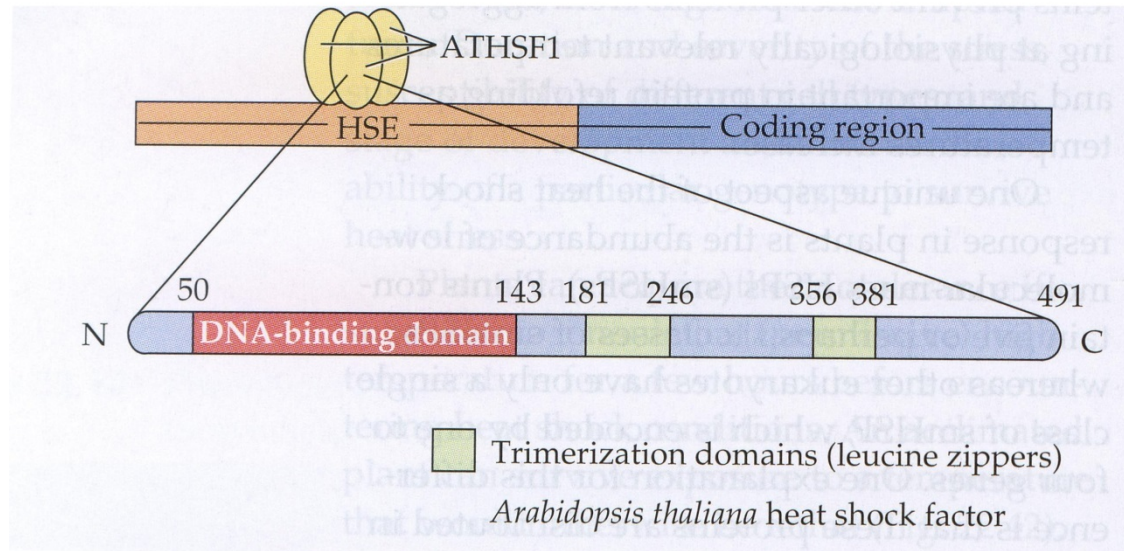
## HSP

- ➔ **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

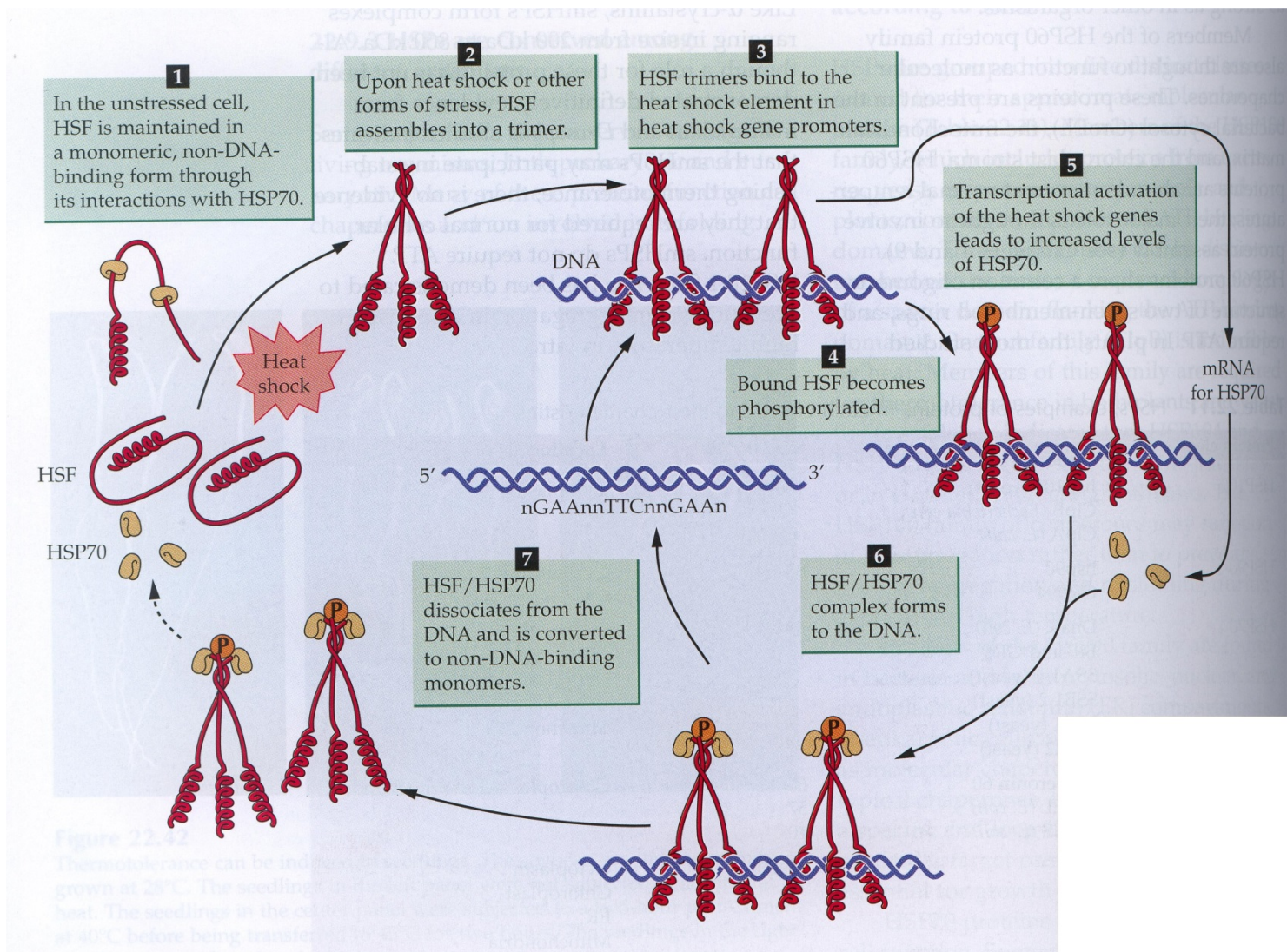
- ➔ Vysoký konzervativní charakter
- ➔ Aktivace genů transkripčním faktorem HSF (heat shock factor)
- ➔ Vazba na specifické motivy promotorů (nGAAn)

Aktivace exprese genu v podmínkách vysokých teplot

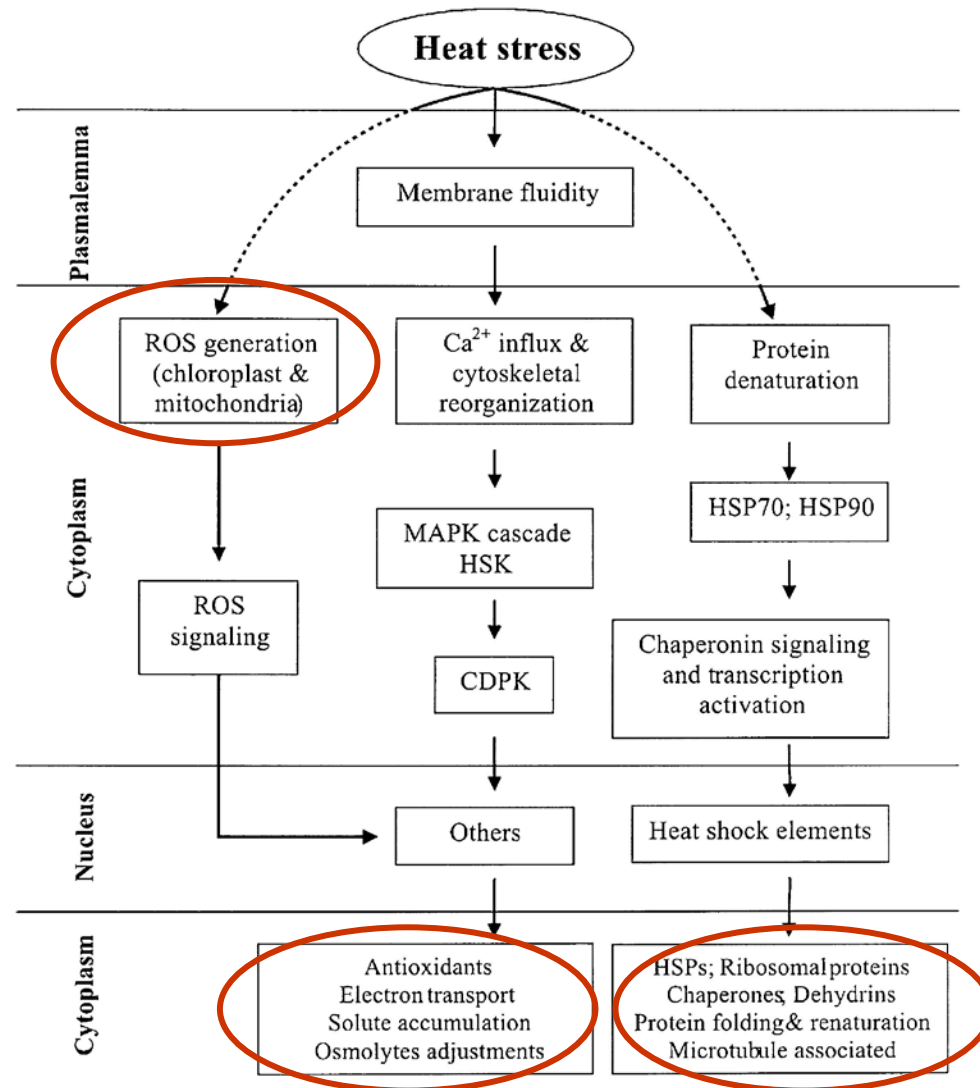




# Cyklus tvorby HS faktoru a aktivace exprese genů



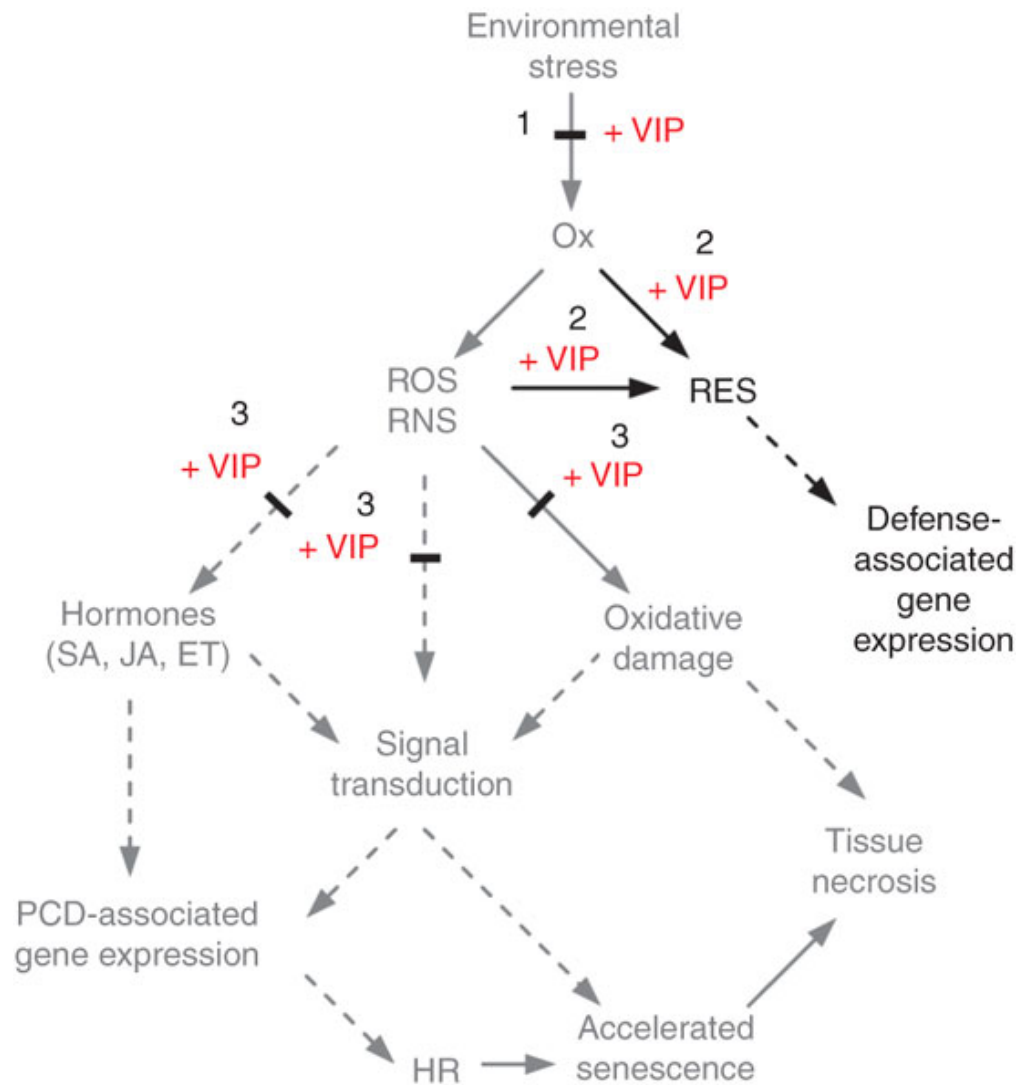
# Mechanismy tolerance rostlin k vysokým teplotám



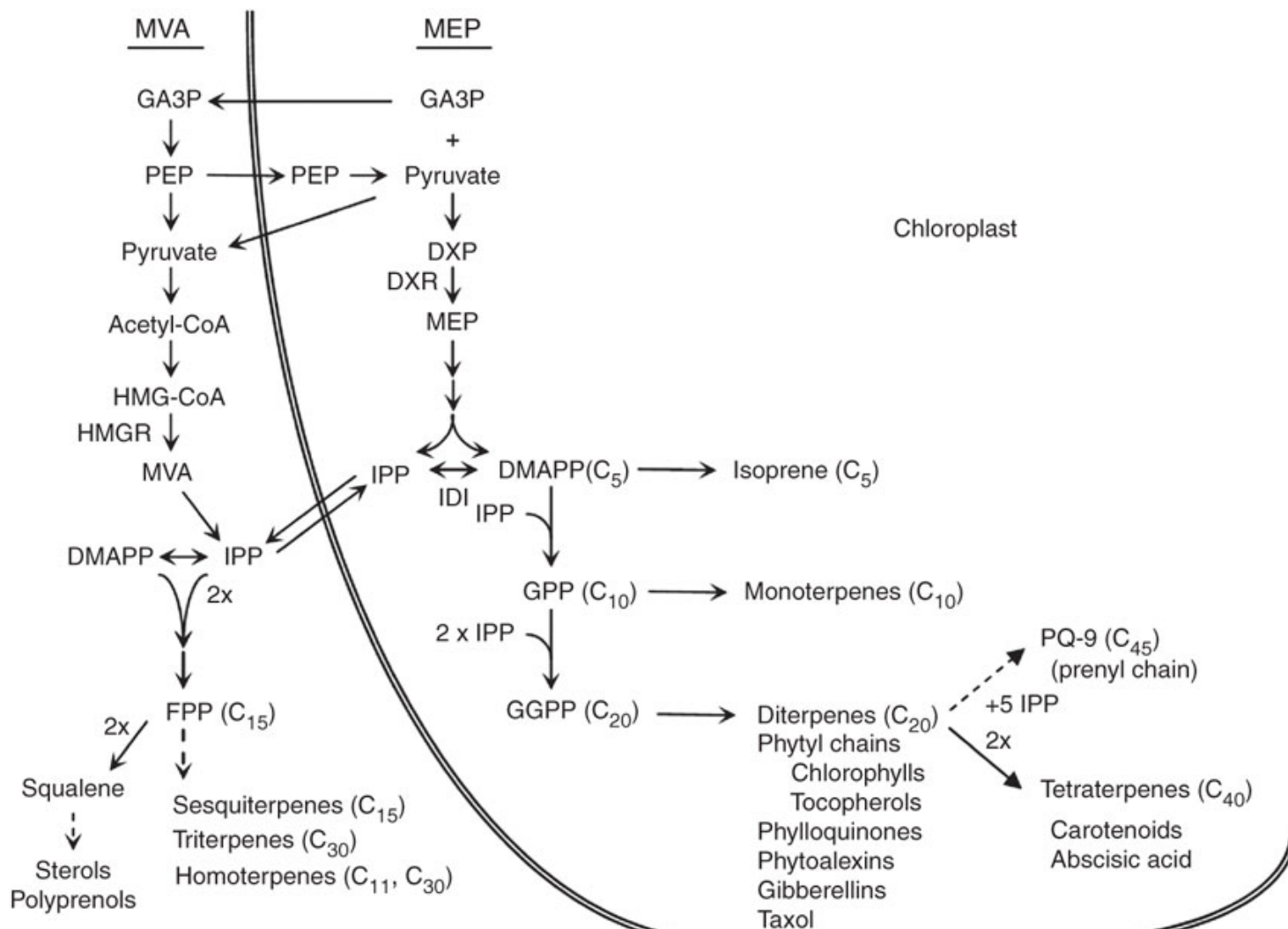
## Oxidativní stres

- ➔ **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

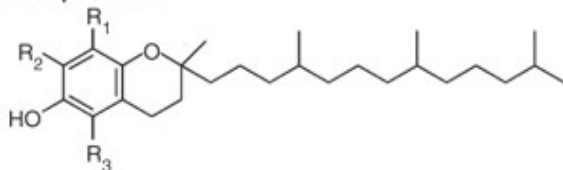


## Biosyntetická dráha izoprenoidů v chloroplastech a cytoplasmě

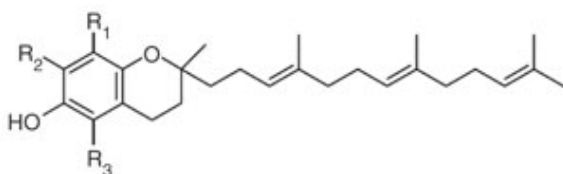


# Chemická struktura izoprenoidů s antioxidačními vlastnostmi

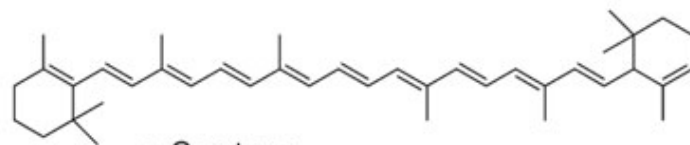
Tocopherols



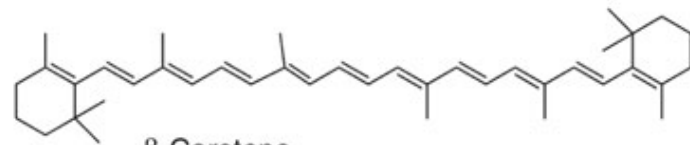
Tocotrienols



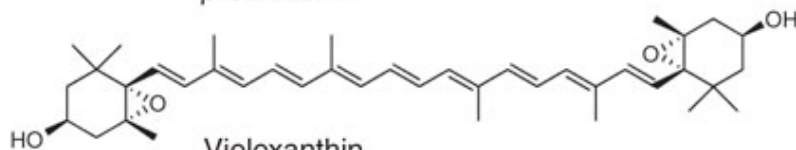
Carotenoids



$\alpha$ -Carotene

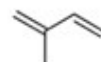


$\beta$ -Carotene



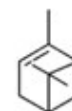
Violoxanthin

Hemiterpenes

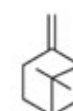


Isoprene

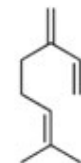
Monoterpenes



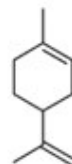
$\alpha$ -Pinene



$\beta$ -Pinene



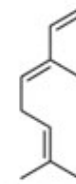
Myrcene



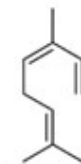
Limonene



Sabinene

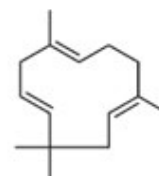


(*E*)- $\beta$ -Ocimene

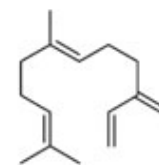


(*Z*)- $\beta$ -Ocimene

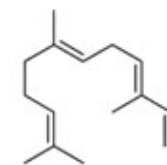
Sesquiterpenes



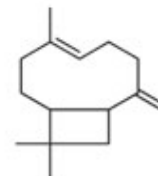
$\alpha$ -Humulene



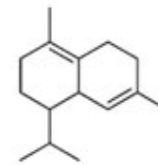
(*E*)- $\beta$ -Farnesene



(*E,E*)- $\alpha$ -Farnesene



(*E*)- $\beta$ -Caryophyllene



$\delta$ -Cadinene

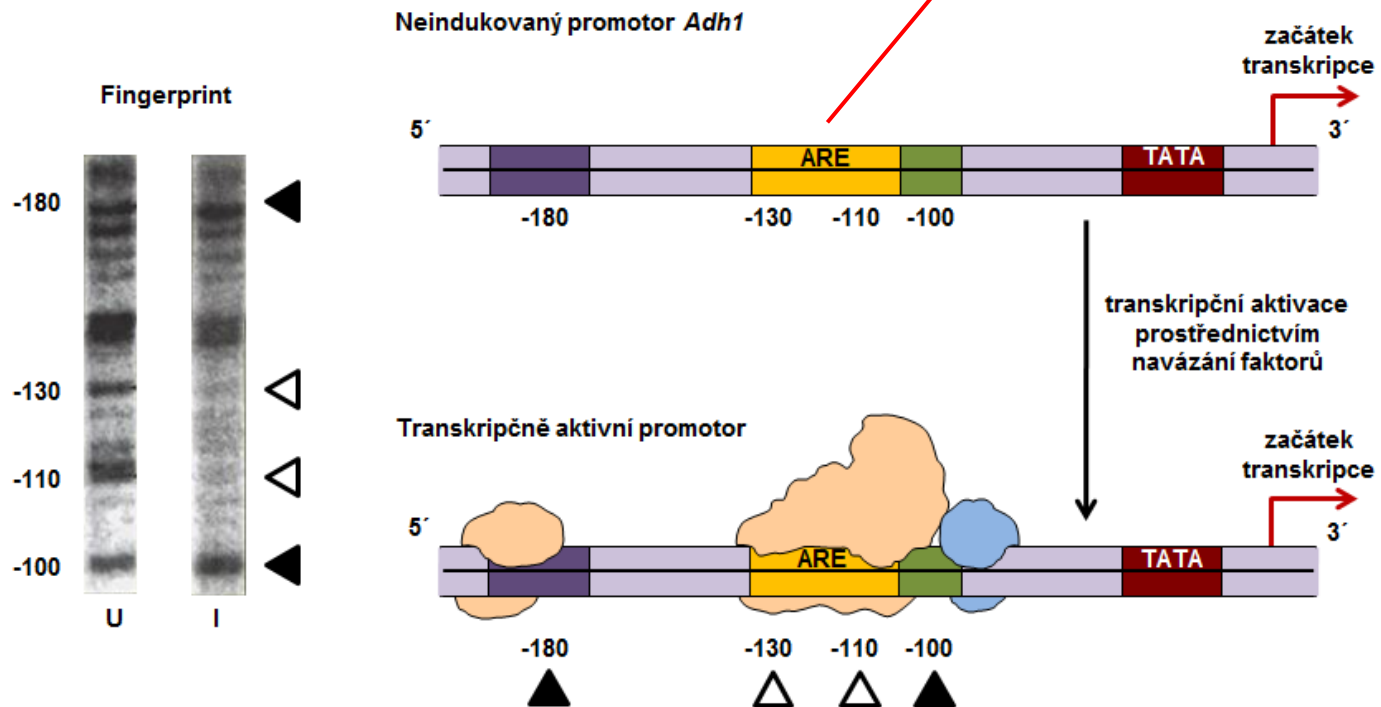
## Nedostatek kyslíku

- ➔ **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

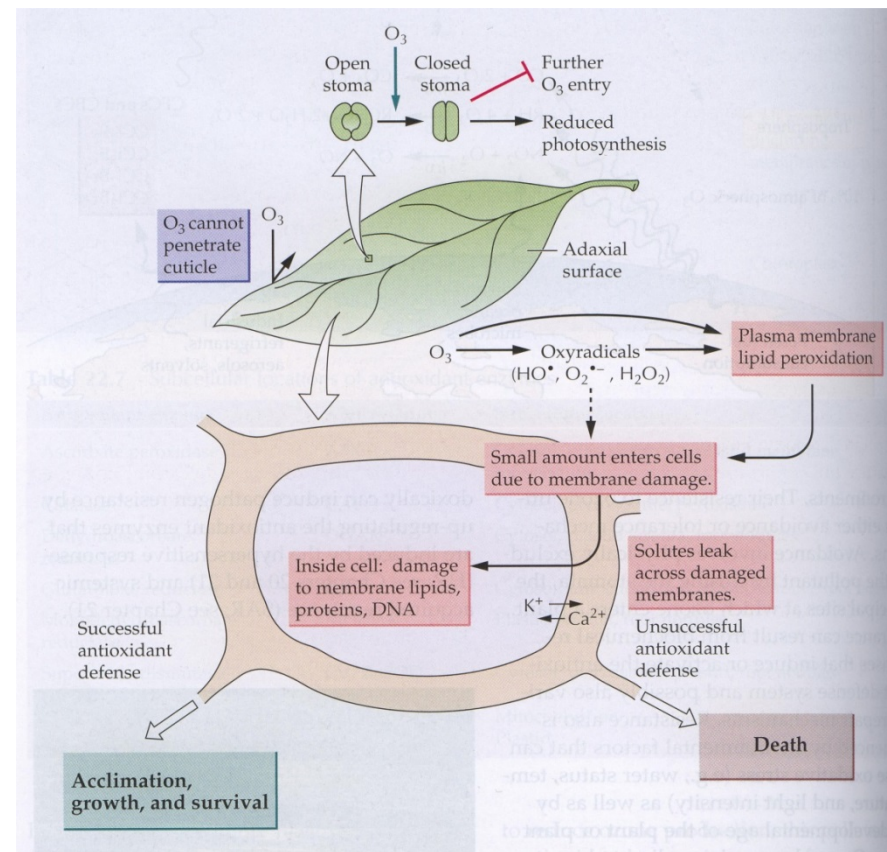
- nekrózy

## ➔ Chronické působení

- fyziologické změny
- redukce růstu

## ➔ Škodlivé účinky:

- Poškození membrán
- Lipidů
- Proteinů
- DNA



## 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)<sub>n</sub>-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