

# Světlo a organismy (Environmentální fotobiologie)

Milan Číž

# Environmentální fotobiologie

- Účinky světla na celé organismy a na přežívání, složení a produktivitu druhů v přírodě, zemědělství a různých ekosystémech

# Světlo

- Hlavním zdrojem světla je Slunce. Je jedním z hlavních ekologických faktorů ovlivňujících procesy v živých organismech.
- Záření, které dopadá na zemský povrch, je velmi odlišné od záření, které slunce vlastně vyzařuje.
- Sluneční záření, které se vyskytuje vně zemské atmosféry, se v atmosféře rozptyluje, odráží se od mraků a je absorbováno různými částmi atmosféry (vodní páry, ozón, kyslík, aerosoly).
- Intenzita světla se měří v luxech (lx) a její změny ovlivňují hlavně chování živočichů.

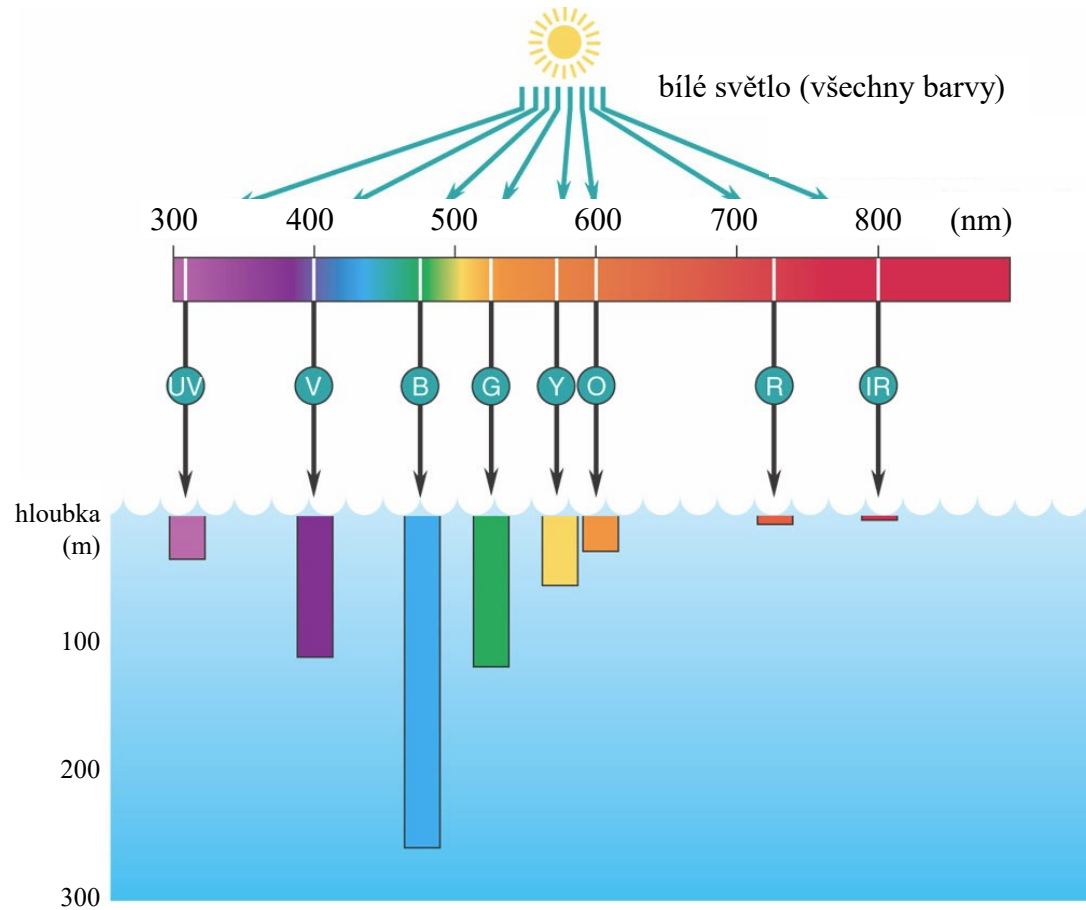
# Světlo

## Měsíční úhrny slunečního svitu (hod.)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
49,4	78,6	127,0	170,5	225,8	230,0	241,4	223,5	167,5	131,2	57,0	45,4

# Světlo

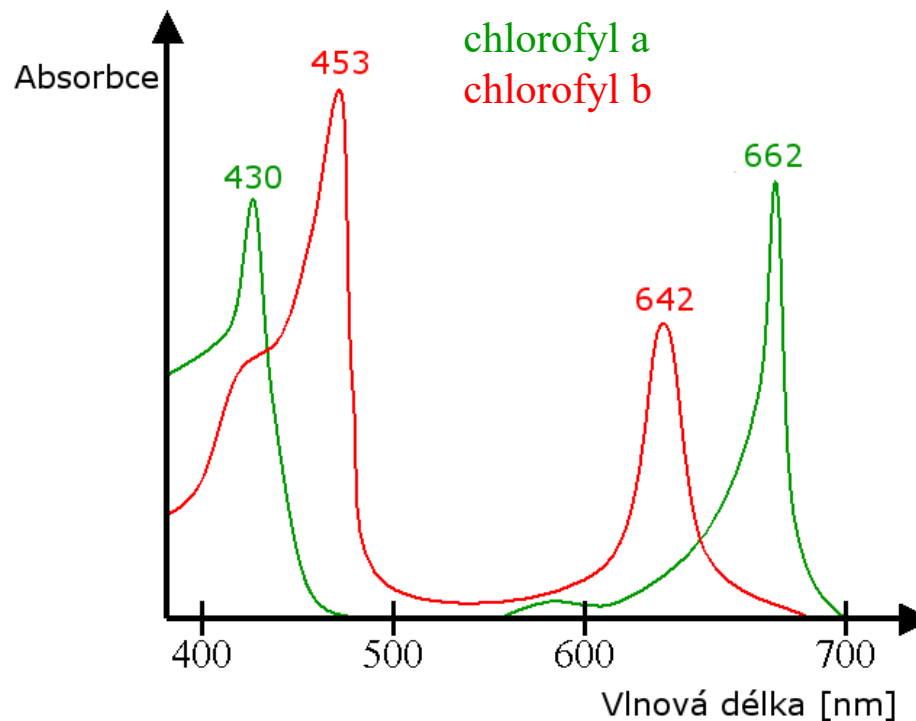
Sluneční záření filtrované vodou:



© 2005 Brooks/Cole - Thomson

# Fotosyntéza

- Na produktech fotosyntézy zelených rostlin závisí všichni živočichové.
- Fotosynteticky nejúčinnější je světlo fialové až modré a oranžové až červené. Žluté a zelené světlo rostliny využívají nejméně.



## Fotosyntéza u živočichů

- normálně typicky heterotrofní skupina organismů získala schopnost fotosyntetizovat
- sekundární a terciární endosymbióza, která proběhla u krásnooček (*Euglena*), hnědých řas (*Ochromyta*), obrněnek (*Dinophyta*) a dalších organismů
- pohltily fotosyntetizující eukaryotický organizmus – hnědou řasu, nebo ruduchu

## Fotosyntéza u živočichů

- někteří živočichové obsahují zelené barvivo chlorofyl schopné zachycovat sluneční záření
- ve všech takových případech se jedná o pohlcené *symbiotické řasy nebo sinice*, které jsou součástí těl příslušných organismů
- slouží jako doplňkový zdroj energie



## Fotosyntéza u živočichů

velká většina je ze skupiny bezobratlých:

- **houbovci** (v symbióze s celou řadou sinic, s obrněnkami rodu *Symbiodinium* u mořských druhů, s řasami rodu *Chlorella* u sladkovodních)
- **žahavci** (obrněnky rodu *Symbiodinium* u korálů a sasanek, nebo *Chlorella* u sladkovodních nezmarů)
- **ploštěnci** (zelené řasy rodu *Tetraselmis*, rozsivky rodu *Licmophora*, *Chlorella* u sladkovodních zástupců)
- **mlži** (např. obrněnky rodu *Symbiodinium* u zévy obrovské)
- **sumky** (sinice, rod *Prochloron*)

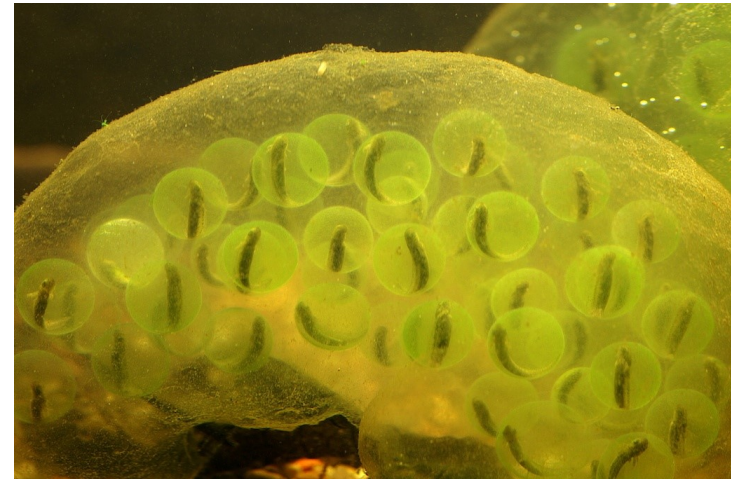
## Fotosyntéza u živočichů

- **nahožábřý plž** *Elysia chlorotica* „krade plastidy“ z pohlčené řasy posypanky (*Vaucheria litorea*)
- **kleptoplastidie**
- týká se trávicích buněk, v nichž mohou pohlčené chloroplasty uvolněné ze strávené řasy přežít až devět měsíců (což je často déle, než je délka života samotné řasy)
- geny pro klíčové molekuly zapojené do fotosyntézy, včetně enzymů syntetizujících chlorofyl v genomu *Elysia chlorotica*
- jeden z prvních případů horizontálního genového přenosu mezi dvěma mnohobuněčnými organizmy



## Fotosyntéza u živočichů

- V roce 2012 se na seznam „zelených“ živočichů zařadil jako první obratlovec americký mlok **axolotl skvrnitý** (*Ambystoma maculatum*).
- typická zelená vajíčka a vyvíjející se embrya
- během ontogenetického vývoje symbiotická řasa *Oophila amblystomatis* evidentně fotosyntetizuje a pomáhá vyživovat vyvíjející se embryo
- jednobuněčná endosymbiotická řasa v průběhu ontogeneze pravděpodobně vymizí
- v dospělosti se jedná o typického heterotrofně se živícího mloka



# Světlo a živočichové

## Podle nároků na světlo dělíme živočichy na:

- stenofotní – vyžadují určité osvětlení
- euryfotní – nenároční na změny světla

## Další dělení:

- fotofilní – světломilné druhy, současně suchomilné, vyžadují hodně světla
- skiofilní – stínomilné, žijí v zastíněných místech
- fotofobní – temnomilné, trvale žijí ve tmě, vyžadují i vyšší vlhkost, afotní formy

## Světlo a živočichové

Světlo ovlivňuje zbarvení živočichů. Afotní formy jsou většinou bezbarvé, průsvitné nebo mléčně zbarvené.

- larvy chroustů, tesaříků
- medúzy
- macarát jeskynní



Macarát jeskynní  
(*Proteus anguinus*)

## Světlo a živočichové

Zbarvení mnohých živočichů se mění během vývoje a stárnutí - např. hnědí brouci stářím zešednou. Někteří reagují téměř okamžitě - chameleon, chobotnice, sépie.

Skokan hnědý  
(*Rana temporaria*)



# Světlo a živočichové

## Barvoměna

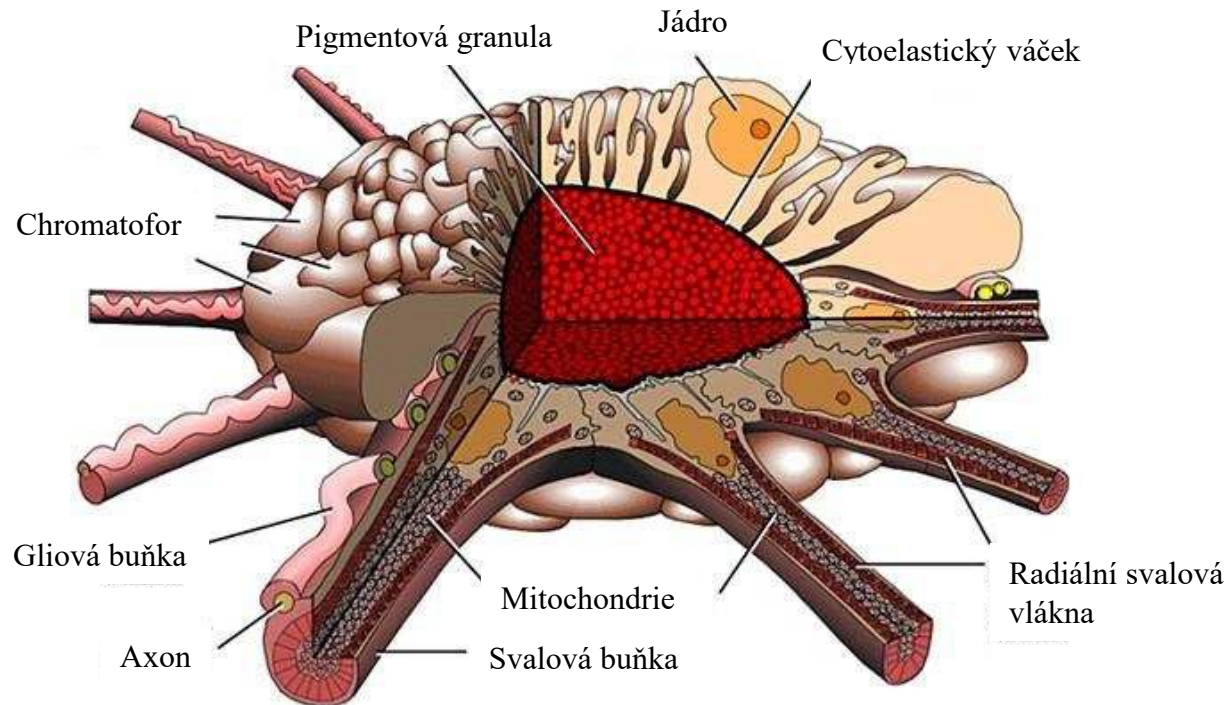
- hmyz, korýši, hlavonožci, ryby, obojživelníci, plazi
- chromatofory (melanofory, erytrofory, xantofory, cyanofory a leukofory), melanocyty
- chromatoforový orgán hlavonožců
- melanin – vzniká oxidací a polymerizací tyrosinu
- další biochromy



# Světlo a živočichové

## Barvoměna

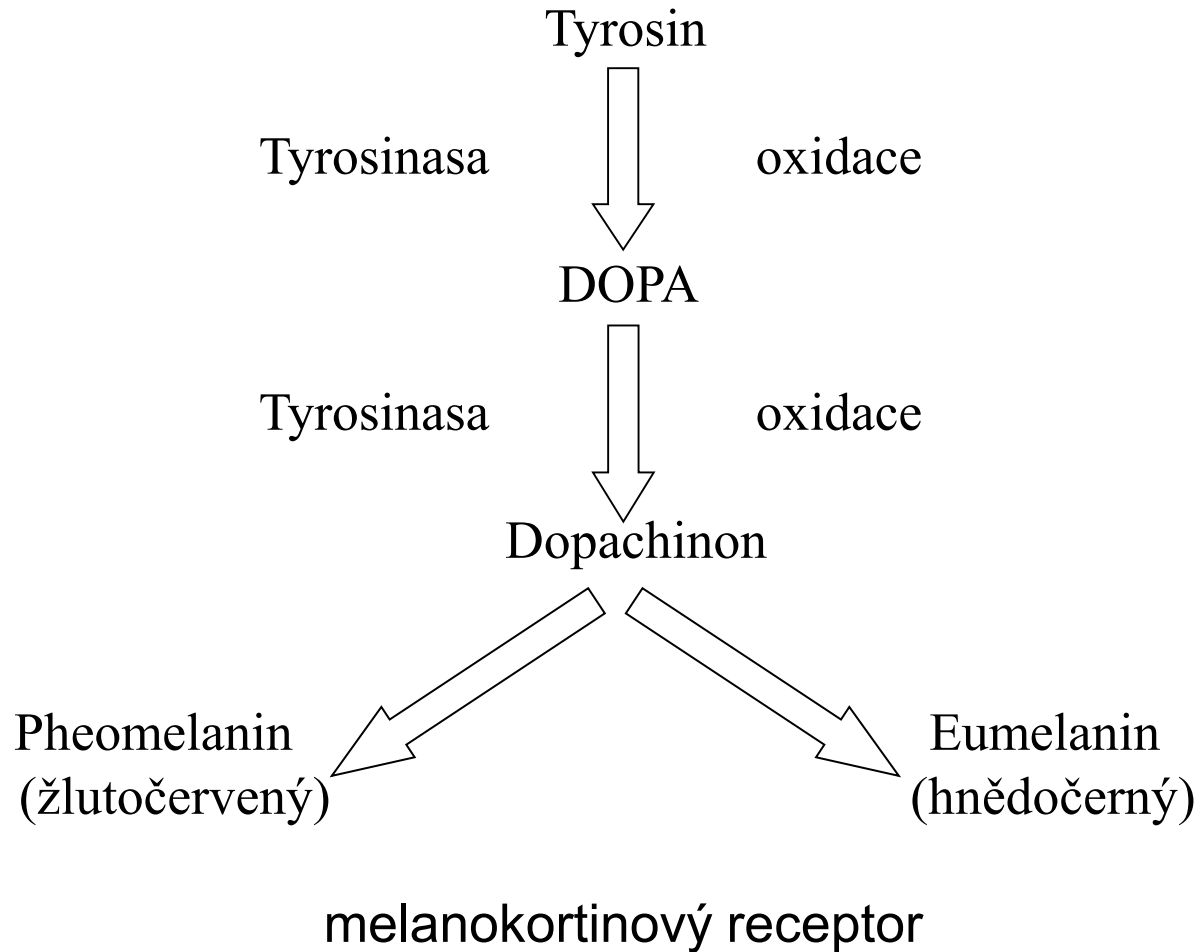
chromatoforový orgán hlavonožců





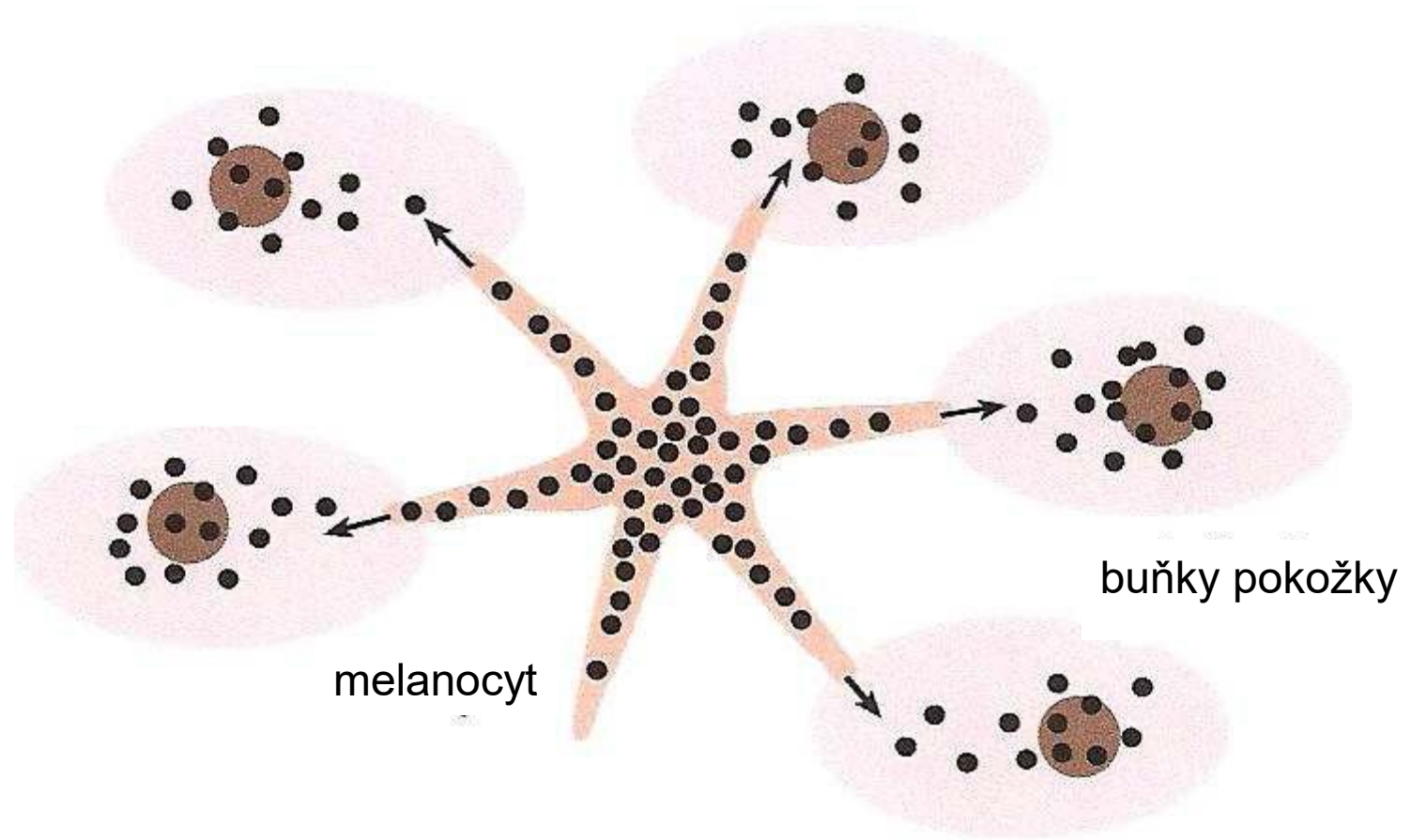
# Světlo a živočichové

## Barvoměna



# Světlo a živočichové

## Barvoměna



# Světlo a živočichové

## Barvoměna

- rychlé změny
  - agregace (zesvětlení) nebo disperse (ztmavnutí) pigmentu uvnitř chromatoforů
  - změna velikosti chromatoforů (smrštění nebo rozšíření působením připojených svalových vláken)
- pomalé změny
  - změny v počtu chromatoforů nebo v množství pigmentu

# Světlo a živočichové

## Barvoměna

- Morfologická změna barvy
  - tvorba/degradace pigmentu neurohormonální činností
  - pomalá, většinou irreverzibilní
- Fyziologická změna barvy
  - přemístění pigmentu uvnitř chromatoforů
- Etologická změna barvy
  - reakce na vjemy světla zrakovými orgány
  - reflexně podmíněna určitým stavem podráždění
  - velmi rychlá (okamžitá)

# Světlo a živočichové

## Barvoměna

- ochrana (maskování)
- komunikace
- termoregulace

## Světlo a živočichové

Ekologicky významná jsou ochranná (kryptická) a výstražná zbarvení.

- (a) celková podobnost s prostředím
- (b) krycí zbarvení
- (c) rušivé zbarvení
- (d) klamná podobnost



klipka čtyřoká (*Chaetodon capistratus*)

## Světlo a živočichové

Ekologicky významná jsou ochranná (kryptická) a výstražná zbarvení.

### Krypse

Krypse, maskování, je jednou z forem obrany před predátory. Kryptické zbarvení činí svého nositele nenápadným, umožňuje mu splynout s okolím, díky čemu je potenciálním útočníkem snadno přehlédnut. Krypse má i opačné uplatnění, kdy maskuje predátora před zraky kořisti.

K základním principům kypse patří napodobování barev, vzorů a tvarů okolního prostředí a takzvané disruptivní zbarvení, respektive vzorování, jehož smyslem je opticky rozbít typické linie a tvary svého nositele. Paradoxně jde o principy protichůdné, smyslem prvního je potlačení kontrastu mezi objektem a okolím, zatímco v druhém případě jde o záměrné vytváření matoucích kontrastů.

## Světlo a živočichové

Ekologicky významná jsou ochranná (kryptická) a výstražná zbarvení.

### **Mimikry** (mimetismus, mimeze)

Mimikry označují povrchovou podobnost mezi dvěma blíže nepříbuznými živočišnými druhy, a to nikoliv na základě konvergentního vývoje. Obvykle je důvodem vzniku mimikry ochrana před predátory.



## Světlo a živočichové

Ekologicky významná jsou ochranná (kryptická) a výstražná zbarvení.

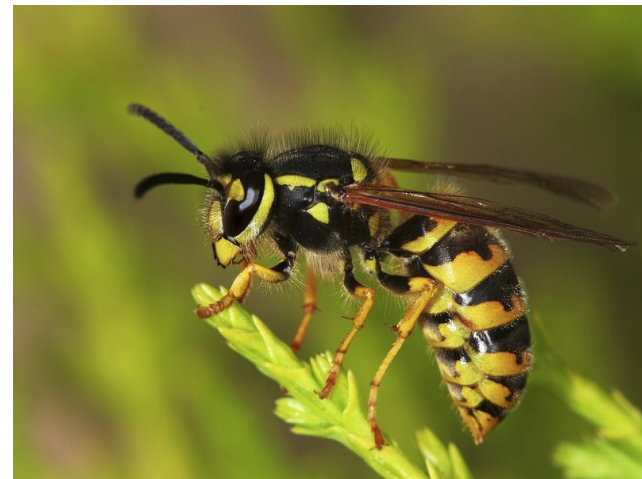
### Batesovské mimikry

Mají chránit daného nositele před predátory, kdy jinak neškodný organismus přejímá barevné výstražné znaky jiných nebezpečných (jedovatých) organismů.

Pestřenka rybízová (*Syrphus ribesii*)



Vosa obecná (*Vespula vulgaris*)



## Světlo a živočichové

Ekologicky významná jsou ochranná (kryptická) a výstražná zbarvení.

### **Müllerovské mimikry**

Jeden nebezpečný či nejedlý druh napodobuje jiný nebezpečný druh proto, aby se jejich společný predátor naučil toto zbarvení lépe rozeznávat. Tím se zvyšuje pravděpodobnost přežití obou druhů.

## Světlo a živočichové

Ekologicky významná jsou ochranná (kryptická) a výstražná zbarvení.

### Emsley-Mertensovské mimikry

Silně nebezpečný druh přejímá výstražné znaky méně nebezpečného druhu. Pro smrtelně jedovaté druhy je výhodnější napodobit zbarvení méně nebezpečných druhů, kterým se už predátoři naučili vyhýbat.

Korálovec (*Micrurus fulvius*)



Korálovka (*Erythrolamprus aesculapii*)



## Světlo a živočichové

Ekologicky významná jsou ochranná (kryptická) a výstražná zbarvení.

Lasice hranostaj  
(*Mustela erminea*)





## Světlo a živočichové

Ekologicky významná jsou ochranná (kryptická) a výstražná zbarvení.

Zebra stepní – disruptivní zbarvení  
(*Equus quagga*)



## Světlo a živočichové

Ekologicky významná jsou ochranná (kryptická) a výstražná zbarvení.

Strašilky (Phasmatodea) – klamná podobnost



## Světlo a živočichové

Ekologicky významná jsou ochranná (kryptická) a výstražná zbarvení.

Kuňka žlutobřichá  
(*Bombina variegata*)



Kuňka ohnivá  
(*Bombina bombina*)



# Světlo a živočichové

Světlo působí na organismy také směrově a vyvolává u nich různé polohové a pohybové reakce:

- Fototropismus
  - list rostliny je fototropicky pozitivní, orientuje se ke světlu, kořen je fototropicky negativní
  - u živočichů – hlavně přisedlé formy
- Fotokinese – vyhledávání místa s nejvhodnějším osvětlením
- Fototaxe – pohyb organismů vyvolaný světelným podrážděním; hmyz fototakticky pozitivní nalétává na zdroj světla
- Menotaxe – pohyb živočichů podle určitého úhlu ke světelným paprskům, orientace podle světelného kompasu



# Světlo a živočichové

## Orientace podle vizuálního kompasu – detekce polarizovaného světla:

- navigace na dlouhé vzdálenosti
- skupina specializovaných ommatidií na dorzálním okraji složeného oka (dorsal rim area - DRA)

Histology	+++	++	+/-	-	+/-	-	+++ <sup>b</sup>	+++ <sup>c</sup>	+++ <sup>d</sup>
Electrophysiology		++			+		++		++
Behavior		++					++		+
Receptor type		B(2)				G(1)	UV(2)		UV(3)

