

# 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.

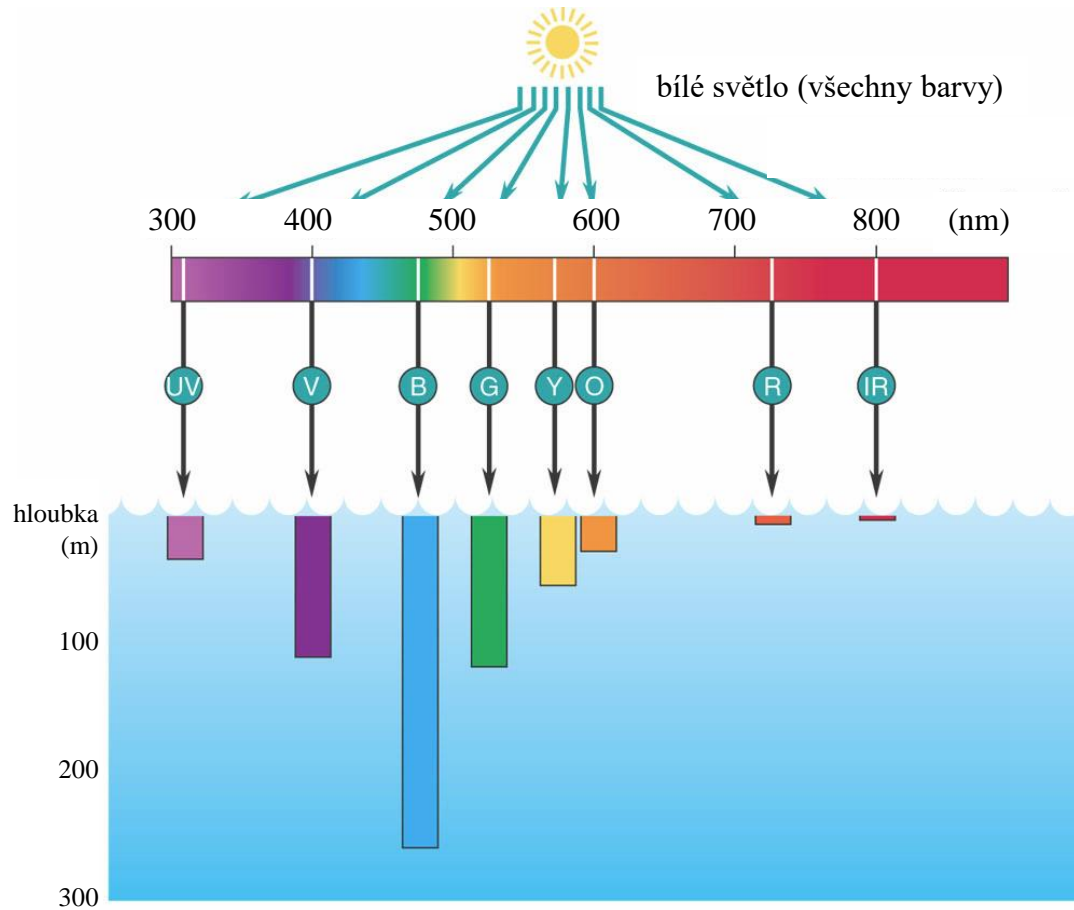
# Světlo

## 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

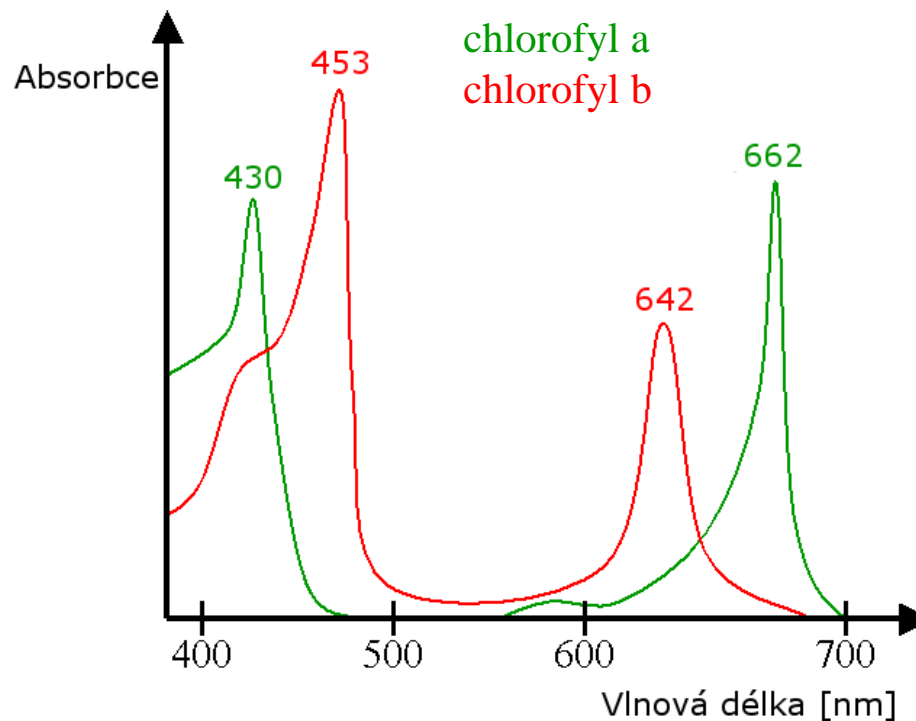
Sluneční záření filtrované vodou:



© 2005 Brooks/Cole - Thomson

# Fotosyntéza

- Na produktech fotosyntézy zelených rostlin závisí všichni živočichové.
- Fotosynteticky neúčinnější 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*)

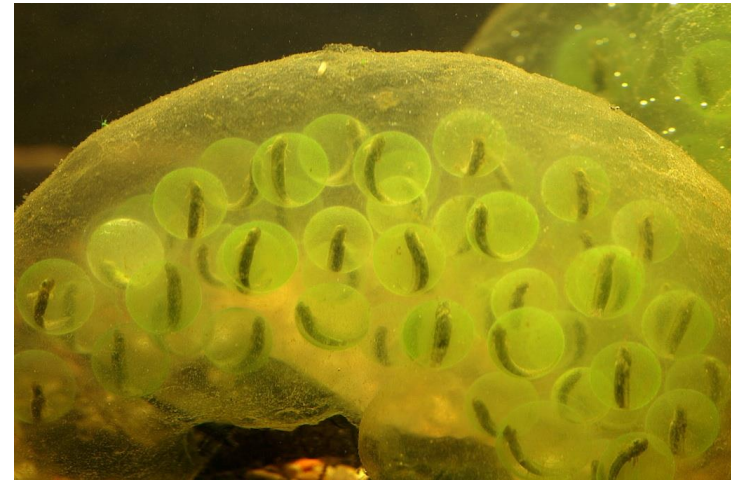
## Fotosyntéza u živočichů

- **nahožábrý 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 – světlomilné 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

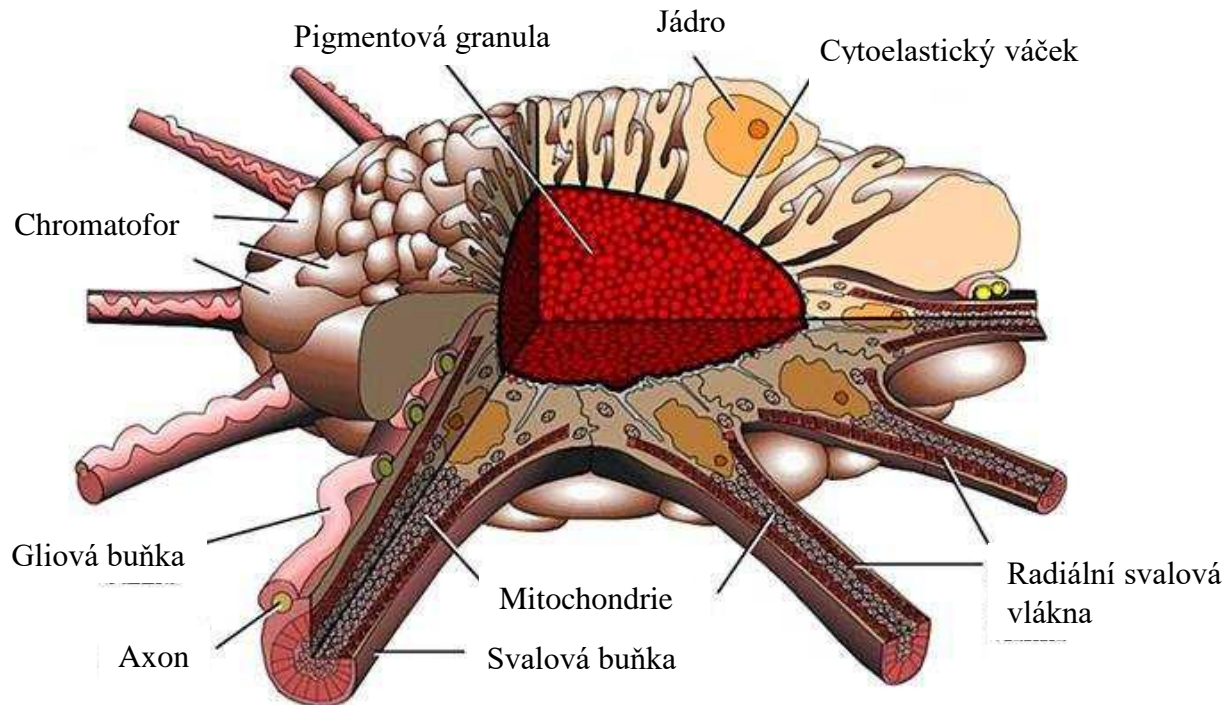
- hmyz, korýši, hlavonožci, ryby, obojživelníci, plazi
- chromatofory (melanofory, erytrofory, xantofory, cyanofory a leukofory), melanocyty
- chromatoforový orgán hlavonožců
- melanin – vzniká oxidací a polymerizací tyrosinu
- další biochromy



# Světlo a živočichové

## Barvoměna

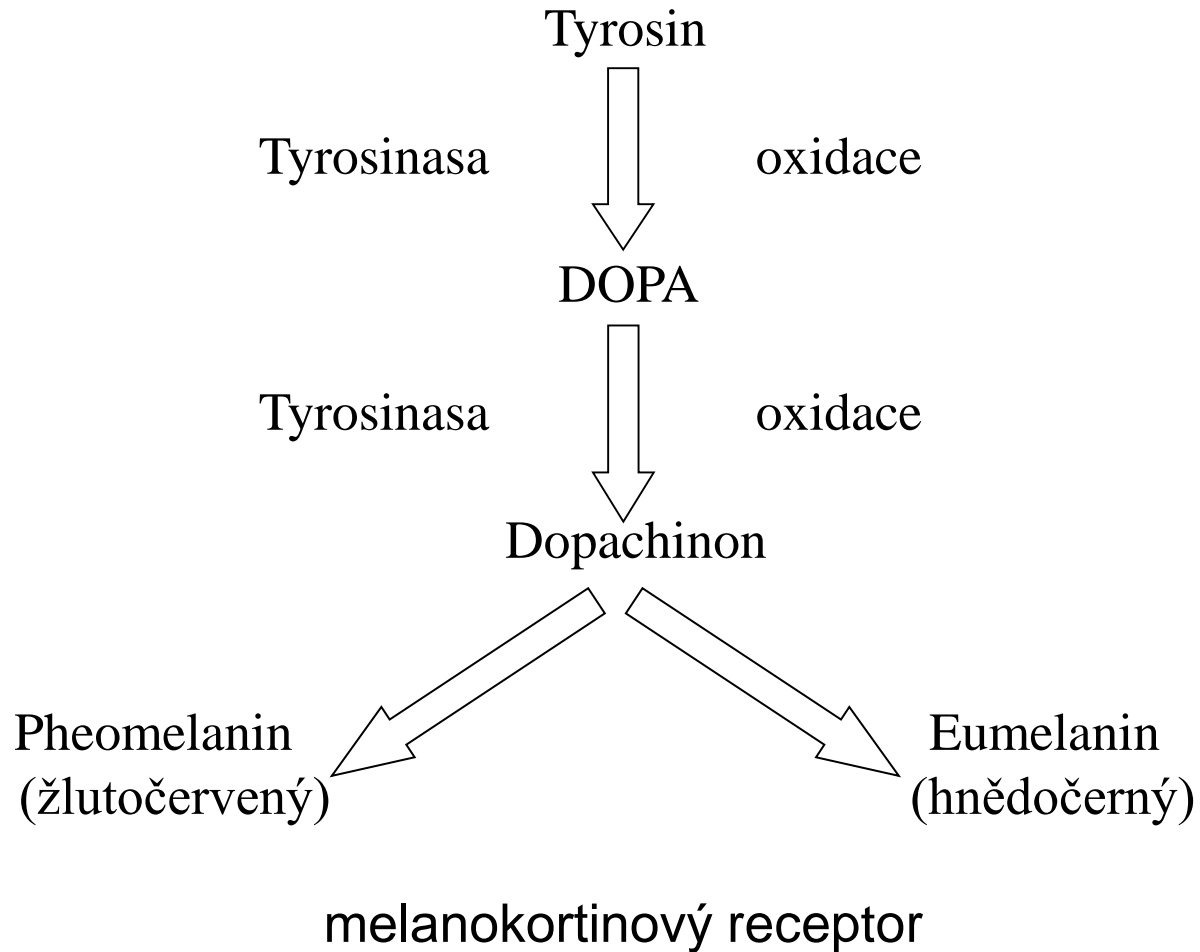
chromatoforový orgán hlavonožců





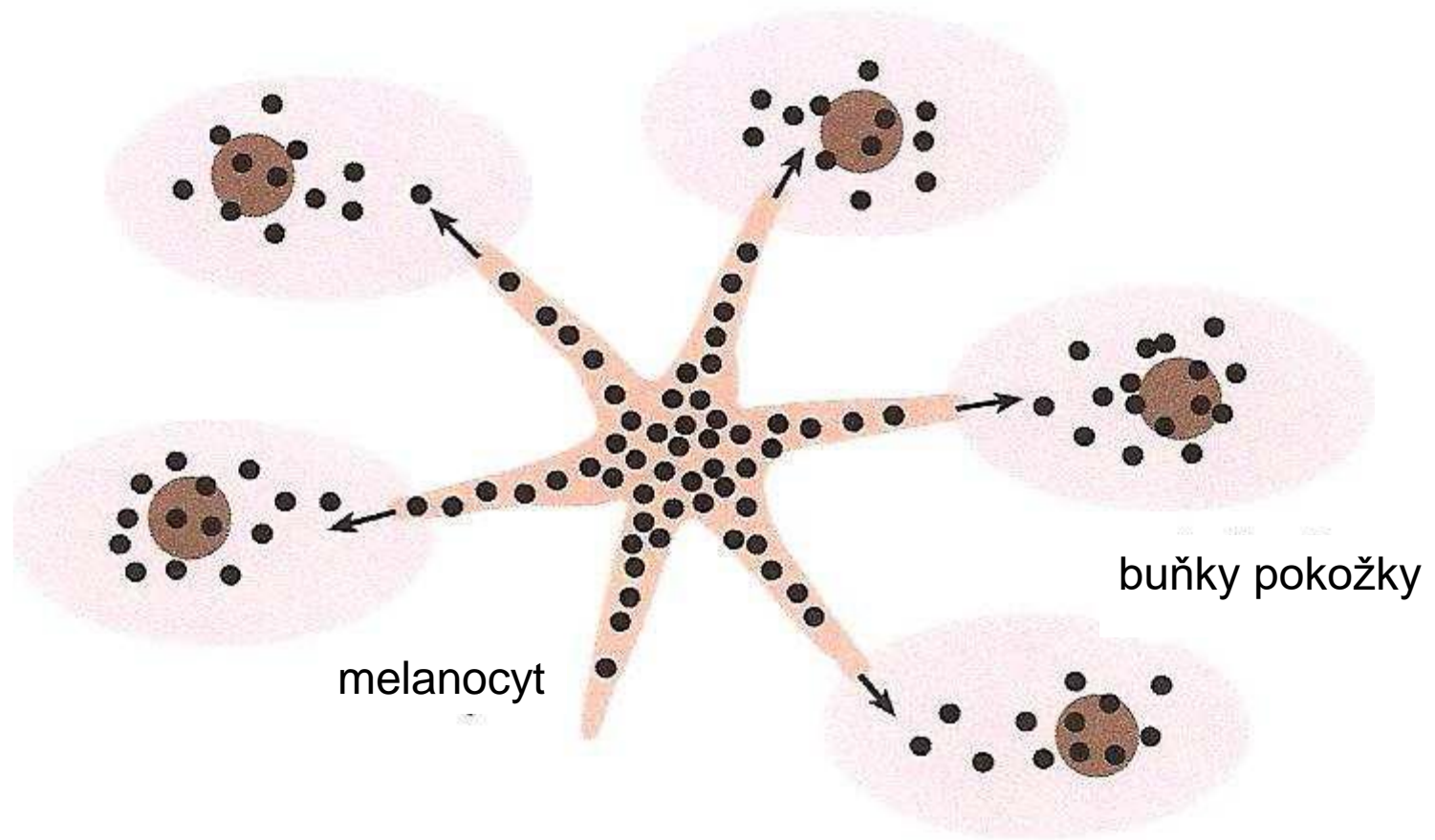
# Světlo a živočichové

## 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.

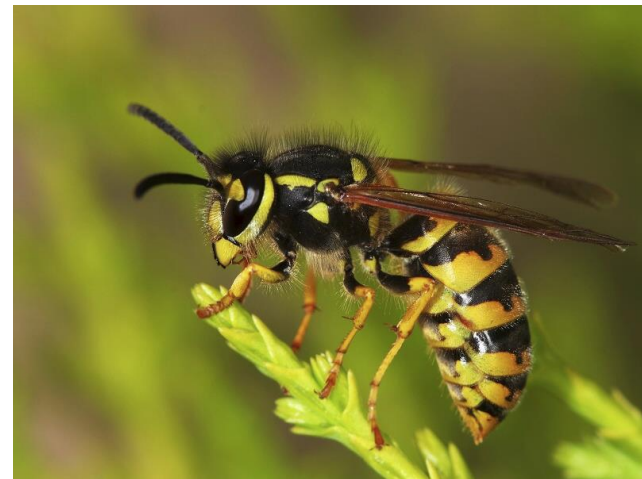
### Batesovské mimikry

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.



pralesnička Summersova (*Ranitomeya summersi*) a pralesnička klamavá (*Ranitomeya imitator*)

## 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)

