

Výstražný vzhled živočichů - aposematismus

Žádný organismus v přírodě není izolován od organismů okolních. Pokud se živočich neměl stát zcela vyhubenou kořistí, v průběhu biologické evoluce se u něj musely vyvinout mechanismy, které mu umožnily co nejlépe se vyhnout ulovení. Vzniká tak evoluční vztah mezi kořistí a lovcem, při kterém zdokonalení lovu lovcem vyvolá u kořisti zdokonalení mechanismů, jak predaci uniknout. Tato tzv. koevoluce je jedním z hnacích motorů evoluce. Výsledkem je víceméně ustálená rovnováha mezi lovcem a kořistí.

Využité přístroje:

Binokulární lupy, lupy

Cílová skupina/náročnost:

3. a 4. ročník SŠ a odpovídající ročníky gymnázií

Autor:

doc. RNDr. Michal Mergl, CSc.

Všechny uvedené texty, obrázky a videa jsou vlastní, není-li uvedeno jinak. Autory Youtube embed videí lze nalézt při kliknutí na znak Youtube ve videu během přehrávání.

K plnohodnotnému využití této studijní opory je nutný přístup k on-line zdrojům a materiálům.

Tento materiál vznikl z finanční podpory Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky v rámci projektu „Popularizace vědy a badatelsky orientované výuky“, reg .č. CZ.1.07/2.3.00/45.0007.

1 Princip a terminologie

Úvod

Žádný organismus v přírodě není izolován od organismů okolních. Pokud se živočich neměl stát zcela vyhubenou kořistí, v průběhu biologické evoluce se u něj musely vyvinout mechanismy, které mu umožnily co nejlépe se vyhnout ulovení. Vzniká tak evoluční vztah mezi kořistí a lovcem, při kterém zdokonalení lovu lovcem vyvolá u kořisti zdokonalení mechanismů, jak predaci uniknout. Tato tzv. koevoluce je jedním z hnacích motorů evoluce. Výsledkem je víceméně ustálená rovnováha mezi lovcem a kořistí.

Princip

Na počátku máme situaci, při které je kořist nechráněna před predací. Pokud u části populace vzniknou mechanismy, jak se lovcem ubránit nebo mu uniknout z dosahu, nastartuje se celý proces vedoucí ke vzniku aposematického nebo kryptického vzhledu.

Kořist se může lovcem stále účinněji bránit nebo se může stát nesnadno zaměřitelným cílem, a lovec si ji ne všimne. Tyto dva extrémy v průběhu evoluce vedly buď k aposematickému vzhledu (tj. nebezpečný vzhled, výstražné zbarvení) nebo ke kryptickému vzhledu (tj. kamufláž, krypsis, snaze co nejvíce splynout s okolím (pozn. kamufláž je tématem jiného badatelského okruhu). Cokoliv mezi tím je horší varianta. Evoluce tyto nedokonalé varianty, tj. nedostatečně chráněné nebo nedostatečně skryté živočichy z prostředí odstraňuje. Přírodní výběr tak preferuje stále účinněji se bránící nebo stále lépe se kryjící živočichy.

Funkcí výstražného zbarvení je dát signál možnému predátorovi že jsem nebezpečný nebo nechutný. Účelné je vyslat tento signál na co největší vzdálenost. Tedy, při případném útoku může být lovec poraněn nebo i přijít o život, nebo mu kořist nebude chutnat, pokud se jí přímo neotráví. Energie vynaložená na lov se lovcem nevyplatí.

Lovce se naučí takto vypadající kořisti se vyhnout. Tím zvětší šanci druhu s výstražným zbarvením na přežití. V případě pouhé odpudivosti nebo nechutnosti se sice může stát, že nezkušený lovec na takového jedince zaútočí a kořist útoku nepřežije, ale na smrti jedince vydělá populace stejného páchnoucího nebo jedovatého druhu. Druh má ustálený vzhled a lovec se příště takové nechutné kořisti vyhne.

Podmínkou úspěšného použití výstražného zbarvení je barevné vidění predátora. Hmyz je hlavním zdrojem živočišné potravy pro řadu ptáků. Můžeme tedy předpokládat, že aposematické zbarvení vzniklo jako reakce na koevoluci hmyz-ptáci. Rovněž je pravděpodobné, že některé výstražné znaky a signály nevidíme, protože člověk je omezen pro něj viditelnou částí elektromagnetického světla. Některý hmyz a ptáci vidí i UV složku záření, kterou my již nevidíme.

Celá problematika výstražného a krycího zbarvení je velmi komplikovaná, nejednoznačná a interpretace často kopírují filosofické myšlenkové proudy určité doby. Podrobný přehled přístupů, názorů (často i si odporujících) je uveden v publikaci Komárka (2004), na kterou odkazují.

Terminologie

Použitá terminologie vychází z terminologie použité Komárkem (2004). Přehled pojmů:

- **mimikry = mimeze** – podobnost mezi dvěma živočichy (případně i rostlinami)
- **předloha, vzor** – živočich (případně rostlina) napodobovaný jiným živočichem
- **mimetik** – živočich (případně rostlina), který napodobuje jiného živočicha
- **aposematik** – nejedlý (chráněný) živočich, který není podobný jinému živočichu
- **Müllerovský mimetik** – nejedlý (chráněný) živočich, který je podobný jinému chráněnému živočichu
- **Batesovský mimetik** – jedlý (nechráněný) živočich, který je podobný jinému chráněnému živočichu
- **pseudoposematik** – jedlý (nechráněný), nepodobný jinému

2 Mechanismy obrany kořisti

Mechanická obrana

Typickou mechanickou obranou je žihadlo. Nalezneme ho u vos, včel, čmeláků a některých mravenců. Žihadlo může způsobit i smrtelné poranění, pokud se do těla lovce dostane dostatečné množství jedu.

Jinou mechanickou ochranou je bodací nebo kousací zařízení s vývodem jedové žlázy. To může primárně sloužit v lovu, ale současně je účinným zařízením k ochraně. Typicky takové zařízení nalezneme u pavouků, stonožek nebo v moři u jedovatých chobotnic.

Chemická ochrana

Chemickou ochranou jsou různé jedovaté, palčivé nebo páchnoucí látky v těle kořisti. Ty mohou být v těle kořisti na různých místech. U obratlovců jsou to jedové žlázy v pokožce žab a některých obojživelníků. Velmi prudké jedy produkují tropické pralesničky, ale i naše žáby (kuňky, ropuchy) a mlok skvrnitý mohou jedem v pokožce způsobit nepříjemnou otravu. Tchoř a skunk se brání odporným pachem vystřikovaným na velkou vzdálenost.

U hmyzu jsou mistrem v odpuzování ploštic, produkující páchnoucí sekrety se speciálních žláz. Účinnou chemickou ochranou je přítomnost toxinů v hemolymfě u hmyzu. Tyto toxiny mohou být velmi silné a lovce mohou zabít (např. u brouků puchýřníků, majek) nebo mají palčivou chuť (sluněčka). Jedy mohou být vytvořeny samotným živočichem, ale mohou to být jedy převzaté ze živých rostlin. U housenek živících se jedovatými listy se jed se postupně hromadí v jejich těle a i po zakuklení zůstává část jedu v těle dospělého.

Chemickou ochranu nalezneme i u rostlin, které při spásání uvolňují odpudivé látky, které brání dalšímu spásání.

Zvuková ochrana

Vysílání ultrazvukového signálu je způsob ochrany jedovatých můr před predací netopýry, u kterých je optická signalizace na dálku ve tmě nemožná. Po vyslání ultrazvukového signálu netopýrem odpoví můra svým ultrazvukovým signálem. Netopýr se pak vyhne jedovaným nebo nepoživatelným mūrám.

3 Aposematické zbarvení a vzhled

Výhody aposematického zbarvení nebo vzhledu

- Živočich si zvětšuje šanci na přežití a tedy na zvýšení četnosti potomstva v další generaci.
- Živočich se může vyskytovat i na místech, na kterých by nechráněná kořist byla snadným cílem. Nechráněná kořist je z takového místa dokonce lovcem odstraňována a chráněného živočicha tak zbývá více potravních zdrojů.

Aposematické zbarvení a vzhled

V našich podmínkách existují čtyři hlavní modely aposematického vzhledu

- Kombinace žluto-černého zbarvení. Typicky je tato kombinace vyvinutá u vos, sršně, lumků, žahalek a samotářských včel. Střídání černo-žlutých pruhů, skvrn nebo černých teček na žlutém pozadí nalezneme také u slunéček. Střídání barev jednak rozbíjí známý obrys kořisti, ale současně se vytváří více žlutých skvrn na pozadí (černá barva imituje tmu, temné pozadí). Tento typ výstrahy běžně využíváme v lidské kultuře, např. u žluto-černě pruhovaných okrajů schodů, rohů apod. Žlutá je však méně kontrastní barvou na zeleném pozadí.
- Kombinace červeno-černého, případně sytě oranžového a černého zbarvení, je vyvinutá u mnoha skupin hmyzu. V našich podmínkách ji nalezneme u brouků, motýlů, ploštic, kříسů a pavouků a dalších chráněných živočichů. Výhodou červené barvy je skutečnost, že je kontrastní barvou vůči zelené. Je tedy nejkontrastnější a nejvýraznější barvou v zelené vegetaci, pokud živočich žije na zeleném podkladu (listech a stoncích). Červená barva je dobře patrná na dálku. Účinek červené barvy lze zesílit kombinací s černými pruhy nebo skvrnami, kdy vzniká kontrastní rozhraní a stejně, jako u žluto-červeného zbarvení, zaniká obrys kořisti. Zesíleného účinku lze dosáhnout, pokud je více jedinců s červeno-černým zbarvením pohromadě nebo blíž sebe, např. na složených okolících, kmenech stromů, stéblech apod. Takové skupiny jsou výrazné a mnohem větší vzdálenost nežli samotný jedinec. Červená jako výstražná barva je všeobecně používána i lidskou kulturou a je po černé a bílé nejdůležitější barvou. Obecně vyznačuje cosi nebezpečného, něco, co zasluhuje prvořadou pozornost (např. v semaforech, dopravních značkách, signalizačních panelech, v rámci sexuálně atraktivních struktur).
- Vzhled včely je vyvinut u celé skupiny včel, s víceméně plynulým přechodem od žluto-černého zbarvení (rody *Anthidium*, *Nomada*) do jednobarevně zbarvených včel (rody *Hylaeus*, *Andrena*, *Apis*, *Eucera*, *Bombus*). Všechny včely jsou chráněny žihadlem.
- Vzhled mravence je vnímám jako nebezpečný, protože mravenci se dokáží účinně bránit buď žihadlem (čeled *Formicidae*) nebo kousnutím s následným výstřikem kyseliny mravenčí do rány (čeled *Formicidae*).

4 Müllerovský a Batesovský mimetismus

Müllerovský mimetik

Müllerovský mimetik je nejedlý živočich (chráněný žihadlem, kusadly, jedem, palčivými a odpuzujícími látkami či jinak), který napodobuje jiného podobně chráněného živočicha. Vzniká tak skupina různých druhů živočichů podobného vzhledu. Stejný vzhled se projevuje shodnou velikostí, zbarvením, uspořádáním skvrn, podobným způsobem pohybu apod. Člen takové skupiny je chráněn před predací, protože ve svém okolí má podobně vypadající druhy. Lovce se velmi pravděpodobně a záhy v průběhu života setká s jedincem z této skupiny, získá špatnou zkušenost, a pak se všem podobně vypadajícím živočichům bude při lovu vyhýbat. Čím menší vzhledové rozdíly jsou mezi členy této skupiny, tím je mimize účinnější. Ideální jetedy co nejvíce unifikovaný vzhled v rámci celé skupiny.

Příklady Müllerovské mimize je velké množství i v naší přírodě (viz jednotlivé stránky a fotogalerie). Za zmínku stojí zejména ploštice (chráněné pachem), sluněčka (chráněná palčivými látkami v hemolymfě), přástevníci a vřetenušky (chránění jedem v hemolymfě) abělásci (chránění palčivými látkami v hemolymfě).

Batesovský mimetik

Batesovský mimetik, ač je jedlý a nechráněný, se snaží vypadat jako chráněný. Tedy snaží se vypadat jako člen okruhu chráněných mimetiků. Je to „beránek v rouše vlčím“. Platí, že čím podobnější je chráněnému mimetiku, tím větší má šanci na přežití. Pokud však platí mechanismus, že lovec se musí nejprve setkat s chráněným vzorem, aby se následně vyhýbal takto vypadajícímu živočichovi, je nezbytnou podmínkou, aby chráněný Müllerovský mimetic byl v přírodě čtenější nežli mimetik Batesovský. Pokud by tomu tak nebylo, lovec by častěji potkával sice chráněně vypadajícího, avšak zároveň požitelného Batesovského mimetika a mechanismus by nefungoval.

K nejčastějším napodobovaným vzorům v naší přírodě patří :

- Živočichové ze žluto-černým zbarvením: Vzorem je vosa či sršeň. Tento vzhled napodobují zejména pestřenky (rody *Scaeva*, *Sphaetophoria*, *Episyrrhus*, *Myathropa*, *Syrphus*), očnatky (rod *Conops*) a slídky (rody *Ptychoptera*) z řádu dvoukřídlých; pilořítky, pilatky, bodrušky a další zástupci řádu blanokřídlých (rody *Urocera*, *Cephus*); tesařiči (rody *Clytus*, *Plagionotus*, *Judolia*, *Rutpela*) a mandelinky (rod *Leptinotarsa*) z řádu brouků; ploskoroh (rody *Ascalaphus*, *Libelloides*) z řádu sítkokřídlých; páskovci (rod *Corduleaster*) z řádu vážek a pavouk křížák pruhovaný (rod *Argiope*). Vzhled nebezpečných blanokřídlých mimetizují nesytky (rody *Sesia*, *Synanthedon*) z řádu motýlů. Mimize nespočívá jen v samotném vzhledu a zbarvení (např. přítomnost průhledných křídel u motýlů, kteří mají jinak křídla neprůhledná), ale i ve způsobu pohybu.
- Živočichové s červeno-černým zbarvením: Zatímco Müllerovských mimetiků s tímto zbarvením je velké množství, četné Batesovské mimetiky nalezneme spíše mezi motýly (babočka admirál – *Vanessa atalanta*). U motýlů je časté červeno-černé zbarvení vyvinuto na v klidu skrytých zadních křídlech. Tento červený nebo červeno-černý (někdy i žlutý nebo modrý) výstražný signál bývá použit až při bezprostředním napadení. Klasickým příkladem jsou stužkonosky (rod *Catocala*). Podobně je červená barva zadních křídel využívána u sarančí, ale také až po napadení (saranče vlašská a s. vrzavá - rody *Calliptamus*, *Psophus*). U brouků je červené výstražné zbarvení využito u kovaříků (rody *Anostirus*, *Ampedus*), dlouhoústců (*Dictyoptera*), červnáčka *Pyrochroa*, pýchavkovníka *Endomychus*. Jako vzor často slouží sluněčka.
- Bílé zbarvení motýli: Jako vzor slouží bělásci. Kromě okruhu bělásků chráněných Müllerovskou mimize (naši hojní bělásci *Pieris brassicae*, *B. rapae*, *P. napi*, *Anthocharis cardamines*) jsou bělásci nebo další motýli, kteří jsou chráněni Batesovskou mimize. K nim patří menší druhy bělásků (rod *Leptidea*), bělásek ovocný (*Aporia crataegi*), okáč bojínkový (*Melanargia galathea*), jasoň (*Parnassius mnemosine*), více druhů píďalek (rod *Lomaspilis*), přástevníci (rody *Parasemia*, *Spilosoma*), bekyně (*Euproctis*) aj.
- Včely: Vzorem je včela. Jako včela nebo čmeláci vypadají některé pestřenky (rody *Eristalis*, *Volucella*), z motýlů dlouhozobka zimolezová (*Hemaris fuciformis*).

- Mravenci. Vzorem je mravenec. Podobnost těla mravencům je rozšířena mezi hmyzem na vyšších bylinách, u nás u klopušek (rod *Myrmecoris*, *Mecoma*, *Orthonotus*) a nohatěnek (*Alydus*) z ploštic, tesaříků (*Molorchus*, *Anaglyptus*) a drabčků (rody *Stenus*, *Xantholinus*, *Drusilla*) mezi brouky. Souvisí i s myrmekofilním způsobem života v mraveništích. Mravencům jsou podobní pavouci se skupiny skákavek (*Myrmarachne*).
- Oko. Okrouhlé skvrny podobné očím jsou ochranným prvkem u mnoha skupin hmyzu. Pokud lovec zaútočí na kořist s kryptickým vzhledem, kořist změní vzhled (roztáhne křídla) a lovec uvidí pár skvrn podobných očím dravce. Podobnost skvrn s očima se zesílila kontrastně zbarveným okolím. Lesk a klenutost očí jsou mimetizovány světlou skvrnou na zdánlivě zřítelnici. Oči v dostatečné velikosti na zastrašení lovce jsou na křídlech u více skupin motýlů. Klasickým příkladem je babočka paví oko (*Inachis io*), lišaj paví oko (*Smerinthus ocellatus*) a martináci (rody *Saturnia*, *Aglia*). Menší skvrny podobné očím (u okáčů) nebo bílé skvrny na ploše předních křídel (u můrovitých) spíše nežli odstrašující funkci jsou místa, na která lovec bude cílit útok. Protože jsou naokrajích křídel, má kořist větší pravděpodobnost přežití, nežli pokud by lovec cílil na samotné tělo motýla. Falešné oči bývají vyvinuty i na konci těla housenek, u tropických itvarem napodobují hlavu hadů.
- Zvukový mimetismus: Někteří noční motýli ze skupiny přástevníků napodobují jiné druhy nepoživatelných nočních motýlů vysláním ultrazvukových signálů proti přibližujícímu se netopýru. Netopýři se jim vyhýbají v domněnku, že se jedná o nepoživatelné druhy.

5 Pokusy a doporučení

Laboratorní cvičení

Pomůcky:

Vytištěné obrázky živočichů s aposematickým zbarvením (minimálně 40-50, viz kapitola obrázky ke stažení v on-line kurzu).

Úkol:

Vyber z nabídky živočichy s aposematickým vzhledem a roztříd je do samostatných skupin.

Časová náročnost:

30 minut.

Termín:

Kdykoliv.

Postup:

Z nabídky 40-50 obrázků žáci (studenti) vyberou skupiny se stejným aposematickým zbarvením a roztřídí je do skupin podle hmyzích řádů.

V dalším kroku z každé skupiny se pokusí vytřídit druhy do skupiny s Müllerovským mimetismem a do druhé skupiny s Batesovským mimetismem. U každé skupiny by měli zdůvodnit, proč se domnívají, že se jedná o příslušný typ mimetismu.

V posledním kroku vyberou vzory aposematických druhů pro vybrané Batesovské mimitiky.

Terénní cvičení

Pomůcky:

Smýkáací síť, Petriho misky plastové (případně plastové epruvety s víčky), měkká pinzeta, větší balicí papír, binokulární lupy a v případě laboratorního pokračování exkurze.

Čas:

1 až 2 hodiny

Místo:

Okraj lesa nebo přírodního parku s vyšší bylinou vegetací.

Termín:

Květen, červen, září

Postup:

Smýkáací síť se smýká ve vegetaci (učitel, student) a po asi 10-15 smycích se obsah sítě vysype na světlou plochu (papír) na zemi (stole). Měkkou pinzetou se rychle vyberou nápadnější živočichové (pavouci, hmyz) a umístí se do uzavíratelných Petriho misek nebo epruvet, uložených mimo přímý sluneční svit (nejlépe ve stínu, do krabice apod.). Opakováním postupu si vytvoříme malou sbírku krypticky nebo naopak aposematicky vypadajících živočichů. Vedoucí pak komentuje patřičný vzhled a chování jednotlivých živočichů z hlediska mimetismu (aposematus, krypsis; Müllerovský nebo Batesovský mimetismus apod.). Po cvičení se živočichové vypustí zpět do přírody.

Ke všeobecně přítomným živočichům pro terénní cvičení v květnu-červnu patří:

- ploštice: ruměnice, klopušky, ploštičky, kněžice,
- brouci: slunéčka, tesaříci,
- blanokřídlí: vosy, jizlivky, včely, čmeláci (!chránění zákonem),
- stejnokřídlí: pěnodějky,
- motýli: bělásci, babočka paví oko.