

Odstrašující vzory – fungování výstražného zbarvení slunéček proti ptačím predátorům

O pestrém zbarvení slunéček (slunéčkovití – *Coccinellidae*) se všeobecně soudí, že slouží jako varovný signál určený predátorům (aposematismus). Alespoň těm, kteří se orientují vizuálně, zejména ptákům. Zbarvení má varovat před jedovatostí slunéček a ušetřit jim náklady na obnovování obranného sekretu. Univerzální existenci obranného mechanismu zvaného reflexní krvácení odpovídá skoro univerzální přítomnost nějakého nápadného barevného vzoru u různých skupin slunéček. Na druhé straně překvapuje rozmanitost kombinací barev a vzorů nejen u odlišných skupin těchto brouků, ale i častý polymorfismus v rámci jednoho druhu, nebo dokonce jediné populace.

Skutečným obranným mechanismem slunéček proti predátorům je reflexní krvácení. Celé tělo slunéček obsahuje jedovatý alkaloid, najdeme ho i ve vajíčkách a kuklách. Ale jen larvy a dospělí brouci mohou vyloučit kapku jedovaté hemolymfy ven z těla. Predátor tak při manipulaci s kořistí ochutná vzorek tkáně s hořkým alkaloidem. Předpokládá se, že kořist nechá být, slunéčko vyvázne téměř nepoškozené.

Nespotřebované kapky hemolymfy mohou slunéčka nasát zpátky do těla. To naznačuje, že jde o hodnotnou látku, kterou nelze plýtvat. Hmotnost všech kapek použitých při pořádném útoky může tvořit až desetinu hmotnosti jedince. Pokud slunéčko o kapky přijde (predátor je slízne), má pro další útok již omezené množství obranné látky. Ztracenou hemolymfu nahradí do 24 hodin při zvýšené konzumaci potravy. Larvy pravidelně obírané o tyto obranné kapky rostou pomalu a dosáhnou nižší hmotnosti. Rušená dospělá slunéč-

ka se méně rozmnožují (mají nižší počet vajíček).

Kapky hemolymfy jsou vylučovány v definovaných místech – u larev většinou z prasklin v mezisegmentální membráně na zadečku (obr. 1), u dospělců z kolenních kloubů (obr. 2). Kromě hořkých alkaloidů, které predátor musí ochutnat, aby byl odrazen, kapky obsahují metoxy-pyraziny. Tyto látky intenzivně páchnou a jsou tak varovným signálem i pro predátory, kteří se moc neorientují zrakem jako např. mravenci. O odporosti metoxy-pyrazinů se snadno přesvědčíte. Kdo zkusil vysát slunéčka, která mu vlezla na podzim do bytu, na dlouhou dobu vyřadil vysavač z provozu kvůli zápachu. A to jde o pouhé desítky nanogramů účinné látky. Účinnost metoxy-pyrazinů jsme si ověřili, když jsme objednali gram chemicky čisté látky. Přišla skleněná lahvička pevně uzavřená plastovou šroubovací zátkou, zabalená v polyetylenovém sáčku zasypaném polystyrenovými

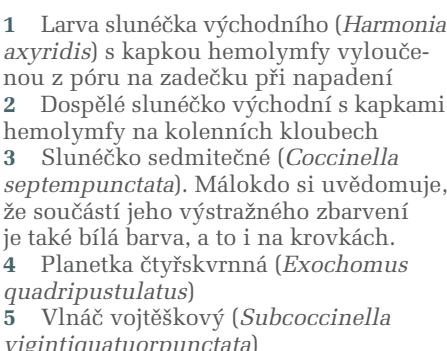
kousky v papírové krabici. Přes noc jsme zásilku nechali nerozbalenou v pracovně. Ráno tam byl nepříjemný zápach, přes zmiňované zábrany.

Zatímco metoxy-pyrazinů používají různá slunéčka (i totéž slunéčko) jen několik typů molekul, alkaloidy se liší mezi rody i mezi druhy. Známe několik desítek alkaloidů u slunéček, přičemž jeden druh obsahuje jeden, nejvýše dva podobné typy molekul. Asi to nevedí, chutnají (alespoň člověku) všechny stejně hořce. Překvapivá je však rozmanitost zbarvení slunéček. Odlišné použité vzory si opravdu podobné nejsou. Přitom teorie aposematismu předpokládá konvergenci barevných vzorů i u nepříbuzných jedovatých druhů, aby se predátor snadněji naučil, co není k jídlu (Müllerovo mimikry).

Za typicky výstražnou kombinaci se pokládá černá a červená barva. U slunéček jsou běžné jak vzory (tečky, proužky) černé na červeném podkladu (viz obr. 3), tak červené na černém podkladu (obr. 4, o vzniku těchto vzorů viz článek v Živě 2011, 1: 34–37). A to i u téhož druhu, jako např. u slunéčka východního (*Harmonia axyridis*). Najdou se ale i druhy s kryptickým zbarvením, třeba okrové slunéčko lesní (*Aphidecta obliterata*). O něm se nějakou dobu soudilo, že postrádá jedovaté alkaloidy. Dokud tento druh Michael Majerus z Univerzity v Cambridge neochutnal a svůj poznatek nepublikoval (1994). Nepřátelé slunéčka lesního jsou asi spíše mravenci než ptáci. O slunéčkách rodu *Calvia* s bílými skvrnami na žlutohnědém podkladu se zase soudilo, že mají noční aktivitu. Trochu ano, ale stejně jsou aktivní ve dne a ptáci by je měli umět rozeznat.

Abychom zjistili, zda různé barevné vzory slunéček představují pro hmyzožravé ptáky srovnatelné výstražné signály, provedli jsme před lety pokus se sýkorami koňadrami (*Parus major*). Ptáky chycené v přírodě jsme navykli na pokusnou klec a krmení moučnými červy z misky. Při experimentu jsme koňadram předkládali slunéčka jednoho z druhů (celkem 600 jedinců): slunéčko sedmitečné (*Coccinella septempunctata*, obr. 3), planetku čtyřskvrnnou (*Exochomus quadripustulatus*, obr. 4) – černé slunéčko se čtyřmi červenými skvrnami, dále vlnáče vojtěškového





- 1 Larva slunéčka východního (*Harmonia axyridis*) s kapkou hemolymfy vyloučenou z póru na zadečku při napadení
- 2 Dospělé slunéčko východní s kapkami hemolymfy na kolenních kloubech
- 3 Slunéčko sedmitečné (*Coccinella septempunctata*). Málokdo si uvědomuje, že součástí jeho výstražného zbarvení je také bílá barva, a to i na krovkách.
- 4 Planetka čtyřskvrnná (*Exochomus quadripustulatus*)
- 5 Vlnáč vojtěškový (*Subcoccinella vigintiquatuorpunctata*)
- 6 Vlnáč netečný (*Cynegetis impunctata*)
- 7 Mladá sýkora koňadra (*Parus major*) v laboratorním chovu
- 8 Huňáček obecný (*Scymnus frontalis*)
- 9 Samice slunéčka východního formy *succinea* – v přírodě zcela převažující tečkovaná forma
- 10 Čistě červená forma slunéčka východního *succinea* (na obr. samec) se u nás vyskytuje pouze vzácně.
- 11 a 12 Exempláře slunéčka východního použité v pokusu se sýkorami – výstražné zbarvení mají zakryté hnědou temperou (obr. 11), resp. s přidaným černým tečkováním (také temperou, obr. 12). Blíže v textu
- 13 Mladý vrabec polní (*Passer montanus*) v laboratorním chovu. Snímky O. Nedvěda

(*Subcoccinella vigintiquatuorpunctata*, obr. 5) – rezavé slunéčko s černými tečkami, a vlnáče netečného (*Cynegetis impunctata*, obr. 6) – pouze hnědě zbarvený.

Vlnáče netečného vzalo do zobáku 9 ptáků z 15, zatímco ostatní druhy jenom dva ptáci. To ukázalo, že různé kombinace zbarvení kromě čistě hnědé fungují varovně. Nerozlišili jsme důkladně, jestli je podstatná červená barva (asi moc ne, vlnáč vojtěškový výrazně červenou barvu postrádá a chráněný je), anebo tečkování (zřejmě hodně, tři velmi rozdílné vzory fungovaly shodně). Ověřili jsme ale, že reflexní krvácení a nechutný alkaloid mají všechny druhy, protože sýkory zahodily všechna nabízená slunéčka. (Tedy po pravdě, také jsme je ochutnali sami.)

Odmítání slunéček bez ochutnání jen podle zbarvení může být buď vrozené, nebo naučené. To se v podobných případech zjistí pokusem s naivními mláďaty odchovanými v zajetí (obr. 7), která se s podobnou kořistí dosud nesetkala. Devět mláďat z 15 zkoušelo sezobnout velké nápadné slunéčko sedmitečné i malého a méně výrazné zbarveného (černý se čtyřmi rezavými skvrnami) huňáčka obecného (*Scymnus frontalis*, obr. 8). Koňadry se tedy spíše učí vyhýbat se jedovatým slunéčkům během života.

Dále nás zajímalo, jak se na varování podílejí různé složky vzhledu slunéček. Dospělým sýkorám jsme tedy předkládali slunéčka sedmitečná natřená nahnědo temperami (ty ptákům nezapáchají a jsou

v zásadě jedlé) a jiné skupině sluněčka sedmitečná s ustříženými krovkami, takže byl vidět červenooranžový zadeček krytý blanitými křídly. Zatímco na normální sluněčka sedmitečná zaútočili jen dva ptáci, na hnědé sluněčko zaútočilo 7 ptáků z 15. Zbarvení tedy hraje důležitou roli, ale i nevyrazně zbarvená sluněčka vyvolávají jisté pochybnosti o své chutnosti. Naproti tomu sluněčka bez krovek, která vypadala spíše jako moucha, byla chráněna jen nepatrně. Ochutnalo je 12 sýkor z 15. Varovný charakter vzhledu sluněček tedy zčásti tkví v polokulovitěm tvaru těla s krovkami.

Podrobnější analýzy signálů, které tyto brouci poskytují potenciálním predátorům, umožnilo rozšíření invazního sluněčka východního. V přírodě u nás lze nyní najít asi 80 % jedinců červenooranžové formy *succinea* se spoustou černých teček (obr. 9) a asi 5 % jedinců téže formy čistě

červenooranžových, bez teček (obr. 10). Takové zbarvení vzniká při vývoji kukly za vyšších teplot. Kromě těchto dvou forem jsme sýkorám předkládali sluněčka východní natřená nahnědo temperami (obr. 11). Navíc jsme ale otestovali účinnost hnědého zbarvení s černými tečkami (obr. 12), opět vytvořeného temperami. A pro kontrolu vlivu nátěru jsme přidali pátou skupinu, natřenou temperami na červeno s černými tečkami.

Přirozeně zbarvených sluněček se sýkory ani nedotkly. Zrovna tak červenočerně natřená (matná, na rozdíl od lesklých přirozených) byla dobře chráněna. Čistě hnědých napadly sýkory nejvíce, ale žádné z nich nespokly. A černě tečkovaná hnědě natřená sluněčka byla napadána středně často. Vyvozujeme z toho, že červená barva má hlavní význam v aposematismu sluněček, tečkovaný vzor je méně důležitý, ale také

účinný. Ve skutečnosti rovněž nacházíme u polymorfních druhů značnou variabilitu ve vzoru, ale malou v odstínu barev.

Nakonec jedna dobrá zpráva pro ty, kdo vlezlé invazní sluněčko východní velmi neradi vidí. Ačkoli koňadry je nezobou, vrabci polní (*Passer montanus*, obr. 13) velmi často napadají a požírají nahnědo natřené i přírodní formy tohoto sluněčka. Naše stále ještě probíhající experimenty ukazují, že přes 75 % vrabců (z více než 65 testovaných jedinců) sezoblo předložené sluněčko a navíc vrabci po pozření nevykazovali žádné nechutenství.

Pokusy byly podpořeny granty Akademie věd ČR (IAA601410803), Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (159/2013/P) a Ministerstva zemědělství (QH-82047).

Použitá literatura uvedena na webu Živy.

Zdeněk Laštůvka, Aleš Laštůvka

Můrovití – motýlí cestovatelé

Můrovití (*Noctuidae*) jsou za obalečovými (*Tortricidae*) motýli čeledí s druhým nejvyšším počtem druhů na našem území. Po nedávných systematických změnách a přesunech čítá v České republice tato čeleď zhruba 430 známých druhů (Laštůvka a Liška 2011). Ale považujeme některé z nich za příslušníky naší fauny oprávněně? Více druhů u nás bylo totiž zaregistrováno pouze v jediném exempláři nebo v omezeném počtu jedinců, další jsou nepravidelnými migranty, hranice areálů jiných se neustále mění a jejich výskyt u nás nemusí být trvalý.

Jednotliví zatoulanci

Můry jsou velmi dobří a pohybliví letci, zjevně schopní urazit značné vzdálenosti. Svědčí o tom např. nálezy rašeliništních druhů desítky kilometrů od rašelinišť nebo horských druhů daleko v nížině (viz např. Živa 2010, 6: 274–275). To se ovšem může pořád týkat jen našeho území. Faunisticky i zoogeograficky mnohem zajímavější jsou nálezy druhů značně vzdálené od známých hranic jejich areálů. Zhruba od polo-

viny 20. stol., ale většinou až v posledních desetiletích, bylo u nás poprvé zaznamenáno téměř 20 zde do té doby neznámých druhů můr – v jednom, výjimečně dvou nebo více jedincích – a nálezy nebyly později opakovány. Většinou šlo o druhy žijící v jižních částech Evropy, ale také o druhy atlantské, alpské nebo východoevropské. V konkrétních případech se můžeme pokusit analyzovat nebo alespoň spekulovat, zda to byli náhodně zatoulaní

nebo zavlečení jedinci, nebo zda proběhla krátkodobá irupce (hromadné vystěhování jedinců druhu z určitého místa) daleko za hranice areálů např. v důsledku přemnožení, či se projevila tendence některých druhů k šíření nebo první signály skutečného posunu hranic areálů.

Pravděpodobně o náhodně zalétlé nebo zavlečené exempláře mohlo jít např. u blýskavky ostrožkové (*Aegle kaekeritziana*; Lešná u Zlína r. 1965, nalezl – lgt. V. Elsner), b. menší (*Amphipyra tetra*; Rožďalovice 1990, Lekeš 1999), pestroskvrnky severní (*Blepharita amica*; Nižbor 1994, Procházka 1995) a osenice menší (*Agrotis puta*; Všetaty u Mělníka 2004, Jirgl 2005). Nálezy dvou druhů – kuklérky radykové (*Cucullia balsamitae*; Břeclav 1954, Starý a Kuras 2000) a blýskavky popelavé (*Caradrina montana*; Poštorná u Břeclavi 1974, O. Jakeš lgt.) byly učiněny nedaleko míst jejich rozšíření v Záhorské nížině na Slovensku a není vyloučeno, že se v době pozorování vyskytovaly i v okolí Břeclavi. Krátkodobé irupce se mohly týkat např. travařky sibiřské (*Fabula zollikoferi*; tři jednotlivé nálezy, možné irupce ze západní Sibíře jsou v literatuře diskutovány), můry stračkové (*Hecatera cappa*, obr. 1; Klentnice 1950, Wichra 1965), osenice panonské (*Euxoa temera*; Uherský Brod 1989, F. Kopeček lgt.), o. odlišné (*E. distinguenda*; Lednice 1969, Krušek 1977) a osenice *A. desertorum* (Frydek-Místek 1991, Sitek a Janovský 2006,

