

Jak „se dělá“ tečkování u slunéček

Slunéčka (*Coccinellidae*) jsou známa mimo jiné svým barevným vzorem, který je pro člověka pěkný na pohled, ale má být zřejmě výstražným zbarvením, upozorňujícím predátory na nechutnost až jedovatost těchto brouků. Barevný vzor slunéček může být velmi rozmanitý – nejen u vzdálených, ale i u blízké příbuzných druhů a dokonce v rámci téhož druhu. Právě vnitrodruhová variabilita ve zbarvení slunéček nám umožňuje nahlédnout do mechanismů, jak tečkování vlastně vzniká.

Barevné vzory

Nejnámější barevná kombinace – červený podklad s černými tečkami (např. viz obr. 2) – se vytváří ukládáním oranžových a červených karotenoidů a žlutých až červených pterinů do buněk pokožky a hnědých až černých melaninů do kutikuly nad pokožkou. Krovky brouků mají pokožku a nad nimi ležící kutikulu ze dvou stran, ale spodní plochu krovek téměř nevidíme; barevný vzor na ní obvykle není. Dvouvrstevnost pokožka–kutikula umožňuje jednoduchou manipulaci se vzorem, kdy červený (nebo žlutý) základ zůstává neměnný a mění se pouze plocha s černým (melanickým) zbarvením. Slunéčka jsou obvykle červená i tam, kde jsou na povrchu černá, jenomže červená pokožka je černou kutikulou překryta.

Další obvyklý barevný vzor – černý podklad s červenými skvrnami (obr. 1 a 3) – je tedy ve skutečnosti tvořen červeným podkladem zakrytým z větší části černým síťovitě „děravým“ vzorem v kutikule. Dále známe slunéčka s podobně vytvářeným žluto-černým a černo-žlutým vzorem; odstín mezi žlutou (okrovou) až červenou (růžovou) se může měnit i s věkem jedince (z našich druhů nejnapadněji u slunéčka desetitečného – *Adalia decempunctata* a slunéčka *Anisosticta novemdecimpunctata* – syté odstíny získávají až po přezimování) a může být dědičně variabilní i v rámci druhu (opět u *A. decempunctata*). Místo černých melaninů mohou být v kutikule hnědé (rovněž *A. decempunctata* – obr. 14 a 15 na str. 34, nebo druhy rodu *Calvia*), pokožka může být bez pigmentů, tedy bílá (*Calvia*, *Halyzia*) apod.

Karotenoidy červeně a žlutooranžově zbarvených slunéček pocházejí z potravy, živočichové je neumějí syntetizovat. Fytofágní slunéčka mohou karotenoidy získat přímo z rostlin, dravé druhy pak ze své kořisti, pokud ta přírodní karotenoidy z rostlin ukládá ve svém těle jako třeba mšice. Příbuzné mšic – korovnice (*Adelgidae*) a červci (*Coccoidea*) karotenoidy neobsahují a slunéčka specializovaná na tento typ potravy musejí využít nebo si sama syntetizovat jiná barviva. Naše slunéčko lesní (*Aphidecta oblitterata*, obr. 16) specializované na korovnice je proto nevýrazně okrové. Až se o něm začalo uvádět (Pasteels a kol. 1973), že na rozdíl od výstražně zbarvených druhů neobsahuje jedovaté alkaloidy. Ale pokud ho zkusíte olíznout, zjistíte, že právě naopak.

Mnoho druhů slunéček má ve skutečnosti tři barvy. Trojbarevné je i nejnámější slunéčko sedmitečné (*Coccinella septempunctata*) – bílou barvu, tedy žádný pigment v pokožce ani v kutikule, má jednak v předních rozích štítu a v malých skvrnkách na hlavě, ale také na krovkách (drobné bílé půlkroužky na bázi krovek vedle štítu a vedle nepárové černé tečky, podobně jako slunéčko pestré – *Hippodamia variegata* na obr. 17).

Melanizační centra

O tom, zda příslušná oblast kutikuly bude zbarvena melaninem, se rozhoduje na buněčné úrovni dvěma způsoby.

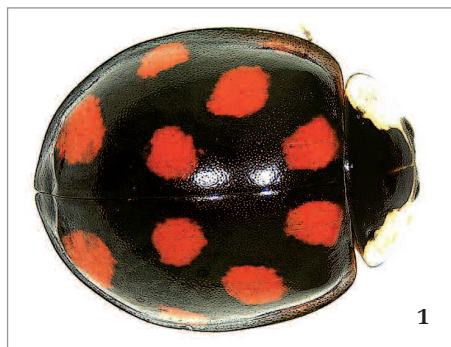
● První je daný vlastní poziční informací – jednotlivé buňky pokožky mohou znát svou pozici na krovkách, tuto informaci vyhodnotí a v kladném případě spustí

syntézu melaninu a jeho dopravu do kutikuly nad danou buňku. To je případ třeba melanických forem *axyridis*, *conspicua* a *spectabilis* slunéčka východního (*Harmonia axyridis*, obr. 1, 5, 6). Poziční informací mohou vznikat černé tečky na světlém pozadí, převážně černý vzor s vynechanými světlými skvrnami, ale i drobná mozaika malých černých skvrnek (slunéčko lesní, obr. 16 na str. 35).

● Druhý způsob rozhodování o zčernání kutikuly zprostředkují morfogeny – signální molekuly (snad proteiny?) předávané z buňky do buňky od melanizačních center. To jsou buňky, které vyhodnotí svou pozici na krovkách kladně, avšak vedle melaninu začnou produkovat a do sousedních buněk posílat informaci v podobě morfogenů. Buňky, do nichž se dostane nadlimitní množství morfogenu, začnou produkovat melanin. Odpověď je vše, nebo nic: kutikula nad příslušnou buňkou buď zůstane průhledná, anebo zcela zčerná. Výjimkou je několik vícebarevných druhů, např. naše slunéčko velké čili řetězník očkovaný (*Anatis ocellata*). U něj jsou černé tečky lemované světle hnědými kroužky – buňky v této zóně středně daleko od melanizačního centra produkují světlé, méně kondenzované melaniny.

Rozdílné barevné vzory u příbuzných druhů anebo forem v rámci druhu vznikají jednak zapínáním dalších možných melanizačních center, jednak zvětšováním teček kolem již zapnutých center. U slunéčka pestrého (*Hippodamia variegata*), které nese svou variabilitu už i ve jméne, je 7 melanizačních center, která se celkem nezávisle na sobě mohou zapínat (symetricky na obou krovkách) a vytvářejí vzor se žádnou nebo až s 13 tečkami (jedno centrum u štítu tvoří nepárovou tečku spojením pravé a levé poloviny). Čím více center je aktivních, tím více jsou aktivní i jednotlivá centra, kolem nichž se tedy vytváří větší tečka (obr. 17, 18 na str. 35).

Není známo, zda rozdílná velikost černých teček kolem melanizačních center je způsobena rozdílnou aktivitou centra (množstvím morfogenu, který se z něho šíří – pravděpodobněji stav), nebo rozdílnou citlivostí cílových buněk na stejnou koncentraci morfogenu. Také nevíme, zda buňky dále pouštějí jen morfogen získaný z centra, anebo po aktivaci vyrábějí svůj vlastní, který posílají dále. Z výsledných vzorů můžeme však vypožorovat, že kromě melanizačních center existují koridory, kudy se informace pro zčernání šíří rychleji (snadněji) než přes jiné úseky pokožky, a dále tzv. sinky, které se melanizaci brání.





4



5



6

1 Slunéčko východní (*Harmonia axyridis*), nominální forma *axyridis*, je dominantní od Kazachstánu po Mongolsko, ale vzácná v populacích v Číně a Japonsku, stejně jako v invazních nepůvodních populacích na ostatních kontinentech. V České republice tvoří méně než jedno promile populace druhu.

2 Slunéčko východní, forma *succinea*, je dominantní ve východní Asii a v invazních populacích na ostatních kontinentech. V ČR tvoří více než 85 % populace druhu. Na každé krovce může nést až 10 teček, přičemž pravá a levá skvrna těsně u štítiku splývají, takže celkový maximální počet teček je 19.

Jedinec na obr. prodělal pětidenní vývoj kukly při teplotě 20 °C, což u této formy způsobuje průměrnou velikost teček.

3 Slunéčko východní, forma *succinea*. Tento jedinec je geneticky shodný s formou na obr. 2, ale vylíhl se z kukly při 15 °C. Na krovkách jsou tytéž tečky, ale zvětšily se tak, že se vzájemně dotýkají a černá barva pokrývá více než 50 % plochy krovek. Tečky na předohruďi se rovněž zvětšily a spojily dohromady; další se objevily v bílém okraji štítu.

4 Slunéčko východní, forma *succinea*, geneticky shodné s předchozími na obr. 2 a 3, ale vylíhl z kukly při teplotě 30 °C. Na krovkách nejsou téměř žádné tečky. Drobné symetrické tmavé čárky vpředu a uprostřed krovek jsou složená tmavá křídla prosvítající v místech, kde se křídla dotýkají poloprůhledných krovek. Skutečné tečky z melaninu v kutikule jsou po stranách asi v polovině délky krovek a poblíž švu ve třech čtvrtinách délky krovek. Na předohruďi je pět oddělených teček, které u více pigmentovaných jedinců tvoří písmeno M (obr. 2) až kompaktní lichoběžník (obr. 5). Světlé tenké proužky táhnoucí se podélně od báze krovek jsou vzdušnice zásobující živé tkáň krovek kyslíkem.

5 Slunéčko východní, forma *spectabilis*. Rozsah červených skvrn na krovkách

i černé lichoběžníkovité skvrny na předohruďi se s teplotou prakticky nemění. Tato forma tvoří v ČR asi 9 % populace slunéčka východního.

6 Slunéčko východní, forma *conspicua*. Rozsah červených skvrn na krovkách i černé lichoběžníkovité skvrny na předohruďi se s teplotou prakticky nemění. V ČR tvoří asi 5 % populace druhu.

7 Kříženec jedinců forem *axyridis* a *spectabilis* slunéčka východního. Rozsah černého zbarvení křížence je součtem černého zbarvení rodičů; červené zbarvení zbývá tam, kde mají oba rodiče červenou barvu.

Jedinec vznikl záměrným křížením v laboratoři, v přírodě ho nenalezneme, protože rodičovské formy jsou u nás poměrně vzácné.

8 Kříženec forem *succinea* a *conspicua* slunéčka východního. Rozsah černého zbarvení křížence je součtem černého zbarvení rodičů: jedna z 10 teček formy *succinea* spadá dovnitř červené skvrny formy *conspicua*, ostatní tečky do černé oblasti. Jedinci stejného vzoru jsou běžní v přírodě, protože vzácnější alela pro formu *conspicua* se vyskytuje převážně v heterozygotním stavu s alelou pro formu *succinea*.

9 Slunéčko dvojtečné (*Adalia bipunctata*), forma *typica*. Na každé krovce je silně aktivní jedno melanizační centrum tvořící velkou černou tečku, druhé centrum blízko vnějšího okraje poblíž hlavního centra tvoří drobnou tečku.

Díky existenci koridorů není výsledný vzor u tmavších slunéček pouze spojením mnoha kroužků, ale mohou se vytvářet proužky (podélné i příčné), šachovnice apod. Sinky jsou zodpovědné zejména za vzory, kde jsou světlé skvrny na černé ploše. Opět nevíme, zda buňky v ostrůvku buněk tvořících sink mají každá svou poziční informaci, nebo dostávají „antimorfogen“ z centra, ani zda se brání vniknutí melanizačního morfogenu, anebo ho mají, ale ignorují.

Vzory s různě aktivními centry a různě rozsáhlou černou plochou krovek nebo předohruďi jsou výsledkem buď dědičného polymorfismu (v populaci jsou jedinci s vlohami pro různé určité zbarvení, které předávají potomstvu), nebo vlivu prostředí, konkrétně teploty.

Dědičný polymorfismus

Slunéčko dvojtečné (*Adalia bipunctata*) najdeme v naší přírodě nejčastěji jako typickou světlou formu s jednou černou tečkou uprostřed každé krovky (obr. 9). Méně než 10 % jedinců je černých se 6 červenými skvrnami (forma *sempustulata*, viz obr. 12 na str. 34) a dalších několik procent je černých se čtyřmi červenými skvrnami (forma *quadrifasciata*, obr. 13). Centrální červená skvrna u těchto dvou melanických forem vypadá, jako by ležela na stejném místě jako centrální černá skvrna u typické formy, tedy negativně. Ve skutečnosti jde o sink ležící těsně za ústředním melanizačním centrem.

Kromě uvedených typů zbarvení slunéčka dvojtečného se vzácně vyskytuje i několik přechodných forem (např. *annulata* a *simulatrix*), které ukazují, jak se postupně zapínají další melanizační centra a jak se tečky slévají přes koridory do černého vzoru vyhýbajícího se několika málo sinkům (obr. 10 a 11). Míra aktivity a výsledný barevný vzor jsou řízeny supergenem o třech lokusech v těsné vazbě, kde vzácně dochází k rekombinaci a ke vzniku přechodných forem. S touto skupinou genů řídicích rozsah melanizace krovek je také těsně svázan gen pro rozsah černého zbarvení na předohruďi. Alely kódující „tmavší“ zbarvení na krovkách jsou neúplně dominantní vůči „světlejším“ alelám, to znamená, že heterozygot má skoro – ale ne úplně – stejný rozsah černého vzoru jako tmavší homozygotní rodič. Neaktivnější sink je vpředu na ramenu krovek; když melanizačním morfogenem odolá jen on, vzniká forma *sublunata* (vypadá jako jedinec na obr. 13, ale kulaté skvrny uprostřed zanikají a přední obdélníkovité zůstávají).



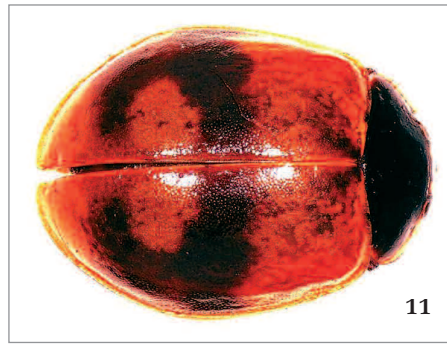
7



8



9



Termální melanismus

● Jeden typ termálního melanismu mají druhy, které jsou ve zbarvení polymorfní, ale vzor mají geneticky podmíněn – mohou reagovat na proměnné podmínky prostředí (zejména na teplotu) změnou frekvence zastoupení jednotlivých forem (a zároveň alel, které je určují). Známe změny proporcí melanických jedinců slunéčka dvojtečného a v Japonsku u slunéčka východního mezi jarní a letní generací. Na několika místech v Evropě byly popsány geografické změny rozsahu (proporcí) zbarvení melanických jedinců slunéčka dvojtečného podél klimatického gradientu – více tmavých jedinců v sušším a méně slunném vnitrozemí Nizozemska a na méně slunných místech Velké Británie.

● Fyziologický termální melanismus je jev, kdy se zbarvení jedince během vývoje při-
způsobí teplotním podmínkám prostředí. Jedinci slunéčka východního, kteří nesou dvě alely pro barevnou formu *succinea*, mají skutečné zbarvení podle teploty, v níž se vyvíjela kukla (v laboratoři vystavujeme jednotlivá vývojová stadia různým konstantním teplotám, zatímco v přírodě může teplota značně kolísat). Nejčastěji jde o fenotyp s 19 tečkami (varieta *novemdecim-signata*, obr. 2), vznikající při běžných teplotách 20–25 °C. Při vyšších teplotách je výhodnější mít světlé zbarvení, které neabsorbuje tolik slunečního záření, a jedinci vyvinutí ve vyšší teplotě mají tedy nižší aktivitu melanizačních center (expresi příslušného genu nebo aktivitu vzniklého enzymu), případně export signálu do dalších buněk), tudíž tečky jsou menší nebo některé z nich chybějí. Okolo 30 °C se již vyvinou zcela čistě oranžoví jedinci (nazývají někdy varieta *siccama*, obr. 4). Při nižší teplotě je zase výhodné být tmavší a ohřívát se při slunění. Melanizační centra formy *succinea* tedy zvyšují svou aktivitu, tečky jsou velké, až se slévají dohromady a při vývoji v teplotě kolem 15 °C pak černé zbarvení pokrývá více než 50 % povrchu krovek (obr. 3). Protože u formy *succinea* nejsou na krovkách žádné koridory

melanizace ani sinky, jsou plochy červeného zbarvení v podobě nevzhledných skvrn, které zůstaly mezi víceméně kruhovitými černými velkými tečkami.

Dospělé slunéčko východní, formy *succinea*, má zbarvení determinované již při líhnutí se z kukly. Během několika hodin po svléknutí se kutikula vybarví a vzor se pak již nemění, i když dojde ke změně teploty prostředí. Dospělcům to tolik nevádí, dokážou částečně regulovat svou tělesnou teplotu chováním – schovat se ve stínu, či vystavovat se plně slunci. Kukla je však nepohyblivá, přitmělená pevně na listu, a její zbarvení by mělo odpovídat potřebám termoregulace při dané teplotě. A skutečně – kukly jak slunéčka sedmitečného, tak slunéčka východního jsou oranžové s minimální plochou černé kutikuly, pokud se poslední larvální instar v nepohyblivé formě (prepupa) nacházel poslední den před svlečením v teplotě vyšší než 30 °C. Slunéčko východní snese nejvýše 33 °C, zatímco slunéčko sedmitečné až 36 °C a při této teplotě je teprve kukla stejně světlá jako u slunéčka východního o několik stupňů níže (obr. 19). Při středních teplotách jsou kukly obou druhů výstražně skvrnitě (obr. 20), podobně jako dospělá slunéčka, přičemž většina viditelného zbarvení je na středohrudí až na zadečku, které pak u dospělých brouků není pod krovkami vidět. Při nízkých teplotách se černé tečky na kutikule kulek slévají, až je většina plochy černá (60 % při 17 °C a 95 % při kolísání teploty mezi 0–15 °C, viz kukla na obr. 21).

Důležitou adaptivní vlastností kulek slunéčka východního je nezávislost na barevné formě dospělce. Výše uvedená postupná aktivace melanizace při snižující se teplotě je stejná pro všechny dědičně určené formy – podle kukly nepoznáme, jak bude vypadat dospělec. Dalším důležitým prvkem je absence termální paměti: můžeme vychovat téměř černou kuklu, když larvu alespoň ke konci jejího vývoje vystavíme nízké teplotě, a z ní pak světlého dospělce při vysoké teplotě.

10 Slunéčko dvojtečné, forma *weak annulata*. Na každé krovce jsou aktivní tři melanizační centra vedle sebe v polovině délky krovky, jimi vytvářené tečky se zatím nespojují. Další aktivní centrum je vpředu u štítku.

11 Slunéčko dvojtečné, forma *annulata*. Na každé krovce jsou aktivní tři melanizační centra vedle sebe v polovině délky krovky, jimiž vytvářené tečky se slévají v příčný pruh; dále centrum v zadní čtvrtině krovky, které je spojeno s hlavním centrem koridorem obloukovitě obcházejícím zvenku sink (úsek, který se melanizaci brání) ležící ve dvou třetinách krovky blíže švu. Další aktivní centrum je vpředu u štítku. Se zvyšující se melanizační aktivitou na krovkách se zvětšil i rozsah tmavého zbarvení na předohrudí.

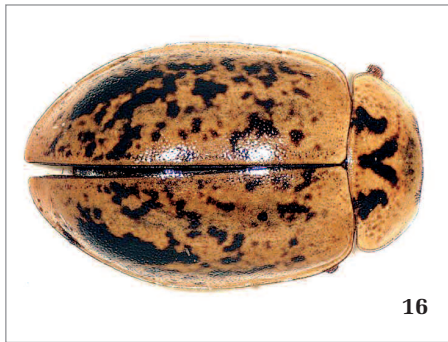
12 Slunéčko dvojtečné, forma *sexpustulata*. Všechna melanizační centra jsou aktivní, jimi vytvářené tečky se slévají při dotyku a pomocí koridorů. Na každé krovce jsou aktivní tři sinky bránící melanizaci a vytvářející červené skvrny.

13 Slunéčko dvojtečné, forma *quadrimaculata*. Všechna melanizační centra jsou aktivní, tečky slité v rozsáhlý černý vzor; na každé krovce jsou aktivní jen dva sinky bránící postupující melanizaci. Další zvyšování melanizační aktivity by zmenšovalo zejména okrouhlé skvrny v zadní polovině krovek, až by zanikly, zatímco ramenní skvrna by se zmenšila jako poslední.

14 Slunéčko desetitečné (*Adalia decempunctata*), forma *decempustulata*. Sedm aktivních melanizačních center vytváří přes dotyky a koridory rozsáhlý černý vzor. Na každé krovce je aktivních pět sinků vytvářejících celkem 10 světlých skvrn – od krémové přes žlutou, oranžovou až po sytě červenou. Tmavý vzor u tohoto jedince tvoří sytě černý melanin, což je dědičný dominantní znak.

15 Stejná forma slunéčka desetitečného jako na obr. 14. Melanizační centra, koridory a sinky jsou shodné jako na předchozím obr., výsledný vzor je také velmi

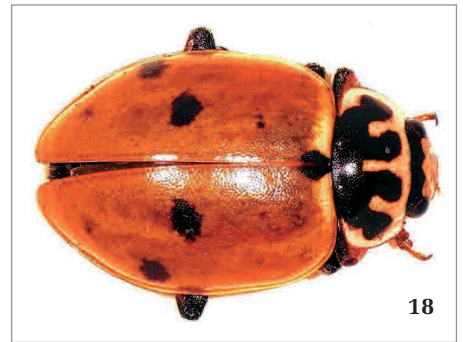




16



17



18

podobný. Tmavý vzor tvoří světle hnědý málo kondenzovaný melanin, což je dědičný recesivní znak.

16 Slunéčko lesní (*Aphidecta obliterationa*), forma s roztroušenými ostrůvky melanizujících buněk. Základní zbarvení je nevýrazně okrové, protože slunéčko lesní s potravou nedostává karotenoidy.

17 Slunéčko pestré (*Hippodamia variegata*), forma s aktivními všemi 7 melanizačními centry na každé krovce, tvořícími 13 teček. Tečky mohou být větší a spojit se, častější jsou však formy s menším počtem teček (jako na obr. 18). Barevný vzor zpestřují bělavé skvrny u báze krovek; v příslušných buňkách pokožky se neukládá červený pigment. Přesné rozmístění melanizačních center je typické pro celý podtribus *Hippodamiina*.

18 Slunéčko pestré, forma s třemi aktivními melanizačními centry na každé krovce, tvořícími pět teček (další centra naznačena), menších než u formy s větším počtem teček. Pořadí, v jakém se budou jednotlivá centra zapojovat, není na rozdíl od slunéčka dvojtečného pevně stanoveno. Nižší melanizační aktivita na krovkách je spojena s menším rozsahem tmavého vzoru na předohrudi.

19 Kukla slunéčka východního, která se vyvinula při 33 °C, téměř bez melanických teček. Kolem zadečku přitmeleného k podkladu je svléknutá larvální kutikula, která má stejné zbarvení bez ohledu na teplotu prostředí při vývoji larvy.

20 Kukla slunéčka východního, která se vyvinula při 20 °C, s mnoha rozsáhlými melanickými skvrnami. Na každém zadečkovém článku kromě prvního jsou umístěny dva páry melanizačních center, další jsou na hrudi a na základech křídel. Uprostřed prosvítá hřbetní céva.

21 Kukla slunéčka východního, která byla vystavena noční teplotě okolo bodu mrazu a pak se vyvinula při konstantních 15 °C, je téměř kompletně melanická. Kutikula je také drsnější zvarhánkovatělá a s drobnými trny, které se při vyšší teplotě neobjevují. Snímky O. Nedvěda

Mozaiková dědičnost zbarvení

Složitě vztahy při tvorbě zbarvení heterozygotů vzniklých křížením různých forem vytváří současná přítomnost alel pro zbarvení dospělého slunéčka východního dané pozičními informacemi buněk (formy *axyridis* – viz obr. 1, *spectabilis* – obr. 5 a *conspicua* – obr. 6) a alely pro zbarvení s melanizačními centry, s aktivitou ovlivňovanou teplotou prostředí (forma *succinea*, viz obr. 2–4). Výsledné zbarvení křížence je dáno mozaikovitou dědičností, při níž se černé melaninové zbarvení objeví všude tam (nad každou jednotlivou buňkou), kde by se objevilo alespoň u jednoho rodiče. Červené zbarvení zůstává na místech, kde je červené u obou rodičů zároveň. Tak budou všichni heterozygoti vzniklí křížením forem *spectabilis* × *conspicua* vypadat jako čistá forma *conspicua*, protože přední velká skvrna u těchto dvou forem je téměř shodná, zatímco zadní červená skvrna od rodiče formy *spectabilis* bude zcela zakryta černou kutikulou zděděnou po rodiči typu *conspicua*. Nezáleží na tom, kterou z těchto dvou forem měl samec a kterou samice.

Když zkřížíme homozygotní jedince formy *axyridis* a formy *conspicua*, dostaneme černé slunéčko se dvěma malými okrouhlými červenými skvrnami vpředu na krovkách. Pokusy s křížením jednotlivých forem předchází mnoho generací selekce čistého homozygotního laboratorního kmene z původních heterozygotů odchycených v přírodě. Při křížení forem *axyridis* a *spectabilis* vznikl jedinec se čtyřmi malými okrouhlými červenými skvrnami v místech, kde vidíme červené zbarvení u obou forem (obr. 7). Takový křížencec je v přírodě nevidaný, protože forma *axyridis* je u nás velice vzácná a z 90 % se vyskytuje jako heterozygot s nejčastější alelou *succinea*. Tyto heterozygoty od čisté linie *axyridis* nerozeznáme, protože černé tečky formy *succinea* spadají do černých oblastí formy *axyridis*. Pouze kdyby se heterozygoti vychovali při velmi nízké teplotě, byly by černé tečky od rodiče for-

my *succinea* tak velké, že by zasahovaly do červených skvrn od rodiče *axyridis* a potomek by tak měl 12 malých skvrn s nepravidelným okrajem.

Naproti tomu heterozygoti forem *succinea* × *spectabilis* a *succinea* × *conspicua* jsou rozpoznatelní, protože přední červená skvrna obou melanických forem je tak velká, že jedna z černých teček světlé formy spadá dovnitř nebo na zadní okraj červené skvrny (obr. 8). Avšak při vyšších teplotách, kdy alela od rodiče *succinea* nevytváří aktivní melanické centrum a odpovídající tečku, křížence od homozygotů nerozeznáme. Proto také v letní generaci najdeme skoro samé fenotypicky zdánlivě homozygoty melanických forem, zatímco na podzim je většina heterozygotů vzhledem rozlišitelná, s nepravidelně ohraničenou, často ledvinitou červenou skvrnou. Ještě zajímavější by byly genetické pokusy se slunéčkem východním přímo v Číně, kde lze najít několik dalších barevných forem se vzájemnou mozaikovitou dědičností.

Značnou volnost, kterou mají slunéčka při vytváření barevných vzorů, umožňuje způsob, jakým je vnímají opticky se orientující predátoři. Nechutnost slunéček pro potenciální ptačí predátory jsme ověřili u sýkory koňadry (*Parus major*). V žádném z desítek pokusů ani jedna sýkora slunéčko nespolkla. Našli jsme však rozdíly mezi různými druhy slunéček a mezi slunéčky uměle upravovanými, když jsme zaznamenávali, zda sýkora alespoň uchopila brouka do zobáku. Zdá se, že jakýkoli typ tečkování zvyšuje účinnost výstražného zbarvení, ale tečkování není nezbytné. Červená základní barva je pro účinnost výstražného zbarvení důležitá, ale i jinak jednobarevná slunéčka jsou trochu chráněna. Teprve zrušení typického okrouhlého tvaru slunéčka mělo za následek, že ho sýkora často napadala. Dokud slunéčka budou alespoň trochu vypadat jako slunéčka, mají budoucnost.

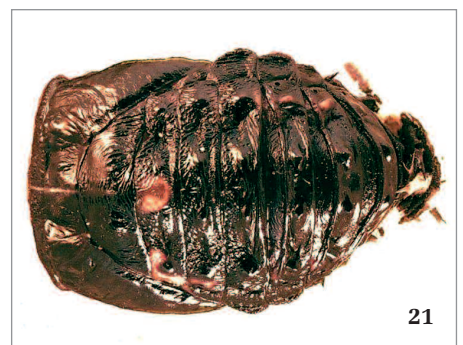
Podpořeno grantem MZe QH82047.



19



20



21