

Češi jsou na stopě záhadě černých můr

Čeští genetici pomáhají odhalit dědičné mechanismy zodpovědné za změnu zbarvení motýla drsnokřídlece ve znečištěném prostředí.

EVA VLČKOVÁ

Jen pár desítek let stačilo můrám, aby se přizpůsobily drastickým změnám životního prostředí. Drsnokřídlec březový, drobný motýl se světlými křídly s černým žíháním, se začal ve Velké Británii v polovině 19. století stále častěji „barvit dočerna“. Způsobilo to znečištěné prostředí v souvislosti s průmyslovou revolucí.

Dědičné mechanismy, které změnu barvy křídel u motýla způsobily, pomohli odhalit čeští odborníci z Biologického centra Akademie věd ČR v Českých Budějovicích. Studii, na níž se podíleli spolu s kolegy z Liverpoolské univerzity, zveřejnil minulý týden časopis Science.

Drsnokřídlec březový (*Biston betularia*) z čeledi píďalkovitých motýlů obývá listnaté a lužní lesy, ale přizpůsobil se i životu v parcích a zahradách. Rozpětí jeho křídel dosahuje dvou až tří centimetrů. Žíhaná křídla mu umožňovala splývat s okolním prostředím a maskovat se na kůře stromů před predátory.

„V roce 1848 byla v Manchesteru poprvé objevena černá forma, tzv. *carbonaria*. Do té doby byla neznámá, teprve nedávno našli kolegové ve sbírkách jeden muzejní kousek z roku 1811. Je tedy možné, že mutace vznikla už dřív, ale byla velice vzácná,“ popisuje profesor František Marec z Laboratoře molekulární cytogenetiky Entomologického ústavu Biologického centra AV ČR v Českých Budějovicích, který se na výzkumu podílel. V Londýně se poprvé objevila až v roce 1897, nicméně v té době už v průmyslových oblastech Velké Británie černá forma jednoznačně převažovala. Na nejvíce znečištěných územích činila až 95 procent populace, především na středozápadě Anglie a ve Walesu.

Maskování, nebo imunita

V 60. letech minulého století byly ve Velké Británii přijaty zákony na ochranu ovzduší a od té doby tam černých drsnokřídleců opět ubývalo. Dnes jsou víceméně raritou. Přesto nedávají spát genetikům a evolučním biologům, pro něž se tento motýl stal učebnicovým příkladem darwinovského přírodního výběru. Černí jedinci, kteří lépe splývali s tmavým pozadím, zkrátka měli evoluční výhodu. Podobný jev entomologové

S příchodem průmyslové revoluce došlo k revoluci i v genech motýla drsnokřídlece březového (*Biston betularia*) z čeledi píďalkovitých. Ve znečištěných oblastech začala převažovat tmavší forma, která se lépe schová před predátory.

Čeští genetici pomohli určit, v jaké části dědičné informace motýla se nachází gen s mutací, která tmavé zbarvení způsobuje.



Identifikace oblastí s genem zodpovědným za černou barvu, křídla můry na chromozomu 17 pod fluorescenčním mikroskopem

pozorovali zhruba u stovky druhů motýlů.

Existuje několik hypotéz, jakým způsobem přesně znečištěné prostředí motýla ovlivňuje. Vedle usazování popílku a další špíny na místech, kde motýli sedávají, hrála roli také zvýšená koncentrace oxidu siřičitého v ovzduší: oxid siřičitý hubí lišejníky, které dřív rostly na kůře stromů, takže bez lišejníků byly stromy daleko tmavší. S touto hypotézou přišel britský biolog Bernard Kettlewell a experimentálně ji prokázal. V loňském roce ale zveřejnili finští entomologové studii s tvrzením, že drsnokřídlec březový častěji sedává v úžlabí větví, nikoliv na kmelech, a že si dokáže v přírodě vyhledat barevně vhodné místo, na kterém bude dostatečně chráněn.

Kettlewellova hypotéza o vlivu tmavého prostředí tedy byla zpochybněna a v odborných kruzích se objevilo další možné vysvětlení: ukázalo se, že tmaví motýli, tedy ti, kteří mají vyšší hladinu černého pigmentu melaninu, mají silnější



FOTO: ILLIK SACCHERI, SCIENCE/AAAS // KOLÁŽ SIMON / LN

imunitní reakci na poškození organismu parazitem nebo působením těžkých kovů. „Krevní buňky hemocyty obklopi těžký kov nebo vnitřního parazita a vytvoří kolem něj kapsuli, jejíž povrch zpevní melaninem. Tím se cizorodé částice nebo paraziti izolují a nejsou pro tělo motýla škodlivé,“ vysvětluje profesor Marec.

Nelze tedy vyloučit, že se černé formy v průmyslových oblastech prosadily nejen kvůli svému výhodnému maskování, ale také – nebo pouze – kvůli tomu, že jsou ve znečištěných podmínkách odolnější.

Gen zatím uniká

Nicméně dědičné mechanismy, které za rychlou změnu barvy stály, zůstávaly donedávna neznámé. Jisté bylo jen to, že souvisí s geny zodpovědnými za produkci černého pigmentu melaninu. Zejména díky mušce octomilce a bourci morušovému, kteří jsou pro genetiky modelovými organismy a byly u nich už osekvenovány kompletně celé genomy, znají

vědci 16 melanických genů. Jejich testování ale k odhalení konkrétního genu zodpovědného za mutaci drsnokřídlece nevedlo. Vinik se musí skrývat jinde.

Illik Saccheri s kolegy z Liverpoolské univerzity se zabývá detailním mapováním genomu drsnokřídlece. „Teprve tento výzkum přinesl nové zásadní poznatky o genetické podstatě mutace *carbonaria*. Kolegové z Liverpoolu identifikovali molekulární markery v těsné vazbě s touto mutací,“ říká František Marec.

V Liverpoolu zkoumali geny zhruba šedesáti černých a běžných jedinců z okolí Leedsu a srovnávali je se vzorky z jiných částí Británie i s muzejními exponáty. Podařilo se jim potvrdit, že všechny formy *carbonaria* v Británii mají společný původ a že tato forma vznikla jedinou mutační změnou. Prokázali také, že hledaný gen leží v oblasti genomu nesoucí známky silného selekčního tlaku a že odpovídá chromozomu 17 modelového druhu bource morušového.

František Marec s Martinou Dalíkovou z Českých Budějovic pak identifikovali odpovídající chromozom 17 u drsnokřídlece a lokalizovali konkrétní oblast na tomto chromozomu, kde se gen s mutací zodpovědnou za černou barvu drsnokřídlece nachází. Vymezili tak na něm oblast zhruba 200 tisíc písmen DNA. Nyní stačí, aby se kolegové z Liverpoolu zaměřili právě na tuto oblast, osekvenovali ji a provedli funkční analýzu nalezených genů.

„To přispěje nejen k poznání dědičné podstaty jednoho z učebnicových příkladů přírodní selekce, ale také ke studiu melanických genů obecně, což má velký význam. Melaniny hrají obrovskou roli v životě všech organismů, v jejich fyziologii, v imunitních reakcích, ve výběru partnera, v ochraně před stresem a poškozením buněk slunečními paprsky, vysokou teplotou či chemickými látkami... je to zkrátka důležitá složka každého organismu, a pochopení podstaty jeho dědičnosti může mít dalekosáhlý dopad,“ konstatuje profesor František Marec.

Spolupráce s kolegy z Liverpoolu probíhá už několik let a nyní zdaleka nekončí. „První autor studie Arjen van't Hof absolvoval doktorské studium v holandském Leidenu, nyní působí v Liverpoolu. Zabývá se vzory motýlích křídel a před několika lety jsem s ním spolupracoval na mapování genomu a analýze chromozomů denního motýla, afrického okáče. Mezitím mě oslovil Illik Saccheri a začali jsme spolupracovat na výzkumu genomu drsnokřídlece,“ vzpomíná profesor Marec.

Z Liverpoolu posílali do Českých Budějovic vzorky drsnokřídleců, které používali pro analýzu chromozomů a fyzické mapování genů. „Oni mají grant na geny melanismu, my zase na studium pohlavních chromozomů motýlů, takže vzorky rovnou využíváme i pro naše účely. V budoucnu to snad tedy bude opačně, my budeme hlavní autoři a oni spoluautoři studie o pohlavních chromozomech,“ říká František Marec. Nyní společně připravují studii o genetické mapě celého genomu drsnokřídlece.

Černí mutanti v Česku

Za pozornost stojí, že v 80. letech minulého století se černou formou drsnokřídlece zabývali odborníci také u nás. Ivo Novák z Výzkumného ústavu rostlinné výroby s Karlem Spitzerem z Entomologického ústavu ČSAV tehdy zmapovali jejich výskyt na území Československa. Vedle typických průmyslových oblastí, jako jsou střední a severní Čechy a Ostravsko, tehdy forma *carbonaria* překvapivě převažovala také na jižní Moravě, ve víceméně zemědělské krajině.

Svou roli možná sehrál vliv Brna. „Brno je velkou urbanistickou plochou, kde bylo hodně průmyslu a znečištění, v minulosti byly také velké chemické podniky na hranicích Moravy a Slovenska, u Malacích se těžila ropa. Mutace se přitom šíří s převažujícím směrem větru, takže nelze vyloučit, že se z průmyslových oblastí rozšířila i do zemědělské krajiny. Zatímco v průmyslových lokalitách po výrazném zlepšení ovzduší černá mutace rychle mizí, v zemědělských oblastech může dál přezívat,“ nastiňuje možnou hypotézu František Marec.

Zároveň připomíná, že do dneška není jasné, zda černí motýli rozšíření po kontinentální Evropě i po Americe vznikli ze stejné genetické mutace, nebo nezávisle na událostech ve Velké Británii. Není zmapován ani současný stav populace drsnokřídlece na našem území. „Kolegů, kteří se zabývají motýly, je bohužel omezený počet a motýlů je spousta druhů, takže se u nás tomu fenoménu momentálně nikdo nevěnuje, což je škoda,“ konstatuje profesor Marec.

Embrya se dostala pod dohled kamer

JOSEF MATYÁŠ

Místo pětacíti dětí se jich může narodit až o deset více. Takový je zjednodušeně řečeno výsledek nové metody používané od března v Centru asistované reprodukce Fakultní nemocnice Brno. Jako jedno z prvních pracovišť tohoto typu zavedli v České republice sledování uměle oplozeného vajíčka a růstu embrya pomocí kamery.

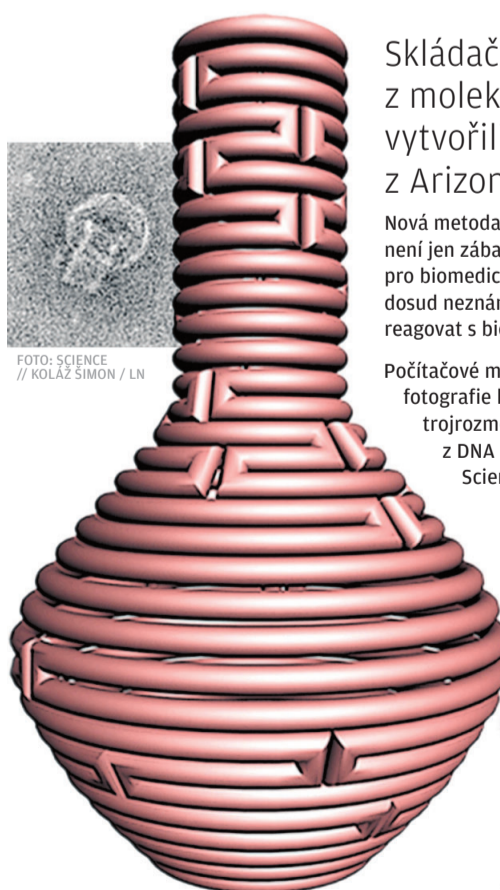
Každých patnáct minut kamera s mikroskopem, která je umístěna přímo v inkubátoru, snímá po dobu pěti sekund embrya. Záběry se ukládají do databanky a pak se zobrazují na monitoru. Současně lze sledovat devět embryí od jedné pacientky. „Kvalitu embryí posuzujeme podle digitálních záznamů. Zajímá nás především průběh a rychlost dělení buněk,“ říká Jana Žáková z Centra asistované reprodukce FN Brno. Každé embryo může být nahráváno až pět dní a během této doby musí mít v určitém chvíli standardní množství buněk. Vždy by to měl být sudý počet. Pravidelné a patřičně dynamické

dělení buněk je signálem správného počtu chromozomů. „Pokud je rychlost růstu odlišná, je to pro nás signál, že došlo k chybě v genetické informaci,“ vysvětluje Jana Žáková. Odhalením poruch umožňuje vyřadit embrya s výskytem chromozomálních abnormalit a snížit výskyt časných potratů.

Zařízení zvané PrimoVision System používají v Brně teprve krátkou dobu, nelze tedy zatím říct, o kolik se zvýší pravděpodobnost, že dojde k otěhotnění. Ale podle zahraničních studií vzroste naděje až na 45 procent. To je o deset procent více, než když se používá původní metoda, při které se stav embryí odečítá jednou denně pod mikroskopem a musí na několik minut opustit kultivační prostředí.

Naproti tomu při použití PrimoVision Systemu jsou embrya sledována po celou dobu mimotělního vývoje a přitom probíhá monitorování v uzavřeném inkubátoru. Metoda je vhodná i jako první „sít“ před dalším hodnocením kvality embryí pomocí genetických testů.

SVĚT OČIMA VĚDY



Skládačku z molekul DNA vytvořili vědci z Arizonské univerzity.

Nová metoda zacházení s DNA vědcům není jen zábavnou kratochvílí, má význam pro biomedicínu: umožní sestavovat dosud neznámé struktury, které dokážou reagovat s biologickými molekulami.

Počítačové modely a mikroskopické fotografie lahví, misek a dalších trojrozměrných objektů složených z DNA byly zveřejněny v časopise Science.

