

Včelí úl funguje jako detoxikační síť. Když přestane stačit, královna přesune pesticid do vlastních vajíček

Včelí královna žije uprostřed prostředí, které ji téměř dokonale izoluje od okolního světa. Sama nelétá na pole pro potravu, nesbírá pyl z ošetřených rostlin a za běžných podmínek nepřichází do přímého kontaktu s většinou chemických látek, které její dělnice přinesou z krajiny.



2. 9. 2026 Zdroj: koEnigma.cz

Potravu jí připravují a předávají jiné včely, celý úl ji obsluhuje a její přežití je pro kolonii natolik důležité, že se dlouho předpokládalo, že právě tento sociální systém funguje také jako chemický filtr.

Nová studie publikovaná v *Current Biology* ukazuje, že to skutečně do značné míry platí. V laboratorních minikoloniích dokázaly dělnice při prvním průchodu kontaminované potravy snížit množství sledovaného pesticidu až o **95 procent**. Část chemické zátěže zadržely samy a část ukládaly do materiálu pláství, takže se ke královně dostávala výrazně menší dávka. Jenže ochrana nebyla nekonečná. Po deseti dnech chronické expozice už filtrace slábla, pesticid se začal v kolonii hromadit a dostával se také do těla královny.

Pak se stalo něco, co u včely medonosné dosud nikdo přímo neukázal. Chemická látka se začala koncentrovat v královniných vaječnících a následně se objevovala ve **vyvíjejících se vajíčkách**. Rychlost jejího hromadění přitom byla ve vejcích podstatně vyšší než v samotném těle královny, což podle autorů odpovídá aktivnímu procesu označovanému jako *maternal offloading* – mateřské odvádění chemické zátěže do potomstva.

Není to vědomé rozhodnutí královny „obětovat děti“. Jde o fyziologický mechanismus, díky němuž si reprodukční samice udržuje vlastní koncentraci toxické látky relativně nízkou tím, že část zátěže přesune do vajíček. Z pohledu jednoho organismu je to ochrana. Z pohledu celé kolonie může být mnohem obtížnější říci, kdo za ni nakonec zaplatí.

Včelstvo není jen skupina včel. Funguje skoro jako jeden organismus

Včela medonosná patří mezi eusociální živočichy. Jednotlivé členky kolonie mají výrazně rozdělené role a žádná z nich sama nedokáže dlouhodobě zajistit fungování celého systému. Královna produkuje vajíčka, dělnice shánějí potravu, udržují teplotu, stavějí plástve, pečují o larvy, chrání úl a navzájem si předávají potravu. Právě proto biologové někdy popisují včelí kolonii jako **superorganismus**: role jednotlivých včel do určité míry připomínají funkce specializovaných buněk nebo orgánů jednoho těla.

Tahle perspektiva mění i způsob, jakým je možné přemýšlet o pesticidech. Chemická látka, kterou přinese z pole jedna dělnice, nezůstává pouze v jejím těle. Potrava přechází mezi včelami prostřednictvím trophallaxe, ukládá se do buněk plástve, zpracovává se a dostává se do výživy dalších členů kolonie. Pesticid tak prochází **sítí živých organismů a materiálů**, která může jeho koncentraci zvyšovat, snižovat nebo přesouvat jinde.

Už studie z roku 2024 například ukázala, že kojně včely dokážou při přenosu některých fungicidů z kontaminovaného pylu a nektaru směrem k larvám významnou část reziduí odfiltrovat. Koncentrace sledovaných fungicidů se mezi uskladněnou potravou a hlavami kojných včel snižovaly přibližně osmkrát až osmdesátkrát a samotná larvální potrava obsahovala relativně nízké množství zbytků.

Nová práce se proto ptala na větší otázku: **kam chemická látka skutečně putuje, pokud sledujeme celý malý model kolonie najednou?**

Vědci postavili „nanoúly“ a sledovali téměř každý atom pesticidu

Experiment probíhal ve speciálních laboratorních **nanokoloniích** tvořených kuželovitými nádobami s plástvovým materiálem. Každá kolonie s královnou obsahovala jednu královnu a 60 dělnic; vědci pracovali také s kolonijními skupinami bez královny, aby mohli zjistit, jak právě její přítomnost mění distribuci chemické látky. Včely dostávaly pyl, vodu a potravu obsahující známé množství pesticidu **methylyl parathion**, který byl označen radioaktivním uhlíkem ^{14}C .

Radioaktivní značka umožnila sledovat látku metodou Biological Accelerator Mass Spectrometry, zkráceně BioAMS. Její výhodou je mimořádná citlivost: výzkumníci nemuseli čekat, až se v organismu nahromadí velké množství pesticidu, ale dokázali detekovat velmi malé koncentrace a sledovat cestu látky od zdrojové potravy přes dělnice, plástve a královnu až k vaječníkům a vajíčkům. Autoři uvádějí, že použité koncentrace nebyly pro včely akutně smrtelné a odpovídaly řádu expozičních, které lze měřit v prostředí.

První dva dny systém vypadal pozoruhodně účinně. Když dělnice přenesly kontaminovanou potravu z krmítka do buněk plástve, koncentrace methylyl parathionu klesla přibližně o **95 procent**. Část látky tedy zůstávala v tělech dělnic a část byla přesouvána do jiných částí úlu, zatímco potrava určená k dalšímu použití byla výrazně „čistší“.

Po deseti dnech ale účinnost klesla přibližně na **86 procent**. Samo o sobě je to stále působivý filtr, problém však spočívá v dlouhodobém toku. Pokud do systému každý den přichází další kontaminace, i velmi dobrý filtr může postupně nasbírat tolik chemické zátěže, že ji začne redistribuovat mezi další části kolonie. Právě tehdy začala být zajímavá královna.

Královna měla méně pesticidu než dělnice. Její vajíčka ale postupně dostávala stále víc

Druhý den experimentu nebyl rozdíl mezi koncentrací pesticidu v dělnicích a královnách statisticky výrazný. Desátý den už ale královny nesly **podstatně nižší tělesnou zátěž než pracovní včely**, přestože se nacházely ve stejné kolonii a dostávaly potravu právě od nich.

Na první pohled by to mohlo vypadat jako důkaz, že sociální ochrana královny stále funguje dokonale. Když však výzkumníci analyzovali jednotlivé části reprodukčního systému, ukázal se jiný obraz. Methyl parathion se postupně hromadil ve vaječnících a byl přenášen do vajíček.

Kinetika byla nápadná. Autoři vypočítali, že sledovaná látka se v pracovní včele akumulovala průměrnou rychlostí přibližně 108,6 ppb za den. V samotné královně jen kolem **0,7 ppb za den**, zatímco ve vajíčkách přibližně **8,7 ppb za den**. Královna tedy nezískávala pesticid a pouze jej pasivně nechávala rovnoměrně prostupovat všemi tkáněmi. Chemická zátěž se přednostně přesouvala směrem k reprodukčnímu systému.

Další indicie přišla přímo z jednotlivých královen. Ty, které produkovaly větší počet vajíček, měly v jednom vajíčku nižší koncentraci pesticidu. To odpovídá efektu **ředění dávky**: pokud se podobné množství chemické látky rozdělí mezi větší množství vajíček, jednotlivé z nich dostane menší podíl.

Autoři proto interpretují výsledek jako skutečný případ maternal offloading, mechanismu známého z některých jiných živočichů, při němž samice odvede část nežádoucích látek ze svého těla prostřednictvím reprodukčních produktů. U sociálního hmyzu a konkrétně u včely medonosné jde podle autorů o dosud nezdokumentovaný způsob ochrany reprodukční samice.

Evolučně to nemusí být tak kruté, jak to na první pohled zní

Formulace „královna přesune jed do svých dětí“ působí téměř zlověstně, biologicky je ale potřeba odložit lidskou představu rodičovské oběti. Evoluce neřeší morální volbu mezi životem matky a životem jednotlivého potomka. Zvýhodňuje mechanismy, které za daných podmínek zvyšují pravděpodobnost, že geny pokračují do další generace.

U včelí královny je tento poměr mimořádný. Zdravá královna může během vrcholu sezony klást přibližně **1500 až 2000 vajíček denně**. Jednotlivé vajíčko je tedy z pohledu reprodukční strategie nahraditelné způsobem, jakým samotná královna není. Pokud kolonie přijde o několik vajíček, může následující den vzniknout několik tisíc dalších. Pokud ztratí funkční královnou, dostává se celý systém do podstatně většího problému.

Mechanismus, který udržuje chemickou zátěž v těle královny nízkou výměnou za její odvedení do vajíček, tedy může mít za určitých podmínek evoluční logiku. Dokud je zátěž malá a vejce se dál normálně vyvíjejí, může být výsledkem právě ochrana nejdůležitějšího reprodukčního člena kolonie.

Problém nastává ve chvíli, kdy chronická expozice překročí kapacitu celého systému. Vedoucí autor Sascha Nicklisch upozorňuje, že pokud by se koncentrace ve vajíčkách zvýšila natolik, že začnou vznikat vývojové problémy, mohla by se kolonie dostat k určitému **bodu zvratu**, kdy už královnina ochrana přestává být výhodou pro včelstvo jako celek.

Nová studie ale právě tento bod přímo neměřila. Nezkoumala, kolik vajíček se následně vylíhlo, zda se larvy vyvíjely normálně ani jak by několik měsíců podobné expozice ovlivnilo plnohodnotný úl. To je jedna z nejdůležitějších hranic toho, co zatím můžeme tvrdit.

Úl si chemickou zátěž neodstraní. Částečně ji jen přesune jinam

Možná nejzajímavější na celé práci je, že mění představu „detoxikace“. Když dělnice snížily koncentraci pesticidu v potravě o 95 procent, chemická látka samozřejmě nezmizela z existence. Jen změnila místo.

Část zůstala v tělech dělnic, další část se ukládala do vosku a dalších matric úlu. Přítomnost královny navíc sama ovlivňovala, kam látka putovala. V koloniích s královnou se po deseti dnech chemická

zátěž dělnic rozdělovala jinak a častěji se pesticid objevoval také ve vosku. Královna tedy nebyla pouze pasivně chráněným objektem. **Její přítomnost měnila chemický tok celé kolonie.**

Autoři proto mluví o včelstvu jako o **integrované detoxifikační síti**. Dělnice filtrují potravu, chemické látky se ukládají do pláství, sociální předávání potravy mění jejich distribuci a při dlouhodobé zátěži se přidává další cesta přes královnu a vajíčka.

To má praktický důsledek. Pokud někdo změří pesticid pouze v jedné pracovní včele, nemusí tím zachytit skutečnou zátěž celé kolonie. Nízká koncentrace v královně zase automaticky neznamena, že je chemická látka bezpečně odfiltrována. Může být ve vosku, potravě, pracovní populaci nebo právě v reprodukčních tkáních. Včelí úl totiž pesticid nepřijímá jako zkumavka. **Zpracovává ho jako společnost.**

Zní to jako vysvětlení kolapsů včelstev. Zatím jím ale není

Výsledek má velmi silný příběhový potenciál a právě proto je nutná určitá brzda. Studie neprokázala, že maternal offloading pesticidů způsobuje úhyny kolonií, celosvětový pokles opylovačů nebo známé případy ztrát včelstev. Nezkoumala skutečné plnohodnotné úly v krajině, ale laboratorní nanokolonie s několika desítkami včel.

Experiment navíc sledoval **jedinou chemickou látku – methyl parathion**. Jde o organofosfátový insekticid, který je pro včely vysoce toxický a ve Spojených státech už dnes není běžným zemědělským pesticidem. Jeho poslední americké registrace byly zrušeny a legální použití konečných produktů skončilo v roce 2013.

Autoři jej použili jako modelovou látku mimo jiné proto, že jeho pohyb bylo možné mimořádně přesně sledovat pomocí radioaktivní značky a zvolené nízké koncentrace nebyly akutně smrtelné. Výsledek proto **nelze automaticky přenést na každý současný herbicid, fungicid nebo insekticid**. Jednotlivé chemikálie se liší rozpustností, metabolismem, schopností vázat se na vosk i rychlostí rozkladu. Sami výzkumníci uvádějí, že jednou z dalších otázek je právě to, zda se stejný mechanismus objeví i u jiných pesticidů.

Stejně tak zatím nevíme, jak dlouho může královna zátěž do vajíček odvádět a co se stane po skončení expozice. Chemická distribuce během deseti laboratorních dnů nemusí přesně odpovídat situaci v kolonii čítající desítky tisíc dělnic, kde se mění zásoby potravy, generace včel i intenzita kontaktu s ošetřenou krajinou.

Studie tedy neříká, že jsme našli skrytý důvod včelí krize. Říká něco základnějšího: **dosavadní toxikologie mohla přehlížet důležitou cestu, po níž chemické látky uvnitř úlu putují.**

Jedna pracovní včela možná není správnou jednotkou pro hodnocení rizika

Velká část klasických toxikologických testů sleduje jednotlivé organismy. Včela dostane určitou dávku chemické látky a vědci měří, zda přežije, jak se mění její chování nebo při jaké koncentraci nastane poškození. Takové experimenty jsou důležité, ale u eusociálního hmyzu mohou zachytit pouze část reality.

Ve skutečném včelstvu jsou jednotlivci propojeni výměnou potravy, společnými zásobami, voskem, péčí o larvy a hierarchií reprodukčních rolí. Chemická látka může poškodit jednu kategorii včel, být odfiltrována jinou a následně se objevit úplně jinde. Studie z roku 2024 ukázala filtraci fungicidů cestou od potravy k larvám; nová práce ukazuje, že při dlouhodobém přetížení může existovat další tok **od dělnic přes královnu k vajíčkům.**

Právě to může být důležité pro budoucí hodnocení rizika pesticidů. Nestačí vždy vědět, zda dávka přímo zabije jednotlivou dělnici. U některých látek může být relevantní také to, zda se opakovaná nízká expozice ukládá do vosku, zda se časem vyčerpává schopnost včel potravu filtrovat a zda látka proniká do reprodukční osy kolonie.

Jinými slovy: chronická expozice nemusí vytvořit dramatickou scénu s tisíci mrtvými včelami před úlem. Může se projevit pomalu jako **změna toku chemických látek uvnitř systému, který je dlouhou dobu dokáže kompenzovat**. Právě takové pomalé mechanismy bývají nejobtížnější k zachycení.

Včely možná nejsou vůči pesticidům tak bezbranné, jak jsme si mysleli. Jen jejich obrana něco stojí

Na výsledku je možné vidět i opačnou stránku. Včelí kolonie není pasivním filtrem, do kterého tečou chemikálie z okolní krajiny. Disponuje překvapivě sofistikovaným souborem obranných mechanismů. Dělnice dokážou při zpracování potravy drasticky snížit koncentraci kontaminantu, kolonie přerozděluje látku mezi několik různých matric a královna udržuje svou vlastní tělesnou zátěž níže než pracovní včely.

Právě schopnost systému zátěž tlumit ale může paradoxně znamenat, že skutečný problém není okamžitě vidět. Kolonie může určitou dobu fungovat zdánlivě normálně, protože kontaminanty ukládá do vosku, nesou je dělnice a část reprodukční zátěže odvádí královna do vajíček. Teprve při dlouhodobém přísunu může ochranná kapacita začít slábnout.

To je mnohem zajímavější obraz než jednoduché „pesticid zabíjí včelu“.

Máme před sebou společenství, které se **chemickému stresu aktivně brání**. Jednotliví členové přitom nesou různou část nákladů a nejcennější reprodukční jedinec má mechanismus, jak vlastní zátěž přesunout dál.

Z hlediska královny může systém fungovat výborně. Z hlediska vajíčka už výsledek může být jiný. A z hlediska celé kolonie teprve potřebujeme zjistit, **kde přesně leží hranice, za níž se chytrá obrana začne obracet proti systému, který měla chránit**.

*Původním zdrojem této zprávy je vědecká studie vydaná v odborném časopise **Current Biology** v červenci 2026.*

*Výzkum vedli vědci z **Kalifornské univerzity v Davisu (UC Davis)** pod vedením docenta Saschy Nicklische a doktorky Angely Encerrado-Manriquez, a to ve spolupráci s Národní laboratoří Lawrence Livermore (LLNL) a Ministerstvem zemědělství USA (USDA-ARS).*

Podrobnosti o původním zdroji:

- **Název studie:** Týká se fenoménu nazvaného „maternal offloading“ (přenášení toxické zátěže z matky na potomstvo) u včel medonosných.
- **Publikováno v:** *Current Biology* (červenec 2026).
- **Hlavní autoři:** Angela Encerrado-Manriquez, Sascha C. T. Nicklisch (UC Davis).
- **Tisková zpráva univerzity:** UC Davis k tématu vydala oficiální zprávu pod názvem „Honeybee Queens Push Pesticides to Eggs to Protect Themselves Over Their Offspring“ (3. července 2026).