

# Hálky na rostlinách

Mluvíme-li o parazitech, často automaticky předpokládáme, že jejich hostitelem je živočich. Rostliny jsou však parazitovány stejně často, možná i častěji, zejména budeme-li mezi jejich parazity počítat i fytofágní hmyz. Obecnou představu parazita rostlin však mnohem lépe splňuje hálkotvorný hmyz, resp. jakýkoli hálkotvorný organismus. Hálky – ty podivuhodné útvary na listech, květech a dalších orgánech rostlin často upoutají naši pozornost při vycházkách do přírody. Např. ve stromořadí topolů najdete na zemi spadlé listy s podivně zduřelými a stočenými řapíky – jsou to hálky mšice dutilky šroubovitě (*Pemphigus spirothecae*). V lese na listech dubu jste už jistě viděli kulovité útvary zvané duběnky, dosahující někdy velikosti až 2,5 cm v průměru, které vytvořily larvy žlabatky listové (*Cynips quercusfolii*, viz obr. na str. 199). Na listech buku zase najdeme zašpičatělé načervenalé hálky bejlomorky bukové (*Mikiola fagi*, obr. 9), na keřích růže šípkové rostoucích na mezích jsou časté hálky žlabatky růžové (*Rhodites rosae*, syn. *Diplolepis rosae*, obr. 10) a v parcích na větvích zlatice zase nepravidelné nádory způsobené bakteriemi rodu *Corynebacterium*. To je jen několik příkladů hálek, které se v celé střední Evropě vyskytují velmi hojně. Definice hálky se měnila s rozvojem poznání. Dnes jako hálku (latinsky *cecidium*) obvykle označujeme prostorově ohraničené odchytky od normálního růstu rostliny (novotvary), které jsou specifickou reakcí na přítomnost cizího organismu – živočicha (zoocecidie), rostliny (fytocecidie), houby, bakterie nebo viru. Jde tedy o výsledek interakce hálkotvorného organismu a hostitelské rostliny. Vědecká specializace na hranicích mezi botanikou a zoologií zabývající se studiem hálek na rostlinách se nazývá cecidologie.

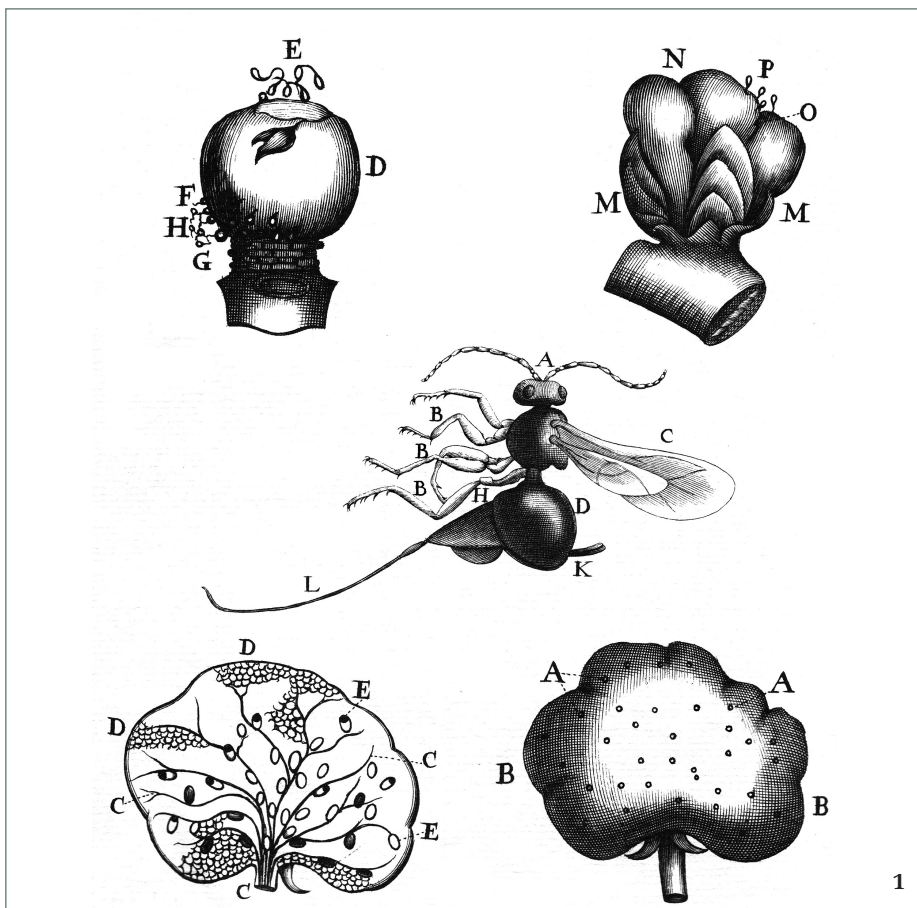
Neobvyklé útvary na rostlinách, jejichž příčina byla neznámá, znali lidé již ve starověku. Řecký lékař Hippokrates (cca 460–370 před n. l.) dokonce využíval šťávy některých hálek k léčení lidských neduhů. Později bylo zjištěno, že obsahují chemické látky taniny, jež mají baktericidní a fungicidní účinky. Výtažků z hálek se používalo ve starověkém i středověkém lékařství, ale i v koželužství k činění kůží, barvení látek a výrobě inkoustů. Hálky byly předmětem sběru a intenzivního obchodu v celé Evropě, jejich význam však v průběhu 20. stol. postupně klesal s rozvíjejícím se průmyslem a s vynálezem umělých barviv.

Italský lékař a přírodovědec Marcello Malpighi (1628–94), který se jako první zabýval mikroskopickou anatomií, je pokládán také za zakladatele cecidologie. V r. 1679 uveřejnil rozsáhlé dílo *Anatomes Plantarum* (Anatomie rostlin), do něhož zařadil kapitolu nazvanou *De Gallis* (O hálkách). Obsahuje základní poznatky o stavbě hálek a jejich původcích a lze ji označit za první vědecký přístup k jejich zkoumání (obr. 1).

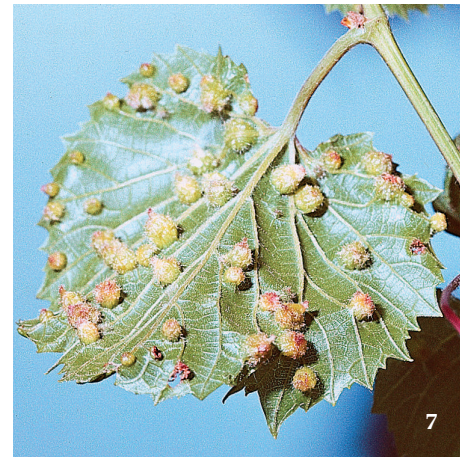
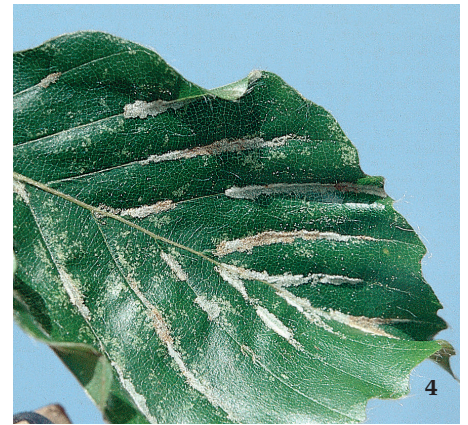
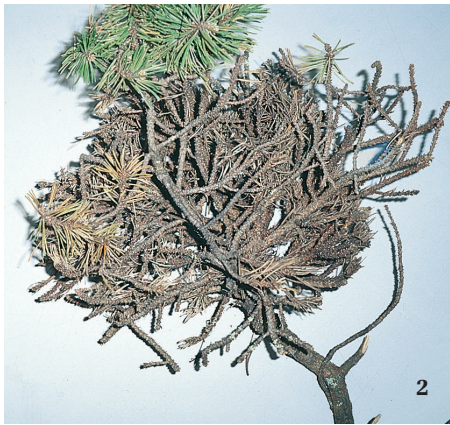
## Co je hálka?

Odpověď na tuto otázku, je velmi obtížné. Hálkotvorný organismus využívá hálku jako ochranu před nepříznivými vlivy prostředí i jako zdroj potravy. Podněcuje buňky rostlinného pletiva k množení a napačené buňky zvětšují svůj objem. To je podstatné při hodnocení, zda jde o hálku, či nikoli. Útvary podobné hálkám vytvářejí např. housenky některých motýlů z čeledi obalečovitých (*Tortricidae*). Svinuté listy jim poskytují potravu i ochranu, jsou to však jen pouzdra vytvořená housenkami, nikoli reakce rostliny na housenku vyvíjející se uvnitř pouzdra. Naproti tomu svinutý okraj listu violky je skutečná hálka, protože larva bejlomorky violkové (*Dasineura affinis*) podněcuje rostlinná pletiva k bujení. Jako hálky vypadají také černé skvrny na listech javoru, jež působí houba *Rhytisma acerinum*, ale buňky v postižených pletivech nejsou zmnožené a zvětšené. Světlé skvrny na listech javoru způsobené bejlomorkou *Acericecis vitrina* naopak můžeme označovat jako hálky, protože buňky napadeného rostlinného pletiva jsou pomnožené a větší. Za hálky lze proto považovat i zduřeliny, které vyvolávají parazitické rostliny, a to jmelí bílé (*Viscum album*) na větvích jehličnatých a listnatých stromů nebo několik druhů kokotice (*Cuscuta*) cizopasících např. na jeteli. Naproti tomu deformaci lodyhy prýšce způsobenou rzí hrachovou (*Uromyces pisi-sativi*) za hálku nepovažujeme, stejně jako např. zakrslé formy lesních dřevin vzniklé okusem zvěře.

Hálky jsou dost početné na všech kontinentech nejen v současné době, ale vyskytovaly se i v dávné minulosti. Nejstarší



1 Hálka žlabatky bezkřídlé (*Biorrhiza pallida*) na pupenu dubu (nahore), její původce (uprostřed), průřez hálkou (vlevo dole) a hálka s otvory po výletu žlabatek. Tabule z kapitoly *De Gallis* (O hálkách) – *Anatomes Plantarum* (Anatomie rostlin) od italského lékaře a přírodovědce Marcella Malpighi z r. 1679. Upraveno podle: M. Redfern a kol. (2008)



známá fosilní háлка byla nalezena na kořenech vyhynulé stromovité plavuňovité rostliny rodu *Lepidodendron* u anglického Halifaxu ve svrchním triasu a její stáří se odhaduje na 200–250 milionů let. Předpokládá se, že byla způsobena houbou. Háłky se na rostlinách začaly pravděpodobně objevovat již na konci prvohor a na začátku druhohor jako následek interakce členovců, hlavně hmyzu a roztočů vlnovníků (*Eriophyidae*), s kapradorosty a semenými rostlinami.

Na začátku 20. stol. bylo v Evropě známo přibližně 1 500 druhů háłkotvorných organismů vázaných na 4 000 druhů hostitelských rostlin; do dvousvazkového určovacího klíče (1908–09) je zpracoval vynikající francouzský botanik a cecidolog Clodomir Houard. Toto bohatě ilustrované dílo zásadním způsobem ovlivnilo další rozvoj oboru a podnítilo řadu badatelů k intenzivnímu studiu hálek. V českých zemích a na Slovensku patřili k předním průkopníkům brněňští vysokoškolsí profesoři Emil Bayer a Eduard Baudyš. Cecidologie se rychle rozvíjela a v druhé polovině 20. stol. bylo známo v Evropě již kolem 3 000 druhů háłkotvorných organismů, jak uvádí německý fytopatolog Hans Buhr (1964–65). Z nich bakterie a houby zahrnují asi 1 000 druhů, živočišní původci hálek čítají přes 2 000 druhů. Jejich výzkum dále pokračuje, takže cecidologové odhadují, že na Zemi je v současné době známo 13 000 hmyzích druhů tvořících háłky.

Háłkotvorné organismy tvoří háłky na všech orgánech rostlin: na kořenech, stoncích, listech, květních i listových pupenech, květenstvích, plodech i semenech. Háłkotvorný hmyz vyhledává hlavně mladé rostliny, jejichž pletiva jsou měkká

a vhodná pro proděravění kladélkem při kladení vajíček, nebo jsou snadno dostupná pro právě vylhlé larvy. Háłky jsou většinou umístěny na stejném místě určité rostliny a mají zpravidla charakteristický tvar, takže je podle něho možné při znalosti druhu hostitelské rostliny určit i původce. K ověření správnosti určení je však třeba háłku otevřít a pod mikroskopem skutečného původce potvrdit.

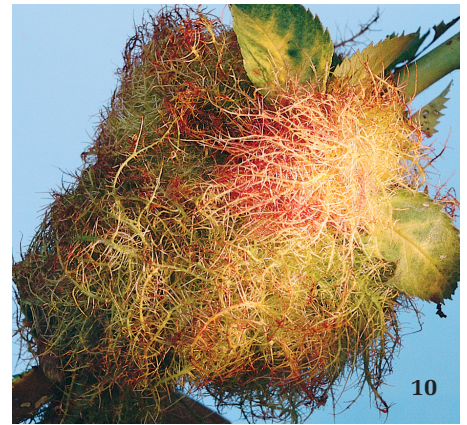
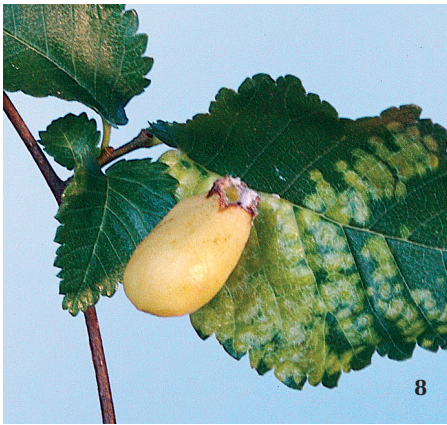
Nejčastěji háłky nacházíme na listech stromů a keřů: jsou to jamky, drobné puchýřky, kulovité nebo zašpičatělé útvary, stočené okraje listů i zduřelé části listových žilek. Háłky na dřevinách jsou zpravidla velmi nápadné, kdežto na bylinách snadno ujdou pozornosti. V přírodě však téměř dvojnásobně převažují na bylinách. Např. bejlmorky (*Cecidomyiidae*) působí háłky na květních pupenech (30 %), listových pupenech (24 %), stoncích (19 %), listech (18 %) a nejméně se jich vyskytuje na plodech (9 %). Ve střední Evropě lze nejvíce hálek pozorovat na rostlinách bobovitých (*Fabaceae*), hvězdnicovitých (*Asteraceae*), vrbovitých (*Salicaceae*), lipnicovitých (*Poaceae*) a bukovitých (*Fagaceae*), ve Středozeří převažují na bobovitých, bukovitých a růžovitých (*Rosaceae*) a např. ve Střední Asii na čeledích hvězdnicovitých, bobovitých nebo merlíkovitých (dnes součást laskavcovitých – *Amaranthaceae*) a brukvovitých (*Brassicaceae*). Výrazně menší množství háłkotvorných organismů se vyskytuje na kapradorostech a nahosemenných rostlinách.

#### Hlavní skupiny háłkotvorných organismů

● **Bakterie** – jen malá část působí nádory na rostlinách. Hlízkové bakterie (*Rhizobiaceae*) žijí v symbióze s čeledí bobovi-

tých. Vytvářejí na jejich kořenech drobné nádory (háłky) – hlízky, v nichž vážou vzdušný dusík do organických sloučenin. Protože část dusíku přechází do rostliny, vztah hodnotíme jako symbiózu. Jsou důležitou součástí koloběhu dusíku v přírodě. Také bakterie *Agrobacterium tumefaciens* způsobuje nádory na rostlinách a používá se jako vektor v genetickém inženýrství. Jsou to však paraziti, kteří rostlinu ničí.

● **Houby (Fungi)** – k háłkotvorným houbám patří především asi 1 000 druhů rzí a snětí, ale i jiných skupin. Mnohé z nich jsou původci závažných chorob rostlin nebo čarovníků na dřevinách – chomáčovitých nebo metlovitých znetvoření nahloučených větvíček (obr. 2). Např. houba kadeřávka olšová (*Taphrina alni*) mění samičí květenství olše v háłku, *T. deformans* vytváří červeně zbarvené zduřeliny (kadeřavost) na listech různých stromů, *T. betulina* tvoří čarovníky na bříze, *T. pruni* přeměňuje plody švestky (puchrovitost švestek), trnky a střemchy v háłky. Houba plíška *Exobasidium rhododendri* mění listy pěnišníků (*Rhododendron*) ve velké háłky podobné jablkům a rez *Puccinia urticae* znetvořuje lodyhy kopřivy (obr. 3). Sněť kukuřičná (*Ustilago maydis*) pozmění celou palici kukuřice v ohromnou háłku. Tato houba je příkladem nepůvodního druhu v Evropě, byla sem zavlečena z vlasti kukuřice – Střední Ameriky. Rez jedlová (*Melampsorella caryophyllacearum*) způsobuje jedlím v místech napadení větví čarovník. Pozoruhodný je případ vzájemné interakce mezi houbami a dvoukřídlým hmyzem – larvy mouchy *Agathomyia wankowiczii* z čeledi stlačenkovitých (*Platypezidae*) vytvářejí drobné háłky na plodnici chorošovité houby *Ganoderma applanatum*.



2 Čarovník na kleči způsobený houbou *Cronartium asclepiadeum*. Šumava, Zhůřské slatě (2000)

3 Zduřelina na lodyze kopřivy dvoudomé (*Urtica dioica*) způsobená rzí *Puccinia urticata*. Šumava, Kvilda (2000)

4 Háčky vlnovníka *Eriophyes nervisequus* tvořené porostem bílých chlupů (erineum) podél žilek na listu buku lesního (*Fagus sylvatica*)

5 a 6 Srovnání dvou odlišných tvarů chlupů (trichomů), které tvoří erinea hálek roztočů vlnovníků (*Eriophyidae*): chlupy z háčky *Eriophyes pseudoplatani* (obr. 5) na listech javoru klenu (*Acer pseudoplatanus*) a *Aculops aceris* (obr. 6) na listech javoru babyky (*A. campestre*). Zvětšení 400×

7 Háčky mšice révokaz (*Viteus vitifoliae*, dříve *Phylloxera vastatrix*) na listu révy vinné (*Vitis vinifera*). Bulharsko, Družba (1985)

8 Mšice vlnatka hladká (*Tetraneura nebulosa* nebo *Byrsocrypta ulmi*) působí háčky na listech jilmu (*Ulmus*).

9 Háčky bejломorky bukové (*Mikiola fagi*) na listech buku lesního. Slovensko, Malá Fatra (1973)

10 Háčky žlabatky růžové (*Rhodites rosae* nebo *Diplolepis rosae*) na větvi růže šípkové (*Rosa canina*).

Snímky: M. Skuhřavá a V. Skuhřavý

● **Hlístice (Nematoda)** – na rostlinách tvoří háčky asi 50 druhů háďátek (*Tylenchida*). Např. háďátko zhoubné (*Ditylenchus dipsaci*) působí nepravidelné zduřeniny na mnoha hostitelských rostlinách, např. na většině zemědělských plodin.

● **Vlnovníci (Eriophyidae)** jsou drobní roztoči. Mnozí žijí volně na rostlinách a některé druhy na nich působí jednoduché háčky nebo vytvářejí na listech skvrny ve tvaru plochých polštářků porostlých velmi drobnými hustými chlupy – tzv. erinea (obr. 4, 5, 6). Na světě je známo téměř 3 000 druhů vlnovníků, z toho asi 900 v Evropě – polovina z nich působí háčky nebo erinea, hlavně na listech stromů a keřů.

● **Hmyz (Insecta)** představuje nejpočetnější skupinu háčkotvorných organismů. Lze předpokládat, že se v celé Evropě v současné době vyskytuje kolem pěti až šesti tisíc háčkotvorných druhů, které patří k pěti druhově velmi početným řádům: k dvoukřídlým (*Diptera*), blanokřídlým (*Hymenoptera*), stejnokřídlým (*Homoptera*) – dnes spolu s plošticemi řazeným do řádu *Hemiptera*, broučkům (*Coleoptera*) a motýlům (*Lepidoptera*).

Dvoukřídlí – háčkotvorné druhy jsou jen ve třech čeledích ze 112 žijících v České republice. Bejломorky (*Cecidomyiidae*) s 1 800 druhy tvoří nejrozsaáhlejší čeleď dvoukřídlých v Evropě (560 druhů v ČR a 380 na Slovensku). Většina z nich zahrnuje háčkotvorné druhy, menší část predátory a druhy vyvíjející se na houbách. Vrtule (*Tephritidae*, dříve *Trypetidae*) mají v Evropě 270 druhů (z nich 113 v České republice a 102 na Slovensku). Zástupci rodu *Urophora* tvoří zduřeniny na lodyhách různých hvězdicovitých. Zelenušky (*Chloropidae*) jsou drobné mouchy, jejichž larvy se většinou vyvíjejí na rostlinách (z 394 evropských druhů je 205 v ČR a 169 na Slovensku). Z celkového množství asi jedna pětina (80 druhů) vytváří háčky, např. larvy zelenušky *Lipara lucens* na rákosu.

Blanokřídlí – háčkotvorné druhy najdeme jen ve třech čeledích ze 73 žijících v Evropě. Pilatky (*Tenthredinidae*) mají na evropském kontinentu asi 1 050 druhů (z nich polovinu v ČR). Živí se většinou listy nebo žijí ve stéblech a asi 80 druhů působí háčky, hlavně na vrbách (pilatky rodu *Pontania*). Většina asi z 350 evropských druhů žlabatek (*Cynipidae*) patří mezi háčkotvorné, hlavně na dubech, růžích (obr. 10) a čeledi hvězdicovitých. Některé žlabatky tvoří během svého vývoje dva rozdílné typy hálek na různých orgánech téže nebo jiné hostitelské rostliny. Většina tmavek (*Eurytomidae*; asi 100 druhů v ČR a na Slovensku) cizopasí v háčkotvorném hmyzu, některé druhy jsou býložravé a několik druhů je háčkotvorných – např. rod *Harmolita* na stéblech trav, hlavně pýru.

Stejnokřídlí – do této skupiny patří mšice (*Aphidoidea*), mery (*Psylloidea*) a červci (*Coccoidea*). Mnohé z nich poškozují rostliny různými zduřeninami a některé jsou háčkotvorné. Přibližně polovina z 800 druhů mšic žijících v ČR tvoří háčky. Známé jsou háčky dutilek (*Pemphigus*) na listech topolů a háčky korovnic (*Adelges*) na větvích smrku. Drobná mšice révokaz (*Viteus vitifoliae*, dříve *Phylloxera vastatrix*) původem ze Severní Ameriky je příčinou hálek na listech a kořenech révy vinné (obr. 7). Během vývoje prochází révokaz složitou rodozměnou. Je to závažný škůdce, může způsobit odumření napadených keřů i celých vinic. Z 1 200 druhů mer popsanych ve světě se 130 druhů vyskytuje v ČR a asi polovina z nich tvoří háčky. Ze 4 000 druhů červců žije v ČR asi 200 druhů a háčkotvorných je jen 10.

Brouci jsou nejpočetnějším řádem hmyzu (asi 400 000 druhů ve světě v 185 čeledích), ale jen malá část z nich způsobuje háčky, např. některé druhy nosatců (*Curculionidae*). Motýli – další velmi početný řád hmyzu (přibližně 175 000 druhů ve světě) – mezi háčkotvorné ale patří jen nepatrné množství – asi 80 druhů několika čeledí, hlavně z vrbkovníčkovitých (*Momphidae*). Jejich housenky žijí ve stoncích vrbovek, kde vzniká háčka.

#### Výzkum háčkotvorných bejломorek

V letech 1955–2008 jsme se věnovali výzkumu bejломorek a jejich hálek v Evropě a shromáždili jsme rozsáhlý materiál zahrnující 40 000 záznamů o výskytu jednotlivých druhů na více než 1 850 lokalitách v 17 zemích Evropy a na 9 ostrovech Středozemního moře. Lokality se vyskytovaly od hladiny moře až do 2 645 m n. m. v Alpách. Výzkum jsme prováděli vždy stejnou metodou, spočívající v pozorném prohlížení rostlin, zda se na nich vyskytují háčky, a to vždy za určitou, pokud možno stejnou časovou jednotku, např. dvě hodiny prohlížení porostů v různých biotopech. Získaná data o výskytu hálek bejломorek jsme doplnili údaji o výskytu, které shromáždili předchozí badatelé v těchto zemích. Všechny poznatky jsme zhodnotili z různých hledisek, např. hustota výskytu vztahovaná na plochu 1 000 km<sup>2</sup>, vliv geografické polohy a geografických gradientů na druhovou početnost bejломorek, vliv klimatických faktorů, vazba na hostitelské rostliny apod. Pokusili jsme se tak sestavit obraz koevoluce bejломorek a rostlin a shrnuli faktory ovlivňující jejich druhovou početnost. Tato rozsáhlá studie byla uveřejněna v časopise *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae* (2009). Podrobněji si naše poznatky o bejломorkách také přiblížíme v některém z dalších čísel *Živy*.

V současné době se na celém světě studují háčky a jejich původci jako modelové objekty objasňující interakci živých organismů a rostlin, a to od molekulární a genetické úrovně, přes anatomii, morfologii, histogenezi, ekologii až ke koevoluci rostlin s háčkotvornými organismy v průběhu vývoje. Háčky poskytují možnost studovat sezonní výskyt, jeho příčiny, rozšíření hálek a jejich původců v jednotlivých oblastech světa, vztah parazitů a predátorů k háčkám a háčkotvornému hmyzu. V neposlední řadě též existuje možnost využití háčkotvorných organismů jako účinných činitelů v biologickém boji proti škůdcům a plevelům.