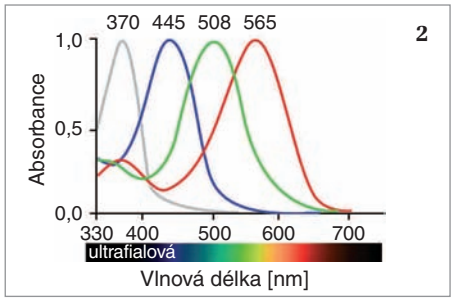
Pavel Pecháček

Ultrafialový svět rostlin II. Jak zachytit neviditelné a když červená není (jen) červená

V minulé části seriálu (Živa 2016, 2: 64–65) jsme stručně představili historii odhalování citlivosti zraku některých živočichů k ultrafialovému (UV) světlu, seznámili se základními principy fungování zraku a zabývali jsme se otázkou, jakým způsobem a proč vnímáme zbarvení povrchu různých organismů. Pokud chceme zkoumat UV kresby rostlin nebo živočichů, v první řadě si je musíme zviditelnit. Docílit toho nemusí být tak složité, jak by snad mnozí čekali. Fotografování neviditelných vzorů u rostlin (i živočichů) prodělalo zajímavý vývoj, který byl obvykle motivován snahou odhalit zákonitosti komunikace mezi rostlinami a jejich opylovači, popřípadě využít těchto znaků k hledání fylogenetických vztahů mezi organismy a jejich aplikování v taxonomii. Podobným směrem se studium UV znaků rostlinných květů ubírá i dnes, přičemž větší důraz se klade na odhalování jejich chemické a fyzikální podstaty.

Už víme, že rozsah vlnových délek vnímaných okem závisí v první řadě na citlivosti přítomných fotoreceptorů. Někteří živočichové mají pouze jeden, další pak mnoho různých typů s rozdílnou spektrální citlivostí. Včela jako nejběžnější opylovač je vybavena třemi typy – ultrafialovým, modrým a zeleným, s maximy citlivosti pro světlo vlnových délek přibližně 340, 440 a 540 nm. Tři druhy fotoreceptorů (čípků) najdeme i u člověka – modrý (pro světlo 440 nm), zelený (535 nm) a červený (565 nm). Lidský zrak je tedy oproti včelímu posunut více do červené oblasti spektra (viz obr. 2). Právě proto nejsme schopni vidět „ultrafialový“ svět a musíme se spoléhat na techniku, která nám ho určitým způsobem přiblíží. Na druhou stranu včela zřejmě nevidí červenou – objekt, který se nám jeví červený, včela vnímá v poněkud jiných barvách – záleží na tom, zda

1



1 Žluťásek řešetlákový (*Gonepteryx rhamni*) jako jeden z opylovačů rostlin
2 Citlivost čtyř různých fotoreceptorů v typickém ptačím oku. Člověk i včela mají na rozdíl od ptáků receptory jen tři a s odlišnými maximy citlivosti. Převzato z Wikimedia Commons, v souladu s podmínkami použití

jeho povrch odráží/pohlcuje v menší míře i světlo jiných vlnových délek.

Pro upřesnění dodejme, že citlivost našeho modrého čípku lehce zasahuje až do ultrafialové oblasti. Čočka lidského oka však UV paprsky filtruje, takže k sítnici se nedostanou – tím je sítnice chráněna před nebezpečným UV zářením. Zajímavostí je, že se čočka u člověka v průběhu života vyvíjí a u dětí (nebo lidí, kteří ji mají porušenou) může propouštět větší množství UV paprsků. Jelikož vystavení přímému UV záření nese vyšší riziko poškození sítnice a citlivost modrého čípku přece jen není v UV oblasti vysoká, nedá se bohužel spekulovat, že by mohlo jít o výhodu umožňující obdivovat UV vzory.

Ultrafialová fotografie a její vývoj

V první části seriálu jsem uvedl, že prvním badatelem, který dokázal UV ornamenty převést do námi viditelného spektra a trvale je zaznamenat, byl Frank Eugene Lutz. K tomuto účelu používal tzv. dírkovou komoru (camera obscura, běžně se můžete setkat i s anglickým názvem pinhole camera) – optické zařízení sestávající z temné prostory (krabice, skříňky, místnosti), která má v jedné stěně malý otvor, jímž dovnitř proniká světlo. Tím se na protilehlé straně vytváří obraz. Pokud se na místě dopadu světla nachází materiál či emulze umožňující trvalé zachycení obrazu (např. fotografický film), může zařízení sloužit jako primitivní fotoaparát. Podstatné je, že přístroj dokáže zachytit i světlo ultrafialových vlnových délek. Lutz takto získal nejprve snímky různých druhů rostlin a sledoval, zda existuje souvislost mezi barvou květu ve viditelné části spektra a jeho ultrafialovou podobou. Došel k závěru, že UV světlo nejčastěji odrážejí žluté květy, méně často květy červené nebo modré, a bílé nereflektují téměř nikdy. Lutz ale nezůstal pouze u rostlin a v 30. letech vizualizoval i první živočichy, konkrétně motýly (Lutz 1933). Na základě prací Sira Johna Lubbocka (blíže viz první díl) předpokládal citlivost opylujícího hmyzu k UV světlu a pracoval s myšlenkou, že UV kresby nesou význam hlavně pro opylovače. V následujících letech proto zkoumal např. schopnost různých druhů včel rozpoznávat rozdíly mezi odlišnými ultrafialovými tvary a vzory.

Prvním badatelem, který pro zachycení UV kreseb využil metodu klasické fotografie, byl sovětský biolog Georgij A. Mazochin-Poršnjakov v r. 1957: zvěčnil zmiňovaného žluťáska řešetlákového (*Gonepteryx rhamni*, obr. 1 a také Živa 2013, 2: 79–81).

V následujících letech začala ultrafialová fotografie nabývat na významu, protože byla relativně dostupná a poskytovala nové zásadní informace o studovaných organismech. Našla využití v různých oblastech výzkumu, např. při odhalování příbuzenských vztahů mezi organismy a v taxonomii a s tím související uplatnění při hledání nových taxonomických znaků. Opět malou odbočkou k živočichům zmíním, že s jejím nasazením bylo popsáno i několik nových poddruhů motýlů. Díky poměrné rychlosti a finanční dostupnosti se rovněž uplatnila při zjišťování přítomnosti UV-absorbujících pigmentů na květech rostlin, potažmo při výběru vhodných modelových druhů pro podrobnější a nákladnější analýzy (Hill 1977). Nemůžeme opomenout ani podíl na studiu významu UV světla v pohlavním výběru u různých živočichů. Jako v ostatních odvětvích, která využívají práci s fotografií, si i zde začalo pomalu získávat pozici digitální snímání obrazu. Vrátíme se k němu po krátké vsuvce.

Neviditelné kresby okem kamery

Nezbytným pomocníkem se nestal pouze fotoaparát. V r. 1969 se objevil v časopise Science článek popisující možnost využít k tomuto účelu klasickou televizní kameru, která je přirozeně citlivá i na vlnové délky pod hranicí námi viditelného spektra. Stačí kameru osadit UV-propustnou čočkou, propojit s videorekordérem a lze „snadno“ pozorovat ultrafialové kresby přímo v terénu. Výhodou oproti práci v laboratoři je, že odpadá nutnost využívat přídatných zdrojů UV záření. Ty jsou plně

© Nakladatelství Academia, SSČ AV ČR, v. v. i., 2016. Přetisk článků včetně obrázků se výslovně zapovídá. Veškerá práva včetně práva reprodukce jsou vyhrazena.

nahrazeny UV paprsky ze slunečního světla. Pozorovatel tak může přímo sledovat ultrafialový vzhled objektů, resp. jeho převedení do námi viditelného, v tomto případě černobílého obrazu. Míra odraženého/pohlceného UV světla se podobně jako u fotografie posuzuje na základě standardizované šedé škály (Eisner a kol. 1969). Dnes se dá využít i vhodně upravená digitální kamera.

Digitální UV fotografie – náš postup

Z předchozího textu by se mohlo mylně zdát, že ultrafialová fotografie, případně snímání UV obrazu kamerou, je v zásadě nenáročné. První problém tkví ve skutečnosti, že většina objektivů má čočku pokrytou vrstvou, která nepropouští ultrafialové světlo. UV záření totiž rozostřuje snímek. Tato komplikace se dá obejít dvěma způsoby: buď si pořídit poměrně nákladný speciální křemíkový objektiv, nebo zvolit starý objektiv z dob, kdy se UV nepropustné vrstvy nepoužívaly, či nebyly nanášeny dokonale, a určitou část UV paprsků propustí. Nedostatkem druhého typu je o něco delší expoziční doba, výhodou snížení nákladů.

Druhou neodkladnou otázkou zůstává, zda fotografovat na klasický film, citlivý na UV paprsky, nebo využít digitální fotografii. Mezi její výhody ve srovnání s filmem patří především možnost pořídit množství snímků za nízkou cenu. Často se stane, že se ultrafialová fotografie z nejrůznějších důvodů nepodaří, což v případě digitálního záznamu neznamená problém. Digitálních fotoaparátů dostatečně citlivých na UV vlnové délky je však jako šafránu, opět nemluvě o jejich ceně.

Fotografie doprovázející tento článek byly pořízeny fotoaparátem FujiFilm IS Pro, osazeným starým objektivem Helios 58/2. Spektrální citlivost tohoto přístroje se nachází v rozmezí 330–900 nm. Abychom získali nebo vyzdvihli pouze ultrafialovou podobu fotografovaného objektu, musíme použít speciální filtry, které viditelné a infračervené světlo nepropouštějí (B+W 403 a B+W BG 53). Jako zdroj UV záření nám slouží speciální UV lampa se zářivkou emitující světlo o vlnové délce 365 nm. Dostatečné množství ultrafialových paprsků pro pořízení UV fotografie může poskytnout přímo slunce. Zjistili jsme ale, že snímky získané ve volné přírodě za plného slunečního osvětlení nevypadají vždy stejně jako fotografie pořízené ve standardizovaných podmínkách. Nabízejí se dvě možná vysvětlení. Filtr, který má odstranit infračervené světlo, zřejmě určité množství záření propouští, což výsledek do jisté míry ovlivňuje. Druhou možností je, že na fotografii vidíme UV záření emitované v jiné vlnové délce než za kontrolovaných podmínek. Čistě na základě fotografie to však lze těžko posoudit. Celé spektrum elektromagnetického záření, které rostlina nebo jakýkoli jiný povrch absorbuje či reflektuje, se dá zjistit pouze s využitím spektrometru (viz např. Živa 2014, 4: 180–183). V každém případě z uvedeného vyplývá, že při pořizování fotografií musíme dbát na dodržování standardizovaných podmínek a pokud možno osvětlovat objekt pouze umělým světlem s co nejnižším podílem infračerveného záření.

3

4

5

6

7

8

9

UV fotografie on-line a poznámka pod čarou

Ultrafialová fotografie se stala značně populární i mimo akademickou obec. Ve středu zájmu fotografů jsou obvykle právě rostliny. Proto čtenáři doporučuji, aby se při zjišťování ultrafialové podoby konkrétních rostlin podíval nejprve na internet. Např. anglicky psaný blog Photography of the Invisible World pravidelně předkládá UV snímky různých organismů i rady ohledně nutného technického vybavení. V českém jazyce je dostupná přehledná stránka Ivana Mikšíka Ultrafialová fotografie (www.natureblink.com/UV.htm), na níž autor mimo jiné uvádí základní tipy pro úspěšné fotografování v UV spektru.

Je nezbytné si uvědomit, že zvolená metodika umožňuje pozorovat jen výsek skutečnosti, pouze UV podobu daného organismu. Kdybychom chtěli vidět jen zelený vzhled rostliny, použili bychom filtry blokující všechny ostatní vlnové délky a mluvili o větší nebo menší odrazivosti zelených paprsků. Z toho důvodu je obtížné představit si, jak daná rostlina vypadá pro opylovače. Někteří badatelé se to snaží zjistit pomocí zvláštních filtrů, jejichž spektrální propustnost odpovídá citlivosti fotoreceptorů daného organismu. Ale i tento přístup je opět jen abstrakcí, která nemusí mít se skutečností nic společného.

Z ultrafialového světa rostlin

Vraťme se teď k původní pohnutce, která vedla k napsání tohoto seriálu – k samotným fotografiím ultrafialových vzorů na květech. Tyto kresby jistě nejsou doménou pouze orseje jarní (*Ficaria verna*), kterou jsme si ukázali v minulém čísle. Existuje mnoho dalších druhů rostlin, které při zohlednění UV paprsků vypadají jinak, než jsme zvyklí. V následující části si několik takových příkladů ukážeme.

Během tří etap jsem od dubna do června 2015 pořídil fotografie více než 30 druhů našich nejběžnějších rostlin. První sběr exemplářů a zároveň fotografování v terénu proběhlo v polovině dubna v okolí Zbraslavi, resp. následně v kontrolovaných podmínkách s použitím rostlin sebraných v dané lokalitě. Vznikly snímky typicky jarní květeny, jako jsou sasanky (*Anemone*), jaterník podléška (*Hepatica nobilis*), dymnivka dutá (*Corydalis cava*) i zmíněná orsej jarní. Druhá várka fotografií byla pořízena pouze ve standardizovaných podmínkách s využitím rostlin sebraných v jižní části Prahy. Tentokrát přišly na řadu běžné druhy jako zástupce rodu pampeliška (*Taraxacum* sekce *Taraxacum*), sedmikráska chudobka (*Bellis perennis*), hluchavka bílá (*Lamium album*) a h. nachová

© Nakladatelství Academia, SSČ AV ČR, v. v. i., 2016. Přetisk článků včetně obrázků se výslovně zapovídá. Veškerá práva včetně práva reprodukce jsou vyhrazena.

3 a 4 Dvojice snímků (i na následujících obr.) ukazují vzhled květů nebo květenství vybraných druhů rostlin ve viditelné (vždy vlevo) a ultrafialové části spektra. Popis vzorů v textu. Zde jaterník podléška (*Hepatica nobilis*)
5 a 6 Sasanka hajní (*Anemone nemorosa*) UV záření výrazně pohlcuje.
7 až 9 Růže šípková (*Rosa canina*). Při pohledu shora (obr. 8) absorbuje znatelně více UV paprsků než zespodu (9).
10 a 11 Zástupce rodu vikev (*Vicia*)
12 a 13 Jetel plazivý (*Trifolium repens*)

(*L. purpureum*), pitulník žlutý (*Galeobdolon luteum*), jahodník trávnice (*Fragaria viridis*) a vlaštovičník větší (*Chelidonium majus*). Poslední a největší část exemplářů byla opět získána v lokalitách jižní části Prahy v polovině června. Zdokumentoval jsem další běžné druhy, např. mochnu plazivou (*Potentilla reptans*), pryskyřník prudký (*Ranunculus acris*), jetel plazivý (*Trifolium repens*), j. luční (*T. pratense*) a jiné zástupce bobovitých (*Fabaceae*), kakost smrdutý (*Geranium robertianum*), sléz lesní (*Malva sylvestris*) a s. přehlížený (*M. neglecta*), čekanku obecnou (*Cichorium intybus*), mák vlčí (*Papaver rhoeas*) či růži šípkovou (*Rosa canina*). Dané lokality byly vybrány s ohledem na nutnost fotografovat květy co nejdříve po nasbírání, aby se zamezilo jejich vyschnutí a poškození, což by ovlivnilo patrnost potenciálních UV vzorů. Je zřejmé, že si představíme opravdu ty nejběžnější zástupce naší květeny, přesto věřím, že jde o dostatečně reprezentativní výběr, který nastíní základní trendy v ultrafialovém zbarvení rostlin.

Následující oddíly obsahují výčet všech podchycených druhů, seřazených podle čeledí. Ačkoli fotografie mluví do značné míry samy za sebe, uvádím u jednotlivých druhů stručnou charakteristiku jejich ultrafialového vzhledu. V některých případech se omezím pouze na tento popis, kdežto u zajímavějších čeledí se fenomén UV zbarvení pokusím rozvinout v širším kontextu. Při charakterizaci ultrafialového zbarvení jednotlivých druhů používám pojmy UV absorpce (pohlcování ultrafialového světla) a UV reflektance (neboli jeho odrážení). Většina druhů však není absolutně UV-absorpční, nebo UV-reflektantní, pozorujeme spíše kontinuum, které se u každého druhu snažím co nejlépe vystihnout. Někteří autoři pro tento účel přímo využívají škálu rozdělenou do několika stupňů, od maximální absorpce po nejsilnější odrazivost. Takový systém však v tomto případě nepovažuji za nezbytný. Dodávám ještě, že UV-reflektancí myslím jak odraz ultrafialového záření speciálními strukturami na povrchu květu (strukturální zbarvení), tak výsledné množství odraženého UV záření, jehož míru udává poměr pigmenty pohlceného a odraženého UV záření (zbarvení zprostředkovaná pigmenty).

● Pryskyřníkovité (*Ranunculaceae*)

Čeleď pryskyřníkovitých je z hlediska studia ultrafialových znaků velice zajímavá a není náhodou, že i v našem výběru zaujímají její zástupci přední místo. Už v minulém čísle Živy jsme si ukázali vzhled orseje jarní, který se vyznačuje vysoce UV-absorpční plochou ve střední části koruny. Naopak většina korunních plátků UV paprsky poměrně intenzivně reflektuje a mezi středem a okrajem koruny tak vzniká výrazný kontrast. Obdobný typ vzoru nalezneme u pryskyřníku prudkého.

Podobnou kresbu nese na svém květu i typický zástupce naší jarní květeny blatouch bahenní (*Caltha palustris*). Bohužel jsem ho na uvedených lokalitách v době květu nezastihl, ale díky oblibě mezi nadšenci, kteří se UV fotografii věnují, lze UV podobu blatouchu snadno dohledat na internetu.

Ze snímku jaterníku podléšky je patrné, že okvětní lístky část dopadajícího ultrafialového záření odrážejí (v UV mají světlejší odstín). Pohlavní (generativní) orgány naopak UV paprsky absorbují, a opět tak vzniká viditelný kontrast (obr. 3 a 4).

Nemohl jsem opomenout ani další typické zástupce – sasanku hajní (*A. nemorosa*) a s. pryskyřníkovou (*A. ranunculoides*). Při podrobnějším studiu zjistíme, že podobně jako u jaterníku jsou pohlavní orgány obou druhů značně UV-absorpční, jejich květy se však z hlediska této vlastnosti navzájem liší. Bíle kvetoucí sasanka hajní (obr. 5 a 6) pohlcuje mnohem více dopadajícího UV záření než sasanka pryskyřníková, jejíž květy jsou ve viditelné části spektra jasně žluté. K tomuto fenoménu se později vrátíme.

● Růžovité (*Rosaceae*)

První ze zastoupených druhů – jahodník trávnice ukazuje na značnou schopnost povrchu květu pohlcovat paprsky UV spektra, a trochu připomíná zmíněnou a také bíle kvetoucí sasanku hajní. Velmi podobný UV vzhled jsem odhalil u růže šípkové, bez ohledu na to, zda byl květ ve viditelném světle bílý, nebo zbarvený do růžova (obr. 7–9). U růže je dokonce bílá forma méně UV-absorpční než růžová. Za pozornost stojí i zjištění, že korunní lístky jahodníku i bílé růže ze spodní strany odrážejí větší procento ultrafialových paprsků než při pohledu shora. Tento fenomén si ukážeme ještě u dalších rostlin a o jeho významu budeme diskutovat v příštím čísle Živy.

Zajímavé jsou i dva druhy rodu mochna. Květ mochny plazivé se ve viditelném světle jeví jednoduše žlutý, ale při zahrnutí ultrafialových vlnových délek nese podobný vzor jako některé výše uvedené pryskyřníkovité – kontrastní kresbu s UV-absorpčním středem květu zasahujícím přibližně do čtvrtiny korunního lístku, jehož zbytek UV světlo poměrně intenzivně odráží. U druhého zástupce rodu šlo pouze o sušený exemplář, pravděpodobně mochny jarní (*P. verna*). Celková kresba proto nebyla příliš patrná, světlejší a tmavší části však napovídají, že vzor se zřejmě podobá mochně plazivé. Pokles kontrastu je zřejmě důsledkem poškození UV-reflektantních struktur či pigmentů v květu.

● Bobovité (*Fabaceae*)

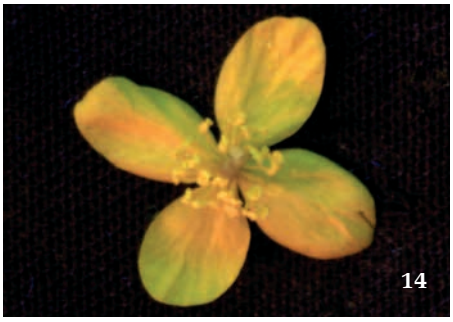
Jde o pozoruhodnou čeleď – ne proto, že bychom na jejích květech nacházeli zvláštní ultrafialové vzory, právě naopak. Do výběru jsem zařadil 6 zástupců a s výjimkou částečně UV-reflektantních květů komonice lékařské (*Melilotus officinalis*) a jednoho zástupce rodu vikev (*Vicia*, obr. 10 a 11) všechny druhy jsou výrazně UV-absorpční, což se na snímcích projevuje velmi tmavou barvou. Nepozorujeme tedy rozdíl patrný u předchozích taxonů, u nichž bylo pravidlem, že i v případě významného pohlcování UV paprsků bílým květem byl žlutý květ blízce příbuzné rostliny mnohem světlejší, resp. odrážel větší část UV světla (viz sasanky). Jetel plazivý (viz obr. 12 a 13), jetel luční, štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus*) a tolice dětelová (*Medicago lupulina*) jsou si naproti tomu v míře pohlcování UV světla víceméně rovnocenné.

● Mákovité (*Papaveraceae*)

Čeleď náleží do řádu pryskyřníkotvarých (*Ranunculales*), společně s několika dalšími čeleděmi včetně pryskyřníkovitých. Z mákovitých jsem zdokumentoval tři druhy. První byla dymnivka dutá, která však pro výzkum ultrafialových vzorů příliš vhodná není. Její bílá i fialová forma květu většinu UV světla pohlcuje a nevzniká žádný patrný vzor. Jediný pozorovatelný rozdíl spočívá v mírně vyšší UV-absorpční schopnosti bílé formy. Vlaštovičník větší

© Nakladatelství Academia, SSČ AV ČR, v. v. i., 2016. Přetisk článků včetně obrázků se výslovně zapovídá. Veškerá práva včetně práva reprodukce jsou vyhrazena.

14 a 15 Vlaštovičník větší (*Chelidonium majus*)
16 a 17 Mák vlčí (*Papaver rhoeas*).
Snímky P. Pecháčka



už se v tomto ohledu jeví o poznání zajímavěji (obr. 14 a 15). Jeho korunní lístky odrážejí UV paprsky se značnou intenzitou, zatímco tyčinky a pestík je s podobnou účinností pohlcují a na UV snímku se zobrazují téměř černé. Opět tak vzniká typický kontrast, ve viditelném spektru nepostižitelný.

Jednoznačně nejpozoruhodnějším zástupcem čeledi je mák vlčí. Práce zabývající se zrakem hmyzu, a především opylovačů, často zmiňují, že mnozí z nich postrádají červený fotoreceptor. Týká se to hlavně blanokřídlého hmyzu (Hymenoptera), tedy i včel. Absence fotoreceptoru citlivého na červené části světelného spektra by mohla mít za následek, že červené květy např. včela vidí ve srovnání s květy ostatních barev jako méně nápadné. Červeně kvetoucí rostliny by proto teoreticky měly být navštěvovány především opylovači s fotoreceptory citlivými na červené světlo (mimo jiné někteří motýli a mouchy), ptačími nebo savčími opylovači, případně jsou opylovány větrem. Zároveň však mnozí badatelé dodávají, že v praxi na červených květech často nacházíme zástupce blanokřídlých. V předchozím textu jsme naznačili, že květ, který se nám zdá červený, může v menší míře odrážet i paprsky o vlnových délkách, na něž je hmyz citlivý. Také je ale možné, že červená barva přechází až do vlnových délek, jež se nám jeví oranžové a které dokáží vybudit zelený receptor opylovače (přehledně o zraku opylovačů, především včel, viz článek J. Straky, Vesmír 2003, 9: 507–512). Ultrafialová podoba máku vlčího (obr. 16 a 17) však jasně ukazuje, že jeho květy jsou i ve srovnání s dosud uvedenými rostlinami značně UV-reflektantní. Lze tedy předpokládat, že budou pro včely a další hmyz, který není citlivý na červené vlnové délky, velmi nápadné. A jelikož UV paprsky mnohé druhy hmyzu silně přitahují, měl by být pro ně květ máku takřka neodolatelný. Situace u jiných rostlin s červenými květy může být však docela odlišná.

V závěrečném dílu se pokusíme shrnout a zhodnotit informace, které nám představené snímky poskytují.

Článek vznikl za podpory projektu Grantové agentury Univerzity Karlovy v Praze (GA UK 764313).

Použitá literatura a snímky některých dalších druhů jsou uvedeny na webu Živy.

Martina Čtvrtlíková

Životní strategie šídlatek prověřená stovkami milionů let

Šídlatky (rod *Isoëtes*) jsou prastaré plavuně s pozoruhodnými adaptacemi na nedostatek živinových zdrojů ve svém prostředí. Jejich unikátní životní strategie je dodnes úspěšná, ne však bezmezně odolná vůči globálním změnám prostředí. Šídlatky tvoří významnou složku vyhraněných vodních i suchozemských ekosystémů a citlivě indikují jejich stav. Detailní znalost anatomie, fyziologie a ekologie těchto živoucích fosilií je klíčem k pochopení fungování a zranitelnosti jejich často rozsáhlých biotopů a zajištění ochrany, případně obnovy.

V učebnicích bývají šídlatky uváděny jako poslední a jediný pozůstatek dávno vyhynulé větve permo-karbonského řádu *Lepidodendrales* – mohutných výtrusných rostlin stromovitého vzrůstu, jejichž těla dala vznik slojím kamenného uhlí. Zprvu byla přijímána hypotéza, podle které vznikly první šídlatkám podobné rostliny (*Isoëtites*) postupnou velikostní redukcí karbonských stromovitých výtrusných rostlin – přes mezičlánek vyhynulých druhohorních rodů *Pleuromeia* a *Nathorstiana* ze spodní křídy – až ca před 150 miliony let. Pod tlakem početných nálezů šídlatkovitých fosilií starých 240 milionů let, tj. ze spodního triasu, však byla tato domněnka opuštěna. Definitivním důkazem mnohem většího stáří prašídlatek se stala úspěšná rekonstrukce fosilní šídlatky *I. beestonii* ze spodního triasu v Austrálii (Retallack 1997), při níž se podařilo sloučit šišticím podobné fosilie s pozůstatky růžic listů a dokonce s makrosporami a mikrosporami. Bohatost a tvarová pestrost těchto fosilií může znamenat pouze to, že prašídlatky již na začátku druhohor disponovaly značnou druhovou diverzitou, takže musely vzniknout dříve než rod *Pleuromeia*. G. J. Retallack tyto počátky klade až do karbonu (před 360–300 miliony let), kdy v mokřadech vedle stromovitých kapraďorostů již existovaly malé přízemní vodní rostliny s šídlovitými listy, jež přežily velké vymírání druhů na rozhraní permu a triasu (ca před 250 miliony let) a v druhohorách expandovaly po celé prapevnině. Domnívá se dokonce, že dužnaté báze těchto rostlin mohly sloužit jako důležitý zdroj bílkovin a škrobu pro malé býložravé ještěry therapsidy, z nichž později vznikli savci.

V evoluci šídlatek hraje významnou roli vztah k vodnímu prostředí. Vnitřní vzduchové kanálky (lakuny) s přehrádkami v listech jsou patrné i u nejstarších šídlatkovitých fosilií, což svědčí o tom, že rod *Isoëtes* je primárně rodem ponořených (submerzních) vodních rostlin. Po rozpadu Gondwany a zvláště po vzniku indického subkontinentu však u řady taxonů došlo k adaptaci na terestrické podmínky, a následně k druhotnému přizpůsobení vodní-

© Nakladatelství Academia, SSČ AV ČR, v. v. i., 2016. Přetisk článků včetně obrázků se výslovně zapovídá. Veškerá práva včetně práva reprodukce jsou vyhrazena.