

## Dobyvatelé ultrafialového světa\*

PAVEL PECHÁČEK

**Conquerors of the Ultraviolet World.** Many animals are sensitive to UV light. Furthermore, a lot of animals and plants can use UV light as a special communication signal. UV light, however, cannot be perceived by humans and its importance for communication among living organisms needed yet to be discovered. The subjects of the presented study are the two most significant pioneers in research into the function of UV light: Sir John Lubbock (1834–1913), an English polymath who was the first one to demonstrate the sensitivity of certain invertebrates to UV light; and Frank Eugene Lutz (1879–1943), an American entomologist whose research into UV light, UV-reflective patterns and their function in communication among animals or plants and their pollinators opened the way for further studies. The following development is briefly summarized in the conclusion of the article.

**Key words:** UV-sensitivity • UV-reflectance • history of biology • John Lubbock • Frank E. Lutz • Robert E. Silberglied

Při poznávání přírody se člověk odjakživa spoléhal na své smysly a věřil, že s jejich pomocí dokáže odhalit její zákonitosti. Nejdůležitějším lidským smyslem je zrak, jehož prostřednictvím přijímáme asi osmdesát procent veškerých informací z okolí. Možná i to je důvod, proč je nám tak nepřírozená představa, že některá zvířata mohou na svět nahlížet jinak než my a vidět to, co my sami za normálních okolností nevidíme. Původem tohoto rozdílu je především odlišná stavba oka, respektive očních čípků, a jejich senzitivita k různým vlnovým délkám světelného spektra; jeden typ čípku má vždy maximální senzitivitu pro světlo určité vlnové délky. Za viditelné se považuje světlo vlnových délek v rozmezí 400–750 nm, což jsou právě hranice citlivosti pro čípky v lidském oku. Světlo o delších vlnových délkách (do 1mm) se nazývá infračervené (IR) záření. To mohou vnímat například někteří plazi [1]. Na Zemi dopadá i záření kratších vlnových délek, přičemž většina záření do 320 nm je pohlcena atmosférou. Tento typ záření se nazývá ultrafialovým (UV) světlem a je nesporné, že někteří živočišné jsou k němu výrazně citliví, popřípadě jej mohou využívat jako specifický komunikační kanál. Schopnost vidět v ultrafialovém světle je umožněna

---

\* Tento text vznikl za podpory projektu GAČR P505-11-1459 (Faktory ovlivňující variabilitu v reakcích predátorů na aposematickou kořist).

posunutím citlivosti očních pigmentů ke kratším vlnovým délkám, u některých živočichů popřípadě přítomností dalšího typu čípku, který umožňuje větší rozsah vnímaného spektra. Tento případ pozorujeme například u mnohých ptáků [2] a ryb [3], kteří disponují čtyřmi očními čípky (člověk má tři typy – modrý, zelený a červený; u hmyzu nacházíme dva, tři i více různých typů). Mezi živočichy, kteří jsou k ultrafialovému záření citliví a mohou jej využívat ve vzájemné komunikaci, patří mnohé skupiny bezobratlých [4], zejména motýli [5], brouci [6] a pavouci [7]. Z obratlovců jsou to již zmínění ptáci, některé ryby a plazi. Signalizace v krátkovlnném spektru obvykle probíhá pomocí zvláštních struktur na povrchu těla, které na rozdíl od běžných barevných pigmentů dopadající UV záření odrážejí. Pro tento jev se užívá pojmenování „UV-reflektance“. Odražené ultrafialové světlo je díky svým vlastnostem výraznější a pronikavější než okolní plochy, a vytváří tak často výrazný kontrast. UV-reflektance nabývá velkého významu v pohlavním výběru, vyhledávání potravy i dalších evolučně-ekologických fenoménech. Nezapomínejme ani na rostliny a jejich ultrafialové květní vzorce, které slouží k lákání opylovačů. Zde se komunikace projevuje až na úrovni živočich-rostlina.

Následující text není vyčerpávající popis historie tohoto oboru, ale pouze výběr těch nejdůležitějších osobností a událostí, které určovaly směr jeho vývoje. Nejprve se zaměřím na dva nejvýznamnější badatele a v podstatě zakladatele výzkumu o působení ultrafialového záření v živé přírodě; Johna Lubbocka a Franka Eugena Lutze. Od padesátých let minulého století se v této oblasti angažuje stále více badatelů, proto v závěrečné kapitole už jen představím výčet nejvýznamnějších objevů a osobností.

## **Sir John Lubbock – první zprávy o ultrafialovém světle**

Prvním, kdo poukázal na citlivost živočichů na ultrafialové světlo a experimentálně ji ověřil, byl anglický bankéř, politik, přírodovědec a dobrý přítel Charlese Darwina; Sir John Lubbock, známý také jako Lord Avebury (1834–1913). Tento dnes už pozapomenutý polyhistor, přezdívaný Leonardo da Vinci viktoriánské Anglie, pocházel z rodiny s dlouholetou bankéřskou tradicí. Nejprve studoval na soukromé škole a v jedenácti letech přešel na proslulou Eton College. Po jejím absolvování nastoupil ještě před svými patnáctými narozeninami jako společník do banky svého otce a už o několik let později se začal sám starat o obchodní záležitosti. Mimo práci v bance se zajímal i o mnohé další obory; aby si doplnil chybějící znalosti a zároveň stíhal veškeré povinnosti, rozdělil si den dle přesně naplánovaného, sedmnácti a půl hodinového harmonogramu. Každé ráno začínal s matematikou, s níž mu pomáhal jeho otec (dle Lubbocka „matematický

genius“), a končil mezi jedenáctou a půlnocí lekcí německého jazyka. Jako správný Angličan si nezapomínal vyhradit čas na whist.

Už od dob studií silně tíhnul k přírodním vědám a ve dvaadvaceti letech uveřejnil první přírodovědnou práci: spis o rozmnožování perlooček. Díky této publikaci byl o dva roky později, tedy roku 1858, přijat do Royal Society. Později se začal aktivně angažovat i v politice a v roce 1871 se stal členem Liberální strany. Aktivně se zajímal o tehdejší vývoj ve společnosti.

John Lubbock měl velmi pestrou paletu zájmů a za svůj život napsal vskutku nezanedbatelné množství knih. Hlavními tématy jeho děl byly botanika, zoologie, geologie, ekonomie a numismatika. Napsal i několik příruček, jak dosáhnout štěstí, míru či jak prožít spokojený život, například *Pleasures of Life* (v roce 1897 vyšlo i v českém překladu jako *Radosti života* v nakladatelství J. R. Vilímek v Praze, v následujících letech pak ještě několikrát).

Nebyl ale pouze teoretikem. Kladl velký důraz na experimentální ověřování svých hypotéz a vyvinul některé z metod, které byly využívány v dalším rozvoji biologie. Mnohé z jeho výsledků byly zapomenuty a znovu objeveny až v první polovině dvacátého století. To se týká například způsobů testování barevného vidění u včel, které později znovuobjevil Karl von Frisch. Byl také zřejmě prvním badatelem, který využil bludiště ke studiu schopnosti učit se. Rovněž je autorem pojmů paleolit a neolit, které se dodnes používají v archeologii. Krom svých četných zájmů byl členem mnoha učených společností a téměř pětadvaceti z nich předsedal.

Pro téma citlivosti živočichů k ultrafialovému světlu je podstatná obzvláště jedna z jeho knih. Je jí spis nazvaný *Ants, Bees and Wasps: A Record of Observations on the Habits of the Social Hymenoptera*, který původně (od roku 1876) vycházel ve formě jednotlivých článků a v roce 1882 vyšel knižně. V následujících letech se dočkal několika dalších vydání, ostatně jako většina Lubbockových knih.

Hned [8] v úvodu Lubbock upozorňuje, že podklady pro napsání této práce systematicky shromažďoval téměř deset let – na rozdíl od svých předchůdců, kteří sbírali jen povrchní informace během několikaměsíčního pozorování a jejichž výstupy byly vesměs sbírky historek. Zdaleka největší prostor je v textu věnován mravencům; z jedenácti kapitol jim patří hned devět. První kapitoly nás provářejí světem mravenců a jejich vztahy s rostlinami, živočichy a ostatními mravenci i člověkem. Další se pak zaměřují na jejich chování. Lubbock se v nich snaží zodpovědět otázku, zda mravenci zapadají do dobových definic, podle kterých by všechny společnosti měly mít základy morálky. Hledá náznaky emocí, jako je přátelství, soucit či hněv. Odtud se již dostává ke smyslům a na první místo klade zrak. Pomocí elektrického i chemického světla zkoumá citlivost k různým vlnovým délkám a v obou případech dochází ke stejným závěrům: mravenci jsou schopni rozpoznávat dopadající světlo a vykazují zvýšenou citlivost ke světlu

ultrafialovému. Své pokusy Lubbock obvykle prováděl s kuklami mravenců. V případě, že jednu část hnízda nasvítí, dospělci přemístili kukly do části neosvětlené. V dalších pokusech hnízda osvětloval pomocí světla různých vlnových délek a v různých barevných kombinacích. Pravidlem bylo, že z místa, kde bylo hnízdo osvětleno ultrafialovým světlem, dospělci kukly vždy odnesli, a to obvykle do červeného konce, respektive k vyšším délkám vlnového spektra. Celkem Lubbock uskutečnil jedenáct pokusů a všechny měly podobný výsledek. Jasně tak dokázal zvýšenou citlivost mravenců k ultrafialovému světlu.

Dále Lubbock ověřoval i jiné smysly, např. čich a sluch. K myšlence, že mravenci slyší, ho přivedlo vyprávění Francise Galtona o člověku, jenž v Africe pozoroval dvě dívky, které u vchodu do mraveniště hrály na píšťaly a chytaly neopatrné mravence, kteří, zlákáni hudbou, vylezli z hnízda. K tomu, že mravenci mají sluch, se Lubbock přikláněl i na základě zvláštních struktur na jejich tykadlech. Avšak i přes veškerou snahu (hrál jim na různé hudební nástroje, křičel na ně) se mu sluch u mravenců prokázat nepodařilo. Podobně byly koncipovány i pokusy zaměřené na včely a vosy. U nich Lubbock potvrdil velmi dobře vyvinutý čich, snažil se prokázat i sluch, ale opět neúspěšně. V souvislosti se zrakem zmínil vliv hmyzu na opylování rostlin a předpokládal, že včely zřejmě vidí barevně. Provedl mnoho pokusů a určil, které barvy jsou pro včely nejatraktivnější, respektive které jsou atraktivnější oproti jiným. I vosy zřejmě vidí barevně, ale neřídí se podle barev tak striktně jako včely. Jako zajímavost ze svých pozorování Lubbock doplnil i to, že voska je schopna pracovat celý den bez jakéhokoliv odpočinku. Vnímavosti živočichů k ultrafialovému světlu se věnoval ještě v několika dalších knihách a článcích, ale už zdaleka ne v takové míře jako v uvedené knize. Jedním z živočichů, u kterého dokládal obdobnou citlivost k UV jako u mravenců, je *Daphnia* (hrotnatka) [9].

John Lubbock byl vědecky i popularizačně velmi produktivní až do konce svého života. Zemřel v květnu roku 1913 ve věku sedmdesáti devíti let. Už rok po jeho smrti byl vydán dvousvazkový, téměř sedmisetstránkový životopis, který podrobně líčí jeho život i kariéru a obsahuje i autobiografické pasáže [10]. Zůstává však otázkou, jak mohlo být jeho dílo po prvním světové válce z velké části zapomenuto a proč dnes jméno John Lubbock zná jen málokdo; jméno člověka, který byl blízkým přítelem Charlese Darwina a který byl spolu s T. H. Huxleym jedním z velkých propagátorů evoluce. Výstižný název nese článek, který byl o Lubbockově životě napsán koncem padesátých let minulého století – *The Forgotten Man: Sir John Lubbock* [11]. Možná se ale blýská na lepší časy; v roce 2009 vyšla stručná kniha Michaela Thompsona *Darwin's Pupil: The Place of Sir John Lubbock, Lord Avebury, 1834–1913, in late Victorian and Edwardian England* [12].

## Frank Eugene Lutz – první systematický výzkum

Téměř padesát let od prvního vydání knihy Johna Lubbocka, kde je poprvé věnována pozornost vlivu ultrafialového světla na některé organismy, přichází na pole výzkumu ultrafialového záření badatel, jenž posunul výzkum tohoto fenoménu o významný kus vpřed. Byl jím význačný americký entomolog Frank Eugene Lutz, narozený roku 1879 ve městě Bloomsburg v Pensylvánii. O jeho mládí toho moc nevíme. V roce 1900 promoval na univerzitě v Haverfordu, o dva roky později získal magisterský a v roce 1907 doktorský titul na univerzitě v Chicagu. V roce 1902 se vydal do Anglie, kde studoval pod vedením Karla Pearsona, který ho přivedl k zájmu o genetiku. V té době byl Lutz jedním z prvních, kdo se zabývali genetickou variabilitou octomilky (*Drosophila melanogaster*). Po návratu do Ameriky v roce 1904 působil na praxi na Station for Experimental Evolution při Carnegie Institution v Cold Spring Harbor, N. Y., kde pokračoval ve výzkumu dědičnosti u octomilky, a značně přispěl k tomu, že se později stala jedním z nejdůležitějších modelových druhů moderní biologie. Dva roky po získání doktorského titulu začal v roce 1909 pracovat v American Museum of Natural History jako preparátor, později jako asistent a v roce 1921 se stal kurátorem. Pod jeho kuratelou zde vznikla jedna z nejvýznamnějších sbírek hmyzu a pavouků na světě, jež čítala na dva miliony druhů [13].

Během jeho angažmá v American Museum of Natural History se jeho hlavní zájem přesunul od obecných principů genetiky k výzkumu hmyzu, a to i přesto, že v tomto oboru neměl žádné zvláštní vzdělání. Psal popularizační i odborné články, leckdy od hmyzu zabloudil i ke vzdálenějším tématům; příkladem může být jeho článek o historii objevování Antarktidy. Hlavními náměty Lutzových prací je rozšíření různých druhů hmyzu a pavouků, migrace, vliv environmentálních faktorů na výskyt či různé obecnější otázky, jako například mimikry. V roce 1918 vydal Lutz důležitou publikaci, která ho dostala do všeobecného povědomí. Kniha *Field Book of Insects* [14], která je součástí série „Field Book“, má být dle autorových slov oficiální odpovědí na všemožné otázky laické veřejnosti typu „K čemu je můra?“ či „Proč existují štěnice?“. O významu ultrafialových kreseb či světla se zde ještě nedočteme; tato problematika se v Lutzových pracích objevuje až od dvacátých let. Jeden z jeho nejdůležitějších počínů na dané téma vyšel v ročence newyorské Akademie věd z dubna 1924, kde Lutz publikoval svou práci zaměřenou na barvy květů a zraku hmyzu s důrazem na citlivost k UV [15]. Tento článek mu vynesl Cressy Morrison Prize za rok 1923.

V první části publikace se Lutz zabývá především souvislostmi mezi barvou květu a jeho schopností reflektovat v různých vlnových délkách. Hlavní metodickou pomůckou je mu využití různých barevných filtrů a fotografie, respektive zaznamenávání studovaných vzorů pomocí tzv. dírkové komory (*pinhole camera*).

Lutz došel ke zjištění, že mnoho červených, modrých a většina žlutých květů reflektuje v ultrafialovém spektru, zatímco bílé květy v ultrafialové oblasti obvykle nereflakují. Lutz připomněl a citoval práci německého botanika Paula Knutha (1854–1900) z roku 1898, respektive její anglický překlad z roku 1906 [16]; autor zde upozornil na fakt, že mnoho druhů opylujícího hmyzu vidí i barvy, které jsou pro člověka neviditelné. Lutz samozřejmě připustil, že mnoho opylovačů vidí svět poněkud jinak než člověk, otázkou ovšem zůstává, jakým způsobem. Primární je otázka, jestli hmyz vidí barevně. Lutz se na základě prací Karla von Frische domníval, že ano, i když pravděpodobně nevidí odstíny červené a část zeleného spektra. Tvrzení Frischova oponenta Karla von Hesse, ředitele mnichovské oční kliniky, že hmyz je barvoslepý a rozeznává pouze odstíny šedé, Lutz sice nevyvracel, ale nepřikládal jim takovou váhu jako závěrům Frischovým. Pokud tedy hmyz vidí barevně, je schopen rozeznat i barvu ultrafialovou? Lutz připomněl experimenty s larvami a kuklami mravenců, které prováděl John Lubbock téměř o padesát let dříve. Vyjádřil určitou pochybnost nad jeho interpretací výsledků, že UV mravence přímo dráždí. Pravděpodobnější dle něj je, že mravencům, kteří mají sklon své kukly udržovat v temnu, se ultrafialové paprsky jeví jasnější než světlo delších vlnových délek, proto se mu vyhýbají. A pokud mravenci vnímají UV záření, je pravděpodobné, že jejich blízcí příbuzní, např. včely, tuto schopnost také mají. Hmyz s pozitivní fototaxí (vábení ke světlu) by potom měl být k ultrafialovému světlu přitahován, což by mohlo souviset s opylováním květů a jejich UV-reflektantními vzory. Tuto eventualitu testoval Frank Lutz spolu s fyzikem Floydem Richtmyerem na druhu *Drosophila melanogaster* (octomilka). Z krátké zprávy, kterou publikovali roku 1922 v časopise *Science* [17], je zcela zřejmé, že octomilka je k ultrafialovému světlu citlivá, respektive je k němu velmi silně přitahována.

Ohledně vnímavosti hmyzu k ultrafialové části spektra Lutz připomněl krom klasické práce Johna Lubbocka i další badatele, kteří se daného tématu dotkli. V jedné takové studii z roku 1906 autoři dokládají citlivost k ultrafialovému světlu u larev motýla *Danaus plexippus* (Monarcha stěhovavý) [18].

Další práce zabývající se významem UV záření publikoval Lutz až v první polovině 30. let [19, 20]. Experimenty, které prováděl na zástupcích blanokřídlých, se orientovaly na schopnost rozlišovat UV-reflektující vzory od nereflakujících či rozpoznávat tvary v laboratorním i přirozeném prostředí. Výsledky napovídají, že včely jsou schopné rozeznávat vzory reflektující v ultrafialovém spektru, a to i v přirozeném prostředí. To odpovídá teorii UV-reflektujících květních vzorů jako signálu pro opylovače.

V následujících letech publikoval Lutz ještě mnoho článků na různá témata týkající se hmyzu a v roce 1941 vydal svou poslední knihu s názvem „A Lot of Insects“ [21]. Ta je důstojným závěrem jeho kariéry. Lehce srozumitelným



stylem přináší čtenáři různé poutavé pohledy na „hmyzí svět“ a nepostrádá ani Lutzův osobitý humor.

Frank Eugene Lutz byl členem New York Academy of Sciences, American Association for the Advancement of Science a mnoha dalších známějších i méně známých společností. V druhé polovině třicátých let přednášel na Kolumbijské univerzitě v New Yorku. Jeho dílo se stalo významným příspěvkem pro entomologii a byl bez nadsázky jedním z velikánů americké přírodovědy dvacátého století. Zemřel 27. listopadu roku 1943 [22].

## **Pokračovatelé – další vývoj bádání o ultrafialovém světě**

Zájem o odhalování ultrafialového světa začal od padesátých let minulého století nabývat na intenzitě. S přibývajícím poznáním se zvětšoval i okruh studovaných problémů. Mnohdy již nebyla otázkou jen citlivost k ultrafialovému světlu, ale i možnosti jeho konkrétního využití jako prostředku signalizace.

Hlavní zájem se soustředil na studium vztahu UV záření a motýlů. První předzvěstí, že se na křídlech některých druhů mohou nacházet struktury vykazující v ultrafialovém světle silný jas, jsou práce z počátku dvacátých let minulého století [23, 24]. Poté ale téma na dlouhou dobu zapadlo. Další práce, které se zabývaly významem ultrafialového světla a přítomností UV-reflektivních struktur na křídlech motýlů, vznikly až o třicet let později [25]. Jejich autorem je sovětský biolog G. A. Mazochin-Poršnjakov, který k vizualizaci ultrafialových kreseb motýlů použil jako vůbec první fotografii. Jeho práce byly ovšem publikovány v ruštině; v anglicky psaných periodikách bylo uveřejněno pouze jejich shrnutí. Signalizaci v ultrafialovém světle studoval od šedesátých let i ukrajinský entomolog Jurij P. Někrutěnko (1936–2010), který v té době publikoval několik významných prací o UV-reflektantních strukturách motýlích křídel, se zvláštním zřetelem k rodu *Gonepteryx* [26, 27]. Od šedesátých let se studium motýlích UV-kreseb značně rozvinulo i v Japonsku, kde probíhá dosud. Významná myšlenková těžiště výzkumu UV-reflektance jsou dnes především v USA (např. Ronald L. Rutowski, Darrell J. Kemp), ve Velké Británii a Finsku. Ovšem s rozvojem výzkumu motýlích křídel vzrostl také zájem o zrak jejich hlavních predátorů, tj. ptáků. Jak už bylo zmíněno v úvodu, i někteří ptáci jsou vnímaví ke světlu v ultrafialové části spektra. Odražené ultrafialové světlo bývá velmi jasné a často vytváří s okolím výrazný kontrast. UV-vzor na motýlím křídle by tak mohl predátora snadno upozornit na kořist. Bylo by s podivem, kdyby se takto nepříznivý znak v přírodě udržel. Vysvětlením může být, že světlo kratších vlnových délek se v prostředí rozptyluje rychleji než záření dlouhovlnné. UV-kresba proto nemusí být na delší vzdálenosti vůbec viditelná či jen velmi slabě. UV-reflektance

proto tak pravděpodobně funguje především jako signál na krátkou vzdálenost, například jako sekundární pohlavní znak.

Rovněž u ptáků UV-reflektantní vzory často souvisí s pohlavním výběrem a dalšími ekologickými faktory, například s vyhledáváním či rozeznáváním nejvyšší kvality potravy. Již v padesátých letech se začaly objevovat práce zabývající se rozsahem světelného spektra viditelného ptáky. První studie, která experimentálně prokázala citlivost druhu *Columba livia* (holub domácí) k ultrafialovému světlu, vznikla v roce 1972 [28]. Téměř současně byla citlivost k UV záření prokázána i u druhu *Colibri serrirostris* (kolibřík) [29]. Později byla senzitivita k ultrafialovému světlu studována velmi intenzivně a zjištěna u mnoha dalších druhů ptáků, dokonce i u tučňáků [30]. V roce 1972 vznikla také práce, která poprvé potvrdila citlivost k ultrafialovému světlu mezi obojživelníky, konkrétně u druhu *Bufo bufo* (ropucha obecná) [31], a v druhé polovině sedmdesátých let vznikla i obsáhlá studie o UV-reflektujících kresbách u brouků [32].

Jedním z předních badatelů, který se v sedmdesátých letech věnoval významu ultrafialového světla pro organismy, byl americký entomolog Robert Elliot Silberglied. Narodil se roku 1946 v Brooklynu, v New Yorku. Už od školních let velmi tíhnul k přírodovědě a obzvláště k entomologii. V roce 1967 promoval na Cornellově univerzitě a o šest let později, tj. v roce 1973, získal doktorský titul na Harvardu, kde následně působil jako odborný asistent a později jako docent na katedře biologie. Zároveň pracoval jako kurátor v entomologickém oddělení Museum of Comparative Zoology při Harvardově univerzitě. V roce 1976 se stal členem Smithsonian Tropical Research Institute v Panamě, kde v dalších letech trávil vždy přibližně šest měsíců ročně a od července 1981, kdy opustil Harvard, většinu svého času. Od roku 1968 byl také členem a později předsedou entomologické společnosti *Psyche* a také členem redakční rady stejnojmenného časopisu. Jeho odborný zájem se soustředil na hmyz a zvláště na motýly. V druhé polovině sedmdesátých let se začal zabývat souvislostí mezi jejich zbarvením, obzvláště UV-reflektantními kresbami na křídlech, a pohlavním výběrem [33]. V roce 1979 publikoval rozsáhlou práci *Communication in the Ultraviolet* [34]. V té podává souhrn dosavadního poznání o „ultrafialovém světě“. Začíná od prvních pokusů Johna Lubbocka, pokračuje UV-kresbami na květech rostlin, významem ultrafialového světla pro hmyz a popisem struktur, které UV světlo reflektují. Práci uzavřel nejnovějšími objevy týkajícími se obratlovců a jejich citlivosti k ultrafialovému záření. Budoucnost Robertu Silbergliedovi prorokovala úspěšnou entomologickou kariéru, jeho život bohužel ukončila dne 13. ledna 1982 tragická letecká havárie. Zemřel ve věku třiceti pěti let [35].

Výzkum působení ultrafialového světla na živou přírodu však nezadržitelně pokračoval. Mimo bouřlivý rozvoj výzkumu motýlů a ptáků byly objeveny další skupiny bezobratlých i obratlovců, které jsou citlivé k ultrafialovému záření.



Z bezobratlých jsou to například pavouci čeledi *Thomisidae* (běžníkovití) [36]; i oni mají na těle vzory reflektující v ultrafialovém světle, které jim jsou nápomocny při lovu. Z obratlovců využívají UV-reflektantní vzory v komunikaci i ryby [37] či plazi [38]. Ale i živočichové, kteří v ultrafialové části spektra nesignalizují, k němu mohou být citliví, například již výše zmínění obojživelníci. Také mezi savci lze najít druhy, které mohou vidět vlnové délky pod 400 nm. Tato vlastnost je sice zřejmě poměrně vzácná, ale je experimentálně prokázáno, že některé druhy hlodavců, zejména těch s největší aktivitou za soumraku, jsou k ultrafialovému světlu citlivé [39].

Výzkum signalizace a vůbec citlivosti rostlin i živočichů k ultrafialovému záření nabírá v posledních letech na významu i intenzitě. Jistě je před námi ještě mnoho objevů „neviditelného světa“ a dost možná i přehodnocení mnohých teorií, které souvisejí s pohlavním výběrem i dalšími evolučně ekologickými problémy. To ale ukáže až budoucnost.

## Literatura

- [1] L. CAMPBELL, R. R. NAIK, L. SOWARDS and M. O. STONE. Biological infrared imaging and sensing. *Micron*, 33, 2002, s. 211–225.
- [2] M. VOROBYEV, D. OSORIO, A. T. D. BENNETT, N. J. MARSHALL and I. C. CUTHILL. Tetrachromacy, oil droplets and bird plumage colours. *Journal of Comparative Physiology A*, 183, 1998, 621–633.
- [3] G. S. LOSEY, T.W. CRONIN, T. H. GOLDSMITH, D. HYDE, N. J. MARSHALL and W. N. McFARLAND. *The UV visual world of fishes: a review. Journal of Fish Biology*, 54, 1999, s. 921–943.
- [4] P. PECHÁČEK, D. STELLA, K. KLEISNER. Ultrafialový svět bezobratlých. *Živa*, 60, 2012, s. 25–28.
- [5] C. F. A. BRUNTON and M. E. N. MAJERUS. Ultraviolet colours in butterflies: intra- or interspecific communication? *Proceedings of the Royal Society B*, 260, 1995, s. 199–204.
- [6] R. D. POPE and H. E. HINTON. A preliminary survey of ultraviolet reflectance in beetles. *Biological Journal of the Linnean Society*, 9, 1977, s. 331–348.
- [7] M. HEILING, M. E. HERBERSTEIN and L. CHITTKA. Crab spiders manipulate flower signals. *Nature*, 421, 2003, s. 334.
- [8] V následujících řádcích vycházím z vydání z roku 1882. John LUBBOCK. *Ants, Bees and Wasps: A Record of Observations on the Habits of the Social Hymenoptera*. New York, D. Appleton & Co., 1882, 448 s. + 5 obr. tab.
- [9] J. LUBBOCK. On the Sense of Color among Some of the Lower Animals. Part. I. *Journal of the Linnean Society (Zool.)*, 16, 1882, s. 121–127.

- [10] Horace G. HUTCHINSON. *Life of Sir John Lubbock. Lord Avebury*. London, MacMillan and Co., 1914, 672 s. (V roce 2010 vyšel reprint v nakladatelství Nabu Press.)
- [11] R. J. PUMPHREY. The Forgotten Man: Sir John Lubbock, F. R. S. *Notes and Records of the Royal Society of London*, 13, 1959, s. 49–58.
- [12] Michael THOMPSON. *Darwin's Pupil: The Place of Sir John Lubbock, Lord Avebury, 1834–1913, in late Victorian and Edwardian England*. Melrose Books (UK), 2009, 148 s. ISBN 978-1906561444
- [13] E. EMERSON. Obituary – Frank Eugene Lutz. *Science*, 99, 1944, s. 234–235.
- [14] F. E. LUTZ. *Field Book of Insects*. New York, G. P. Putnam's Sons, 1918, 509 s.
- [15] F. E. LUTZ. Apparently non selective characters and combinations of characters, including a study of ultraviolet in relation to the flower-visiting habits of insects. *Annals New York Academy of Sciences*, 29, 1924, s. 181–283.
- [16] P. KNUTH. *Handbook of flower pollination based upon Hermann Müller's work ,The fertilisation of flowers by insects'. (Volume I)*. Oxford, Clarendon Press, 1906, 382 s.
- [17] F. E. LUTZ and F. K. RICHTMYER. The Reaction of *Drosophila* to Ultraviolet. *Science*, 55, 1922, s. 519.
- [18] G. MAYER, C. G. SOULE. Some reactions of caterpillars and moths. *Journal of Experimental Zoology*, 3, 1906, s. 415–433.
- [19] F. E. LUTZ. Experiments with “stingless bees” (*Trigona cressoni parastigma*) concerning their ability to distinguish ultraviolet patterns. *American Museum novitates*, 641, 1933, s. 1–26.
- [20] F. E. LUTZ. The “buckwheat problem“ and the behavior of the honey-bee. *American Museum novitates*, 688, 1934, s. 1–10.
- [21] F. E. LUTZ. *A Lot of Insects; Entomology in a Suburban Gardens*. New York, G. P. Putnam's sons, 1941, 304 s.
- [22] H. B. WEISS and A. L. BACON. Frank Eugene Lutz 1879–1943. *Journal of the New York Entomological Society*, 52, 1944, s. 62–67, 69–73.
- [23] J. C. MOTTRAM and E. A. COCKAYNE. Fluorescence in Lepidoptera. *Proceedings of the Entomological Society of London*, 1920, s. 36–39.
- [24] E. A. COCKAYNE. The distribution of florescent pigments in Lepidoptera. *Transactions of the Royal Entomological Society of London*, 72, 1924, s. 1–19.
- [25] G. A. MAZOKHIN-PORSHNYAKOV. Reflecting properties of butterfly wings and role of ultraviolet rays in the vision of insects (translation). *Biophysics*, 2, 1957, s. 352–362.
- [26] Y. P. NEKRUTENKO. “Gynandromorphic effect“ and the optical nature of hidden wingpattern in *Gonepteryx rhamni* L. (Lepidoptera, Pieridae). *Nature*, 205, 1965, s. 417–418.

- [27] Y. P. NEKRUTENKO. Three cases of gynandromorphism in *Gonepteryx*. *Journal of Research on the Lepidoptera*, 4, 1965, s. 103–108.
- [28] WRIGHT. The influence of ultraviolet radiation on the pigeon's color discrimination. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 17, 1972, s. 325–337.
- [29] H. H. HUTH and D. BURKHARDT. Der spektrale Sehbereich eines Violetta Kolibris. *Naturwissenschaften*, 59, 1972, s. 650.
- [30] P. JOUVENTIN, P. M. NOLAN, J. ORNBORG and F. S. DOBSON. Ultraviolet beak spots in King and Emperor penguins. *Condor*, 107, 2005, s. 144–150.
- [31] M. DIEZ. Erdkröten können UV-Licht sehen. *Naturwissenschaften*, 59, 1972, s. 316.
- [32] R. D. POPE and H. E. HINTON. A preliminary survey of ultraviolet reflectance in beetles. *Biological Journal of the Linnean Society*, 9, 1977, s. 331–348 (citováno výše, viz 6).
- [33] R. E. SILBERGLIED and O. R. TAYLOR Jr. Ultraviolet reflection and its behavioral role in the courtship of the sulphur butterflies *Colias eurytheme* and *C. philodice* (Lepidoptera, Pieridae). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 3, 1978, s. 203–243.
- [34] R. E. SILBERGLIED. Communication in the ultraviolet. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 10, 1979, s. 373–398.
- [35] Frank M. CARPENTER. Dedication: Robert E. Silberglied. *Psyche*, 88, 1981, s. 197–198.
- [36] M. HEILING, M. E. HERBERSTEIN and L. CHITTKA. Crab spiders manipulate flower signals. *Nature*, 421, 2003, s. 334 (citováno výše, cit. 7).
- [37] G. S. LOSEY, T. W. CRONIN, T. H. GOLDSMITH, D. HYDE, N. J. MARSHALL and W. N. McFARLAND. The UV visual world of fishes: a review. *Journal of Fish Biology*, 54, 1999, s. 921–943 (citováno výše, viz 3).
- [38] M. STOEHR and K. J. MCGRAW. Ultraviolet reflectance of color patches in male *Sceloporus undulatus* and *Anolis carolinensis*. *Journal of Herpetology*, 35, 2001, s. 168–171.
- [39] M. J. TOVEE. Ultra-violet photoreceptors in the animal kingdom: their distribution and function. *Trends in Ecology & Evolution*, 10, 1995, s. 455–459.

## Summary

The importance of ultraviolet light in biology is currently being rediscovered; many animals are sensitive to UV radiation and use it as a communication tool, and petals of many flowers have patterns which are visible only under UV light.

The following article describes the history of the research into UV radiation and deals mainly with the first two pioneers of the field; Sir John Lubbock, known also as Lord Avebury (1834–1913), an English banker, politician, friend of Charles Darwin and biologist who was the first one to have verified the sensitivity of ants and several other species of insect to UV rays; and Frank Eugene Lutz (1879–1943), an American entomologist who studied UV-reflectant patterns on the petals of flowers and sensitivity of their pollinators to UV light. The last section of the text lists the most important discoveries concerning UV radiation and introduces Robert L. Silberglied (1946–1982), another distinguished American entomologist.

Author's address:  
Katedra filosofie a dějin přírodních věd PřF UK  
Viničná 7, 128 44 Praha 2  
E-mail: pavel.pechacek@gmail.com

## RECENZE

**Ivo Cerman: Šlechtická kultura v 18. století. Filozofové, mystici, politici.** Praha, Lidové noviny, 2011, 761 s.  
ISBN 978-80-7422-122-4

Obsáhlá práce je věnovaná kulturním aktivitám naší šlechty v 18. století, zahrnuje i vědecké aktivity a všímá si hlavně recepce dobových kulturních proudů (zejména osvícenství). Cermanova kniha v mnohém svým zaměřením i strukturou upomíná na známou práci J. Kroupy *Alchymie štěstí* (1987), která si ovšem nevšímala jen šlechtických kruhů, nicméně užší intence umožnila provést Cermanovi hlubší vhledy a podrobnější analýzu děl a aktivit traktovaných šlechtických aktérů a autorů.

Pro informaci o tom, co ve své knize autor vlastně zpracovával, uvedme strukturu jeho díla. Úvod (s. 5–18) obecně nastiňuje tematiku osvícenství a šlechtické kultury. První část (s. 19–67), nazvaná „Mezi mýtem a kritikou“, se zabývá zejména soudobou produkcí historiků reflektujících problémy národa, společnosti