

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra botaniky



**Fylogenetická pozice a diverzita rodu *Dima*
(Elateridae: Dendrometrinae: Dimini)**

Diplomová práce

Bc. Eliška Šormová

N1501

Učitelství geografie a biologie pro střední školy

Prezenční studium

Vedoucí práce: RNDr. Robin Kundera, Ph.D.

Olomouc 2019

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně, pouze s použitím uvedené literatury a pod vedením školitele.

V Olomouci dne

Eliška Šormová

Poděkování

Ráda bych tímto poděkovala vedoucímu své diplomové práce RNDr. Robinu Kunderatovi, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady při tvorbě práce, poskytnutí studijní literatury a zapůjčení potřebného materiálu. Poděkování rovněž patří Josefu Mertlíkovi a Václavu Dušánkovi za poskytnutí fotografií z webu www.elateridae.com. Tato diplomová práce vznikla s podporou následujících grantů IGA PřF UPOL: IGA_PrF_2018_026 (hl. řešitel: dr. Kunderata) a IGA_PrF_2019_024 (hl. řešitel: dr. Veselý).

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Eliška Šormová

Název práce: Fylogenetická pozice a diverzita rodu *Dima* (Elateridae: Dendrometrinae: Dimini)

Typ práce: Diplomová práce

Pracoviště: Katedra zoologie PřF UP

Vedoucí práce: RNDr. Robin Kunderata, Ph.D

Rok obhajoby práce: 2019

Abstrakt: Dimini dnes čítají 12 rodů, které zahrnují přibližně 300 popsáných druhů. Vztahy mezi jednotlivými rody dosud nebyly testovány. V rámci této diplomové práce jsem vytvořila první rozsáhlejší fylogenetickou analýzu tribu Dimini (Elateridae: Dendrometrinae), přičemž jsem se zabývala především postavením rodu *Dima* Charpentier, 1825 v rámci Elateridae a vztahy mezi jednotlivými liniemi uvnitř tribu Dimini. Pro zkoumání fylogenetických vztahů jednotlivých linií jsem použila dva fragmenty mitochondriálního genu *cox1* pro 10 zástupců Dimini a analyzovala je metodou maximální pravděpodobnosti. Výsledky analýzy ukazují, že rod *Dima* není monofyletický a druhově bohaté rody *Dima* a *Penia* Laporte, 1838 je třeba redefinovat. V práci jsem se dále zabývala hlavními diagnostickými charakteristikami morfologicky podobných rodů *Dima*, *Neodima* Schimmel & Platia, 1992 a *Sinodima* Kunderata, Šormová & Qiu, 2019.

Klíčová slova: fylogeneze, diverzita, Dimini, *Dima*

Počet stran: 48

Počet příloh: 1

Jazyk: Čeština

Bibliographical identification

Author`s first name and surname: Eliška Šormová

Title: Phylogenetic position and diversity of the genus *Dima* (Elateridae: Dendrometrinae: Dimini)

Type of thesis: diploma thesis

Department: Department of Zoology

Supervisor: RNDr. Robin Kunderata, PhD.

The year of presentation: 2019

Abstract: Dimini currently contains 12 genera that include about 300 described species. Relationships between genera have not been tested yet. In this diploma thesis I provided the first molecular phylogenetic analysis of the tribe Dimini (Elateridae: Dendrometrinae), focused mainly on the position of genus *Dima* Charpentier, 1825 and the relationships between the individual Dimini lineages. To examine the phylogenetic relationships within Dimini, I used two fragments of the mitochondrial gene *cox1* for 10 representatives of Dimini and analyzed them using the maximum likelihood method. Results of the analysis suggest that the genus *Dima* is not monophyletic and the species-rich genera *Dima* and *Penia* Laporte, 1838 need to be redefined. In this study, I also studied the main diagnostic characteristics of the morphologically similar genera *Dima*, *Neodima* Schimmel & Platia, 1992 and *Sinodima* Kunderata, Šormová & Qiu, 2019.

Keywords: phylogeny, diversity, Dimini, *Dima*

Number of pages: 48

Number of appendices: 1

Language: Czech

Obsah

1	Úvod a cíle práce	7
2	Teoretická část	9
3	Materiál a metody	13
4	Výsledky	17
4.1	Taxonomické zařazení	17
4.2	Fylogenetická analýza	17
4.2.1	Popis datového souboru	17
4.2.2	Popis výsledných fylogenetických stromů	18
4.3	Morfologie rodu <i>Dima</i> a příbuzných rodů	24
4.3.1	<i>Neodima</i> Schimmel & Platia, 1992	24
4.3.2	<i>Sinodima</i> Kunderata, Šormová & Qiu, 2019	26
4.3.3	<i>Dima</i> z Himálaje	27
4.3.4	<i>Dima</i> z Iberského poloostrova	28
4.3.5	<i>Dima</i> z Číny	30
4.3.6	<i>Dima</i> z Balkánu	31
5	Didaktická analýza odborného tématu	36
6	Diskuze	38
7	Závěr	41
8	Seznam literatury	42
9	Přílohy	50

1 Úvod a cíle práce

Coleoptera (brouci) jsou druhově nejbohatší skupinou živočichů, představující téměř jednu čtvrtinu všech popsáných druhů na světě. Obývají téměř všechny terestrické ekosystémy a zaujímají skoro veškeré potravní strategie od endoparazitismu po xylofágiu (Crowson 1981, Hunt et al. 2007, McKenna et al. 2015). Současně známí brouci se řadí do téměř 180 čeledí, fosilní taxony poté zahrnují přibližně 600 druhů (Lawrence & Newton 1995, Bouchard et al. 2011, Bocák et al. 2016). Celkově řád zahrnuje přes 380 000 popsáných druhů, nicméně dle současných studií tento počet představuje pouhý zlomek jejich skutečné rozmanitosti (Erwin 1982, Oberprieler et al. 2007, Ślipiński et al. 2011). Od první přirozené klasifikace Coleoptera (Crowson 1955) bylo provedeno mnoho studií snažících se objasnit fylogenezi brouků. I u známých taxonů jsou však vztahy mezi jednotlivými skupinami málo prostudované a některé z nich nejsou již dlouho zpracované ani na alfataxonické úrovni (Beutel & Leschen 2016). Vztahy mezi jednotlivými liniemi dříve byly (a dodnes často jsou) založeny pouze na analýzách morfologických znaků. Tyto metody se již dnes využívají méně, stále však mají ve studiu vztahů jednotlivých skupin své významné místo (např. Lawrence et al. 2011). Moderní metody jsou založeny na studiu genetických markerů, ať už jde o kombinaci ribozomálních a mitochondriálních genů pro výzkum bazálních vztahů (Hunt et al. 2007, Bocák et al. 2014, McKenna et al. 2015), či o mitochondriální genomy (Timmermans et al. 2015).

Jednou z linií, která je doposud naprosto minimálně prozkoumaná, ačkoliv je díky nízké vagilitě způsobené bezkřídlostí u všech jejích druhů velmi zajímavá, je i rod *Dima* Charpentier, 1825. Právě tuto skupinu jsem se rozhodla ve své studii detailně prozkoumat. Cílem této práce je zhodnocení morfologické diverzity jednotlivých zástupců rodu *Dima* z různých zoogeografických oblastí a její případné využití pro účely klasifikace skupiny. Dalším cílem je za použití molekulárních markerů zjistit pozici skupiny v systému Elateridae a vztahy uvnitř rodu *Dima*.

Studiem tribu Dimini se zabývám dlouhodobě a na své diplomové práci jsem začala pracovat již dříve. Protože probíhal intenzivní výzkum tribu Dimini, na němž jsem se podílela, jsou již některé dílčí výsledky mé práce publikovány v mezinárodních vědeckých časopisech. Tři články vyšly ještě před odevzdáním této práce.

V rámci gymnaziálního vzdělávání spadá tematický celek Hmyz do vzdělávací oblasti Člověk a příroda a tematického okruhu Biologie živočichů (RVP 2007). Většinou bývá vyučován v druhém ročníku gymnázia. Žáci se často učí taxony z paměti bez porozumění

principům příbuznosti. Učitelé zase musí volit mezi neoblíbeným systematickým přístupem, nebo ekologickým přístupem, ke kterému se však často pojí problém nedostatku vhodného výukového materiálu. Vzhledem k většinové neoblíbenosti tohoto tématu jak u žáků, tak učitelů, je cílem mé práce návrh aktivizačních metod výuky, které by na rozdíl od klasického frontálního výkladu podpořily zájem o tuto zajímavou skupinu živočichů.

2 Teoretická část

Rod *Dima* spadá v rámci systému živočichů do řádu Coleoptera, nadčeledi Elateroidea, čeledi Elateridae (kovaříkovití), podčeledi Dendrometrinae a tribu Dimini. Nadčeleď Elateroidea patří mezi největší skupiny v rámci Coleoptera a dnes zahrnuje čeledi Armatopodidae, Brachypsectridae, Cantharidae, Cerophytidae, Elateridae, Eucnemidae, Iberobaeniidae, Lampyridae, Lycidae, Omethidae, Phengodidae, Rhagophthalmidae a Throscidae (Lawrence & Newton 1995; Kunderata & Bocák 2011; Kunderata et al. 2014, 2016; Bocák et al. 2016, 2018; Kusý et al. 2018a, b).

Elateridae jsou velmi početnou a diverzifikovanou skupinou brouků zahrnující téměř 10 000 druhů (Stibick 1979, Kunderata & Bocák 2011). Klasifikace této čeledi byla stejně jako u jiných skupin živočichů v minulosti založena převážně na studiu morfologických charakteristik (např. Crowson 1961, Gurjeva 1974, Stibick 1979), dnes je již korigována na základě moderních molekulárních metod (např. Kunderata & Bocák 2011; Oba et al. 2015; Kunderata et al. 2016, 2018b; Kusý et al. 2018a).

Charakteristickým znakem většiny zástupců čeledi Elateridae je přítomnost tzv. klikacího mechanismu, nápadného prosternálního výběžku zapadajícího do jamky mesoventritu, díky němuž se může jedinec prudce vymrštit do výšky a obrátit se v případě hrozící predace, nebo když se dostane na krovky. Tento děj je doprovázen poměrně hlasitým kliknutím, díky kterému dostali Elateridae své anglické pojmenování „click-beetles“ (Evans 1972). Larvy některých kovaříků se kvůli svému protaženému, silně sklerotizovanému, tělu nazývají drátovci. V mnoha případech představují jedny z nejvýznamnějších škůdců zemědělských plodin. Největší hrozbu představují pro pěstitele pšenice, napadají však i jiné plodiny, jako je například kukuřice, bavlna, brambory, sója atd. V obraně proti drátovcům se nejčastěji používají různé insekticidy v kombinaci se střídáním plodin (Higginbotham et al. 2014, Milosavljević et al. 2016, Zhang et al. 2017).

Dimini Candèze, 1863 je poměrně malá skupina kovaříkovitých, která je v současnosti považována za tribus v rámci podčeledi Dendrometrinae Gistel, 1848 (Costa et al. 2010; Kunderata et al. 2016, 2018). V minulosti byla tato skupina považována také za subtribus Dimina (Dendrometrinae: Dendrometrini; např. Stibick 1979) či za podčeleď Diminae (např. Gurjeva 1974, Schimmel 1996). Dimini aktuálně zahrnují přibližně 300 popsáných druhů klasifikovaných v 12 rodech, jak však naznačují nedávné studie, diverzita této skupiny je pravděpodobně mnohem vyšší (Mertlík et al. 2017, 2018; Qiu et al. 2018; Kunderata et al.

2019a). Do tribu Dimini patří rody *Brancuccia* Schimmel & Platia, 1991 (osm druhů), *Csikia* Szombathy, 1910 (osm druhů), *Dima* Charpentier, 1825 (80 druhů), *Neocsikia* Ôhira & Becker, 1972 (dva druhy), *Neodima* Schimmel & Platia, 1992 (dva druhy), *Paracsikia* Schimmel & Platia, 1991 (sedm druhů), *Parapenia* Suzuki, 1982 (14 druhů), *Penia* Laporte, 1838 (108 druhů), *Platiana* Schimmel, 1993 (35 druhů), *Pseudocsikia* Schimmel & Platia, 1991 (10 druhů) a *Sabahdima* Schimmel & Platia, 1993 (tři druhy) (Kundrata et al. 2018a, 2019b; Kundrata & Šormová 2018; Ruan et al. 2018). Všechny tyto rody sdílejí následující znaky: prognátní hlava, neúplný frontální kýl, bidentátní mandibuly, pronotum se sublaterálním kýlem v blízkosti laterálního kýlu, částečně redukované kryty zadních kyčlí a alespoň čtvrtý tarsální článek s lobem (Schimmel 1996, Kundrata et al. 2018a). Největší diverzita skupiny se nachází v Himálaji, Číně a jihovýchodní Asii (Schimmel 1996), zástupci tohoto tribu se však nacházejí i v Evropě na Iberském poloostrově, Balkáně a okolí (Zapata & Sánchez-Ruiz 2014, Kundrata et al. 2018a). Tribus Dimini obsahuje létavé (rody *Penia*, *Brancuccia*, *Parapenia*, *Csikia*, *Neocsikia*, *Platiana*) i apterní nelétavé linie (rody *Dima*, *Neodima*, *Pseudocsikia*, *Paracsikia* kromě létavého druhu *Paracsikia parvula*, Schimmel & Platia, 1991 a *Sabahdima*). Létaví zástupci jako jsou např. *Penia* spp. se dají sbírat na rostlinách, apterní druhy se pak vyskytují většinou pod kameny nebo v lesní hrabance (Schimmel 1996, Kundrata et al. 2019).

Druhy rodu *Dima* mají zaznamenané rozšíření v Palearktické a Orientální oblasti. V současnosti rod *Dima* čítá 80 druhů (Mertlík et al. 2017, 2018; Kundrata et al. 2018a; Qiu et al. 2018; Ruan et al. 2018). Distribuce těchto druhů má disjunktivní charakter: jedna skupina je známa z Iberského poloostrova, další skupina se vyskytuje na Balkánu, a třetí, největší skupina, se nachází v Himálaji, přičemž několik druhů zasahuje do Číny a jihovýchodní Asie (Schimmel & Platia 2008, Mertlík et al. 2017, Qiu et al. 2018, Ruan et al. 2018).

Dospělci druhů rodu *Dima* nejsou kvůli redukci křídel na malé rudimenty schopni letu. Zástupci tohoto rodu se vyskytují převážně v horských oblastech nad 1000 m n. m. a pohybují se velmi pomalu. Lze je nalézt pod kameny či zachytit do zemních pastí (Schimmel & Platia 2008; Mertlík et al. 2017, 2018). Neschopnost letu pravděpodobně velmi ovlivňuje distribuci tohoto rodu. Kvůli menším možnostem pohybu oproti létavým druhům, většina druhů rodu *Dima* obývá pouze malá území. Jediným evropským druhem s velkým areálem je *Dima elateroides* Charpentier, 1825, který sice vykazuje velkou regionální variabilitu, svými morfologickými charakteristikami je však od ostatních druhů poměrně snadno rozpoznatelný. Všechny ostatní evropské druhy jsou buď endemické, nebo se vyskytují pouze v několika

blízkých horských pásmech. Všichni známí zástupci tohoto rodu jsou noční živočichové (Mertlík et al. 2017, 2018), ale u spousty druhů biologie a ekologie není známá. Stejně jako u jiných linií nelétavých brouků se sníženou disperzí se u druhů rodu *Dima* vyskytuje malá interspecifická, ale v mnoha případech velká intraspecifická variabilita (Mertlík et al. 2017). Nelétavé druhy si zachovávají větší genetickou variabilitu mezi populacemi a obsahují vyšší počet geneticky se lišících linií, než druhy schopné letu. Rychlost speciace může být u nelétavých linií brouků až dvakrát vyšší než u letuschopných linií (Ikeda et al. 2012). Extrémním příkladem živočichů s velmi nízkou disperzní tendencí mohou být neotenické linie, protože se snadno diverzifikují v omezených oblastech, a tak mohou být použity jako modelový systém k prokázání účinku neotenie a nelétavosti na speciální proces (Bray & Bocák 2016).

Morfologie rodu *Dima* je v rámci jedné geografické oblasti vcelku uniformní, jednotlivé druhy je těžké morfologicky rozlišit. Například u balkánských druhů rodu *Dima* většina externích znaků, které byly obvykle využívány pro diferenciální diagnózu, např. barva těla, tvar tykadel, pronota, prosternálního výběžku, scutella či krovek, nezaručuje spolehlivou identifikaci. Ani tvar samčích kopulačních orgánů nemůže být pro identifikaci určující, protože je téměř jednotný uvnitř balkánských druhů rodu *Dima*. Jediný charakter, který je do značné míry stabilní u všech evropských druhů, je pokryv těla, zejména sety po stranách pronota (Mertlík et al. 2017). V rámci druhu mají vzorky z populací vyskytujících se v nižších nadmořských výškách obvykle bledší, větší a více zploštělé tělo, menší míru ochlupení těla a jinak tvarované (a někdy zploštělé) scutellum oproti populacím vyšších nadmořských výšek (Mertlík et al. 2018). Mezi jednotlivými centry výskytu rodu se však rod *Dima* jeví jako dosti diverzifikovaná skupina. V rámci celého rodu jsou patrné rozdíly v externí morfologii i v tvaru samčích kopulačních orgánů. Vzhledem k této velké variabilitě je těžké určit, zda se v některých případech jedná o druh, poddruh či jen geografickou rasu. Proto je třeba provést molekulární studie rodu *Dima* a dále je nutné ověřit monofylii rodu.

Zástupci tribu Dimini patřili dříve mezi velmi vzácné brouky, protože jejich sběru a výzkumu nevěnoval téměř nikdo pozornost. V muzejních a soukromých sbírkách se vyskytovalo pouze malé množství vzorků, které byly často popisovány jako druhy na základě pouze jediného známého kusu (Dajoz 1973, Schimmel & Platia 1991, Schimmel 1998, Platia 2012, atd.). Dnes se již situace lepší a rod *Dima* se dostává do popředí zájmu některých entomologů. Díky jejich úsilí (Mertlík et al. 2017, 2018) je dnes známo přes 4000 kusů rodu *Dima* z Balkánského poloostrova. Ekologií a biologií španělských zástupců rodu *Dima* se nedávno zabývali Gilgado et al. (2015). Revizi himálajských zástupců rodu *Dima*

s popisem 47 nových druhů na základě morfologických znaků provedli již dříve Schimmel & Platia (1991). Dodnes neexistuje žádná ucelená studie zabývající se rodem *Dima* v Číně, a přestože jsou popisovány nové druhy (Qiu et al. 2018, Ruan et al. 2018), na revizi čínských zástupců by se měly zaměřit budoucí studie.

Dodnes byly všechny druhy rodu *Dima* popisovány pouze na základě morfologických charakteristik. Molekulární data existují pouze k jednomu jedinci druhu *Dima elateroides* (Hendrich et al. 2015). Proto je potřeba zaměřit se na doplnění těchto údajů. Je třeba osekvenovat dostupný materiál a ověřit, zda je rod *Dima* monofyletický. Dále je zapotřebí zjistit postavení tribu Dimini v rámci Elateridae a prostudovat vztahy mezi jednotlivými liniemi.

3 Materiál a metody

Práce je založena na analýze nově získaných molekulárních dat zástupců tribu Dimini se zaměřením na evropské zástupce rodu *Dima*, a na srovnání výsledků molekulární analýzy s morfologickými znaky. Materiál použitý na tuto studii shromáždil vedoucí mé práce.

Soubor molekulárních dat zahrnuje 32 zástupců, z toho 6 druhů rodu *Dima*, 2 druhy rodu *Csikia*, 2 druhy rodu *Platiana*, 2 druhy rodu *Penia*, 8 druhů z podčeledi Dendrometrinae, 2 druhy z Negastrinae a 9 druhů z Cardiophorinae. Soubor obsahuje jak nově sekvenované zástupce, tak i dříve publikovaná data (Tab. 2). Třídění materiálu, jeho příprava na izolaci a následná izolace probíhala v entomologické laboratoři katedry zoologie UPOL. Materiál byl sekvenovaný komerční nizozemskou společností Macrogen Inc. Osekvenovány byly dva fragmenty mitochondriálního genomu, podjednotky cytochrom oxidázy I, *cox1-3'* (723 bp) a *cox1-5'* (658 bp). Pro většinu vzorků byly dostupné oba tyto fragmenty. U třech druhů se ovšem nepodařilo osekvenovat oba fragmenty, proto jsem pro druh *Dima elateroides* použila fragment *cox1-3'* z populace z Chorvatska a fragment *cox1-5'* z populace z Rakouska. Obdobně pro rod *Platiana* jsem použila fragment *cox1-3'* z populace z Indonésie a *cox1-5'* z Malajsie. Pro rod *Csikia* jsem použila fragment *cox1-3'* z populace z Číny a fragment *cox1-5'* z populace *Csikia dimatoides* z Taiwanu. Surová data byla potřeba vyčistit a spojit v contigy, protože každý primer byl sekvenován v obou směrech. Kvalitu sekvencí a jejich případnou kontaminaci jsem manuálně zkontrolovala s využitím programu Geneious 9.1.8 (Kearse et al., 2012) a BLAST (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>). Pro zjištění fylogenetické pozice rodu *Dima* jsem spojila nové sekvence s již existujícími daty z publikací Kundrata & Bocák (2011), Douglas et al. (2018), Hendrich et al. (2015) a Oba et al. (2015). Jako kořen fylogenetického stromu jsem použila druh *Agrypnus murinus* (Linnaeus, 1758) z podčeledi Agrypninae. Pro kořen fylogenetického stromu vytvořeného na základě fragmentu *cox1-3'* jsem použila sekvenci tohoto fragmentu *Agrypnus murinus* s GenBank voucher kódem DQ198567 (Bocáková et al. 2007). Pro kořen fylogenetického stromu vytvořeného na základě fragmentu *cox1-5'* jsem pak použila sekvenci *Agrypnus murinus* s GenBank voucher kódem KM451787 (Hendrich et al. 2015).

K nově získaným a editovaným sekvencím v podobě textového souboru ve formátu FASTA jsem dodala sekvence z veřejné databáze GenBank. Sekvence byly alignovány pomocí programu Mafft v software Geneious (výchozí parametry; Katoh et al. 2002). Analýza maximální pravděpodobnosti byla provedena v RAxML verzi 8.2.10 (Stamatakis 2014)

pomocí webového portálu CIPRES (Miller et al. 2010). Při analýze byly zohledněny jednotlivé pozice bází v kodonech, výsledná konkatenovaná matice měla šest particí. Bootstrap analýza byla provedena pomocí metody Rapid Bootstrapping s 1000 iteracemi (Stamatakis et al. 2014). Úpravu získaných fylogenetických stromů jsem provedla v programu FigTree verzi 1.3.1.0 (Rambaut 2009) a následně v programu Adobe Photoshop CS6.

Fotografie použité v této práci jsem pořídila pomocí fotoaparátu Olympus Camedia 3000 připojeného na binokulární lupu a následně jsem je složila z více vrstev v programu Helicon Focus 6 (www.heliconsoft.com) a upravila v programu Adobe Photoshop CS6.

Pracovní list k entomologické exkurzi jsem vytvořila v programech Microsoft Word a Adobe Photoshop CS6. Při odhadu vyučovacích hodin potřebných pro výuku tématu hmyz na gymnáziu jsme vycházela jak z vlastní zkušenosti z praxe, tak z tematických plánů výuky biologie pro školní rok 2017/2018, které mi při mé souvislé pedagogické praxi na Gymnáziu Trutnov poskytl pan Mgr. Jiří Svoboda.

V rámci této práce jsou použita dílčí data ze současných projektů týkajících se tribu Dimini, na kterých jsem se po dobu psaní diplomové práce podílela. Ještě před odevzdáním diplomové práce byly publikovány články „A new species of *Dima* (Coleoptera: Elateridae: Dimini), with a checklist and identification key to the Chinese species“ (Qiu et al. 2018), „Description of two new species of *Dima* Charpentier, 1825 from China (Coleoptera: Elateridae: Dendrometrinae)“ (Ruan et al. 2018), „*Sinodima jensisi* gen. et sp. nov., a new wingless click-beetle from the mountains of Hunan, China (Elateridae: Dendrometrinae: Dimini)“ (Kundrata et al. 2018) a „Taxonomic revision of the flightless click-beetle genus *Neodima* Schimmel & Platia, 1992 (Elateridae: Dendrometrinae: Dimini)“ (Kundrata et al. 2019b), na nichž jsem se podílela jako spoluautorka. Některá data z těchto studií uvádím v této práci jako nová, protože byla publikována v průběhu psaní diplomové práce. Na jejich tvorbě jsem se však účastnila.

Tab. 1. List primerů použitých pro PCR amplifikace.

Fragment	Kód	Sekvence (5' >> 3')	Reference
<i>cox1-3'</i>	S-Pat	GCACTAWTCTGCCATATTAGA	Simon et al. (1994)
	S-Jerry	CAACATYTTATTYTGATTTTGG	
<i>cox1-5'</i>	LCO1490	GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG	Folmer et al. (1994)
	HCO2198	TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA	

Tab. 2. Seznam materiálu použitého v této studii s příslušnými kódy v databázi GenBank a čísla vzorků.

* Označení XX123456 reprezentuje nově vytvořené sekvence, které ještě nemají GenBank voucher kód.

Rod/druh	Geografický původ	<i>cox1-3'</i>	<i>cox1-5'</i>	Číslo vzorku	Zdroj
<i>Dima</i> spp.					
<i>Dima</i> XXXXXX	XXXXXX	N	KM444164	BFB_Col_FK_9571	Hendrich et al. (2015)
<i>Dima</i> XXXXXX	XXXXXX	XX123456	N	UPOL RK0876	
<i>Dima</i> XXXXXX	XXXXXX	XX123456	XX123456	UPOL RK1063	
<i>Dima</i> XXXXXX	XXXXXX	XX123456	XX123456	UPOL RK1041	
<i>Dima</i> XXXXXX	XXXXXX	XX123456	XX123456	UPOL RK1036	
<i>Dima</i> XXXXXX	XXXXXX	XX123456	XX123456	UPOL RK1125	
<i>Dima</i> sp.	XXXXXX	XX123456	XX123456	UPOL RK1323	
<i>Csikia</i> spp.					
<i>Csikia</i> XXXXXX	XXXXXX	N	KM612526	1610151	Oba et al. (2015)
<i>Csikia</i> sp.	XXXXXX	XX123456	N	UPOL RK1126	
<i>Platiana</i> spp.					
<i>Platiana</i> sp.	XXXXXX	HQ333964	N	UPOL RK0029	Kundrata & Bocák (2011)
<i>Platiana</i> sp.	XXXXXX	N	XX123456	UPOL RK1324	
<i>Penia</i> spp.					
<i>Penia</i> sp.	XXXXXX	XX123456	XX123456	UPOL RK1111	
<i>Penia</i> sp.	XXXXXX	XX123456	XX123456	UPOL RK1325	
Dendrometrinae					
<i>Anostirus purpureus</i>	Slovensko	HQ333945	MG230726	UPOL RK0008	Douglas et al. (2018)
<i>Athous vittatus</i>	Česká republika	HQ333939	MG230722	UPOL RK0002	
<i>Cidnopus pilosus</i>	Slovensko	HQ333974	MG230724	UPOL RK0039	

<i>Denticollis</i> sp.	Japonsko	HQ333943	MG230721	UPOL RK0006
<i>Nothodes parvulus</i>	Slovensko	KF625443	MG230723	UPOL RK0010
<i>Oxynopterus</i> sp.	Filipíny	HQ333982	MG230719	UPOL RK0047
<i>Pheletes quercus</i>	Česká republika	HQ333958	MG230725	UPOL RK0022
<i>Selatosomus latus</i>	Česká republika	HQ333957	MG230720	UPOL RK0021
Negastriinae				
<i>Quasimus</i> sp.	Malajsie	HQ333984	MG230718	UPOL RK0049
<i>Zorochros</i> sp.	Malajsie	HQ333992	MG230717	UPOL RK0058
Cardiophorinae				
<i>Cardiophorus erichsoni</i>	Slovensko	HQ333972	MG230733	UPOL RK0037
<i>Cardiophorus gramineus</i>	Maďarsko	MG230706	KM452020	UPOL RK0621
<i>Chassainphorus buettikeri</i>	Omán	MG230713	MG230728	UPOL RK0906
<i>Coptostethus skulei</i>	Omán	MG230709	MG230730	UPOL RK0853
<i>Dicronychus cinereus</i>	Česká republika	HQ333959	MG230735	UPOL RK0023
<i>Horistonotus</i> cf. <i>simplex</i>	USA	MG230707	MG230727	UPOL RK0834
<i>Huarpelater cordobae</i>	Argentina	MG230708	MG230729	UPOL RK0846
<i>Odontocardus</i> sp.	Indonésie	HQ333970	MG230737	UPOL RK0035
<i>Paracardiophorus musculus</i>	Maďarsko	MG230712	MG230738	UPOL RK0889

4 Výsledky

4.1 Taxonomické zařazení

Rod *Dima* Charpentier, 1825

Řád: Coleoptera Linnaeus, 1758

Podřád: Polyphaga Emery, 1866

Série: Elateriformia Crowson, 1960

Nadčeleď: Elateroidea Leach, 1815

Čeleď: Elateridae Leach, 1815

Podčeleď: Dendrometrinae Gistel, 1848 (= Denticollinae Stein & Weise, 1877 (1848))

Tribus: Dimini Candèze, 1863

= Dimites Candèze, 1863

= Dimini Champion, 1896

= Dimitini Schwarz, 1906

= Diminae Schenkling, 1927

= Dimina Stibick, 1979

Typový rod: *Dima* Charpentier, 1825

4.2 Fylogenetická analýza

4.2.1 Popis datového souboru

Celkem jsem získala devět nových sekvencí fragmentu *cox1-3'* a osm nových sekvencí fragmentu *cox1-5'* pro deset druhů rodů *Dima*, *Csikia*, *Platiana* a *Penia* tribu Dimini (Tab. 2). Všechny nové sekvence se podařilo získat v plné délce 723 (*cox1-3*), respektive 658 bází (*cox1-5*). 41 sekvencí fragmentů *cox1-3'* a *cox1-5'* jsem extrahovala z databáze GenBank. Sekvence fragmentů genu *cox1* neobsahovaly žádné inserce ani delece a výsledná konkatenovaná matice měla 1381 znaků.

4.2.2 Popis výsledných fylogenetických stromů

Výsledné fylogenetické stromy jsem získala na základě analýzy alignmentu metodou maximální pravděpodobnosti. Tyto fylogenetické stromy jsou doplněné o bootstrapové podpory jednotlivých větví. Nejdříve jsem analyzovala pouze sekvence fragmentu *cox1-3'*, přičemž výsledný fylogenetický strom je uveden na Obr. 1. Poté jsem vytvořila druhý fylogenetický strom z analýzy sekvencí fragmentu *cox1-5'* (Obr. 2). Následně jsem oba soubory sekvencí konkatenovala a vytvořila třetí fylogenetický strom (Obr. 3). Pro přehlednější porovnání jednotlivých stromů se zaměřením na tribus Dimini jsem detaily zachycující pouze tuto skupinu bez outgroup uvedla v Obr. 4.

Analyzovala jsem tribus Dimini, který byl vždy monofyletický s 76–100% bootstrapovou podporou (dále jen BS) a ve většině analýz (včetně preferované analýzy konkatenovaného datového souboru) sesterský k podčeledi Cardiophorinae s malou statistickou podporou (BS 9–64 %). Rod *Dima* nebyl dle analýz monofyletický, druh XXXXXXXX sp. z XXXXXXXX vyšel jako sesterský taxon k XXXXXXXX sp. z XXXXXXXX s BS podporou 73–96 %. Druh *Dima* XXXXXXXX tvořil buď samostatnou linii (BS 58–73; analýza fragmentu *cox1-3'* a konkatenované matice; Obr. 1; 3; 4A,C) nebo tvořil klad společně s *Dima* XXXXXXXX (BS 52; analýza fragmentu *cox1-5'*; Obr. 2, 4B). Druhy *Dima* XXXXXXXX, *D.* XXXXXXXX, *D.* XXXXXXXX a *D.* XXXXXXXX z XXXXXXXX tvořily vždy jeden klad s BS 33–99 % (Obr. 1–4)

Rod XXXXXXXX tvořil buď sesterskou linii rodu XXXXXXXX se zanedbatelnou BS podporou (analýza fragmentu *cox1-3'*; Obr 1, 4A), nebo sesterskou linii k rodu XXXXXXXX s BS podporou 36–51 % (analýza fragmentu *cox1-5'* a konkatenované matice; Obr. 2–3, 4B–C). Rod XXXXXXXX tvořil buď klad společně s rodem XXXXXXXX s nízkou statistickou podporou (Obr. 1, 4A), nebo s linií zahrnující zástupce rodu XXXXXXXX z XXXXXXXX, XXXXXXXX sp. a XXXXXXXX sp. s BS podporou 29–69 % (analýza fragmentu *cox1-5'* a konkatenované matice; Obr. 2–3, 4B–C).

Podčeleď Negastrinae je ve všech analýzách nemonofyletická s nejasnou pozicí obou rodů, které jsem do analýzy zahrнула. Podčeleď Cardiophorinae tvořila ve dvou analýzách monofyletický taxon s BS 96–99 % (analýza fragmentu *cox1-3'* a konkatenované matice; Obr. 1, 3), v analýze sekvencí fragmentu *cox1-5'* tvořil *Odontocardus* sp. (Cardiophorinae) klad s druhem *Zorochros* sp. (Negastrinae) se zanedbatelnou BS podporou, ostatní zástupci podčeledi Cardiophorinae tvořili samostatnou linii, avšak tato topologie neobdržela statisticky

významnou podporu (Obr. 2). Podčeleď Dendrometrinae není v žádné z analýz monofyletická (Obr. 1–3).

Obr. 1: Fylogenetický strom pro 30 zástupců Elateridae vytvořený z datového souboru fragmentů *cox1*-3' pomocí metody RAxML (alignment pomocí Mafft), doplněný o hodnoty podpor větví s vyznačením jednotlivých taxonů.

Obr. 2: Fylogenetický strom pro 30 zástupců vytvořený z datasetu fragmentů *cox1*-5' pomocí metody RAxML (alignment pomocí Mafft), doplněný o hodnoty podpor větví s vyznačením jednotlivých taxonů.

Obr. 3: Fylogenetický strom pro 30 zástupců Elateridae vytvořený z konkatenovaného datového souboru pomocí metody RAxML (alignment pomocí Mafft), doplněný o hodnoty podpor větví s vyznačením jednotlivých taxonů.

Obr. 4: Detaily fylogenetických stromů pro zástupce tribu Dimini vytvořené pomocí metody RAxML (alignment pomocí Mafft), doplněné o hodnoty podpor větví s vyznačením jednotlivých taxonů. **A:** datový soubor fragmentů *cox1-3'*. **B:** datový soubor fragmentů *cox1-5'*. **C:** konkatenovaný datový soubor (*cox1-3'* a *cox1-5'*)

4.3 Morfologie rodu *Dima* a příbuzných rodů

Kromě rodu *Dima* uvádím i rody *Neodima* a *Sinodima*. Oba tyto rody jsou také nelétavé a morfologicky nejpodobnější rodu *Dima* (Schimmel 1996, Kunderata et al. 2019a, b). Rod *Sabahdima*, který byl taktéž uváděn jako příbuzný rod rodu *Dima* (Schimmel & Platia 1993), obsahuje pouze tři druhy ze severního Bornea, kde se rod *Dima* nevyskytuje, a navíc je morfologicky zcela odlišný (Kunderata, osobní sdělení).

4.3.1 *Neodima* Schimmel & Platia, 1992

(Obr. 5A–F)

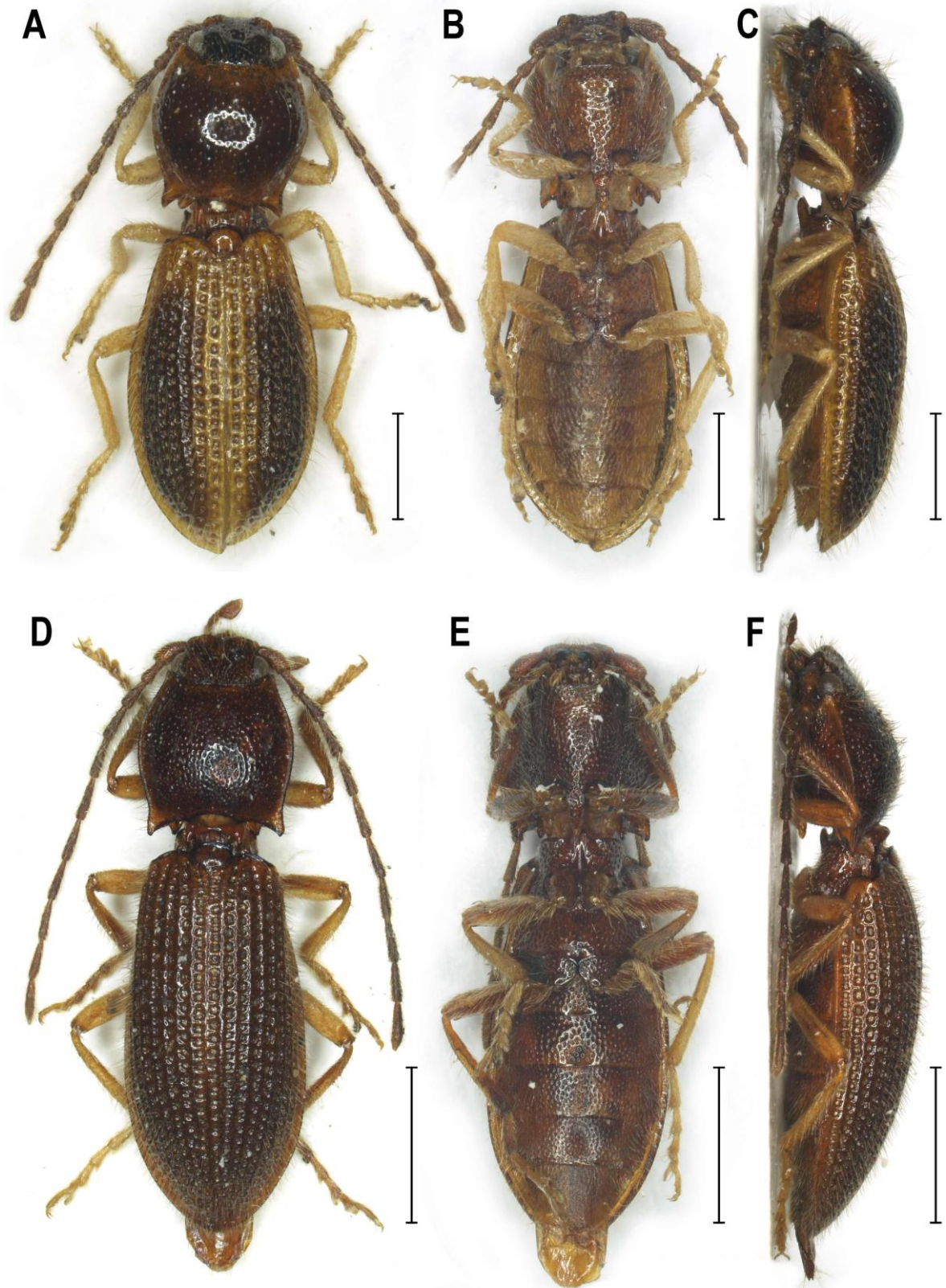
Neodima Schimmel & Platia, 1992: 299.

Typový druh. *Neodima sichuanensis* Schimmel & Platia, 1992.

Diferenciální diagnóza. *Neodima* se od ostatních rodů liší kombinací následujících morfologických charakteristik: protáhlé pronotum se zřetelným zúžením před zadními rohy pronota, zadní rohy pronota lehce zaoblené (mnozí Dimini mají ostré rohy pronota), z bočního pohledu prosternální výběžek na dorsální straně rovný (u většiny Dimini je zřetelně zakřivený), jednoduchý mesoventrit (u všech ostatních Dimini jsou na mesoventritu vyvinuty zřetelné procoxální jamky), mesanepisternum bez zřetelných depresí (přítomné u většiny Dimini), báze krovek s typickým zřetelným zářezem a zúžením, celé krovky s výrazným hlubokým tečkováním.

Rozšíření. Čína, provincie Sichuan.

Poznámka. Použita byla data z výzkumu od Kunderaty, Šormové, Qiu & Prosvirova (2019b). Jelikož některé čínské druhy rodu *Dima* jsou rodu *Neodima* podobné, zahrnuje jsem diferenciální diagnózu rodu *Neodima* i do této studie.



Obr 5. Habitus druhů rodu *Neodima*. *Neodima sichuanensis* Schimmel & Platia, 1992, paratyp, samec. **A:** dorzální pohled. **B:** ventrální pohled. **C:** pohled z boku. *Neodima cechovskyi* Schimmel, 1998, holotyp, samice. **D:** dorzální pohled. **E:** ventrální pohled. **F:** pohled z boku. Měřítka = 1,0 mm (A–C), 2,0 mm (D–F).

4.3.2 *Sinodima* Kandrata, Šormová & Qiu, 2019

(Obr. 6A–C)

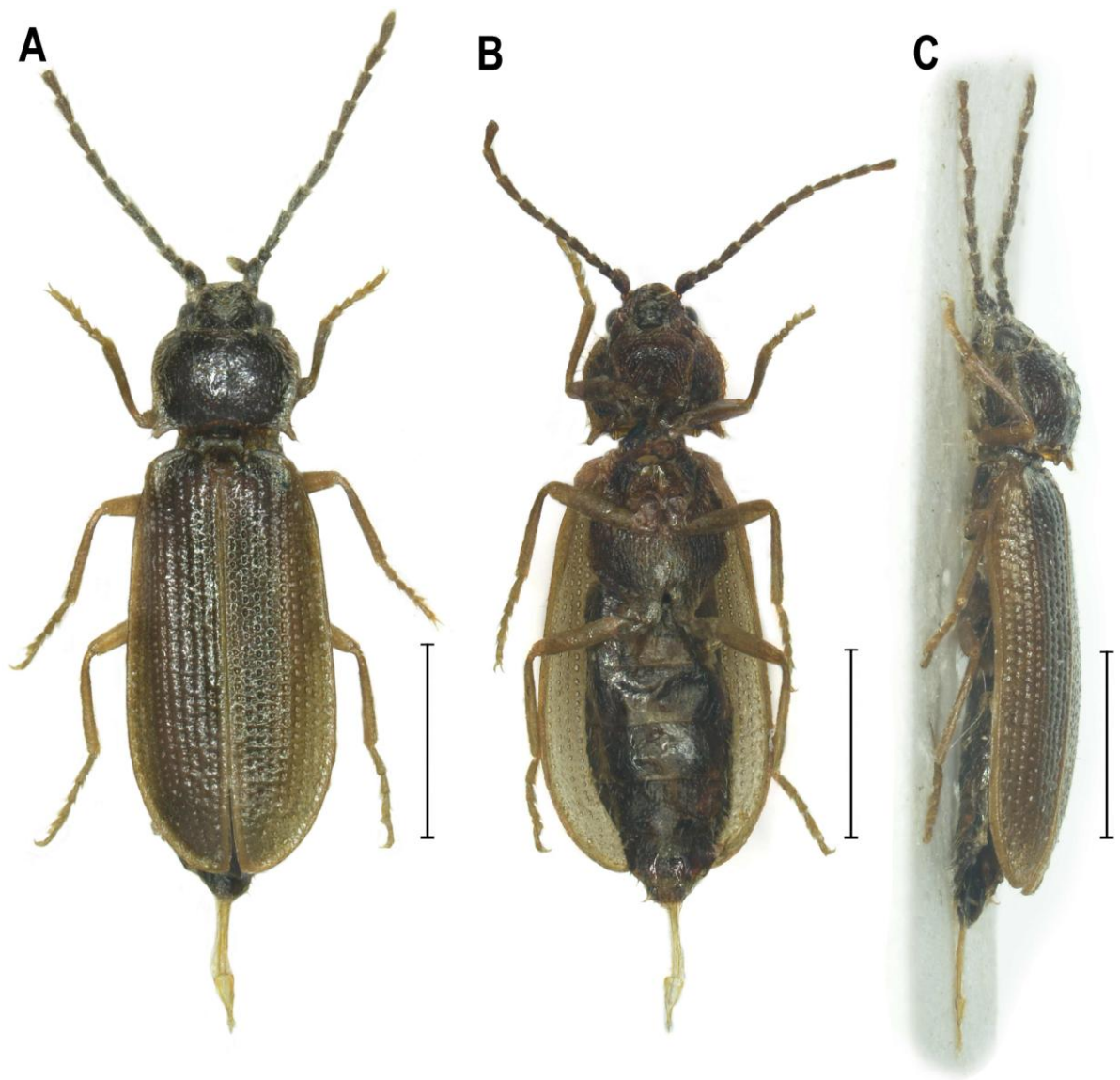
Sinodima Kandrata, Šormová & Qiu, 2019.

Typový druh. *Sinodima jenisi* Kandrata, Šormová & Qiu, 2019.

Diferenciální diagnóza. Tělo podlouhlé, mírně konvexní, hnědé až tmavě hnědé; tykadlové články II a III krátké, zřetelně kratší než články následující (čínští zástupci rodu *Dima* a *Neodima* mají tykadlový článek III výrazně delší než tykadlový článek II); pronotum transverzální s nenápadnými předními rohy, zadní rohy výrazné, ale poměrně krátké (ostatní čínští zástupci rodu *Dima* a *Neodima* mají zřetelné přední rohy pronota); prosternální výběžek obloukovitě zahnutý; scutellum transverzální; mesoventrit s rovným předním okrajem, a rovnými oblými stranami (zástupci rodů *Neodima* a *Dima* z Číny mají přední okraj mesoventritu mírně vyklenutý); párové deprese frontolaterálně na mesoventritu relativně dobře vyvinuty; krovky podlouhlé, asi 4,5× delší než pronotum, rýhy krovek s výraznými tečkami; křídla chybí; bursa copulatrix vakovitá, membranózní, bez skleritů.

Rozšíření. Čína, provincie Chu-nan.

Poznámka. Použita byla data z výzkumu Kandraty, Šormové & Qiu (2019a). Popis tohoto rodu byl publikován ještě před odevzdáním této diplomové práce.



Obr. 6: Habitus rodu *Sinodima*, samec. **A:** dorzální pohled. **B:** ventrální pohled. **C:** pohled z boku. Měřítka = 2,0 mm (A–C).

4.3.3 *Dima* z Himálaje

Diferenciální diagnóza. Tělo oválné, mírně klenuté, světle až tmavě hnědé. Oproti ostatním druhům rodu *Dima* mají himálajské druhy velmi dlouhá tykadla, běžně přesahující polovinu délky krovek.

Rozšíření. Bhútán, Indie (Sikkim, Západní Bengálsko), Myanmar, Nepál.

V současné době je z oblasti Himálaje známo 29 druhů rodu *Dima* (Tab. 3).



Obr. 7. Habitus *Dima pakistanica* Suzuki, 1985, dorsální pohled.

Zdroj: (elateridae.com)

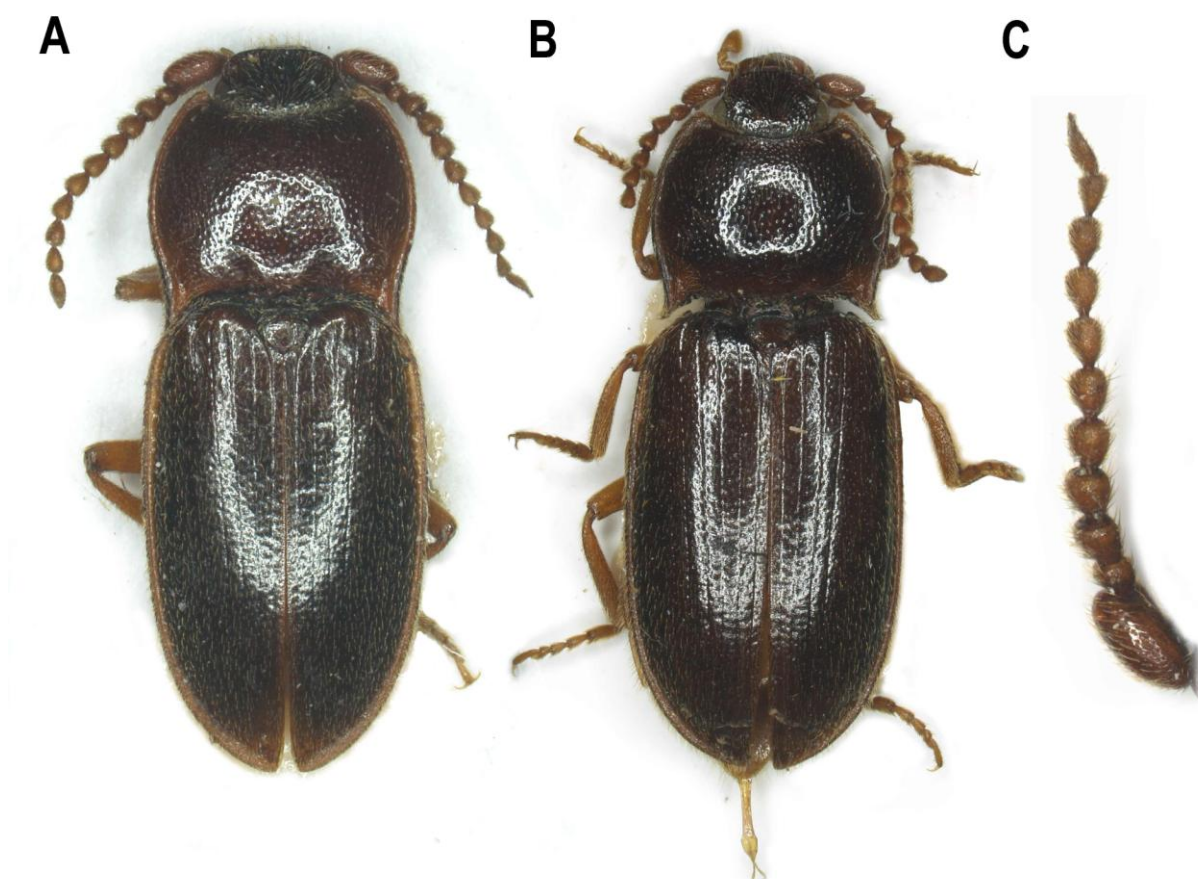
4.3.4 *Dima* z Iberského poloostrova

Diferenciální diagnóza. Tělo oválné, klenuté, lesklé. Tykadla korálkovitá, tykadlové články krátké. Pronotum transverzální a krovky načervenalé žluté až tmavě hnědé, tykadla a končetiny nažloutlé až kaštanově hnědé. Prosternální výběžek víceméně rovný.

Rozšíření. Španělsko.

Za Španělska jsou známy pouze tři druhy rodu *Dima*, a to *Dima assoi* Pérez Arcas, 1872, *Dima busii* Platia & Schimmel, 2006 a *Dima dima* (Schaufuss, 1862) (Tab. 3).

Poznámka. Schaufuss (1862) popsal nový rod *Celox* Schaufuss, 1862 s typovým druhem *Celox dima* Schaufuss, 1862. Seidlitz (1867) tento rod přezkoumal a následně synonymizoval s rodem *Dima*, protože nepozoroval žádné rozdílné znaky. Někteří autoři druh *Dima assoi* považovali za synonymum druhu *Dima dima* (Schaufuss, 1862) (e.g. Schimmel 1996, Cate 2007), v současnosti jsou však oba druhy považovány za platné (Sánchez-Ruiz 1996; Schimmel & Platia 2008, Zapata & Sánchez-Ruiz 2012, 2014). Vypracováno na základě poznatků z Schimmel & Platia (2008).



Obr. 8. Habitus *Dima busii* Platia & Schimmel, 2006. **A:** samec, dorsální pohled. **B:** samice, dorsální pohled. **C:** tykadlo. Bez měřítek.

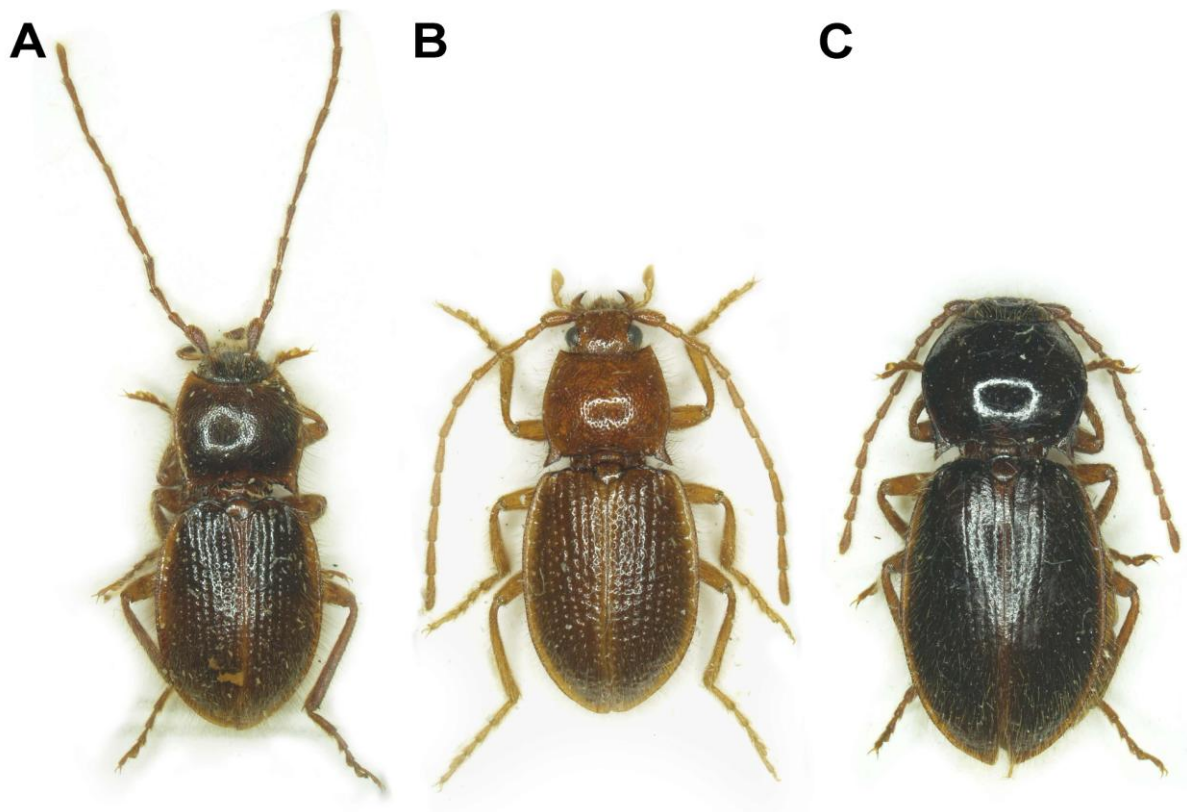
4.3.5 *Dima* z Číny

Diferenciální diagnóza. Druhy rodu *Dima* z provincií Yunnan a Sichuan mají relativně krátké tělo, oválné krovky a poměr přibližně 2,5× delší krovky než pronotum. Druhy rodu *Dima* z provincie Yunnan jsou si ve vnější morfologii velmi podobné a mohou být spolehlivě identifikovány hlavně na základě odlišných tvarů samčích kopulačních orgánů. Druhy rodu *Dima* z provincie Sichuan (*Dima friedrichi* Schimmel, 1999, *Dima niehuisi* Schimmel & Platia, 1992a a *Dima spicata* Schimmel, 1999) jsou snadno rozpoznatelné od druhů z provincie Yunnan odlišným tvarem pronota (Schimmel a Platia 1992, Schimmel 1999, Qiu et al. 2018). *Dima tianmuensis* Qiu & Kundrata, 2018 z provincie Zhejiang a *Dima nebriomorpha* Suzuki, 1979 z Taiwanu se liší od ostatních čínských druhů poměrem délky tykadlových článků II–IV. *Dima tianmuensis* se společně s *Dima guizhouensis* Ruan, Kundrata & Qiu, 2018 a *Dima xiaolongi* Ruan, Kundrata & Qiu, 2018 liší ještě protáhlým tělem a relativně delšími krovkami vzhledem k pronotu. Od evropských druhů rodu *Dima* se čínské liší poměrně dlouhými tykadly.

Rozšíření. Čína, provincie Chu-nan, Guizhou, Sichuan, Yunnan, Zhejiang; Taiwan.

V současné době je z Číny známo 13 druhů rodu *Dima* (Tab. 3).

Poznámka. Vypracováno na základě poznatků z Schimmel (1996), Ruan et al. (2018), Qiu et al. (2018) a z vlastního pozorování.



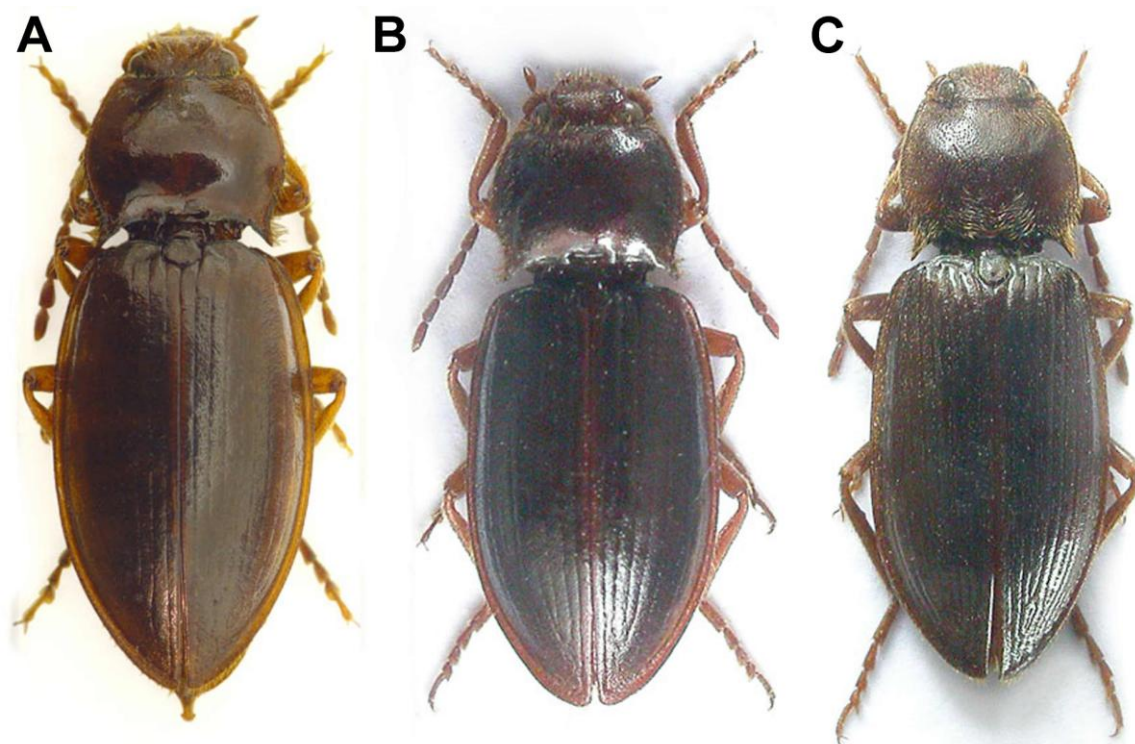
Obr. 9. Habitus druhů rodu *Dima* z Číny. **A:** *Dima dolini* Schimmel, 1996, samec, dorsální pohled. **B:** *Dima yunnana* Fleutiaux, 1916, samec, dorsální pohled. **C:** *Dima niehuisi* Schimmel & Platia, 1992, dorsální pohled. Bez měřítka.

4.3.6 *Dima* z Balkánu

Diferenciální diagnóza. Tělo středně velké, robustní, více či méně oválné, 8–17 mm dlouhé, více než dvakrát tak dlouhé jako široké, bledě hnědé až načernale-hnědé, Tykadla slabě pilovitá, překonávající zadní úhly pronota přibližně až o 4 tykadlové články, třetí tykadlový článek nejkratší, pronotum asi 1,5× širší než delší, přední rohy pronota tupé, zadní rohy pronota výrazné, směřující ven. Druhy rodu *Dima* z Iberského poloostrova se liší krátkými korálkovitými tykadly. Himálajské druhy rodu *Dima* mají na rozdíl od balkánských velice dlouhá tykadla, často přesahující zadní kyčle, a jiný tvar samčích kopulačních orgánů (Mertlík et al. 2017, 2018).

Rozšíření: Albánie, Bosna a Hercegovina, Bulharsko, Chorvatsko, Černá Hora, Itálie, Makedonie, Rakousko, Rumunsko, Řecko, Srbsko, Slovinsko,

V současné době je z Balkánského poloostrova známo 37 druhů rodu *Dima* (Tab. 3).



Obr. 10. Habitus druhů rodu *Dima* z Balkánského poloostrova. **A:** *Dima elateroides* Charpentier, 1825, dorsální pohled. **B:** *Dima macedonica* Schimmel, 1993, dorsální pohled. **C:** *Dima olympica* Meischnigg, 1934, dorsální pohled. Bez měřítka.

Zdroj: (elateridae.com, upraveno)

Tab. 3. Seznam všech známých druhů rodu *Dima* s jejich rozšířením.

Druh	Rozšíření
Balkán	
<i>Dima arndti</i> Platia, 2013	Řecko (Peloponés)
<i>Dima assingi</i> Schimmel & Platia, 2008	Řecko (Peloponés)
<i>Dima bruhai</i> Mertlík, Németh & Kunderata, 2017	Řecko
<i>Dima bialookii</i> Mertlík, Németh & Kunderata, 2018	Řecko
<i>Dima blazeji</i> Mertlík, Németh & Kunderata, 2018	Albánie
<i>Dima dalmatina</i> Küster, 1844	Bosna a Hercegovina, Chorvatsko, Černá Hora
<i>Dima dusaneki</i> Mertlík, Németh & Kunderata, 2017	Makedonie

<i>Dima elateroides</i> Charpentier, 1825	Albánie, Rakousko, Bosna a Hercegovina, Bulharsko, Chorvatsko, Itálie, Makedonie, Černá Hora, Rumunsko, Srbsko, Slovinsko
<i>Dima etoliensis</i> Platia, 2012	Řecko
<i>Dima evritaniensis</i> Schimmel & Platia, 2008	Řecko
<i>Dima florinensis</i> Platia, 2012	Řecko, Makedonie
<i>Dima fthiotidensis</i> Schimmel & Platia, 2008	Řecko
<i>Dima fialai</i> Mertlík, Németh & Kunderata, 2017	Makedonie
<i>Dima gazureki</i> Mertlík, Németh & Kunderata, 2018	Albánie
<i>Dima giachinoi</i> Schimmel & Platia, 2008	Řecko
<i>Dima hirtipennis</i> Platia, 2011	Řecko
<i>Dima hladilorum</i> Schimmel, 1987	Řecko
<i>Dima isabellae</i> Dajoz, 1973	Řecko
<i>Dima kozufensis</i> Mertlík, Németh & Kunderata, 2017	Makedonie, Řecko
<i>Dima lebenbaueri</i> Schimmel & Platia, 2008	Řecko
<i>Dima macedonica</i> Schimmel, 1993	Makedonie
<i>Dima marvani</i> Mertlík & Dušánek, 2006	Černá Hora
<i>Dima moraveci</i> Schimmel & Platia, 2008	Albánie
<i>Dima neumanni</i> Platia, 2013	Řecko
<i>Dima olympica</i> Meischnigg, 1934	Řecko
<i>Dima orientalis</i> Mertlík, Németh & Kunderata, 2017	Bulharsko
<i>Dima parnonensis</i> Schimmel & Platia, 2008	Řecko
<i>Dima pecoudi</i> Fleutiaux, 1943	Řecko
<i>Dima pelikani</i> Mertlík, Németh & Kunderata, 2017	Albánie, Černá Hora
<i>Dima pelionensis</i> Mertlík, Németh & Kunderata, 2017	Řecko
<i>Dima raineri</i> Wurst, 1997	Albánie, Řecko
<i>Dima schimmeli</i> Platia & Gudenzi, 2009	Řecko
<i>Dima schnitteri</i> Platia, 2013	Řecko
<i>Dima timfristosensis</i> Mertlík, Németh & Kunderata, 2018	Řecko
<i>Dima tomorrensis</i> Mertlík, Németh & Kunderata, 2018	Albánie
<i>Dima vailatii</i> Schimmel & Platia, 2008	Řecko
<i>Dima vonickai</i> Mertlík, Németh & Kunderata, 2017	Albánie

<i>Dima zbuzeki</i> Mertlík, Németh & Kundrata, 2017	Řecko
Španělsko	
<i>Dima assoi</i> Pérez Arcas, 1872	Španělsko
<i>Dima busii</i> Platia & Schimmel, 2006	Španělsko
<i>Dima dima</i> (Schaufuss, 1862)	Španělsko
Čína + JV Asie	
<i>Dima dolini</i> Schimmel, 1996b	Čína (Yunnan)
<i>Dima friedrichi</i> Schimmel, 1999	Čína (Sichuan)
<i>Dima guizhouensis</i> Ruan, Kundrata & Qiu 2018	Čína (Guizhou)
<i>Dima klausnitzeri</i> Schimmel, 1996b	Čína (Yunnan)
<i>Dima kubani</i> Schimmel, 1996b	Čína (Yunnan)
<i>Dima lijiangensis</i> Schimmel & Cate, 1991	Čína (Yunnan)
<i>Dima nebriomorpha</i> Suzuki, 1979	Taiwan
<i>Dima niehuisi</i> Schimmel & Platia, 1992a	Čína (Sichuan)
<i>Dima oberthueri</i> Schimmel, 1993	Čína (Yunnan)
<i>Dima siamensis</i> Schimmel & Platia, 1992a	Thajsko
<i>Dima spicata</i> Schimmel, 1999	Čína (Sichuan)
<i>Dima tonkinensis</i> Schimmel, 1993	Vietnam
<i>Dima tianmuensis</i> Qiu & Kundrata 2018	Čína (Zhejiang)
<i>Dima xiaolongi</i> Ruan, Kundrata & Qiu 2018	Čína (Chu-nan)
<i>Dima yunnana</i> Fleutiaux, 1916	Čína (Yunnan)
Himálaj	
<i>Dima aspera</i> Schimmel & Platia, 1991	Nepál
<i>Dima beckeri</i> Schimmel & Platia, 1991	Nepál
<i>Dima bhutanensis</i> Schimmel, 1996a	Bhútán
<i>Dima brancuccii</i> Schimmel & Platia, 1991	Nepál
<i>Dima brunnea</i> Schimmel & Platia, 1991	Nepál
<i>Dima caetrata</i> Schimmel & Platia, 1991	Nepál
<i>Dima canalicollis</i> Schimmel & Platia, 1991	Nepál
<i>Dima convexiculata</i> Schimmel & Platia, 1991	Indie (Západní Bengálsko)
<i>Dima ferruginea</i> Schimmel & Platia, 1991	Nepál
<i>Dima ganeshana</i> Schimmel, 2001	Nepál
<i>Dima globicollis</i> Schimmel, 2001	Indie (Západní Bengálsko)
<i>Dima hayekae</i> Schimmel & Platia, 1991	Nepál

<i>Dima holzschuhi</i> Schimmel, 1996a	Nepál
<i>Dima jaegeri</i> Schimmel, 2001	Nepál
<i>Dima katomandulia</i> Ôhira & Becker, 1972	Nepál
<i>Dima leistoides</i> (Candèze, 1863)	Indie (Sikkim), Nepál
<i>Dima loebli</i> Schimmel & Platia, 1991	Nepál
<i>Dima longicornis</i> Schimmel & Platia, 1991	Nepál
<i>Dima martensi</i> Schimmel & Platia, 1991	Indie (Sikkim), Nepál
<i>Dima pakistanica</i> Suzuki, 1985	Pákistán
<i>Dima platiai</i> Schimmel, 2006b	Nepál
<i>Dima probsti</i> Schimmel & Platia, 1991	Nepál
<i>Dima pseudoleistoides</i> Schimmel & Platia, 1991	Indie (Sikkim, Západní Bengálsko)
<i>Dima pusilla</i> Schimmel & Platia, 1992a	Myanmar
<i>Dima rolwalingensis</i> Schimmel, 2006b	Nepál
<i>Dima rugosicollis</i> Schimmel, 2001	Nepál
<i>Dima sanamensis</i> Schimmel, 2006b	Nepál
<i>Dima schawalleri</i> Schimmel & Platia, 1991	Nepál
<i>Dima smetanai</i> Schimmel & Platia, 1991	Nepál

Zdroj: (Kundrata et al. 2018a; Mertlík et al. 2017, 2018; Ruan et al. 2018; Qiu et al. 2018)

5 Didaktická analýza odborného tématu

V rámci českého gymnaziálního vzdělávání spadá tematický celek Hmyz podle Rámcového vzdělávacího programu pro gymnázia do vzdělávací oblasti Člověk a příroda, předmětu biologie a tematického okruhu Biologie živočichů (RVP G 2007). V rámci základního vzdělávání spadá toto téma do předmětu přírodopis, vzdělávací oblast a tematický celek se od RVP G neliší (RVP ZV 2017). Předchozím probíraným tématem bývá téma Korýši, a následujícím tématem téma Ostnokožci. Vzhledem k počtu taxonů v rámci Insecta se jedná o velmi obsáhlé téma. V rámci tematických plánů výuky biologie jednotlivých škol lze však najít hodinovou dotaci tohoto tematického celku od dvou do 11 vyučovacích hodin (Soscib.cz 2018, tematický plán výuky biologie GTU 2017). Já navrhuji v rámci výuky na gymnáziu využít na výuku tematického celku Hmyz časovou dotaci 12 vyučovacích hodin, z čehož pět hodin by mělo probíhat formou exkurze do blízkého okolí školy. Jako hlavní metody výuky navrhuji výklad, dialog, demonstraci (práce s materiálem se sbírek, jsou-li k dispozici), práci ve skupinách a praktická cvičení v rámci exkurze. Hlavními formami výuky budou frontální a skupinová výuka.

V rámci krátké, pětihodinové exkurze do okolí školy navrhuji demonstraci odchytu hmyzu za použití exhaustoru, entomologické sítě, smýkáč sítě a zemní pasti. Odchycený hmyz budou žáci pozorovat a za použití dostupných určovacích klíčů a atlasů hmyzu určí, o jaké druhy se jedná. Následně si všechny zástupce společně zařadí do systému hmyzu probíraného v předešlých hodinách.

Hlavní výukové cíle:

- Žák vlastními slovy charakterizuje třídu hmyzu.
- Žák pozná a pojmenuje významné druhy hmyzu a uvede jejich ekologické nároky.
- Žák popíše anatomii a morfologii brouka.
- Žák provede jednoduché metody sběru hmyzu.
- Žák identifikuje jednotlivé zástupce hmyzu pomocí atlasu.
- Žák vysvětlí úlohu hmyzu v ekosystémech a popíše pozitivní i negativní roli vybraných druhů v životě člověka.

Osvojené kompetence:

- **Kompetence k učení:** Žáci kriticky posuzují získané poznatky, porovnávají je a formulují závěry, jsou vedeni k vyhledávání, shromažďování a třídění informací. Žáci využívají různé strategie učení a snaží se hodnotit výsledky své vlastní práce i práce svých spolužáků.
- **Kompetence sociální a personální:** Žák je veden ke spolupráci ve skupinách na základě vytvořených pravidel. Žák je veden a podporován k upevňování dobrých mezilidských vztahů, schopnosti požádat o pomoc a pomoc nabídnout. Žák rozvíjí schopnosti sebereflexe a spolupráce.
- **Kompetence komunikativní:** Žák se učí odborně vyjadřovat za využití odborné terminologie, diskutovat se svými spolužáky a s učitelem. Žák se učí formulovat své myšlenky v logickém sledu.
- **Kompetence k řešení problémů:** Žák se učí sám vyhledávat a kombinovat informace z různých informačních zdrojů.

Rozřazení dílčích témat do hodin

1. hodina: Vývoj, anatomie a životní cykly hmyzu (proměna dokonalá vs. nedokonalá).
2. hodina: Chvostnatky a rybenky; Úvod do křídlatého hmyzu (jepice, vážky).
3. hodina: Pošvatky, škvoři, blattopteroidní komplex (švábi, termiti, kudlanky), orthopteroidní komplex (strašilky, rovnokřídlí, ...).
4. hodina: Psocodea (vši), Hemiptera (ploštice, pěnodějky, cikády, mšice).
5. hodina: Hmyz s proměnou dokonalou; brouci.
6. hodina: Blanokřídlí.
7. hodina: Mecopteroidní komplex (srpice, blechy, dvoukřídlí, chrostíci, motýli).
- 8–12. hodina: Exkurze do blízkého okolí školy.

K entomologické exkurzi jsem vytvořila pracovní list s místem na zápis v podobě badatelského deníku a s úkoly, které žákům pomohou zafixovat si probranou látku.

6 Diskuze

Tribus Dimini Candèze, 1863 je malou skupinou kovaříkovitých, v současnosti řazených do podčeledi Dendrometrinae Gistel, 1848 (Costa et al. 2010; Kunderata et al. 2016, 2018b). Dříve bylo do této skupiny řazeno mnoho apterních a morfologicky jinak nepodobných rodů (Candèze 1891). Bylo však poukazováno na to, že nelétavost vznikla v průběhu evoluce několikrát a nelze ji brát jako hlavní charakteristiku pro rozřazování jednotlivých taxonů (Kunderata & Bocák 2011). Klasifikace skupiny se postupně měnila a Dimini dnes čítají 12 rodů zahrnujících přibližně 300 popsáných druhů. Do tribu Dimini spadají rody *Brancuccia*, *Csikia*, *Dima*, *Neocsikia*, *Neodima*, *Paracsikia*, *Parapenia*, *Penia*, *Platiana*, *Pseudocsikia* a *Sabahdima* (Kunderata et al. 2018a, 2019b; Kunderata & Šormová 2018, Ruan et al. 2018). Kunderata et al. (2019b) popsali nový rod, *Sinodima* Kunderata, Šormová & Qiu 2019.

Téměř všechny publikace zabývající se klasifikací tribu Dimini byly dodnes založeny pouze na studiu morfologických znaků. Dodnes jsou známa molekulární data pouze k jednomu kusu druhu *Dima elateroides* (Hendrich et al. 2015) a ke dvěma dalším zástupcům tribu Dimini. Kunderata & Bocák (2011) do své fylogenetické analýzy čeledi Elateridae zahrnuli rod *Platiana* ze Sumatry (zde jsem použila pouze fragment genu *cox1-3'*), Oba et al. (2015) při DNA barcodingu japonských kovaříků osekvenovali rod *Csikia* z Taiwanu (pouze fragment genu *cox1-5'*).

Zde předkládám první rozsáhlejší molekulární studii zabývající se postavením rodu *Dima* v rámci Elateridae a vztahy mezi jednotlivými liniemi uvnitř tribu Dimini. Tribus Dimini je na základě mých fylogenetických analýz monofyletický, sesterský k podčeledi Cardiophorinae. Stejný výsledek získali ve své analýze Elateridae i Kunderata & Bocák (2011). Fylogenetické analýzy dále ukazují, že rod XXXXXXXX není monofyletický. XXXXXXXX z XXXXXXXX je zde sesterskou skupinou rodu XXXXXXXX z XXXXXXXX (Obr. 1–4). Tento jedinec byl však jako zástupce rodu XXXXXXXX (a ne rodu XXXXXXXX) identifikován na základě bezkřídlosti a dle dosud platných diagnóz stanovených v publikacích Schimmel & Platia (1991) a Schimmel (1996). Vzhledem k tomu, že apterní a křídlatí jedinci se mohou vyskytovat i v rámci jednoho druhu (Ikeda et al. 2012), domnívám se, že tento druh bude muset být převeden navzdory své absenci křídel do rodu XXXXXXXX, jak naznačují všechny fylogenetické analýzy. Diagnózy jednotlivých rodů bude nutno přezkoumat na základě kombinace morfologie a molekulárních dat. Bylo již prokázáno, že nelétavé druhy si zachovávají vyšší genetickou diferenciaci mezi populacemi a obsahují vyšší počet geneticky

odlišných linií než druhy schopné letu, a že rychlost speciace nelétavých linií je dvakrát vyšší než u linií schopný letu (Ikeda et al. 2012). Navrhují tedy změnit limity a diagnózu rodu XXXXXXXX a zahrnout do něj i možnou absenci křídel. Pro tento krok je ještě potřeba přesně prozkoumat všechny morfologické znaky obou rodů. Tento delší výzkum je však nad rámec možností této diplomové práce, neboť rody XXXXXXXX a XXXXXXXX jsou nejpočetnějšími a morfologicky nejdiverzifikovanějšími rody v rámci Dimini.

V mých fylogenetických analýzách tvoří *Dima* XXXXXXXX buď samostatnou linii (Obr. 1; 3; 4A,C) nebo tvoří klad společně s *Dima* XXXXXXXX, ovšem s malou bootstrapovou podporou (Obr. 2, 4B). XXXXXXXX druhy rodu XXXXXXXX byly již dříve popsány jako samostatný rod XXXXXXXX, a někdy byli zástupci rodu XXXXXXXX považováni pouze za podrod rodu XXXXXXXX. Rod XXXXXXXX byl posléze synonymizován XXXXXXXX s rodem XXXXXXXX, protože XXXXXXXX neshledal žádné rozdílné charakteristiky. Molekulární data ovšem naznačují odlišnosti, které poukazují na to, že by se mohlo jednat o samostatný rod. Rodové jméno XXXXXXXX by tedy pro XXXXXXXX znovu platilo. Této problematice by měla být v dalších studiích věnována zvýšená pozornost, poněvadž XXXXXXXX se od těch XXXXXXXX liší i morfologicky, například v XXXXXXXX a XXXXXXXX.

Ostatní druhy rodu XXXXXXXX vycházejí v analýze jako jeden klad a rod XXXXXXXX z XXXXXXXX bude s nejvyšší pravděpodobností monofyletickou linií, což je podpořeno i morfologickými daty (Mertlík et al. 2017, 2018). Právě XXXXXXXX je v poslední době předmětem výzkumu několika kolegů, kteří nedávno popsali další nové druhy (Mertlík & Dušánek 2006; Platia 2011, 2012; Mertlík et al. 2017, 2018) a je pravděpodobné, že existuje ještě mnoho nepopsaných v méně probádaných horských oblastech. XXXXXXXX je po rodu XXXXXXXX druhým nejpočetnějším rodem v rámci Dimini. Je však možné, že ve skutečnosti bude zahrnovat více druhů, protože na rozdíl od rodu XXXXXXXX jsou všechny doposud známé druhy rodu XXXXXXXX nelétavé a ztráta letu může podporovat alopatrickou diferenciaci v důsledku omezené disperzní síly (Vogler & Timmermans 2012). To může mít za následek vysokou rychlost speciace nelétavých linií a i možnou vyšší druhovou početnost rodu XXXXXXXX. Vzhledem k nelétavosti rodu XXXXXXXX prokázané v této studii však může být i rod XXXXXXXX více početný, než se dosud myslelo. Navíc z oblasti Himálaje a východní a jihovýchodní Asie existuje spousta nepopsaných druhů (Kundrata, osobní sdělení).

Pro podrobnější prozkoumání jednotlivých vztahů uvnitř tribu Dimini je nutný vyšší počet sekvenovaných taxonů a detailnější studium morfologie jednotlivých linií. Je potřeba

osekvenovat zástupce rodu *Neodima* a *Sabahdima* a zjistit jejich postavení v rámci Dimini. Schimmel (1996) určil tyto rody jako sesterské rodu *Dima*, učinil tak ovšem pouze na základě morfologických charakteristik, především pak na základě znaků souvisejících s jejich neschopností letu. To ovšem není dostačujícím faktorem pro určení příbuznosti a je proto třeba molekulární studie, která by tento problém pomohla objasnit.

7 Závěr

V rámci své diplomové práce jsem vytvořila fylogenetickou analýzu tribu Dimini a zhodnotila jeho postavení v rámci Elateridae. Výsledky ukazují, že tribus Dimini je monofyletickým taxonem sesterským k podčeleďi Cardiophorinae. Rod *Dima* však není monofyletický a je třeba se zaměřit na podrobnější zkoumání zástupců tohoto rodu. Výsledky mé fylogenetické analýzy jsou předběžné, protože bylo analyzováno relativně malé množství zástupců tribu Dimini a byly sekvenovány jen dva fragmenty jednoho mitochondriálního genu, cytochrom oxidázy I, který se dnes běžně používá pro řešení taxonomických problémů (např. Jiang et al. 2015, Maus et al. 2001, Šormová et al. 2018). V dalších studiích bude třeba osekvenovat více zástupců tribu Dimini, zahrnout i jadernou DNA a vytvořit detailnější a rozsáhlejší analýzu fylogeneze této zajímavé skupiny brouků.

V didaktické části jsem se zaměřila na seznámení žáků s tématem Hmyz pomocí terénní exkurze do blízkého okolí školy. Vytvořila jsem pracovní list, který lze v rámci exkurze použít a poslouží žákům jako součást jejich badatelského deníku, nebo místo zápisu do sešitu.

8 Seznam literatury

- Beutel, R. G. & Leschen, R. A. B. (Eds.) (2016) Handbook of zoology. Arthropoda: Insecta. Coleoptera, Beetles. Morphology and Systematics. Archostemata, Adepnaga, Myxophaga, and Polyphaga partim, Volume 1, 2nd Edition. *Walter de Gruyter*, 684 s.
- Bocák, L., Barton C., Crampton-Platt, A., Chesters, D., Ahrens, D. & Vogler, A. P. (2014) Building the Coleoptera tree-of-life for >8000 species: composition of public DNA data and fit with Linnaean classification. *Systematic Entomology*, 39: 97–110.
- Bocák, L., Kundera, R., Fernández, C. A. & Vogler, A. P. (2016) The discovery of Iberobaeniidae (Coleoptera: Elateroidea): a new family of beetles from Spain, with immatures detected by environmental DNA sequencing. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283:1830.
- Bocák, L., Motyka, M., Boček, M. & Bocáková, M. (2018) Incomplete sclerotization and phylogeny: The phylogenetic classification of *Plastocerus* (Coleoptera: Elateroidea). *PLoS ONE*, 13:e0194026.
- Bocáková, M., Bocák, L., Hunt, T. & Vogler, A.P. (2007) Molecular phylogenetics of Elateriformia (Coleoptera): evolution of bioluminescence and neoteny. *Cladistics*, 23: 477–496.
- Bouchard, P., Bousquet, Y., Davies, A.E. et al. (2011) Family-group names in Coleoptera (Insecta). *ZooKeys*, 88, 1–972.
- Bray, T. C. & Bocák, L. (2016) Slowly dispersing neotenic Beetles can speciate on a penny coin and generate space-limited diversity in the tropical mountains. *Scientific Reports*, 6: 33579.
- Candèze, E. (1891) Catalogue méthodique de Élatérides connus en 1890. Catalogue méthodique des Élatérides, Liège. *Impr. H. Vaillant-Carmanne*, 8: 246 s.
- Cate, P. C. (2007) Family Elateridae. In: Catalogue of Palearctic Coleoptera, Vol. 4, Elateroidea – Derodontoidea – Bostrichoidea – Lymexyloidea – Cleroidea – Cucujoidea (eds I Löbl & A Smetana). *Apollo Books*, Stenstrup, Denmark, 89–209.
- Cobos, A. (1961) Sobre las *Dima* Charp. (Coleoptera, Elateridae) ibéricas del supuesto subgénero *Celox* Schauf. y rehabilitación de *D. assoi* Pérez Arcas. *Miscelánea zoológica*, 1: 109–113.
- Costa, C., Lawrence, J. F. & Rosa, S. P. (2010) Elateridae Leach, 1815. In: Leschen, R. A. B., Beutel, R. G., Lawrence, J. F. (Eds.), Coleoptera, Beetles. Vol. 2. Morphology and Systematics (Elateroidea, Bostrichiformia, Cucujiformia partim). In: Kristensen, N. P. &

- Beutel, R. G. (Eds.), Handbook of Zoology, Arthropoda: Insecta. *Walter de Gruyter GmbH & Co. KG*, Berlin/New York, s. 75–103.
- Crowson, R. A. (1955) The Natural Classification of the Families of Coleoptera. *Nathaniel Lloyd*, 187 s.
- Crowson, R. A. (1961) On some new characters of classificatory importance in adults of Elateridae (Coleoptera). *Entomologist's Monthly Magazine*, 96: 158–161.
- Crowson, R. A. (1981) The biology of the Coleoptera. *Academic Press*, 802 s.
- Dajoz, R. (1973) Les espèces balkaniques du genre *Dima* avec la description d'une espèce nouvelle (Coleoptera, Elateridae). *Cahiers des Naturalistes: Bulletin des Naturalistes Parisiens (Nouvelle Série)*, 29: 103–105.
- Douglas, H. B., Kunderata, R., Janošíková, D. & Bocák, L. (2018) Molecular and morphological evidence for new genera in the click-beetle subfamily Cardiophorinae (Coleoptera: Elateridae). *Entomological Science*, 21: 292–305.
- Erwin, T. (1982) Tropical forests: their richness in Coleoptera and other species. *Coleopterists Bulletin*, 36, 74–75.
- Evans, M. E. G. (1972) The jump of the click beetle (Coleoptera, Elateridae) - a preliminary study. *Journal of Zoology*, 167: 265–397.
- Folmer, O., Black, M., Hoeh, W., Lutz, R. & Vrijenhoek, R. (1994) DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology*, 3:294–299.
- Folmer, O., Black, M., Hoeh, W., Lutz, R. & Vrijenhoek, R. (1994) DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology*, 3:294–9.
- Gilgado, J. D., Ledesma, E., Cuesta, E., Arrechea, E., Zapata, J. L., Sánchez-Ruiz, A. & Ortuño, V. M. (2015) *Dima assoi* Pérez Arcas 1872 (Coleoptera: Elateridae): from montane to hypogean life. An example of exaptations to the subterranean environment? *Annales de la Société entomologique de France (N.S.)*, 50: 264–271.
- Gurjeva, Y. L. (1974) Thoracic structure of click beetles (Coleoptera, Elateridae) and the significance of the structural characters for the system of the family. *Entomologicheskoye Obozreniye*, 53: 96–113.
- Hebert, P. D. N., Cywinska, A., Ball, S. L. & de Waard, J. R. (2003) Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 270, 313–321.

- Hendrich, L., Morinière, J., Haszprunar, G., Hebert, P. D., Hausmann, A., Köhler F. & Balke, M. (2015) A comprehensive DNA barcode database for Central European beetles with a focus on Germany: adding more than 3500 identified species to BOLD. *Molecular Ecology Resources*, 15: 795–818.
- Higginbotham, R. W., Froese, P. S. & Carter, A. H. (2014) Tolerance of wheat (Poales: Poaceae) seedlings to wireworm (Coleoptera: Elateridae). *Journal of Economic Entomology*, 107: 833–837.
- Hunt, T., Bergsten, J., Levkanicova, Z., Papadopoulou, A., St. John, O., Wild, R., Hammond, P. M., Ahrens, D., Balke, M., Caterino, M. S., Gómez-Zurita, J., Ribera, I., Barraclough, T. G., Bocáková, M., Bocák, L. & Vogler, A. P. (2007) A comprehensive phylogeny of beetles reveals the evolutionary origins of a superradiation. *Science*, 318: 1913–1916.
- Ikeda, H., Nishikawa, M. & Sota, T. (2011) Loss of flight promotes beetle diversification. *Nature Communications*, 3: 648.
- Ikeda, H., Nishikawa, M. & Sota, T. (2012) Loss of flight promotes beetle diversification. *Nature communications*, 3:648.
- Jiang, Y., Yang, Z., Wang, X. & Hou Y (2015) Molecular identification of sibling species of *Sclerodermus* (Hymenoptera: Bethyilidae) that parasitize Buprestid and Cerambycid beetles by using partial sequences of mitochondrial DNA cytochrome oxidase subunit 1 and 28S ribosomal RNA gene. *PLoS ONE* 10: e0119573.
- Katoh, K., Misawa, K., Kuma, K. & Miyata, T. (2002) MAFFT: a novel method for rapid multiple sequence alignment based on fast Fourier transform. *Nucleic Acids Research*, 30: 3059–3066.
- Kundrata, R. & Bocák, L. (2011) The phylogeny and limits of Elateridae (Insecta, Coleoptera): is there a common tendency of click beetles to soft-bodiedness and neoteny? *Zoologica Scripta* 40: 364-378.
- Kundrata R., Bocáková M. & Bocák L. (2014) The comprehensive phylogeny of the superfamily Elateroidea (Coleoptera: Elateriformia). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 76: 162–171.
- Kundrata, R., Gunter, N. L., Douglas, H. & Bocák, L. (2016) Next step toward a molecular phylogeny of click-beetles (Coleoptera: Elateridae): redefinition of Pityobiinae, with a description of a new subfamily, Parablacinae, from the Australasian Region. *Austral Entomology* 55: 291-302.
- Kundrata, R., Gunter, N. L., Janošíková, D. & Bocák, L. (2018a) Molecular evidence for the subfamilial status of Tetralobinae (Coleoptera: Elateridae), with comments on parallel

- evolution of some phenotypic characters. *Arthropod Systematics & Phylogeny*, 76: 137–145.
- Kundrata, R., Mušálková, M. & Kubaczková, M. (2018b) Annotated catalogue of the clickbeetle tribe Dimini (Coleoptera: Elateridae: Dendrometrinae). *Zootaxa*, 4412: 1–75.
- Kundrata, R. & Šormová, E. (2018) *Platiana cechovskyi* sp. nov. from Malaysia, a remarkable new member of Dimini (Elateridae: Dendrometrinae) with strongly serrate antennae. *Zootaxa* 4524: 132–138.
- Kundrata, R., Šormová, E. & Qiu, L. (2019a) *Sinodima jenisi* gen. et sp. nov., a new wingless click-beetle from the mountains of Hunan, China (Elateridae: Dendrometrinae: Dimini). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 22: 15–18.
- Kundrata, R., Šormová, E., Qiu, L. & Prosvirov, A. (2019b) Revision of the flightless click-beetle genus *Neodima* Schimmel & Platia (Elateridae: Dimini) endemic to China, with comments on its systematic position. *Zootaxa*, 4604: 042–058.
- Kusý, D., Motyka, M., Andujar, C., Boček, M., Mašek, M., Sklenářová, K., Kokas, F., Bocáková, M., Vogler, A. P. & Bocák, L. (2018a) Genome sequencing of *Rhinorhipus* Lawrence exposes an early branch of the Coleoptera. *Frontiers in Zoology*, 15:21.
- Kusý, D., Motyka, M., Boček, M., Vogler, A. P. & Bocák, L. (2018b) Genome sequences identify three families of Coleoptera as morphologically derived click beetles (Elateridae). *Scientific REports*, 8:17084.
- Lawrence, J. F. & Newton, A. F. (1995) Families and subfamilies of Coleoptera (with selected genera, notes, references and data on family-group names). str. 779–1006. In: J. Pakaluk and S.A. Slipinski (eds.): *Biology, Phylogeny, and Classification of Coleoptera: Papers Celebrating the 80th Birthday of Roy A. Crowson*. *Museum i Instytut Zoologii PAN*, Warszawa.
- Lawrence, J. F., Ślipiński, A., Seago, A. E., Thayer, M., Newton, A. F. & Marvaldi, A. E. (2011) Phylogeny of the Coleoptera based on morphological characters of adults and larvae. *Annales Zoologici*, 61: 1–217.
- Maus, Ch., Peschke, K. & Dobler, S. (2001) Phylogeny of the Genus *Aleochara* inferred from mitochondrial cytochrome oxidase sequences (Coleoptera: Staphylinidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 18: 202–216.
- McKenna, D. D., Wild, A. L., Kanda, K., Bellamy, C. L., Beutel, R. G., Caterino, M. S., Farnum, C. W., Hawks, D. C., Ivie, M. A., Jameson, M. L., Leschen, R. A. B., Marvaldi, A. E., McHugh, J. V., Newton, A. F., Robertson, J. A., Thayer, M. K., Whiting, M. F., Lawrence, J. F., Ślipiński, A., Maddison, D. R. & Farrell, B. D. (2015) The beetle tree of

- life reveals that Coleoptera survived end-Permian mass extinction to diversify during the Cretaceous terrestrial revolution. *Systematic Entomology*, 40: 835–880.
- Mertlík, J. & Dušánek, V. (2006) Description of five new species of click-beetles (Coleoptera, Elateridae) from the Palearctic region with remarks about the distributions of 22 additional species. *Folia Heyrovskyana, Serie A*, 13: 145–162.
- Mertlík, J., Németh, T. & Kundera, R. (2017) Revision of the flightless click-beetle genus *Dima* Charpentier, 1825 (Coleoptera: Elateridae: Dimini) in the Balkan Peninsula. *Zootaxa*, 4220: 1–63.
- Mertlík, J., Németh, T. & Kundera, R. (2018) Additions to the revision of *Dima* Charpentier, 1825 (Coleoptera: Elateridae: Dimini) in the Balkan Peninsula, with the descriptions of five new species. *Zootaxa*, 4433: 325–351.
- Miller, M. A., Pfeiffer, W. & Schwartz, T. (2010) Creating the CIPRES Science Gateway for inference of large phylogenetic trees. *Proceedings of the Gateway Computing Environments Workshop (GCE)*, s. 1–8.
- Milosavljević, I., Esser, A. D. & Crowder, D. W. (2016) Effects of environmental and agronomic factors on soil-dwelling pest. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 225: 192–198.
- Oba, Y., Ôhira, H., Murase, Y., Moriyama, A. & Kumazawa, Y. (2015) DNA barcoding of Japanese click beetles (Coleoptera, Elateridae). *PLoS ONE* 10: e0116612.
- Oberprieler, R. G., Marvaldi, A. E. & Anderson, R. S. (2007) Weevils, weevils, weevils everywhere. *Zootaxa*, 1668: 491–520.
- Platia, G. (2011) New species and new records of click beetles from the Palearctic region (Coleoptera, Elateridae). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 48: 47–60.
- Platia, G. (2012) Description of ten new species of click-beetles from the Palearctic region, with new distributional records (Coleoptera, Elateridae). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 50: 199–207.
- Qiu, L., Šormová, E., Ruan, Y. & Kundera, R. (2018) A new species of *Dima* (Coleoptera: Elateridae: Dimini), with a checklist and identification key to the Chinese species. *Annales Zoologici*, 68: 441–450.
- Rambaut, A. (2009) FigTree version 1.3.1 [computer program] <http://tree.bio.ed.ac.uk>.
- Rámcový vzdělávací program pro gymnázia (2007) Praha: *Výzkumný ústav pedagogický v Praze*, 100 s. [cit. 2019-03-06]. Dostupné z: <http://www.vuppraha.cz/wp-content/uploads/2009/12/RVPG-2007-07_final.pdf>.

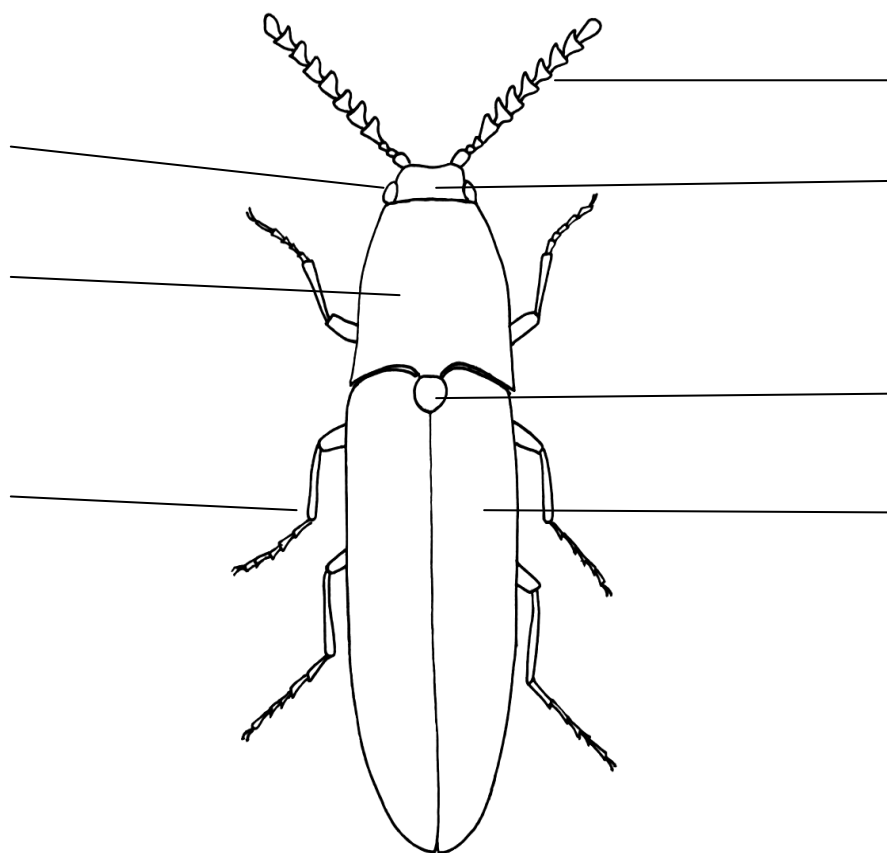
- Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání (2017) Praha: *Výzkumný ústav pedagogický v Praze*, 165 s. [cit. 2019-03-28]. Dostupné z:
<http://www.msmt.cz/file/43792/>
- Ruan, Y., Kundrata, R., Šormová, E., Qiu, L., Zhang, M. & Jiang, S. (2018) Description of two new species of *Dima* Charpentier, 1825 from China (Coleoptera: Elateridae: Dendrometrinae). *Zootaxa*, 4526: 589–599.
- Sánchez-Ruiz, A. (1996) Catalogo bibliografico de las especies de la familia Elateridae (Coleoptera) de la Peninsula Iberica e Islas Baleares. *Documentos Fauna Iberica 2. Museo Nacional de Ciencias Naturales Consejo Superior de Investigaciones Cientificas*, Madrid, 265 s.
- Seidlitz, G. (1867) Einige entomologische Exkursionen in den Castilischen Gebirgen im Sommer 1865. *Berliner Entomologische Zeitschrift*, 11: 167–193.
- Schaufuss, L. W. (1862) Beitrag zur Käferfauna Spaniens. *Sitzungsberichte der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft Isis zu Dresden*, 1862: 189–204.
- Schimmel R. & Platia G. (2008). The European species of the genus *Dima* Charpentier, 1825 (Insecta: Coleoptera, Elateridae). *Bollettino del Museo regionale di Scienze naturali Torino*, 25: 559–594.
- Schimmel, R. & Platia, G. (1991) Revision des Subtribus Dimina Candèze, 1863 aus dem Himalaya, mit Bestimmungstabellen der Gattungen und Arten (Coleoptera: Elateridae). *Entomologica Basiliensia*, 14: 261–382.
- Schimmel, R. & Platia, G. (1992) Neue Arten des supraspezifischen Taxons Dimina Candèze, 1863 aus Südostasien (Coleoptera: Elateridae). *Beiträge zur Entomologie*, 42: 293–315.
- Schimmel, R. & Platia, G. (1993) Eine neue Gattung, *Sabahdima* n. gen., aus Malaysia (Coleoptera: Elateridae). *Revue suisse de zoologie*, 100: 65–74.
- Schimmel, R. & Platia, G. (2008) The European species of the genus *Dima* Charpentier, 1825 (Insecta: Coleoptera, Elateridae). *Bollettino del Museo Regionale di Scienze Naturali Torino* 25: 559-594.
- Schimmel, R. (1996) Das Monophylum Diminae Candèze, 1863 (Insecta: Coleoptera, Elateridae). *Pollichia-Buch* Nr. 33, Bad Dürkheim, 227 s.
- Schimmel, R. (1998) Neue und wenig bekannte Schnellkäfer aus Südostasien (Coleoptera: Elateridae). *Entomological Problems*, 29: 149–155.
- Schimmel, R. (1999) Neue und wenig bekannte Elateriden sowie eine neue Gattung, *Acumenator* n. gen., aus Südostasien (Insecta: Coleoptera, Elateridae). *Mitteilungen der Pollichia*, 85: 231–259.

- Simon, C., Frati, F., Beckenbach, A., Crespi, B., Liu, H. & Flook, P. (1994) Evolution, weighting and phylogenetic utility of mitochondrial gene sequences and a compilation of conserved polymerase chain reaction primers. *Annals of the Entomological Society of America*, 87, 651-701.
- Simon, M., Bénit, P., Vassal, A., Dubois, C. & Faye, G. (1994) Sequence of the PHO2-POL3 (CDC2) region of chromosome IV of *Saccharomyces cerevisiae*. *Yeast* 10:1653-6.
- Ślipiński, S. A., Leschen, R. A. B. & Lawrence, J. F. (2011) Order Coleoptera Linnaeus, 1758. Animal Biodiversity: An Outline of Higher-Level Classification and Survey of Taxonomic Richness (ed. by Z.-Q. Zhang). *Zootaxa*, 3148, 203–208.
- Soscb.cz [online] (2018) Tematický plán vyučovacího předmětu biologie: přírodovědné vzdělávání. České Budějovice. Dostupné z: www.soscb.cz/zabezpeceno/templan/templanVET/BIO.doc
- Stamatakis, A. (2014) RAxML version 8: a tool for phylogenetic analysis and post-analysis of large phylogenies. *Bioinformatics*. 30:1312-3.
- Stibick, J. N. L. (1979) Classification of the Elateridae (Coleoptera). Relationships and classification of the subfamilies and tribes. *Pacific Insects* 20: 145-186.
- Šormová, E., Kramp, K. & Kundrata, R. (2018) Diversity and phylogenetic relationships of *Drilus* Olivier, 1790 (Elateridae: Agrypninae: Drilini) in Cyprus. *Zoologischer Anzeiger*, 275: 1–12.
- Timmermans, M. J., Barton, C., Haran, J., Ahrens, D., Culverwell, C. L., Ollikainen, A., Dodsworth, S., Foster, P. G., Bacák, L. & Vogler, A. P. (2015). Family-level sampling of mitochondrial genomes in Coleoptera: Compositional heterogeneity and phylogenetics. *Genome biology and evolution*, 8: 161–175.
- Vogler, A. & Timmermans, M. J. T. N. (2012) Speciation: Don't fly and diversify? *Current Biology*, 22: R284.
- Zapata de la Vega J. L. & Sánchez-Ruiz, A. (2012) Catálogo actualizado de los Elatéricos de la Península Ibérica e Islas Baleares (Coleoptera: Elateridae). *Archivos Entomológicos*, 6: 115–271.
- Zapata de la Vega J. L. & Sánchez-Ruiz, A. (2013) Nuevas aportaciones al catálogo de la familia Elateridae (Coleoptera) en la Península Ibérica e Islas Baleares, I. *Archivos Entomológicos*, 8: 159–190.
- Zapata de la Vega J. L. & Sánchez-Ruiz, A. (2014) Nuevas aportaciones al catálogo de la familia Elateridae (Coleoptera) en la Península Ibérica e Islas Baleares, II. *Archivos Entomológicos*, 10: 129–166.

Zhang, Z., Zhang, X., Zhao, Y., Mu, W. & Liu, F. (2017) Efficacy of insecticidal seed treatments against the wireworm *Pleonomus canaliculatus* (Coleoptera: Elateridae) in China. *Crop Protection*, 92: 134–142.

9 Přílohy

Popiš jednotlivé části těla brouka:



Nakresli jednoho zástupce skupiny hmyzu, kterého se Ti podařilo odchytil:

