

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra ekologie a životního prostředí

AKUSTICKÁ KOMUNIKACE ŠVÁBA SYČIVÉHO



Bakalářská diplomová práce
předložená
na Katedře ekologie a životního prostředí
Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků
na získání titulu Bc. v oboru
Učitelství biologie a environmentální výchovy pro střední školy /
Učitelství geografie pro střední školy

Autor: **Denisa Mazurová**

Vedoucí práce: **doc. RNDr. Mgr. Ivan Hadrián Tuf, Ph.D.**

Olomouc

2022

Prohlašuji, že jsem bakalářskou diplomovou práci na téma „Akustická komunikace švába syčivého“ vypracovala samostatně pod odborným dohledem vedoucího diplomové práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Olomouci dne 2.8.2022

Podpis

Mazurová, D. (2022). Akustická komunikace švába syčivého [Bakalářská práce]. Olomouc: Katedra ekologie a životního prostředí Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. 33 s. Česky.

Abstrakt

Šváb syčivý (*Gromphadorhina portentosa*) je druhem švába žijícího na Madagaskaru. Charakteristická je pro něj schopnost syčet, kterou využívá ke komunikaci ve třech různých situacích. Jeden ze způsobů syčení, disturbanční, je v současné době klasifikován jako anti-predační mechanismus. Dosud provedené studie však naznačují, že disturbanční syčení neslouží k obraně před predátorem. Cílem této práce je otestovat reaktivitu švábů na nežádoucí podnět, při kterém se syčení projevuje, a zda disturbanční syčení slouží jako obranný mechanismus před predátory. Testováno bylo disturbanční syčení pomocí dvou experimentů; první experiment sloužil k otestování schopnosti jednotlivých švábů syčet, ve druhém experimentu bylo sledováno syčení v přítomnosti predátora. Provedenými experimenty bylo dokázáno velikost ani pohlaví jedince nemá vliv na syčení, a byly získány důkazy potvrzující hypotézu, že disturbanční syčení neslouží jako anti-predační mechanismus.

Klíčová slova: šváb syčivý, Blattodea, komunikace, akustická komunikace, anti-predační mechanismus, disturbanční syčení

Mazurová, D. (2022). Acoustic communication of madagascar hissing cockroach [bachelor's thesis]. Olomouc: Department of Ecology and Environmental sciences, Faculty of Science, Palacky University Olomouc. 33 pp. In Czech.

Abstract

Madagascar hissing cockroach (*Gromphadorhina portentosa*) is a species of cockroach from Madagascar. A characteristic trait of this species is that they produce hissing sounds used in three types of situations. One of the hissing types, disturbance hiss, is currently classified as an anti-predatory mechanism. However, there is evidence that the disturbance hiss does not serve as an anti-predatory mechanism, based on past research. The aim of this study is to test the reactivity of cockroaches to an unpleasant stimulus to which they respond with hissing, and whether the disturbance hiss serves as an anti-predatory mechanism. Two experiments were conducted in this research; the first experiment aimed to test the hissing ability of individual cockroaches, the second experiment focused on hissing display when meeting a predator. It was found that the ability to hiss in cockroaches does not depend on their sex or their size, and it provides evidence for the hypothesis that the disturbance hiss does not serve as an anti-predatory mechanism.

Key words: madagascar hissing cockroach, Blattodea, communication, acoustic communication, anti-predatory mechanism, disturbance hiss

OBSAH

1	Úvod.....	1
	1.1 Komunikace živočichů	1
	1.2 Řád švábi	8
	1.3 Šváb syčivý.....	12
	1.4 Dosavadní poznatky o syčení švábů.....	15
2	Cíl práce	17
3	Materiály a metody	18
4	Výsledky	20
	4.1 Reakce švába syčivého na vyrušení	20
	4.2 Reakce švába syčivého na predátora	22
	4.3 Reakce ostatních na loveného jedince	23
5	Diskuze	24
6	Závěr.....	27
	LITERATURA.....	28
	PŘÍLOHY.....	34

Seznam tabulek

Tabulka 1 Intenzita syčení pokusných švábů během opakovaného rušení.....	20
--------------------------------------------------------------------------	----

Seznam obrázků

Obrázek 1 Samec a samice švába syčivého (<i>Gromphadorhina portentosa</i>).....	13
Obrázek 2 Rozdíly v amplitudě jednotlivých typů syčení, měřeno u samců.....	14
Obrázek 3 Průměrná reaktivita samců a samic švába syčivého.....	21
Obrázek 4 Průměrná intenzita syčení samců a samic švába syčivého.....	21

Poděkování

Chtěla bych tímto poděkovat především vedoucímu mé bakalářské práce, doc. Ivanu H. Tufovi, bez jehož trpělivosti, ochoty a odborného vedení by tato práce nevznikla. Mimo to bych také ráda poděkovala mojí mamince, Ing. Elence Mazurové, za korekturu.

1 ÚVOD

1.1 Komunikace živočichů

Stejně jako lidé také ostatní živočichové využívají různé formy dorozumívání. Veškerá komunikace mezi živočichy probíhá vydáváním a přijímáním signálů, ať už je to v rámci komunikace vnitrodruhové či mezidruhové (Dugatkin, 2009). Tyto signály většinou patří jedincům stejného druhu, občas však získávají živočichové nechtěně pozornost i třeba predátorů. Signály mohou být poplašné, vábící, zstrašovací, svolávací a další. Schopnost komunikace je především vrozená, u savců je však možné v průběhu života tuto schopnost vylepšovat či vytvářet nové prostředky při setkávání s dosud neznámými situacemi (Bradbury & Verhencamp, 2011).

Živočichům k dorozumívání slouží orgány vždy speciálně upravené pro příjem a produkci různých signálů. Ty se liší podle toho, o jakou formu signálu se jedná, a tedy jakým způsobem živočichové komunikují (Veselovský, 2005).

1.1.1 Vnitrodruhová komunikace

Pro jedince stejného druhu je vzájemná komunikace nezbytná, ať už se jedná o komunikaci při spolupráci, nebo komunikaci, která je výhodná pouze pro jednu stranu (Fíla et al., 2013). Komunikační signály mířené jedincům stejného druhu nicméně téměř vždy obsahují informaci o motivaci jeho vysílatele, avšak kromě upřímných signálů mohou jedinci také signály falšovat, aby získali výhodu v některých situacích, jako je například páření (Franck, 1996).

Intraspecifická komunikace mezi zvířaty slouží obrovskému množství účelů, od dorozumívání eusociálního hmyzu v rámci kolonie, mezi rodiči a potomky, při námluvách až po teritoriální chování (Barnard, 2004). Některé z těchto interakcí budou probrány v následujících kapitolách.

1.1.2 Mezidruhová komunikace

Komunikační sítě volně žijících živočichů mohou být velmi složité, jelikož zahrnují velké množství vysílatelů a příjemců signálů (Templeton & Greene, 2007). Právě kvůli toho

mohou získávat informace i jedinci, kterým signály mířeny nebyly. Může být tedy výhodná pouze pro jednu z komunikujících stran, ať už třeba pro predátora, který vyhledává kořist, nebo pro kořist, která se snaží před predátorem ochránit (Barnard, 2004).

Interspecifická komunikace však může mít i pouze pozitivní dopad, ačkoliv signál nebyl směřován jedinci, který jej dostal. Některá zvířata mohou například odposlouchávat komunikaci ostatních zvířat a tím získat informace o hrozícím nebezpečí (Fallow & Magrat, 2010). Mimo to živočichové využívají mezidruhové komunikace i k vzájemně prospěšným účelům, například pokud se jedná o komunikaci druhů, jenž mezi sebou mají mutualistické vztahy (Dugatkin, 2009).

1.1.3 Způsoby komunikace

Chemická komunikace

Chemická komunikace je nejstarším a nejrozšířenějším způsobem komunikace (Candolin, 2003). Pokud hovoříme o chemické komunikaci, disponují živočichové chemoreceptory, které jim umožňují vnímat přítomnost různých chemických látek a vyvolat příslušnou reakci. Nižší vodní bezobratlí však přijímají chemické signály celým povrchem těla. Živočichové vnímají chemické látky jak v plynném, tak kapalném stavu. Plynné látky lze vnímat i na větší vzdálenost, v kapalném stavu jde o signály, které musejí přijít do přímého kontaktu s živočichem. Látky, které slouží ke komunikaci všech živočichů, ať už v rámci druhu či mezi nimi, se nazývají semiochemikálie. Tyto látky mohou být v pevném i kapalném stavu a mají velký účinek. Feromony mohou být pohlavní, poplašné, agregační, značkovací, tvořící hierarchii. Čichové orgány má hmyz na tykadlech, tam se nachází čichové brvy, které zachycují molekuly chemických látek. Molekuly látky se dostávají v receptorické buňce na krátký výběžek neuronu, odkud se pomocí akčního potenciálu dostává podnět do příslušného centra. Chuťové orgány se nacházejí na různých částech těla, jako je sosák, čelisti, kladélko či chodidla, a přenos podnětu probíhá stejným způsobem (Bradbury & Veherencamp, 2011). Chemická komunikace je velmi efektivní a živočichové z ní snadno dokáží rozlišit například pohlaví toho, kdo chemikálii vyloučil, jeho zájem o páření, informace o zdraví jedince nebo třeba dominanci (Richard & Hunt, 2013).

Látky využívané živočichy ke komunikaci s jedinci stejného druhu se nazývají feromony. Vylučovány jsou žlázami buď jako jednotlivé látky, nebo spolu s odpadním materiálem – s výkaly a močí (Bradbury & Veherencamp, 2011). Feromony využívá hojně

například sociální hmyz, který díky nim dokáže rozlišit mezi jedinci svého druhu a druhu jiného (Sebeok, 1977).

Hmyz řádu blanokřídlí (Hymenoptera) přijímá chemické signály pomocí čichového orgánu na tykadlech. Samice podřádu širopasí (Symphyta) vypuzují těkavé atraktanty, aby upozornily samce na to, že se chtějí pářit. Feromony mohou sloužit i ke svolávání příbuzných jedinců ke shromáždění (Ayasse et al., 2001). Někteří hadi využívají chemikálie, aby se před zahájením hibernace sešli s ostatními jedinci na stejném místě; například pakobra východní (*Pseudonaja textilis*) následuje chemickou stopu svých druhů do dutin vhodných k hibernaci, kde potom jedinci přezimují společně (Sebeok, 1977).

Látky, které slouží ke komunikaci mezi různými druhy, se nazývají allelochemikálie. Ty dělíme podle toho, jaké jsou jejich výhody a nevýhody pro vysílatele signálu a jeho příjemce. Pokud jsou výhodné pro příjemce, nazýváme je kairomony. Pokud přinášejí užitek vysílateli signálu, nazývají se allomony, a když je vysílaný chemický signál výhodný pro oba, jsou to synomony (Bradbury & Vehrencamp, 2011). Třeba korýš hrotnatka (*Daphnia longicephala*) dokáže rozpoznat kairomony, které vypouští její predátor znakoplavka obecná (*Notonecta glauca*) z řádu polokřídlí (Hemiptera). V důsledku toho umí zvětšit své tělo a oddálit dozrání v dospělce, aby se před ním ochránila (Trotter et al., 2019). Ochranit před predátorem se dokáží pomocí identifikace látek jimi vylučovanými například také ještěrky z čeledi ještěrkovití (Lacertidae). Ty, pokud rozeznají pach jejich predátora – hada, ukryjí se pod kamenem (Van Damme & Quick, 2001).

Vizuální komunikace

Způsob dorozumívání, při kterém živočichové využívají signály ve formě elektromagnetického záření vyvolávajícího zrakový vjem, se nazývá optická neboli vizuální komunikace (Bradbury & Verhencamp, 2011).

Vizuální komunikaci nalezneme obvykle u živočichů s dobře vyvinutým zrakem, vedle obratlovců to jsou například některé druhy hlavonožců, hmyzu nebo korýšů. Někteří živočichové využívají kromě odrazu záření také tvorbu vlastního světla, což se nazývá bioluminiscence. K optickým signálům patří různé tělesné charakteristiky, jako je tvar těla, zbarvení, velikosti některých částí těla a další. Často je aktivují nejrůznější fyziologické procesy, které například mění barvu živočicha, nicméně vizuální signály mohou být i různé stopy zanechané zvířetem (Sebeok, 1977); například značení teritoria levhartů podrápáním

kmenů stromů (Ghoddousi et al., 2008). Vizuální komunikace je omezena jak přítomností světla, tak vzdáleností mezi vysílatelem signálu a jeho příjemcem (Sebeok, 1977).

Pro množství druhů jsou vizuální signály nezbytné při výběru partnera; se selekcí podle vizuálních charakteristik se setkáme například u některých druhů motýlic (Zygoptera). Samci motýlic často nejsou schopni rozpoznat samici na základě jiných signálů, než jsou ty vizuální. Aby samici našli a identifikovali, potřebují ji vidět; samici identifikují na základě barvy a morfologických znaků (Winfrey & Fincke, 2017).

Pro vnitrodruhovou komunikaci využívají samci olihně karibské (*Sepioteuthis sepioidea*) vizuální signály různými způsoby. Pokud lákají samici, zbarví se do červena. Jestliže chtějí odradit ostatní jedince při námluvách, zbarví se do bíla. Tato zbarvení samec využívá i současně tak, že polovina přivrácená k samici je červená zatímco polovina, kterou vidí konkurent, je bílá (Petr, 2021).

Vizuální komunikace může sloužit i jako obrana před predátorem. Třeba mnohonožky rodu *Motyxia* produkují modrozelené světlo, o kterém bylo zjištěno, že jim slouží jako varovný signál. Tyto mnohonožky se brání před predátorem vylučováním kyanidu. Bioluminiscence žádným způsobem predátorovi ublížit nemůže, může ho však varovat před tím, že pokud se mnohonožka stane jeho kořistí, bude to pro něj mít nežádoucí účinek (Marek et al., 2011). Takovéto ochraně pomocí výstražného signálu se říká aposematismus. Často toho však zneužívají i jedinci, kteří žádnou formou chemické obrany nedisponují. Napodobují tím pouze druhy, které se chemicky chránit mohou a zároveň mají aposematické zbarvení. Takovému napodobování se říká Batesovo mimikry (Barnard, 2004).

Tento způsob obrany je nejhojnější mezi hmyzem, u obratlovců Batesovo mimikry není až tak časté (Pough, 1988). Využívá ho například had korálovka královská (*Lampropeltis pyromelana*), která je neškodná a svým zbarvením napodobuje velmi jedovatého hada *Micruroides euryxanthus* (Davies et al. 2010).

Dotyková komunikace

Dotykový (taktilní) způsob komunikace není mezi živočichy tolik využíváný. Většina živočichů, jak bezobratlých, tak obratlovců, jsou živočichy distančními. To znamená, že dotyků využívají pouze při speciálních příležitostech, jako je například souboj nebo kopulace. Naopak kontaktní živočichové, jako jsou například papoušci, dotekové dorozumívání vyhledávají. K dotekové komunikaci řadíme také různé vibrace a otřesy, které

například slouží k upozorňování na nebezpečí či kořist, a rozšiřuje se díky nim vzdálenost mezi komunikujícími. Někteří živočichové, například pavouci, jsou schopni díky svým mechanoreceptorům přijímat již velmi slabé vibrace (Bradbury & Veherncamp, 2011).

Jednou ze skupin, která hojně využívá dotyků pro komunikaci mezi sebou, jsou primáti. Nejvíce prostudovaným taktilním způsobem komunikace u primátů je komunikace opečovávací (tzv. grooming). Opečováváním stráví někteří primáti až 18 % dne. Kromě toho, že opečovávání pomáhá udržovat kůži a srst primáta čistou, slouží i k redukci stresu. Takovýmto opečováváním si mezi sebou primáti rovněž tvoří hlubší sociální vazby (Cerrone, 2020). Taktilně komunikují i jiní savci, například buvolci stepní (*Alcelaphus buselaphus*) si vzájemně olizují tváře a krky, pokud při setkání není jasná dominance podle vzhledu, ale nejsou ještě připraveni na souboj (Bradbury & Veherncamp, 2011).

Co se bezobratlých týče, podívejme se například na pářící chování pavouka nefila chluponohá (*Nephila pilipes*). Samec mezi jednotlivými pářeními samici zabalí do hedvábí, což značně snižuje pravděpodobnost samičí agrese během páření a kanibalismu po jeho ukončení (Zhang et al., 2011). V této studii bylo rovněž zjištěno, že pro úspěch takovéto metody hraje taktilní stimulace nejdůležitější roli, jelikož v průběhu zamotávání do hedvábí se samec otírá o záda samice snovacími bradavkami, což samici uklidní.

Zajímavý příklad heterospecifické taktilní komunikace najdeme v mutualistickém soužití ryb čeledi hlaváčovití (Gobiidae) s rodem krevet *Alpheus*. Krevety mají velmi špatný zrak, a proto je hlaváčovití varují před predátory šviháním svého ocasu, což krevety rozpoznají pomocí svých dlouhých tykadél. Za tuto ochranu krevety hloubí rybám nory, které jim slouží k úkrytu před vlastními predátory. Tento způsob komunikace je jedním z mála známých způsobů, kdy přežití jednoho druhu závisí téměř naprosto na pomoci od druhu jiného (Thacker et al., 2011).

Echolokace a elektrická komunikace

Jedním ze způsobů komunikace, s kterým se setkáme u menší skupiny zvířat oproti těm ostatním, je echolokace. Běžně signály slouží pouze vysílajícímu jedinci a slouží k orientaci podle ozvěny zvukových signálů. Živočichové je využívají nejen k orientaci v prostoru, ale také k vyhledávání potravy (Jones & Siemers, 2011). Tyto zvukové signály neboli ultrazvuky mají frekvenci minimálně 12 kHz a čím vyšší je frekvence signálu, tím menší překážky jsou zaznamenány. Typická je echolokace především pro kytovce a letouny a říká se jí sonar (sound navigation ranging). Rozdíly jsou mezi těmito druhy nejen ve výšce

frekvence signálů, ale také vzhledem k prostředí, ve kterém jsou vysílány (voda a vzduch) (Bradbury & Veherencamp, 2011).

Četnými výzkumy bylo dokázáno, že netopýři mohou využívat echolokační signály ke komunikaci, například k rozeznání jedince vlastního druhu od cizího (Fenton, 1984, Jones & Siemers, 2008, Knörnschild, 2012 et al.).

Zajímavý obranný systém si vyvinuly některé druhy nočních motýlů. Ty dokážou například pomocí tymbálu nebo stridulačních orgánů napodobit echolokační signály netopýřů, čímž je varují před svou vlastní toxicitou, případně ruší signály vydávané netopýři (Bradbury & Veherencamp, 2011). Zajímavé je také to, že některé můry, které chemicky chráněné nejsou, umí napodobit varovný signál chemicky chráněných můr, což vede k tomu, že se netopýři vyhýbají i těmto můrám, ačkoliv nemají důvod (Barber et al., 2007).

Další, méně se vyskytující formou dorozumívání, je elektrokomunikace. Tato schopnost se vyskytuje u některých ryb a paryb a slouží při lovu, ochraně, páření či například ke stanovení dominance. K tomu, aby mohli živočichové komunikovat pomocí elektrických signálů, potřebují mít také elektroreceptivní orgány. Ryby a paryby vyhledávají svůj cíl podle elektrického pole, které obklopuje kořist, a rovněž dokážou produkovat elektrický výboj (Sebeok, 1977). Některé ryby elektrické výboje vydávají neustále a komunikují tím, že změní typický vzorec elektrických vln (Bradbury & Veherencamp, 2011).

Elektrokomunikaci využívají některé ryby disponující elektrickými a elektroreceptivními orgány, které používají k rozeznávání pohlaví, sociálního postavení, agresivnímu chování aj. (Kramer, 1979, Smith, 2013).

Akustická komunikace

Zvuková signalizace obecně je umožněna tvorbou a příjmem vibrací. Schopnost akustické komunikace mají pouze členovci a obratlovci. V rámci těchto skupin existuje množství způsobů, kterými jednotlivé druhy dokážou vytvářet vibrace. Pro dorozumívání zvukem je podstatná nejen schopnost vibraci generovat, ale rovněž efektivita přenosu dané vibrace prostředím, ve kterém se nachází. Pro tvorbu vibrací zvířata využívají jak pohyby částí svého těla, tak nějaké médium v kapalném (plynném) či pevném skupenství (Bradbury & Veherencamp, 2011).

Zvířata mohou vytvářet vibrace narážením některé části svého těla o jiné nebo o nějaké médium, což může být u bezobratlých provedeno například tykadly, křídly či zadečkem. U obratlovců je tento mechanismus stejný, používají k narážení například hlavu

nebo kopyta. Dalším způsobem tvorby vibrací je stridulace, což je tření částí těla vůči sobě (Sebeok, 1977). K tomu mohou využívat části těla, jako jsou zuby, kosti nebo křídla, nicméně u některých bezobratlých došlo ke zdokonalení tělesných struktur pro tuto funkci a vyvinuly se modifikované stridulační orgány tvořené dvěma částmi – pars stridens a plectrum, které mají formu hřebenů opatřenými nejrůznějšími štětinami a výběžky. Dalším akustickým orgánem je kutikulární blána (tymbál), nacházející se u různých druhů na různých částech těla, která je rozechvívána pomocí kontrakce svalů na ni napojených, čímž produkuje vibraci. Tento způsob najdeme pouze u cikád patřících mezi ploštice (Hemiptera) a některých motýlů (Lepidoptera) (Bradbury & Verehencamp, 2011).

Uvnitř kapalného média (vody) živočichové využívají k tvorbě vibrace například kontrakce, pohyby a změny velikostí některých částí těla, jako je například plynový měchýř u ryb (sumci). Tyto tělesné změny způsobí přenos vibrace do okolní kapaliny jako zvuk. Ve vzduchu vznikají zvukové vibrace u bezobratlých máváním křídly. Tento zvuk nemá příliš velký dosah, nicméně v bezprostředním okolí je značně silný (Bradbury & Verehencamp, 2011).

Dalším způsobem produkce zvuku je pomocí vzduchu uvnitř dýchací soustavy. S tímto způsobem se setkáme pouze u suchozemských živočichů. U obratlovců vibrace vznikají průnikem vzduchu ven skrze záklopku, která uzavírá a otevírá průchod do dýchací trubice. Tento systém je u různých druhů jinak modifikovaný, ale princip vždy zůstává stejný. Některé druhy hmyzu produkují zvukové vibrace vytlačením vzduchu ven z dýchací soustavy skrze průduchy/spirakuly – vývody, kterými odchází vzduch z těla (Nelson, 1979). Příkladem producenta zvuku tímto způsobem je například lišaj smrtihlav, který vydává krátké pisklavé zvuky vtažením a vypuzením vzduchu skrze hltan (Brehm et al., 2015).

Akustická komunikace v rámci druhu může sloužit například k varování. Mravenec střihač rodu *Atta* využívá stridulačních signálů k varování ostatních jedinců, pokud je část jejich kolonie zasypána propadem uvnitř hnízda. Tento signál je přenášen jako vibrace půdy a po zachycení ostatními jedinci této kolonie mimo hnízdo tyto jedinci přicházejí a začínají vykopávat hnízdo a hledat pohřbené druhy (Kirchner, 1997). Severoamerický druh pavouka *Schizocosa ocreata* využívá audiokomunikace při páření, po celou dobu jeho trvání striduluje pomocí stridulačního orgánu na tibiotarsálním kloubu (Uetz & Roberts, 2002).

Pokud se zaměříme na obratlovce, například v lese žijící primáti využívají akustické komunikace k organizaci aktivit v rámci skupiny, kupříkladu je svolávají k sobě nebo

naopak signalizují udržování odstupu mezi jedinci nebo jednotlivými skupinami (Windfelder, 2001).

Mezidruhová akustická komunikace u bezobratlých většinou slouží k obraně před predátory, tento obranný zvuk vzniká jako reakce na útok či hrozbu útoku. Hmyz tyto obranné signály produkuje v různých životních stádiích a najdeme je u obou pohlaví. Mohou vznikat různými způsoby, ať už stridulací, tymbalací, či vypuzováním zvuku (Low et al., 2021). Takový obranný mechanismus slouží buď k vylekání predátora, nebo jako varovný signál. Predátor pak může kořist raději nechat jít, nebo ji v důsledku vylekání upustit, díky čemuž je kořist schopná uniknout (Pekár et al., 2020).

U obratlovců mezidruhová komunikace může sloužit i k jiným účelům než obranným. Například drongo africký (*Dicrurus adsimilis*), který je kleptoparazit a krade potravu ostatním druhům, využívá falešné poplašné signály, aby odlákal svou oběť z hnízda a okradl ji (Flower et al., 2012). Mezidruhová komunikace může být vzácně obousměrná, jako je to u ptáka medozvěstky křiklavé (*Indicator indicator*) a lidskými sběrači medu, kteří spolu dokážou komunikovat za účelem lokalizování kolonií včel (Westrip & Bell, 2015).

Akustickou komunikaci můžeme najít i mezi říšemi; rostliny mohou pasivně komunikovat se zvířaty. Existují tropické rostliny (*Marcgravia evenia*, *Nepenthes hemsleyana*), které v průběhu evoluce modifikovaly své listy tak, aby odrážely ultrazvukový signál netopýřů. Rostlinám tato schopnost slouží k přilákání netopýřů, kteří je hnojí svými výkaly a naopak netopýři tímto způsobem dokážou lokalizovat ovoce (Shöner et al., 2016).

1.2 Řád švábi

Dle biologické klasifikace živočichů řadíme šváby (Blattodea) do třídy hmyz, který patří do kmenu členovci. Zařazení švábů bylo v minulosti několikrát přehodnocováno, jelikož jsou objevovány stále nové podobnosti a odlišnosti mezi různými druhy hmyzu (Djernæs et al., 2020). Dříve byli švábi řazeni do řádu rovnokřídlí (Orthoptera), do kterého patří například sarančata či cvrčci (Cameron, 1961). V současné době jsou však řazeni do nadřádu Dictyoptera s kudlankami (Mantodea) a všekazy (Isoptera), s tím, že všekazi jsou podřádem švábů (Djernæs et al., 2020).

Řád Blattodea, zahrnující tedy kromě švábů i všekazy, obsahuje okolo 7600 druhů členěných do tří nadčeledí – Blaberoidea, Blattoidea a Corydioidea. Nadčeď Blaberoidea přitom zahrnuje téměř polovinu všech druhů s obrovskou diverzitou jak anatomickou, tak

v životních a rozmnožovacích strategiích, všekazi patří do nadčeledi Blattoidea (Djernæs et al., 2020).

Švábi jako druh se na Zemi objevili před více než 300 miliony lety a ještě stále nejsou všechny druhy pojmenovány (Copeland, 2003). Najdeme je napříč biomy po celém světě, kde obývají různá stanoviště od půdy, přes detrit a jeskyně až po nejvyšší patra stromů. Tělesná velikost jedinců v řádu se pohybuje průměrně mezi 2,5 mm až 78 mm (Djernæs et al., 2020). Značné množství druhů má redukovaná nebo modifikovaná křídla, setkáme se s množstvím druhů sekundárně úplně apterních (Roth, 2003).

Švábi jsou hmyzem s proměnou nedokonalou, nemají tedy stádium kukly. Po vylíhnutí nymfy prochází několika vývojovými stádii, dokud nedojdou ve stádium dospělé (Bell et al., 2007).

1.2.1 Anatomie a morfologie

Švábi mají obvykle zploštělé, oválné tělo, které se skládá ze tří segmentů; hlava (caput), hrud' (thorax) a zadeček (abdomen). Jejich hlavu pokrývá mohutné štítovité pronotum. Hlava je orthognátní a má kousací ústní ústrojí, nese dlouhá nit'ovitá tykadla, jeden pár složených a jeden pár jednoduchých očí. Pokud mají švábi křídla, skládají je na vrchní straně těla. První pár křídel (tegminy) je pigmentovaný a kožovitý, druhý pár křídel se skrývá pod ním a je blanitý. Mají šest silných nohou uzpůsobených k běhu, jež jsou pokryty štětinami (Bell et al., 2007). Na jejich posledním článku se nacházejí přísavky, které jim umožňují vertikální chůzi i po nejhladším povrchu (Copeland, 2003). Na samém konci zadečku se nacházejí štěty (cerky), u samců i pár stylů (Cameron, 1961).

Centrální nervový systém švába má tři funkce; přijímání signálů z vnějšího a vnitřního prostředí, zpracování těchto signálů a vyvolání reakce. Nervový systém je bilaterálně souměrný a článkovaný, periferní nervy vystupují z lineárně uložených ganglií. V rámci CNS jsou ganglia vzájemně propojena párovými (intergangliovými) spojnicemi. Ganglia jsou na hrudi tři a na abdomenu šest; každý ganglion je tvořen neurony, podpůrnými neurogliemi a tracheálními buňkami, a je uzavřený ve tkáňovém nebuněčném obalu zvaném neurální lamela. Poslední ganglion se nachází na sedmém abdominálním článku a inervuje zbytek článků, ve kterých se ganglia nenachází (Bell & Adiyodi, 1982). Mozek se nachází dorzálně nad jícnem a je připojen k nervovým provazcům (Cameron, 1961).

Cerky na posledním článku zadečku mají smyslovou funkci; švábi díky nim dokážou zachytávat vibrace proudící vzduchem. To je umožněno díky mechanoreceptorům, které se nacházejí na chlupech pokrývajících cerky. Chlupy jsou propojeny se smyslovým bipolárním neuronem, jehož distální výběžek dosahuje ke kořenu chlupu. Smyslové neurony jsou společně uloženy na obvodu těla v těsné blízkosti smyslových chlupů a buněk na kutikule a tvoří obvodový nervový systém (Cameron, 1961). Podněty ze smyslových receptorů jsou přenášeny k neuronům tracheálními trubicemi (Bradbury & Vehrencamp, 2011). K detekci vibrací švábi využívají přilehlý subgenuální orgán (adjacent subgenual organ), který je u švába amerického (*Periplaneta americana*) nejcitlivějším orgánem registrujícím vibrace v rámci hmyzu (Shaw, 1994).

1.2.2 Reprodukce

Reprodukční orgány samců – pár varlat, se nacházejí uvnitř zadečku. Obsahují spermie, které jsou při kopulaci samicím předávány formou spermatoforu. Varlata jsou propojena svalovým kanálkem s genitální komorou, kde vzniká spermatofor. Vnější samčí orgány jsou pár stylů na devátém článku. Ty se při kopulaci prodlouží a slouží k produkci a přenosu spermatoforu na samičí genitálie (Cameron, 1961).

Samičí vnější genitálie nalezneme na sedmém článku a jsou skryty uvnitř těla, jedinou viditelnou částí jsou příklopky (gynovalves). Vnitřní reprodukční orgány samic jsou vaječníky, vejcovody, spermathéka, přídatné žlázy, genitální komora, vestibulum a kladélko. Vaječníky jsou ukryté buď v druhém nebo 3-6 článku a obsahují různé množství vajíček, které se před vstupem do vejcovodů zvětšují. Různé druhy řádu Blattodea mohou být oviparní, viviparní nebo ovoviviparní, pro některé druhy je také typická partenogeneze, pokud se v blízkosti nenacházejí žádní samci (Bell et al., 2007).

Než samice vejce naklade, uzavírají se do oothéky, která je vytvořena pomocí příklopek (gynovalves) (Cameron, 1961). Oothéka je pevný ochranný obal obsahující vajíčka. Tento obal je po jeho utvoření buď vyloučen a uložen na bezpečné místo, přenášen vně těla samice, nebo zůstává uvnitř těla samice, dokud se nevylíhnou nymfy. Množství vajíček uvnitř oothéky je u švábů variabilní, pohybuje se mezi 3 až 243 vejci (Djeernes et al., 2020).

Většina samců řádu Blattodea se v průběhu svého života páří s několika různými samicemi. Jedinci nacházejí partnery k páření pomocí chemických a taktilních signálů, feromony k přilákání vylučují zejména samice. V průběhu lákání samce zaujímají samice

specifický postoj; sníží zadeček a rozevřou poslední abdominální články, čímž odkryjí své genitálie a nadzvednou křídla, pokud je mají. Poté se navzájem dotýkají tykadly, načež se samec otočí a nastaví zadeček. Samice nejprve na krátkou chvíli vyleze na jeho záda a olizuje jej, pak přiloží svůj zadeček k samcovu, na který se samec připojí genitálním háčkem (Bell et al., 2007). Kopulace většinou trvá hodinu i déle a spermatofor se při ní dostává do genitální komory samice (Cameron, 1961).

1.2.3 Dýchací soustava

Švábi dýchají pomocí tracheální dýchací soustavy, což je soustava typická pro řadu druhů členovců. Tato soustava je složena z trachejí (vzdušnic) trubicovitého tvaru, jejichž vývody do vnějšího okolí (průduchy) se nazývají stigmata neboli spirakuly. Uvnitř těla se tracheje větví v tracheoly, což jsou velmi tenké trubičky tvořící tracheolární síť kolem jednotlivých buněk orgánů. Kyslík se průduchy dostává dovnitř tracheální soustavy, kudy trachejemi proudí přes tracheoly až do tkání. Z tracheol se do tkání kyslík může dostat dvěma způsoby. Difúzí, tedy průchodem kyslíku skrz membránu, který je umožněn rozdílem koncentračního gradientu kyslíku. Ve vzduchu je vysoká koncentrace kyslíku, naopak ve tkáních je nízká, tudíž může kyslík procházet membránou do jednotlivých buněk tkání. Druhým způsobem přenosu kyslíku z tracheol do tkání je ventilace, která je způsobena mechanickými pohyby; například přesuny hemolymfy neboli krvemízy uvnitř těla díky různým svalovým dýchacím pohybům daného živočicha (Cameron, 1961).

Výměna plynů je řízena nervovou soustavou, která rozhoduje nejen o otevírání a zavírání průduchů na základě potřeby kyslíku, hromadění oxidu uhličitého a množství vody v organismu, ale také řídí ventilační pohyby, které ovlivňuje především akumulace oxidu uhličitého (Resh & Cardé, 2009).

Spirakuly jsou průduchy, jež umožňují vzduchu vstup do trachejí. Počet spirakul se u různých živočichů liší, nejvíce jich může být 10, ale některý hmyz nemá spirakuly žádné. Najdeme je na thorakálních a abdominálních člancích těla; na jednom článku se nachází jeden pár spirakul. Otevírání a zavírání těchto spirakul je způsobeno stahy a uvolňováním svalů v jejich okolí, které jsou řízeny centrálním nervovým systémem. Skládají se z atria, vnitřního prostoru spirakul, a mechanické záklopy neboli valvy. V atriu často dochází k filtraci vzduchu, čímž je zabráněno průniku cizích předmětů dovnitř trachejí. Valvy mohou mít různé podoby, nicméně vždy se jedná o nějakou bilaterální chlopnovitou strukturu,

připomínající ústa, vystupující z kutikuly. Jejich vnitřní okolí bývá silně chitinizováno (Resh & Cardé, 2009).

1.2.4 Sociální chování

Švábi obecně nejsou považováni za sociální hmyz, nicméně existuje množství typů sociálního uskupení, které najdeme napříč druhy. Některé druhy jsou úplně asociální, s ostatními jedinci se nesdružují, pokud nepotřebují partnera k páření. Uskupení, ve kterých švábi tráví život, dělíme na příbuzenské, které se skládají z příbuzných jedinců a po vylíhnutí z oothéky se nerozdělí, a nepříbuzenské, které obsahují jedince různého stáří a pohlaví. Velkou roli hrají také feromony a chemikálie vylučované šváby. Některé skupiny mohou být rovněž tvořeny jedinci různých druhů. Dochází k tomu z důvodu nedostatku živin, či nahromadění živin na jednom místě (Bell et al., 2007).

Nicméně při seskupování dochází k upřednostňování příbuzných jedinců (Deneuborg et al., 2002). Většina švábů vykazuje nějakou formu rodičovské péče, ať už se jedná o nenarozená vejce či nymfy po vylíhnutí (Bell et al., 2007).

Ve studii zabývající se švábem druhu *Cryptocercus kyebangensis* (Park et al., 2002) bylo zjištěno, že jedinci jsou monogamní a žijí v „rodinách“. Pozorované nymfy se společně držely většinu času v blízkosti svých rodičů, kdy například konzumovaly potravu od jejich úst a čistily jejich těla.

Všekazi (Isoptera) jsou výhradně eusociální skupina. Žijí v koloniích tvořených kastami, ve kterých každý jedinec zastává svou roli dle průběhu jeho vývoje. Hlavní a trvalé kasty tvoří král a královna, dělníci a vojáci (Howard & Thorne, 2010). Rozmnožovací funkci zastává v rámci kolonie královna, zbytek jedinců se stará o ochranu, výživu a tvorbu a udržování hnízda (Resh & Cardé, 2009).

1.3 Šváb syčivý

Šváb syčivý neboli šváb madagaskarský (*Gromphadorhina portentosa*) je, jak jeho jméno napovídá, endemickým druhem afrického Madagaskaru (Dailey & Graves, 1976). Je to jeden z největších druhů švába, který v dospělosti může vyrůst i více než osm centimetrů. Mimo své přirozené prostředí bývá chován jako domácí mazlíček, či využíván k výuce, jelikož si tyto švábi poměrně snadno zvykají na kontakt s člověkem (Davis & Heslop, 2004).

Na Madagaskaru šváb žije v nížinných tropických lesích (Shotton, 2014) a živí se především opadáním ovocem, případně rozkládajícími se živočišnými těly či drobným hmyzem a jiným rostlinným materiálem (Contreras & Lorenz, 2016).

Životní cyklus madagaskarského švába je dlouhý a specifický. Jeho proměna je nedokonalá a samice jsou ovoviviparní, mláďata se tedy líhnou z vajíček během kladení. Vajíčka samice nosí přibližně 60 dní a plodí nymfy prvního instaru, v jednom vrhu může být 30 až 60 nymf. Nymfy procházejí šesti instary během sedmi měsíců, než se z nich stanou dospělci. Dožívají se dvou až pěti let (Clark & Shancklin, 1995).

Tento druh patří k bezkřídlym druhům švábů a jako ostatní zástupci má oválné tělo, zbarvené hnědě až černě (Dailey & Graves, 1976). Šváb syčivý má značný pohlavní dimorfismus, který je rozeznatelný od pohledu. Samci mají delší a chlupatější tykadla než samice a na přední části hrudi výrazné rohy, které samicím chybí (obr. 1). Tyto rohy samci využívají v soubojích. Pohlavně se šváb syčivý liší rovněž chováním; samci jsou agresivní a samice nikoliv (Clark & Shancklin, 1995).

Významným specifickým znakem tohoto druhu je, jak vypovídá již jeho druhové jméno, schopnost syčet, o které bude více řečeno v následující podkapitole.



Obrázek 1 Samec a samice švába syčivého (*Gromphadorhina portentosa*) (roachesandisopods.com, upraveno)

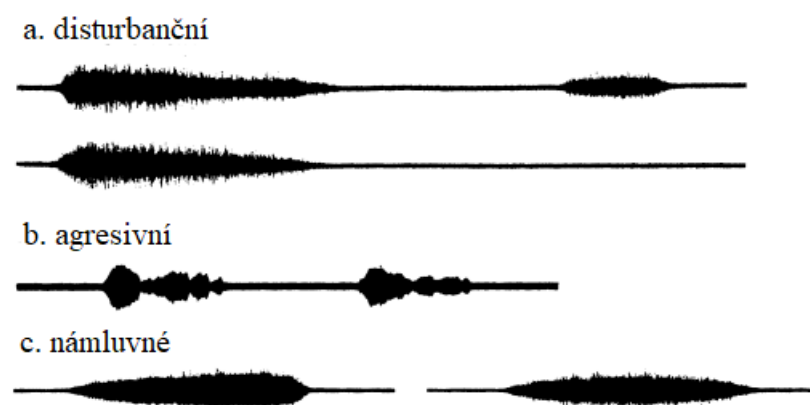
1.3.1 Produkce zvuku

Šváb syčivý využívá k dýchání, stejně jako ostatní druhy švábů, spirakule, kterých má devět párů. Dva thorakální a sedm abdominálních, z toho pár spirakulí na prvním abdominálním článku je modifikovaný a produkuje syčivý zvuk (Heinrich et al., 2013). Nelson ve své studii (1979) zjistila, že vznik zvuku skrze spirakule je umožněn díky modifikací tracheje spojující spirakule na čtvrtém článku postranních podélných tracheálních kanálků (lateral longitudinal tracheal trunk). Tato modifikace se vyznačuje oproti ostatním tracheálním spojením větší délkou a chybějícími zúženými při napojení tracheje na chlopeň spirakule, otvor této spirakule je tedy mnohem větší než u nesespecializovaných. Toto rozšíření rovněž vytváří jakýsi klakson, jenž funguje jako rezonátor pro procházející vzduch. Tato modifikace je tedy zodpovědná jak za produkci zvuku, tak i za jeho formu a intenzitu.

Zvuk produkovaný *švábem syčivým* je syčení, jehož frekvence má široké spektrum (2 až 20 kilohertzů) a amplitudu na škále méně než 40 a více než 80 decibelů. Se syčením se setkáme jak u nymf, tak u dospělců (Nelson, 1979).

1.3.2 Důvody a způsoby komunikace

Jak již bylo dříve zmíněno, vyluzování zvuků je u švába syčivého typické jak pro nymfy, tak pro dospělé. Dle více předchozích studií (Nelson & Fraser, 1980, Clark & Moore, 1995) bylo zjištěno, že syčení má tři různé podoby: agresivní, námluvné a při vyrušení. Tyto typy syčení se liší jak frekvencí, tak amplitudou, a tudíž je lze rozlišit (obr. 2).



Obrázek 2 Rozdíly v amplitudě jednotlivých typů syčení, měřeno u samců (Nelson & Fraser, 1980, upraveno)

Jediný způsob syčení, se kterým se setkáme u obou pohlaví a vývojových stádií od čtvrtého instaru, je syčení při vyrušení. Tento typ syčení je nejsnadněji rozeznatelný, jelikož

je nejhlasiťjší a zároveň má nejkratší frekvenci. Toto syćení je v současné době rozeznáváno jako anti-predační a můžeme se s ním setkat, pokud kupříkladu na jedince náhle namíříme světlo, při dotecích, manipulaci s obydlím a dalšími rušivými vlivy (Shotton, 2014).

S agresivním a námluvným syćením se pak setkáme pouze u dospělých samců. Agresivní syćení je samci vyluzováno při soubojích a hraje při nich významnou roli. U tohoto druhu je postavení v sociálním žebříčku založeno na dominanci samců, která se projevuje při těchto soubojích. Samci, kteří jsou v soubojích dominantní, obvykle syćí více (Clark & Moore, 1995a). Poslední typ syćení, námluvné, je samozřejmě využíváno při námluvách a je nezbytné pro úspěšné páření. Předpokládá se, že si samice při námluvách vybírají ty nejzdatnější, nejdominantnější samce podle syćení (Shotton, 2014).

1.4 Dosavadní poznatky o syćení švábů

Komunikací švába syćivého se zabývalo pouze malé množství výzkumů, disturbančním syćením konkrétně jen hrstka. V roce 1938 byla schopnost syćet u švába syćivého objevena L. Chopardem. Margaret M. Nelson v sedmdesátých letech zkoumala zvukotvorný aparát (spirakule) a produkci zvuku u švába syćivého. Nelson se spolu s Jean Fraser (1980) podrobně zabývaly funkcí syćení u těchto švábů a touto studií přinesly důkaz, že syćení je u tohoto druhu využíváno ke komunikaci. K tomuto závěru vědkyně došly na základě toho, že při analýze jednotlivých audio nahrávek bylo zjištěno, že se od sebe syćení liší dle situace, ve které je vydáváno. Ve studii je zároveň uvedeno, že je pravděpodobné, že se různé typy syćení vyvinuly z původního obranného syćení patřící predátorovi, jelikož schopnost syćet mají i juvenilní jedinci a samice, kteří nemají teritoriální chování, dále samice při páření nesyćí a juvenilní jedinci se pářit nemohou.

Dřívější studie konkrétního typu syćení u *G. portentosa* se zabývaly jinými situacemi, při kterých švábi syćí. Clark a Moore (1995a) zkoumali syćení při agonistickém chování, konkrétněji v agresivních interakcích samců. Z výzkumu vyplývá, že syćení v těchto interakcích může sloužit jako informace o behaviorálních nebo fyzických vlastnostech. To, že se liší syćení podle fyzických vlastností samce, se potvrdilo i v jejich dalším výzkumu (Clark & Moore, 1995b), který se zabýval i syćením při námluvách. Větší samci syćeli déle a s nižší frekvencí než menší a zároveň byli větší samci při námluvách

úspěšnější. Rovněž zde bylo zjištěno, že agresivní a námluvná syčení samců se od sebe příliš neliší.

Roth a Hartman (1967) jako první zkoumali disturbanční syčení u několika druhů ovoviviparních švábů a předpokládali, že syčení slouží k obraně před predátorem. Disturbančním syčením se z jiného úhlu pohledu zabývali i Davis a Heslop (2004). Ti zkoumali habituaci švába syčivého na pravidelné doteky a držení. U některých subjektů v této studii došlo k redukci syčení při kontaktu s člověkem obecně a někteří si přivykli na konkrétní osoby.

Nicméně, žádný z těchto uvedených výzkumů se nezabýval disturbančním syčením u švába syčivého jako obranné reakce na predátora. Jediná studie, která se tímto konkrétním tématem zabývala, byla provedená Shottonem (2014). Tato studie testovala hypotézu, zda disturbanční syčení skutečně slouží jako anti-predační signál. Švábi byli předkládáni predátorovi (veleštírovi císařskému) a také umístováni do několika oddělených kolonií švábů; a jedna byla složená pouze ze samic, jednu tvořili pouze samci; a jedna smíšená. Výsledky této studie poukázaly na to, že disturbanční syčení zřejmě nemá anti-predační funkci, jelikož pouze 10 % jedinců syčelo v přítomnosti predátora. Disturbanční syčení se mnohem častěji vyskytovalo při umístění do některé z kolonií; polovina subjektů vykazovala disturbanční syčení při vložení do kolonie smíšeného pohlaví. Tato studie tedy naznačuje, že disturbanční syčení je šváby využíváno při interakci s ostatními jedinci. Zároveň uvádí, že pro ujasnění těchto výsledků by bylo vhodné použít predátora se schopností slyšet, jelikož veleštír dokáže pouze vnímat vibrace.

2 CÍL PRÁCE

Cílem této práce je přiblížení funkce disturbančního syčení u švába syčivého. Experimenty provedené v této práci mají za účel objasnit, zda disturbanční syčení slouží jako obranný mechanismus.

Testováno bylo disturbanční syčení jako reakce na nepříjemný podnět a jako reakce na útok predátora. Kromě experimentů samotných je součástí práce také přehled dosavadních znalostí o fenoménu syčení u zkoumaného druhu švába a komunikačních prostředků zvířat obecně.

Experimentálně byly testovány následující hypotézy:

1. Využívání disturbančního syčení v ohrožení se liší mezi jednotlivými šváby.
2. Predátor bude méně ochotně konzumovat syčící šváby.

3 MATERIÁL A METODY

Švábi syčiví pocházejí z chovu Ekozookoutku při katedře ekologie a životního prostředí na Přírodovědecké fakultě Univerzity Palackého v Olomouci. Švábi byli drženi v laboratoři pracoviště půdní biologie této katedry. Švábi byli vloženi do plastového boxu o rozměrech dna 55 × 36 cm a výšce 27 cm, kde jim bylo vytvořeno obydlí pomocí vrstvy lignocelu a papírových obalů od vajec. V krabici byla umístěna miska s houbou nasáknutou vodou a miska s potravou. Box byl pravidelně vlhčen.

Z kolonie bylo vybráno 20 jedinců většího věku, aby bylo zajištěno stáří vyšší než 4. instar, což je věk, od kterého jsou jedinci schopni syčet (Clark & Moore, 1995a). Z 20 jedinců bylo deset samic a deset samců, jejich velikost se pohybovala mezi 4,5 až 7,8 cm. Každý jedinec byl změřen pomocí milimetrového papíru a vložen samostatně do plastových krabiček o rozměrech dna 15 × 7 cm a výšce 6 cm. Krabičky byly označeny pohlavím, číslem a velikostí jedince. Do krabičky byl umístěn namočený papírový ubrousek a potrava (namočené zrní a kočičí granule, ovoce, zelenina).

Jako predátor pro tento experiment byla vybrána agama vousatá (*Pogona vitticeps*). Agama vousatá je všežravec, její přirozená strava obsahuje rostlinnou složku (ovoce, zelenina, květiny) a živočišnou složku (nejčastěji hmyz). V zajetí bývá krmena především cvrčky, sarančaty, červy, ale i šváby (Drewes, 2005).

Tři samice agamy vousaté patřící Ekozookoutku katedry ekologie a životního prostředí byly drženy ve svém teráriu na katedře. Speciální označení samic nebylo potřeba, jelikož byly rozeznatelné pouhým pohledem. Samici č. 1 chyběl kousek ocasu, samice č. 2 byla jednoznačně nejmenší a samice č. 3 značně větší než ostatní.

Pro provádění experimentů s predátory posloužila plastová krabice s rozměry dna 55 × 36 cm a výšce 27 cm. Mezi predátora a subjekty bylo vždy vloženo plastové víko, aby nedošlo k okamžitému kontaktu. K nahrávání experimentu byla použita kamera NiceBoy Vega 6 a zvuková nahrávka byla pořízena na aplikaci diktafon na telefonu iPhone X.

První experiment

Jako první byla u jednotlivých subjektů testována schopnost syčet. V průběhu jednoho měsíce byla provedena tři měření syčení o dvou po sobě jdoucích pokusech. Testování probíhalo jemným přímáčknutím prstem každého jedince k podkladu uvnitř malé plastové krabičky, ve které byli původně umístěni, a zaznamenání intenzity (tj. hlasitosti) syčení. Syčení bylo posuzováno vlastním sluchem, nebyl k jeho analýze využit audiozáznam. Hodnoceno bylo syčení na škále 0 až 3; 0 – vůbec nesýčí, 1 – tiše syčí, 2 – středně syčí, 3 – hlasitě syčí. Rozdíly v intenzitě syčení jednotlivých švábů byly testovány pomocí jednocestné ANOVy. Rozdíly mezi průměrnými intenzitami syčení samců a samic byly testovány pomocí t-testu.

Druhý experiment

Ve druhém experimentu byla zkoumána reakce švába na predátora (agamu). Agamy byly ze svého terária vloženy do plastové krabice a přeneseny do laboratoře ke švábům.

Nejprve byly provedeny dva pokusy, kdy byla jedna agama vložena do plastového boxu a byl jí předložen jeden jedinec z původní neoznačené kolonie. Šváb byl v krabici ponechán až do pozření agamou; trvání se lišilo dle velikosti jak subjektu, tak predátora. Sledována byla reakce švába na útok predátora a průběh pokusu byl slovně zaznamenán.

Poté byly provedeny experimenty s jedním predátorem a více jedinci. Švábi byli uzavřeni po trojici do malé plastové krabičky a ponecháni cca 10 minut, aby se habituovali. Do stejně velké krabice jako v předchozím pokusu byla vždy do jedné poloviny umístěna jedna agama a oddělena od druhé poloviny plastovým víkem. Poté byli do druhé poloviny vloženi tři jedinci z malé krabičky a následovně bylo odstraněno plastové víko oddělující je od predátora. Švábi byli v experimentu ve smíšené skupině (2 samci a 1 samice). Švábi byli v krabici ponecháni až do pozření prvního napadeného švába agamou, trvání se lišilo případ od případu. Sledována byla reakce zbylých dvou jedinců na útok predátora. Průběh pokusu byl slovně zaznamenán, případně nahrán na kameru a diktafon.

4 VÝSLEDKY

4.1 Reakce švába syčivého na vyrušení

Z 20 testovaných subjektů byla pouze jediná samice (č. 7), která v průběhu měření nezasyčela ani jednou (tab. 1). V necelých 47 % případech švábi na přitlačení nereagovali vůbec, dalším nejčastějším případem bylo intenzivní syčení, a to v necelých 27 % případech. V 15 % případech pak švábi syčeli tiše a ve zbylých téměř 12 % případech syčeli se střední intenzitou. Ve více než v polovině pokusů tedy švábi syčeli alespoň trochu. Mezi testovanými jednotlivci byly v intenzitě syčení signifikantní rozdíly ($F = 2,49$, $p = 0,002$).

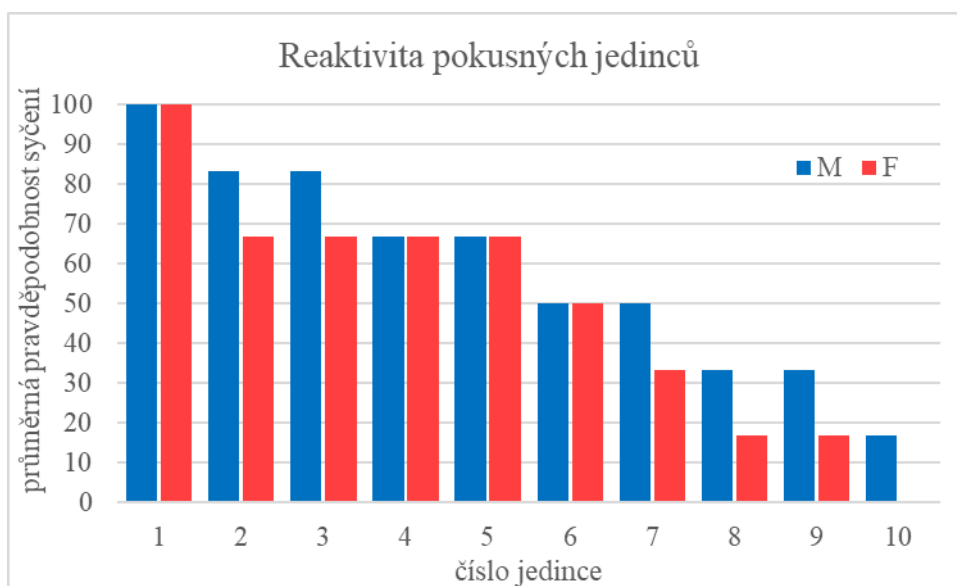
*Tabulka 1 Intenzita syčení pokusných švábů během opakovaného rušení
(0 = nesyčí, 1 = slabě syčí, 2 = středně syčí, 3 = silně syčí)*

Samice	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
1. měření	0	0	0	3	2	3	0	1	0	3
2. měření	0	1	0	3	1	0	0	3	2	3
3. měření	0	0	0	1	3	1	0	3	1	3
4. měření	3	0	0	1	0	3	0	3	3	0
5. měření	0	0	1	3	2	0	0	0	0	3
6. měření	0	3	0	3	0	0	0	0	1	0

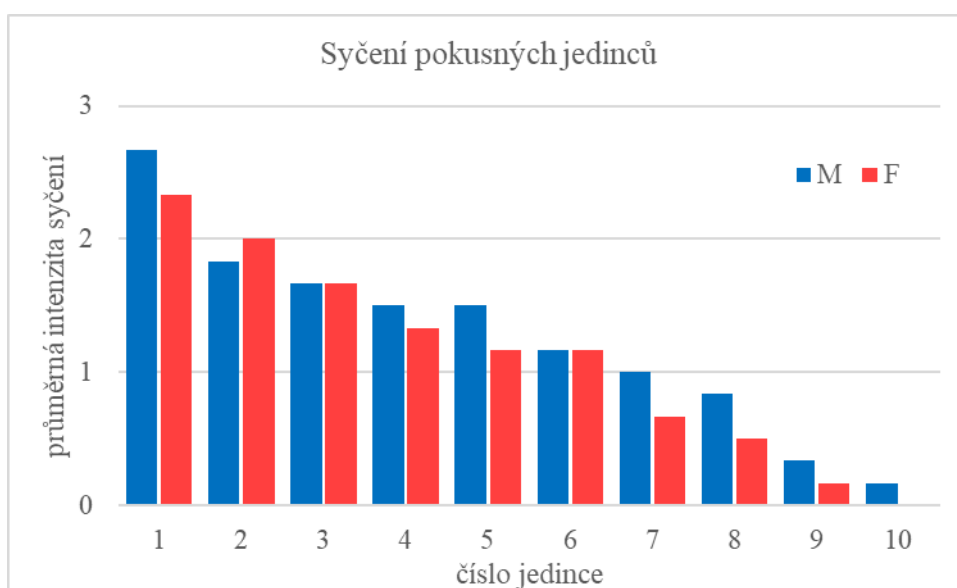
Samci	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
1. měření	0	0	0	3	3	0	1	0	2	2
2. měření	1	2	0	3	0	0	3	1	2	0
3. měření	1	0	0	2	0	0	3	0	0	0
4. měření	3	1	1	2	3	2	3	0	0	3
5. měření	3	2	0	0	0	2	3	1	3	2
6. měření	1	0	0	1	0	3	3	0	3	2

Z celkového počtu pokusů častěji syčeli samci (35×), samice syčely méně často (29×), průměrná pravděpodobnost syčení samců tedy byla 58 % oproti 48% průměrné pravděpodobnosti zasyčení samic (obr. 3). Samice naopak syčely s vyšší intenzitou, z celkového počtu zasyčení to bylo 17× hodně, oproti tomu samci syčeli hodně 15×, průměrná intenzita syčení se započítáním nesyčivých jedinců však ukazuje opačný trend (obr. 4), samci průměrně syčeli s intenzitou 1,27, samice s intenzitou 1,1. Rozdíl mezi průměrnou intenzitou syčení samců a samic však nebyl statisticky významný ($t = -0,49$, $p = 0,314$).

Syčení u téhož subjektu v průběhu testování většinou nebylo pokaždé se stejnou intenzitou; například samice č. 1 kromě 4. měření nesyčela vůbec a při 4. měření syčela hodně; samec č. 7 kromě prvního měření, kdy syčel jen trochu, vždy syčel hodně (tab. 1). Nejméně ze syčivých jedinců zvuk vydávali samec a samice č. 3, kteří zasyčeli pouze jednou trochu. U ostatních jedinců se intenzita syčení s různými měřeními měnila.



Obrázek 3 Průměrná reaktivita samců a samic švába syčivého. Uvedena pravděpodobnost výskytu (%) disturbančního syčení v šesti opakováních, jedinci jsou seřazeni dle průměrné pravděpodobnosti syčení.



Obrázek 4 Průměrná intenzita syčení samců a samic švába syčivého. Průměry z šesti experimentů, jedinci jsou seřazeni dle průměrné intenzity jejich disturbančního syčení.

4.2 Reakce švába syčivého na predátora

Ze čtyř provedených pokusů predátor lovil švába ve všech případech. V prvních dvou pokusech, kdy byl každé agamě předložen jeden šváb, byli pokaždé švábi uloveni bez komplikací (tj. upuštění). V prvním pokusu byl průběh v každé situaci stejný. Šváb na umístění agamy nijak nereagoval, dokud ho neulovila, což bylo velmi rychlé. Jakmile došlo ke kontaktu švába a agamy, každý ze tří švábů začal syčet. Všichni švábi poté během konzumace syčeli až do poslední chvíle.

Při druhém pokusu s agamou č. 1 a č. 3 byl průběh stejný, pouze šváb, k němuž byla vložena agama č. 2, začal reagovat syčením okamžitě. Při druhém pokusu bylo rovněž testovacím subjektům umístěným samostatně v krabičkách čištěno obydlí. Každý subjekt byl jednotlivě odebrán ze své krabičky a vložen po dobu čištění do krabičky jiné. Při každé manipulaci všichni švábi velmi intenzivně syčeli a zároveň vylučovali obrannou tekutinu.

Zbylé dva pokusné dny měly každý jiný průběh. První den, kdy byla poprvé agamám předložena trojice švábů, ulovila každá agama všechny tři šváby postupně. V prvním pokusu, kdy byli švábi předloženi agamě č. 2, syčeli až při kontaktu s agamou, tedy až je začala lovit. Syčeli pak i nadále při konzumaci. Když byli následovně předloženi švábi agamě č. 3, syčeli velmi intenzivně při vložení agamy do krabice. Poté syčeli až jednotliví švábi, jakmile je začala lovit a syčeli i v průběhu konzumace. Naposled byli švábi předloženi agamě č. 1; švábi opět syčeli až při kontaktu s agamou a v průběhu konzumace. Syčení každého loveného švába při těchto pokusech bylo velmi intenzivní.

Poslední pokusný den byla trojice švábů předložena nejprve agamě č. 3. Agama si vybrala k lovu jednoho jedince, který při prvním kontaktu lehce zasyčel, poté už nic. Dále byli tři jedinci předloženi agamě č. 1. Agama se postupně pokusila ulovit každého jedince, který při kontaktu s ní vždy intenzivně syčel. Nakonec snědla nejmenšího švába, který intenzivně syčel i v průběhu konzumace. Při předložení poslední agamě (č. 2) lovený jedinec intenzivně zasyčel pouze při ulovení. Jedinci, kteří při těchto pokusech lovení nebyli, nesyčeli.

Při posledním pokusu s agamou č. 1 tedy došlo k tomu, že agama první dva jedince, které se pokusila ulovit, upustila. K tomu došlo, jakmile jej držela v tlamě a švábi začali klást odpor – syčeli a zmítali se. Nakonec ulovila toho nejmenšího, se kterým neměla takový problém. Situace, kdy agama loveného jedince upustila a vybrala si jinou kořist, nastala pouze při tomto pokusu.

4.3 Reakce ostatních na loveného jedince

U pokusů, kde byli vkládáni švábi ve skupinkách po třech, nevyšlo najevo, že by švábi zvuk vydávali přímo vůči ostatním jedincům. Reakce v každém z případů byla různorodá, nicméně nejčastěji se opakovaly tyto situace:

1. Švábi se seskupili na sobě
2. Švábi zůstali nehybně stát

Kromě toho se vyskytovaly také případy, kdy se zdálo, že šváb dění v krabici vůbec nevnímal; například chodil po krabici, intenzivně pohyboval tykadly, nebo se přiblížil k predátorovi. Žádný z jedinců se nepokusil z krabice utéct. V případě, že se švábi seskupili na sobě, zůstali také nehybně stát; nepohybovali ani tykadly.

Jediným případem, kdy došlo k přímé akustické interakci mezi šváby, bylo při pokusu s agamou č. 1 v posledním pokusném dnu. Agama se pokoušela jednoho ze švábů ulovit, nicméně se jí to nepovedlo a šváb utekl do rohu. Když došlo k taktilnímu kontaktu s ostatními jedinci, začal opět syčet.

5 DISKUZE

V experimentální části této práce byla testována akustická odpověď na vyrušení švába člověkem. Vybraných 20 jedinců pro tento pokus bylo různého stáří a různé velikosti. Akustická odezva na přitlačení se lišila případ od případu, vůbec neslyčela pouze jediná samice, důvodem pro tento jev mohlo být vysoké stáří, jelikož samice byla velmi velkého věku a vykazovala nižší projev fyzické aktivity než ostatní jedinci. Tento experiment tedy potvrzuje, že šváb syčivý reaguje na vyrušení neohledně na pohlaví, velikost a stáří, jeho výsledky se shodují s předchozími výzkumy (Roth & Hartman, 1967, Nelson & Fraser, 1980, Davis & Heslop, 2004).

Jelikož nebylo dosud provedeno dostatečné množství výzkumů disturbančního syčení švába syčivého, je syčivý zvuk vydáván v pro švába nepříjemných situacích klasifikován jako anti-predační mechanismus (Roth & Hartman, 1967, Clark & Moore, 1995a). Nicméně předchozí studie, které se tímto typem syčení zabývaly (Davis & Heslop, 2004, Shotton, 2014), naznačují, že disturbanční syčení anti-predační úlohu nemá. V mé studii, ve které byla anti-predační funkce testována se slyšícím predátorem, jsou důkazy, které tuto hypotézu podporují. Švábi obvykle na predátora nijak nereagovali, dokud je nezačal lovit. Pokud by mělo syčení sloužit k zastrašení predátora, zřejmě by ho švábi využili již předtím. Syčení, které při lovu a konzumaci vydávali, by napovídalo spíše tomu, že bylo důsledkem samotného mechanického působení čelistí agamy. Tuto teorii potvrzuje i nález Nelson a Fraser (1980), které uvedly, že švábi syčeli, když byli „napůl snězeni“ predátorem.

Pokud se zaměříme na jiný hmyz (Kowalski et al., 2014), také kobylky vydávají zvuk, až když se jich predátor nějakým způsobem dotkne. Oproti tomu jasným příkladem akustického signálu, který skutečně slouží jako anti-predační mechanismus, jsou zvuky vydávané v úvodu zmiňovanými můrami, jelikož tyto zvuky můry vydávají ještě před přímým střetem s predátorem a mají za cíl predátora odradit (Barber et al., 2007). Porovnání těchto případů napovídá tedy předpokladu, že syčení u švába syčivého nemá anti-predační funkci.

Na druhou stranu však v posledním experimentu agama č. 1 nezkonsumovala syčící šváby, které napadla, a vybrala si až toho nejmenšího jedince. Není však zřejmé, zda ji syčení

odradilo, nebo měla větší význam síla „zmítajícího se“ švába (větší šváb zřejmě klade větší odpor). Podobné zjištění se objevilo ve dříve zmiňované studii Pekára et al. (2020), kde jednoho z predátorů (gekona) odradila akustická obrana až po přímém kontaktu se stridulujícím pavoukem, tedy až se ho pokusil sežrat.

Nicméně, ačkoliv upuštěný šváb neměl v průběhu experimentu možnost utéct, jelikož byl v prázdné krabici bez úkrytu; i přes to agama nechala dva šváby po neúspěšném souboji být a zkonsumovala až jedince nejmenšího. Tato situace však nastala pouze při jediném experimentu, nelze tedy určit, jestli k upuštění švábů došlo v důsledku syčení.

Pokud bychom nahlíželi na syčení jako anti-predační mechanismus, můžeme přisoudit sežrání syčícího švába agamou, naivitě agamy. Pokud by mělo syčení sloužit jako ochrana před predátorem, je možné, že švábi takto napodobují jiný, nám neznámý, nebezpečný druh žijící na Madagaskaru. Zvuk samotný nepříjemnosti predátorovi nezpůsobí, nicméně pokud by šváb byl chemicky chráněn, mohl by na to syčením predátora upozornit. Pokud by se tedy jednalo o takovýto aposematický signál, naše agamy nedisponují podmíněnou reakcí na něj. Mimo to je také možné, že agamy žraly šváby i přes jeho varování, protože pro ně výtěžek ze střetu se švábem v podobě potravy byl přednější než nepříjemnosti, které by jí sežrání způsobilo. Pro situace, kdy predátor upřednostní nasycení před vyhnutí se potíží, existuje množství výzkumů (Skelhorn & Rowe, 2007).

Důvodem toho, že agamy šváby i přes jejich syčení sežraly, mohl být hlad. Před každým experimentem byly agamy hladové, což je mohlo vést k rozhodnutí šváby sežrat i přes jakékoliv překážky. Například u severoamerického druhu potápníka (*Dytiscus verticalis*) bylo zjištěno, že pokud je hladový, často konzumuje i nestravitelnou nebo nevhodnou potravu (Hileman et al., 1994).

Shotton ve svém výzkumu (2014) také navrhoval, že disturbanční syčení má spíše než anti-predační funkci, funkci sociální, jelikož v jeho pokusu sledoval i projevy disturbančního syčení v různopohlavních i stejnopohlavních koloniích švába syčivého a syčení se objevovalo častěji při vložení cizího jedince do kolonie než při předložení predátorovi. Proto byli v mé studii švábi předkládáni agamám po skupinkách; předpokládali jsme, že ohrožení predátorem by mohlo vyvolat interakci mezi šváby; jako například varování ostatních jedinců. K žádné akustické komunikaci však nedošlo, nekomunikovali spolu syčením ani opačná pohlaví, ani pohlaví stejná. Jediná interakce syčením proběhla s již dříve zmiňovaným švábem, který reagoval na doteky ostatních jedinců. Ten byl však

agamou v souboji poraněn a mohlo jít pouze o syčení z důvodu mechanického tlaku. Mimo to v průběhu experimentu spolu švábi interagovali pouze seskupením, což je typický obranný mechanismus švábů (Bell et al., 2007). Tento nález však nezavrhuje sociální funkci disturbančního syčení, pouze jeho využití při situacích, kdy se jedinci ocitnou v přítomnosti predátora.

Mou studií byly získány důkazy jak pro to, že disturbanční syčení švába syčivého neslouží k obraně před predátorem a ani jako komunikační prostředek využívaný mezi šváby k varování před útokem predátora. Tato práce má však jistá omezení. Ačkoliv predátor, který byl pro experimenty vybrán, je oproti predátorovi ve studii Shottona (2014) plně slyšící, není kvůli odlišnému areálu výskytu přirozeným predátorem těchto švábů. Zároveň byl experiment proveden v laboratorních podmínkách; je tedy možné, že pokud by *G. portentosa* potkala ve volné přírodě svého přirozeného predátora, mohla by jako obranu před ním syčení použít, případně varovat své druhy. V budoucích studiích by tedy pro úplné posouzení teorie, že disturbanční syčení má anti-predační nebo sociální funkci, bylo vhodné pozorovat šváby v přirozeném prostředí. Jako vhodné predátory by bylo možné testovat například některé netopýry (Kemp et al., 2019) či bodlíny (Oron & Crompton, 1985), jakožto hmyzem se živící savce žijící na Madagaskaru. Nicméně zajištění takového predátora je finančně náročné.

Pokud bychom v budoucnu chtěli testovat sociální funkci disturbančního syčení, v experimentu by měla být sledována reakce švábů ve skupině, ve které by byl jeden ze švábů vystaven nežádoucímu podnětu (přítlačení prstem, útok predátora), případně by jim měla být puštěna nahrávka syčení. Pozorována by byla jejich tělesná reakce (pohyby tykadel, postoj), pohyb po experimentálním boxu a interakce mezi jedinci; zda například vytvoří agregaci.

6 ZÁVĚR

Tato práce se zabývala akustickou komunikací švába syčivého, konkrétně funkcí disturbančního typu syčení. Zkoumala schopnost syčet jednotlivých švábů, zda slouží syčení jako anti-predační mechanismus anebo má v situaci s predátorem sociální funkci. Byly provedeny dva pokusy. V prvním pokusu se 20 jedinci švába syčivého, který měl za cíl otestovat akustické reakce švábů na vyrušení, jsem potvrdila skutečnost, že švábi syčí, pokud jsou vystaveni nežádoucímu podnětu ve formě doteku. Rozdíly mezi syčením jednotlivých švábů existují, ale nevztahují se k velikosti ani pohlaví.

Druhý pokus, při kterém byli švábi jednotlivě i ve trojicích předkládáni agamě, přinesl důkazy pro to, že syčení neslouží k odrazení predátora a ani jako varování ostatním jedincům. Většina švábů v experimentech byla nehledě na syčení sežrána, dvěma jedincům se podařilo predátorovi utéct, nicméně zda predátor nechal šváby jít kvůli syčení není z pokusů zřejmé. Dosavadní zjištění tedy naznačují, že disturbanční syčení slouží k vyjádření negativních pocitů vyvolaných po vystavení švába nežádoucímu podnětům. Zda má disturbanční syčení i sociální funkci je ještě nutné v budoucnu otestovat a tato práce může být podnětem k dalšímu výzkumu tohoto typu syčení.

V příloze této práce je navrženo využití tohoto tématu ve výuce.

LITERATURA

- Ayasse, M., Paxton, R. J., Tengö, J. (2001). Mating behavior and chemical communication in the order Hymenoptera. *Annu Rev Entomol.* 46: 31-78.
- Barber, J. R., and Conner, W. E. (2007). Acoustic mimicry in a predator-prey interaction. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* 104(22): 9331-9334.
- Barnard, C. J. (2011). *Animal Behaviour Mechanism, Development, Function, and Evolution.* México: Pearson Educación. ISBN: 9781405890151
- Bell, W. D., and Adiyodi K. G. (1982). *The American Cockroach.* Cambridge (UK): Chapman and Hall. ISBN: 978-0-412-16140-7
- Bell, W. D., Roth, L. M., and Nalepa, C. A. (2007). *Cockroaches: Ecology, Behavior, and Natural History.* Baltimore (MD): Johns Hopkins University Press. ISBN: 9780801891755
- Bradbury, J. W., and Sandra Lee Vehrencamp. (2011). *Principles of Animal Communication.* Sunderland, MA: Sinauer Associates. ISBN: 9780878930456
- Brehm, G., Fischer, M., Gorb, S., Kleinteich, T., Kühn, B., Neubert, D., Pohl, H., Wipfler, B., and Wurdinger, S. (2015). The Unique Sound Production of the Death's-Head Hawkmoth (*Acherontia Atropos* (Linnaeus, 1758)) Revisited. *The Science of Nature.* 102, 7-8: 1292.
- Cameron, E. (1961). *The cockroach: An introduction to entomology for students of science and medicine.* London (UK): W. Heinemann Medical Books. ISBN: 978-1483208275
- Candolin. U. (2003). The use of multiple cues in mate choice. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society.* 78(4): 575-95
- Cerrone, M. (2020). Keepers as Social Companions: Tactile Communication and Social Enrichment for Captive Apes. *Sign Systems Studies.* 47, 3/4: 453-479.
- Clark, D. C., and Moore, A. J. (1995). Variation and Repeatability of Male Agonistic Hiss Characteristics and Their Relationship to Social Rank in *Gromphadorhina portentosa*. *Animal Behaviour.* 50, 3: 719-29. (a)

- Clark, D. C., and Moore, A. J. (1995). Social Communication in the Madagascar Hissing Cockroach: Features of Male Courtship Hisses and a Comparison of Courtship and Agonistic Hisses. *Behaviour*. 132, 5-6: 401-17. (b)
- Contreras, H. L. and Lorenz, T. (2016). The effect of diet on the metabolic rate and microbiome of *Gromphadorhina portentosa*. *FASEB Journal*. 30, S1: 978.
- Copeland, M. W. (2003). *Cockroach*. London (UK): Reaktion. ISBN: 9781861894854
- Dailey, P. J., and Graves, R. C. (1976). Exoskeletal Anatomy of the Madagascar Hissing Cockroach *Gromphadorhina portentosa*. *Annals of the Entomological Society of America*. 69, 4: 589-603.
- Davies, N. B., West, S. A., Krebs J. R. (2012). *An Introduction to Behavioural Ecology*. Chichester (UK): Wiley-Blackwell. ISBN: 978-1405114165
- Davis, H., and Heslop, E. (2004). Habituation of Hissing by Madagascar Hissing Cockroaches (*Gromphadorhina Portentosa*): Evidence of Discrimination between Humans? *Behavioural Processes*. 67, 3: 539-43.
- Deneubourg, J. L., Lioni, A., and Detrain, C. (2002). Dynamics of Aggregation and Emergence of Cooperation. *The Biological Bulletin*. 202(3), 262-267.
- Djernæs, M., Kotyková Varadínová, Z., Kotyk, M., Eulitz, U., and Klass, K-D. (2020). Phylogeny and Life History Evolution of Blaberoidea (Blattodea). *Arthropod systematics & Phylogeny*. 78: 29-67.
- Drewes, O. (2005). *Terrarium animals from A to Z*. New York (NY): Barron's Educational Series. ISBN: 9780764130922
- Dugatkin, Lee Alan, and Ryan L. Earley. *Principles of Animal Behavior*. New York (NY): Norton, 2004. ISBN: 0130899364
- Fallow, P. M., and Magrath, R. D. (2010). Eavesdropping on Other Species: Mutual Interspecific Understanding of Urgency Information in Avian Alarm Calls. *Animal Behaviour*. 79, 2: 411-17.
- Fenton, M. B. (1984). Echolocation: Implications for Ecology and Evolution of Bats. *The Quarterly Review of Biology*. 59, 1: 33-53.

- Fíla, J., Kodejš, K., Mikát, M., Nunváž, J., Smyčka, J., Synek, P., Zouhar, P. (2013). Komunikace. Biologická olympiáda 2013-2014, 48 ročník, připravený text pro kategorie A, B. Česká zemědělská univerzita v Praze, ústřední komise biologické olympiády. ISBN: 978-80-213-2386-5
- Flower, T. P., Child, M. F., Ridley, A. R. (2012). The ecological economics of kleptoparasitism: pay-offs from self-foraging versus kleptoparasitism. *Journal of Animal Ecology*. 82(1), 245-255.
- Franck, D. 1996. Etologie. Přel. Leo Sigmund. Praha: Karolinum. Přel. z: Etologie. ISBN: 80-7066-878-4
- Heinrich, E. C., J. McHenry, M. J., and Bradley, T. J. (2013). Coordinated Ventilation and Spiracle Activity Produce Unidirectional Airflow in the Hissing Cockroach, *Gromphadorhina Portentosa*. *Journal of Experimental Biology*. 216(Pt 23):4473-82.
- Hileman, K. S., Brodie E. D., and Formanowicz D. R. (1994). Avoidance of Unpalatable Prey by Predaceous Diving Beetle Larvae: The Role of Hunger Level and Experience (Coleoptera: Dytiscidae). *Journal of Insect Behavior*. 8, 2: 241-49.
- Howard, K. J., and Thorne, B. L. (2010). Eusocial Evolution in Termites and Hymenoptera. *Biology of Termites: a Modern Synthesis*. 97-132.
- Gareth, J. (2008). Sensory Ecology: Echolocation Calls Are Used for Communication. *Current Biology*. 18, 1: 34-35.
- Ghoddousi, A., Hamidi, A. K., Ashayeri, T. G. D., Hamzehpour, M., Moshiri, H., Zohrabi, H., and Julayi, L. (2008). Territorial Marking by the Persian Leopard (*Panthera Pardus Saxicolor* Pocock, 1927) in Bamu National Park, Iran. *Zoology in the Middle East*. 44, 1: 101–3.
- Jones, G., and Siemers, B. M. (2011). The communicative potential of bat echolocation pulses. *Journal of Comparative Physiology A*. 197, 447-457.
- Kemp, J., López-Baucells, A., Rocha, R., Wangenstein, O. S., Andriatafika, Z., Nair, A., and Cabeza, M. (2019). Bats as Potential Suppressors of Multiple Agricultural Pests: A Case Study from Madagascar. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 269: 88-96.

- Kirchner, W. H. (1997). Acoustical communication in social insects. Orientation and Communication in Arthropods. 273-300.
- Knörnschild, M., Jung, K., Nagy, M., Metz, M., Kalko, E. (2012). Bat Echolocation Calls Facilitate Social Communication. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 279, 1748: 4827-35.
- Kowalski, K. N., Lakes-Harlan, R., Lehmann, G. U. C., Strauß, J. (2014). Acoustic Defence in an Insect: Characteristics of Defensive Stridulation and Differences between the Sexes in the Tettigoniid *Poecilimon Ornatus* (Schmidt 1850). Zoology. 117, 5: 329-36.
- Kramer, B. (1979). Electric and Motor Responses of the Weakly Electric Fish, *Gnathonemus Petersii* (Mormyridae), to Play-Back of Social Signals. Behavioral Ecology and Sociobiology. 6, 1: 67–79.
- Marek, P., Papaj, D., Yeager, J., Molina, S., and Moore, W. (2011). Bioluminescent Aposematism in Millipedes. Current Biology. 21, 18: 680-681.
- Nelson, M. C. (1979). Sound Production in the Cockroach, *Gromphadorhina Portentosa*: The Sound-Producing Apparatus. Journal of Comparative Physiology A. 132, 1: 27-38.
- Nelson, M. and Fraser, J. (1980). Sound production in the cockroach *Gromphadorhina portentosa*: evidence for communication by hissing, Behavioural Ecology Sociobiology. 6, 305-314.
- Oron, U., and Crompton A. W. (1985). A Cineradiographic and Electromyographic Study of Mastication *Intenrec Ecaudatus*. Journal of Morphology. 185, 2: 155-82.
- Park, Y. C., Grandcolas, P., and Choe, J. C. (2002) Colony Composition, Social Behavior and Some Ecological Characteristics of the Korean Wood-Feeding Cockroach (*Cryptocercus Kyebangensis*). Zoological Science. 19, 10: 1133–39.
- Pekár, S., García, L. F. a Bulbert, M. W. (2020). Spiders mimic the acoustic signalling of mutillid wasps to avoid predation: startle signalling or Batesian mimicry? Animal Behaviour. 170, 9: 157-166.
- Pough, F. H. (1988). Mimicry of Vertebrates: Are the Rules Different? The American Naturalist. 131: 67-102.

- Resh, V. H., and Cardé R. T. (2009). *Encyclopedia of insects*. Amsterdam [u.a.]: Elsevier/Academic Press. ISBN: 9780123741448
- Richard, F. J., and Hunt, J.H. (2013). Intracolony chemical communication in social insects. *Insect Sociology*. 60, 275-291.
- Roth, L. M. (2003). Systematics and Phylogeny of Cockroaches (Dictyoptera: Blattaria). *Oriental Insects*. 37, 1: 1–186.
- Roth, L. M., and Hartman H. B. (1967). Sound Production and Its Evolutionary Significance in the Blattaria. *Annals of the Entomological Society of America*. 60, 4: 740-52.
- Shaw, S. (1994). Detection of airborne sound by a cockroach 'vibration detector': a possible missing link in insect auditory evolution. *The Journal of experimental biology*. 193.1: 13-47.
- Schöner, M. G., Simon, R., Schöner, C. R. (2016). Acoustic Communication in Plant–Animal Interactions. *Current Opinion in Plant Biology*. 32: 88-95.
- Sebeok, T. A. (1977). *How animals communicate*. Bloomington: Indiana University Press. ISBN: 0-253-32855-1
- Skelhorn, J., and Rowe, R. (2007). Predators' Toxin Burdens Influence Their Strategic Decisions to Eat Toxic Prey. *Current Biology*. 17, 17: 1479-83.
- Smith, G. Troy. (2013). Evolution and Hormonal Regulation of Sex Differences in the Electrocommunication Behavior of Ghost Knifefishes (Apteronotidae). *Journal of Experimental Biology*. 216, 13: 2421–33.
- Templeton, C. N., and Greene, E. (2007). Nuthatches Eavesdrop on Variations in Heterospecific Chickadee Mobbing Alarm Calls. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 104, 13: 5479-82.
- Thacker, C. E., Thompson, A. R., Roje, D. M. (2011). Phylogeny and Evolution of Indo-Pacific Shrimp-Associated Gobies (Gobiiformes: Gobiidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 59, 1: 168-76.
- Trotter, B., Ramsperger, A. F. R. M., Raab, P., Haberstroh, J. (2019). Plastic waste interferes with chemical communication in aquatic ecosystems. *Science Reports*. 9, 5889.

- Uetz, G. W., and Roberts, J. A. (2002). Multisensory Cues and Multimodal Communication in Spiders: Insights from Video/Audio Playback Studies. *Brain Behavior and Evolution*. 59(4): 222-30
- Van Damme, R., and Quick, K. (2001). Use of Predator Chemical Cues by Three Species of Lacertid Lizards (*Lacerta Bedriagae*, *Podarcis Tiliguerta*, and *Podarcis Sicula*). *Journal of Herpetology*. 35, 1: 27-36.
- Veselovský, Z. (2005). *Etologie: biologie chování zvířat*. Praha: Academia. ISBN: 80-200-1331-8
- Westrip, J. R., and Bell, M. B. (2015). Breaking down the Species Boundaries: Selective Pressures behind Interspecific Communication in Vertebrates. *Ethology*. 121, 8: 725–32.
- Windfelder, T. L. (2001). Interspecific Communication in Mixed-Species Groups of Tamarins: Evidence from Playback Experiments. *Animal Behaviour*. 61, 6: 1193–1201.
- Winfrey, C., and Fincke, O. M. (2017). Role of Visual and Non-Visual Cues in Damselfly Mate Recognition. *International Journal of Odonatology*. 20, 1: 43-52.
- Zhang, S., Kuntner, M., Li, D. (2011). Mate Binding: Male Adaptation to Sexual Conflict in the Golden Orb-Web Spider (Nephilidae: *Nephila Pilipes*). *Animal Behaviour*. 82, 6: 1299-1304.

PŘÍLOHY

Příloha A. Umístění pokusných švábů v boxech.



Příloha B. Instalace experimentu.



Příloha C. Využití tématu bakalářské práce v pedagogické praxi

Nejen děti se hmyzu štítí a často před ním utíkají či ho zabijí. Nicméně, hmyz, včetně švábů, jsou obyvateli naší planety stejně, jako lidé. Švábi syčiví spolu prostřednictvím syčení komunikují stejně jako to děláme my. Proto jsem vytvořila výukovou aktivitu do hodin biologie či semináře z biologie, při kterém by se žáci setkali s živými šváby syčivými za účelem zvýšení otevřenosti k hmyzím živočichům a případně vzbuzení zájmu o jejich studium.

Tato aktivita může být využita v rámci probírání hmyzu podle osnovy, nejlépe by však měla být složena z jedné výukové hodiny věnované komunikaci živočichů s výkladem zaměřeným především na hmyz. Kromě výkladu děti dostanou pracovní list k vyplnění (viz níže).

Pro přiblížení hmyzího světa je šváb syčivý ideální, tento druh se běžně chová v zajetí a je tedy snadno k dostání, případně si ho může škola po domluvě zapůjčit. Zároveň má zajímavé vlastnosti, je endemickým druhem, se kterým se běžně nesetkáme a vydává zvuky, které u zvířat také nejsou příliš časté.

Žáci by byli rozděleni do skupin (dle možností třídy cca 2-3 žáci) a každé skupině by byl přidělen jeden samec a jedna samice švába syčivého, jehož schopnost syčet by žáci ve třídě (případně speciální učebně) pozorovali celý jeden školní týden, například na začátku hodiny biologie nebo po domluvě s učitelem. K tomu by žáci dostali pracovní list, který se skládá ze čtyř úloh. První úloha je k doplnění informací o švábu syčivém, druhá úloha je jeho stručný morfologický popis, třetí úloha slouží k zaznamenávání dat z experimentu a čtvrtá úloha je vyhodnocení celé práce.

Dříve, než by žáci pracovní list dostali, vyučující by nejprve podal stručný výklad k tomuto druhu, předvedl jim ho, ukázal morfologické odlišnosti samců a samic a demonstroval, jakým způsobem mají žáci se šváby pracovat a nechal by žáky si šváby podržet a prohlédnout. Poté by jim rozdál pracovní listy a žáci by se pustili do práce.

Pokusy by žáci prováděli každý den jeden, pokus zabere chvilku a pokud by se ve skupince našel někdo, kdo by se švába bál, bude stačit, když ho bude provádět jen jeden a ostatní si zapíší výsledky. Pokus by probíhal jemným přitlačením samce a samice k podkladu v jeho obydlí a zapsání do tabulky v pracovním listu, jestli syčel a s jakou intenzitou.

Po ukončení výuky lze šváby ponechat ve škole, péče o ně je poměrně jednoduchá a můžou sloužit v budoucnu i dalším účelům, například jako chovná zvířata do biologického kroužku, jak uvádí Hradská, 2016 ve své publikaci *Zajímavý život švábů*, která slouží jako příručka k chovu a námětům na praktika se šváby.

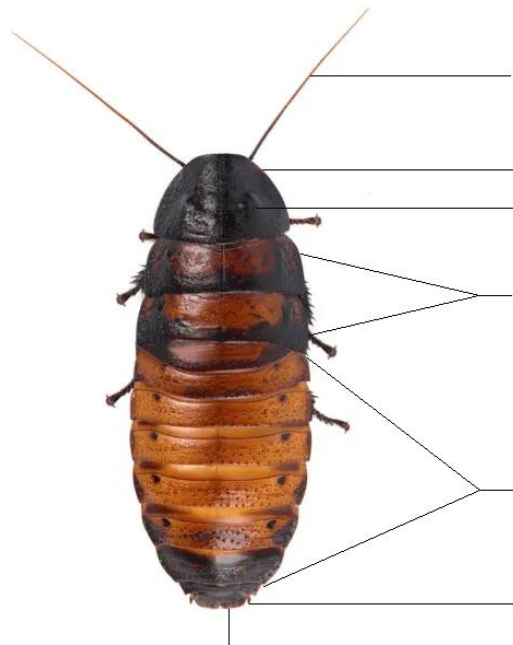
Hradská, Ivana. *Zajímavý život švábů*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2016.

Anatomie a chování švába

1. Doplnování do textu

Gromphadorhina portentosa, českým názvem šváb _____ nebo madagaskarský, je endemický druh Madagaskaru, to znamená, že _____. Šváb madagaskarský je omnivorní, jeho strava se tedy skládá ze složky _____ i _____. Tento druh švába má schopnost _____, což mu umožňuje specializovaný tracheální aparát uložený v _____ soustavě, zvuk tedy vydává vypuzením _____ z průduchů umístěných na prvním zadečkovém článku. Tento specifický zvuk šváb vydává ve třech různých situacích: při námluvách, při soubojích a při _____. S posledním vyjmenovaným způsobem se můžeme setkat například při manipulaci se švábovým obydlím nebo se švábem samotným. Tento zvuk mohou vydávat dospělí samci, samice i _____, zatímco při námluvách a soubojích ho používají jen dospělí _____.

2. Popis viditelných částí podle vlastního pozorování



3. Záznam reakce na manipulaci

- Každý den jemně přitlačit švába prstem k podkladu a zapsat, jestli vydal zvuk nebo ne
- Zhodnotit, jak moc šváb zasyčel: 1 – vůbec, 2 – trochu, 3 – středně, 4 – hodně

Samec		
Datum	Reakce (ano/ne)	Intenzita (1-4)

Samice		
Datum	Reakce (ano/ne)	Intenzita (1-4)

4. Závěr

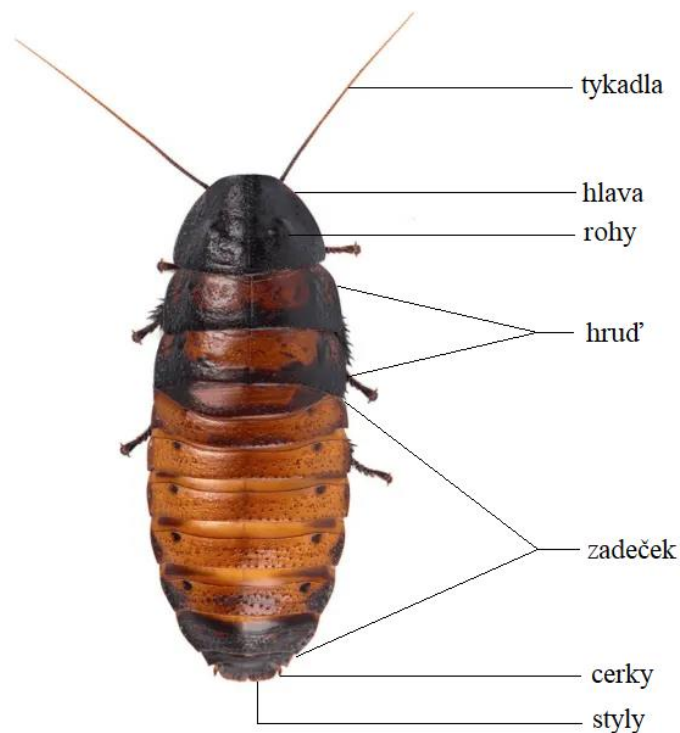
- Popis průběhu experimentu
- Porovnání s exempláři ostatních skupin
- Zhodnocení vlastní zkušenosti (pocity, co mi tento experiment přinesl atd.)

Anatomie a chování švába

5. Doplnování do textu

Gromphadorhina portentosa, českým názvem šváb **__syčivý__** nebo madagaskarský, je endemický druh Madagaskaru, to znamená, že **__se nikde jinde nevyskytuje__**. Šváb madagaskarský je omnivorní, jeho strava se tedy skládá ze složky **__rostlinné__** i **__živočišné__**. Tento druh švába má schopnost **__syčet__**, což mu umožňuje specializovaný tracheální aparát uložený v **__dýchací__** soustavě, zvuk tedy vydává vypuzením **__vzduchu__** z průduchů umístěných na prvním zadečkovém článku. Tento specifický zvuk šváb vydává ve třech různých situacích: při námluvách, při soubojích a při **__vyrušení__**. S posledním vyjmenovaným způsobem se můžeme setkat například při manipulaci se švábovým obydlím nebo se švábem samotným. Tento zvuk mohou vydávat dospělí samci, samice i **__nymfy, mlád'ata atd.__**, zatímco při námluvách a soubojích ho používají jen dospělí **__samci__**.

6. Popis viditelných částí podle vlastního pozorování



7. Záznam reakce na manipulaci

- Každý den jemně přitlačit švába prstem k podkladu a zapsat, jestli vydal zvuk nebo ne
- Zhodnotit, jak moc šváb zasyčel: 1 – vůbec, 2 – trochu, 3 – středně, 4 – hodně

Samec		
Datum	Reakce (ano/ne)	Intenzita (1-4)
1. 1. 2023	ne	1

Samice		
Datum	Reakce (ano/ne)	Intenzita (1-4)
1. 1. 2023	ano	2

8. Závěr

- Popis průběhu experimentu
- Porovnání s exempláři ostatních skupin
- Zhodnocení vlastní zkušenosti (pocity, co mi tento experiment přinesl atd.)

Samec švába syčivého zasyčel pouze... oproti tomu samice syčela....

Naměřené hodnoty jsou totožné se skupinkou č. 1, švábi skupinky č. 2 syčeli...

Tento experiment se mi líbil/nelíbil, protože...