

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Studijní program: B4106 Zemědělská specializace  
Studijní obor: Biologie a ochrana zájmových organismů  
Katedra: Katedra biologických disciplín  
Vedoucí katedry: doc. RNDr. Ing. Josef Rajchard, Ph.D.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**VLIV FOTOPERIODY NA VÝVOJ  
VYBRANÝCH DRUHŮ STRAŠILEK**

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Michal Berec, Ph.D.

Autor: Pavla Tochorová

České Budějovice, 2010

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne 14. dubna 2010

.....  
*Pavla Tochorová*

## **Poděkování**

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu mé práce Mgr. Michalu Berecovi, Ph.D. za věnovaný čas, cenné rady a připomínky. Dále bych chtěla poděkovat doc. RNDr. Oldřichu Nedvědovi, CSc. za poskytnutí nutného technického zázemí, odborných rad a informací.

V neposlední řadě si zaslouží poděkování Zdeněk Ipser, Jan Fiala a Ondřej Srb za obětavost a čas strávený nad občasnou kontrolou probíhajícího pokusu a zapisováním dat. Bez jejich pomoci by tato práce jistě ztratila svoji hodnotu.

Nakonec bych ráda poděkovala svojí rodině, která mě podporovala v průběhu celého studia.

## Vliv fotoperiody na vývoj vybraných druhů strašilek

### Abstrakt

Cílem práce je zjistit vliv fotoperiody na vývoj vajíček druhů *Ramulus artemis* a *Peruphasma schultei*, které se liší svým areálem výskytu, antipredačním chováním i způsobem rozmnožování. Jejich vajíčka byla inkubována při konstantní teplotě ve čtyřech fotoperiodách, přičemž byla sledována délka inkubace, úspěšnost líhnutí a denní doba, ve které k líhnutí došlo. Na základě statistického vyhodnocení dat byl v závěru práce prokázán vliv fotoperiody na vývoj obou druhů v pokusu. Teoretická část se zabývá obecným popisem sledovaného řádu strašilky (Phasmatodea) se zaměřením na jeho reprodukci a vývoj, dále pak jmenuje klimatické faktory ovlivňující fyziologické děje v hmyzím organismu.

**Klíčová slova:** fotoperioda, inkubace, strašilky, *Peruphasma schultei*, *Ramulus artemis*

## The photoperiodicity effect on the selected phasmid species egg growth

### Abstract

The object of the thesis is to discover the importance of photoperiodicity in the *Ramulus artemis* and *Peruphasma schultei* growing process. These species differ in the area of presence, anti-predator behavior and the reproduction method. Their eggs were incubated at a constant temperature divided into four photoperiods. Incubation time, hatching success and the daytime of hatching were precisely documented. The photoperiodicity effect on both selected species has been evidenced by statistical data evaluation. The theoretical part deals with a general description of the reference order of phasmatodea (Phasmatodea) focusing on its reproduction and growth. Then appoints the climatic factors influencing the physiological processes in the insect body.

**Key words:** photoperiodicity, incubation, phasmatodea, *Peruphasma schultei*, *Ramulus artemis*

# Obsah

1.	Úvod	6
2.	Literární rešerše	8
2.1	Řád strašilky (Phasmatodea)	8
2.1.1	Systematika	8
2.1.2	Nejznámější organizace specializované na řád Phasmatodea	9
2.1.3	Rozšíření	9
2.1.4	Potrava	10
2.1.5	Vzhled	11
2.1.6	Základní morfologické znaky	12
2.1.7	Reprodukce a vývoj	13
2.1.7.1	Páření	13
2.1.7.2	Partenogeneze	13
2.1.7.3	Kladení	13
2.1.7.4	Vajíčko a embryonální vývoj	14
2.1.7.5	Diapauza	15
2.1.7.6	Postembryonální vývoj	15
2.2	Klimatické faktory ovlivňující fyziologické děje v hmyzím organismu	16
2.2.1	Teplota a chlad	16
2.2.2	Fotoperioda	17
3.	Metodika a materiál	18
3.1	Výběr vhodných druhů strašilek	18
3.2	Vybrané druhy	19
3.3	Materiál	22
3.4	Zajištění podmínek	23
3.5	Technické zázemí	23
3.6	Uzpůsobení pokusných nádob a ukládání vajíček	24
3.7	Průběh pokusu	24
3.8	Zpracování dat	25
4.	Výsledky	26
4.1	Statistické zpracování dat	26
4.2	Úspěšnost líhnutí	28
4.3	Denní doba líhnutí	29
5.	Diskuse	31
6.	Závěr	33
	Použitá literatura	34

# 1. Úvod

Obecně platí, že abiotické faktory mohou mít zásadní vliv na život hmyzu, zvláště pak na jeho reprodukční úspěšnost, růst, intenzitu metabolismu, mezidruhové i vnitrodruhové interakce apod. Je třeba si také uvědomit, že jednotlivé klimatické faktory jsou navzájem provázané, ovlivňují se a nelze je vnímat pouze jednotlivě (SPEIGHT ET AL., 2008). Tato práce si dává za cíl zjistit význam délky fotoperiody pro vývoj vajíček strašilek druhů *Ramulus artemis* a *Peruphasma schultei* při konstantní teplotě. Jak uvádím v následujícím textu, délka denního světla v průběhu 24 hodin má vliv na mnohé fyziologické děje hmyzu. Jaký je vliv délky světelného dne na vývoj vajíček vybraných druhů strašilek je zkoumáno z hlediska několika dílčích otázek:

## 1) Ovlivní fotoperioda délku inkubace?

Podle mého názoru by měla mít vliv hlavně ve zvolených extrémních podmínkách, kdy by fotoperioda konstantní tmy měla délku inkubace prodlužovat a naopak konstantní světlo by ji mělo výrazně zkrátit. To by samozřejmě nemělo platit u druhů, které kladou svá vajíčka do substrátu. Podíváme-li se ale na problematiku z jiného úhlu pohledu, můžeme také říci, že by měl být vliv fotoperiody zanedbatelný vzhledem k tomu, že většina strašilek žije v podrostu a nižších patrech pralesa, kam dopadá světla minimum.

## 2) Líhnou se nymfy převážně za tmy, nebo za světla?

Mezi chovateli strašilek obecně panuje názor, že líhnutí nymf probíhá v noci a brzkých ranních hodinách a přes den se líhne jen malé procento, které lze zanedbat. Z logického hlediska to dává smysl, protože řád strašilk má větší noční aktivitu a svlékání nejčastěji probíhá také ve večerních či nočních hodinách. Podle všeobecného mínění by mohlo být důvodem snížení rizika predace, jelikož je svlékání a líhnutí pro strašilky nesmírně náročné a je zde nebezpečí zahlédnutí predátorem. Zvolené druhy se ovšem liší svým antipredačním chováním, kdy *Ramulus artemis* spoléhá na svůj kryptický tvar a zbarvení a druh *Peruphasma schultei* používá chemickou obranu a za-

strašení pomocí červených křídélek, které ale nymfám chybí. Lze tedy předpokládat, že by se první jmenovaný druh mohl mnohem pravděpodobněji líhnout i za dne. Dalším možným aspektem, který by podporoval líhnutí ve večerních a nočních hodinách, je vyšší vlhkost, která má na úspěšnost líhnutí zásadní vliv.

### **3) Má fotoperioda vliv na celkový počet vylíhnutých nymf?**

Zde bych uvedla předpoklad, že výše jmenované extrémní podmínky mohou ovlivnit celkový počet vylíhnutých nymf, jelikož se jedná o stav, který je pro jejich vývoj nepřírozený. Přihlédneme-li k původnímu rozšíření, měla by druhu *Peruphasma schultei* lépe vyhovovat fotoperioda 13/11 a druhu *Ramulus artemis* 16/8.

### **4) Ovlivní fotoperioda počet zdravě vylíhnutých nymf?**

Ve špatných podmínkách prostředí se často stane, že se nymfa vylíhne zdeformovaná, bez končetiny, nebo své líhnutí nedokončí vůbec. Teoreticky by nám tedy počet zdravě vylíhnutých nymf mohl podat informace o tom, co je pro daný druh nejvýhodnější.

## 2. Literární rešerše

### 2.1 Řád strašilky (Phasmatodea)

#### 2.1.1 Systematika

S rostoucím zájmem o tento chovatelsky oblíbený řád se rozhořela i diskuze nad jeho do této doby jednoduchou systematikou, která byla založena jen na několika morfologických poznávacích znacích. Dnes je systematika řádu strašilky (Phasmatodea BRUNNER, 1893) poměrně složitá a neustálená a v podstatě by se dalo říci, že se odborníci mezi sebou vůbec neshodují a každá publikace má odlišný závěr. Pokud bychom hledali kompletní taxonomický katalog strašilek, který je často aktualizován, lze jen doporučit „Phasmida Species File (PSF)“, což je obsázná databáze, kterou sestavil uznávaný odborník Paul D. Brock (Natural History Museum, London) s podporou mezinárodní vědecké organizace „Orthopterist's Society“. Zde lze najít taxonomické informace pro více než 2950 platných druhů, jejich synonyma, fotografie, rozšíření či citace. O kvalitách této databáze svědčí i fakt, že se pracuje na jejím propojení s domovskou stránkou PSG (Phasmid Study Group).

Tabulka č. 1 ukazuje taxonomické zařazení řádu strašilky (Phasmatodea).

**Tab. 1** – Taxonomické zařazení řádu Phasmatodea

<b>Kmen</b>	Členovci	Anthropoda
<b>Podkmen</b>	Vzdušnicovci	Tracheata
<b>Nadtřída</b>	Šestinozí	Hexapoda
<b>Třída</b>	Hmyz	Insecta
<b>Podtřída</b>	Křídlatí	Pterygota
<b>Nadřád</b>	Novokřídlí	Neoptera
<b>Řád</b>	Strašilky	Phasmatodea



## 2.1.2 Nejznámější organizace specializované na řád Phasmatodea

### a) Phasmid Study Group (PSG)

Phasmid Study Group byla založena v roce 1980 na podporu studia řádu Phasmatodea a klade důraz na studium chovu v zajetí. Skupina má v současné době několik set členů po celém světě, přičemž se jedná o profesionální entomology, laickou veřejnost i malé děti. PSG pořádá pravidelné setkání členů a mimo jiné vytvořila i seznam, kde je každému druhu přidělen kód (viz <http://phasmid-study-group.org/specieslist>). Od svého počátku produkuje čtyřikrát ročně „Phasmid Study Group Newsletter“, který byl roku 1992 rozdělen na dvě publikace: Newsletter pokračoval, ale větší články byly publikovány v nově založené Phasmid Studies.

### b) Phasma

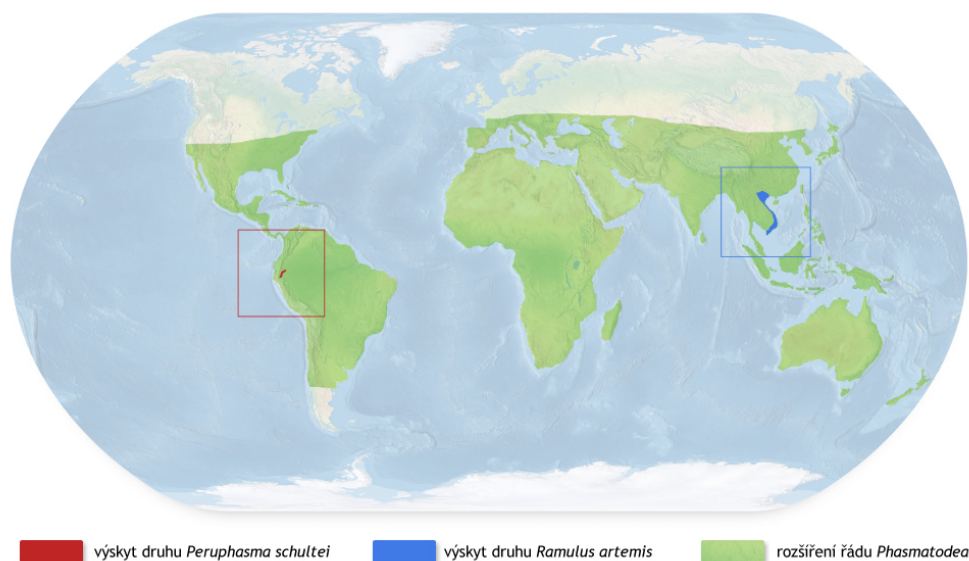
Jedná se o nizozemsko-belgickou skupinu s podobnými cíly jako PSG. Od roku 1991 začala vydávat čtvrtletní zpravodaj pod názvem Phasma, který je zveřejňován v holandštině. Skupina má dvě setkání ročně, jedno v Belgii a druhé v Nizozemsku. Podrobnosti o činnosti lze nalézt na jejich webových stránkách [www.phasma.eu](http://www.phasma.eu).

### c) Groupe d'Etude des Phasmes (GEP)

Organizace založená ve Francii v roce 1988. Vydávala čtyřikrát ročně publikace Le Monde des Phasmes až do roku 1996, kdy se dostala do finančních problémů a musela svou činnost ukončit. Je známá svou expedicí do Francouzské Guyany, jejíž výsledky byly zveřejněny v listopadu 1993. V současné době funguje webová stránka <http://lemondedesphasmes.free.fr>, která nabízí množství odborných článků, rad a fotografií.

## 2.1.3 Rozšíření

Strašilky jsou především tropickým řádem hmyzu, který se vyskytuje nejčastěji ve vlhčích biomech (obr. 1). Největší početnosti co do druhů i jedinců dosahuje řád v orientální zoogeografické oblasti, která je považována za jejich kolébku. Některé druhy osídlily i mírné pásmo a vyvinuly k tomu účinné adaptace, umožňující přečkávat nepříznivé období, nejčastěji ve formě vajíček.



**Obr. 1** – Rozšíření řádu Phasmatodea s vyznačením výskytu druhů použitých v pokusu (orig. *Jakub Hrubý*)

## 2.1.4 Potrava

Všechny známé druhy strašilek jsou striktně herbivorní, přičemž jejich převážná většina přijímá pouze několik málo druhů rostlin (oligofágie). V zájmových chovech se tyto strašilky krmí nejčastěji zástupci čeledi růžovité (*Rosaceae*), nejvíce se pak využívá rod ostružiník (*Rubus*). Jako příklad bych ráda uvedla druhy *Ramulus artemis*, *Phaenopharos khaoyaiensis*, *Medauroidea extradentata*, které jsou běžnou součástí domácích chovů v České republice.

Další skupinu tvoří druhy, které se dají krmit rostlinami z čeledi olivovníkovité (*Oleaceae*) – ptačí zob (*Ligustrum*), šerík (*Syringa*), zlatice (*Forsythia*). Sem se řadí v chovech rozšířený druh *Peruphasma schultei*.

Chovatelsky zajímavý druh *Oreophoetes peruana* přijímá pouze kapradiny.

Menší část řádu strašilky tvoří druhy polyfágní, které se mohou živit různorodou potravou. Jako příklad lze uvést asi nejznámější druh *Carausius morosus* nebo *Sipyloidea sipyilus*, který je ve své domovině považován za škůdce různých kulturních rostlin.

V řádu se vyskytují i tzv. potravní specialisté (monofágové), kteří se živí jediným druhem potravy. Jako příklad obligátních monofágů bych ráda uvedla peruánský druh *Bostra scabrinota*, který požírá jen listy dřeviny *Piqueria pubescens*, chilská pakobylka *Bacteria granulicollis* je vázaná na keř *Muehlenbeckia glaucum* atp. (PE-CINA, 2000). Takovéto druhy přirozeně nejsou vhodné k chovu, pokud není k dispozici příslušná živná rostlina.

### 2.1.5 Vzhled

V každé populárně naučné encyklopedii se můžeme dočíst, že „strašilky jsou skutečnými mistry v napodobování přírody a ve svém přirozeném prostředí jsou prakticky neviditelné“ (IMES, 1997). S tím se samozřejmě nedá než souhlasit, ale je třeba uvést i některé méně známé informace k tomuto jistě zajímavému řádu.

Strašilky jsou tedy známé nejen svým barevným a tvarovým mimetismem, ale také tím, že se jedná o největší hmyz vůbec. V roce 2008 byl potvrzen objev nového druhu na ostrově Borneo *Phobaeticus chani*, jejíž tělo měří bez započtení předních nohou 35,7 cm (obr. 2).



Obr. 2 – *Phobaeticus chani* (zdroj: CONNOR, 2008)

Ač se tyto hodnoty mohou zdát zarážející, v porovnání s ostatními zástupci rodu *Phobaeticus*, kteří jsou většinou jen o pár centimetrů menší (*Phobaeticus kirbyi* – cca 33 cm), nejsou nijak mimořádné. Samozřejmě se v řádu Phasmatodea vyskytují i jedinci o mnoho menší, ale většina zástupců přesahuje délku 50 mm.

Obecně by se dalo říci, že můžeme řád rozdělit na tři hlavní morfologické typy:

#### a) Pakobyilky

Jsou charakteristické dlouhým štíhlým větévkovitým tělem, s dlouhými úzkými nohama, většinou bez výrazných ostnů. Např. *Phobaeticus chani*, *Ramulus artemis*, *Sceptrophasma hispidula*.

#### b) Strašilky

Tento typ je mnohem robustnější, jeho tělo je často pokryto mnoha výraznými trny, nohy bývají silné. Např. *Eurycantha calcarata*, *Extatosoma tiaratum*, *Haaniella saussurei*.

#### c) Lupenitky

Posledním typem jsou lupenitky, které svým vzhledem mimetizují čerstvé nebo oschlé listy. Jejich tělo i nohy jsou jakoby rozprostřeny do šířky. Např. *Phyllium bioculatum*, *Phyllium giganteum*.

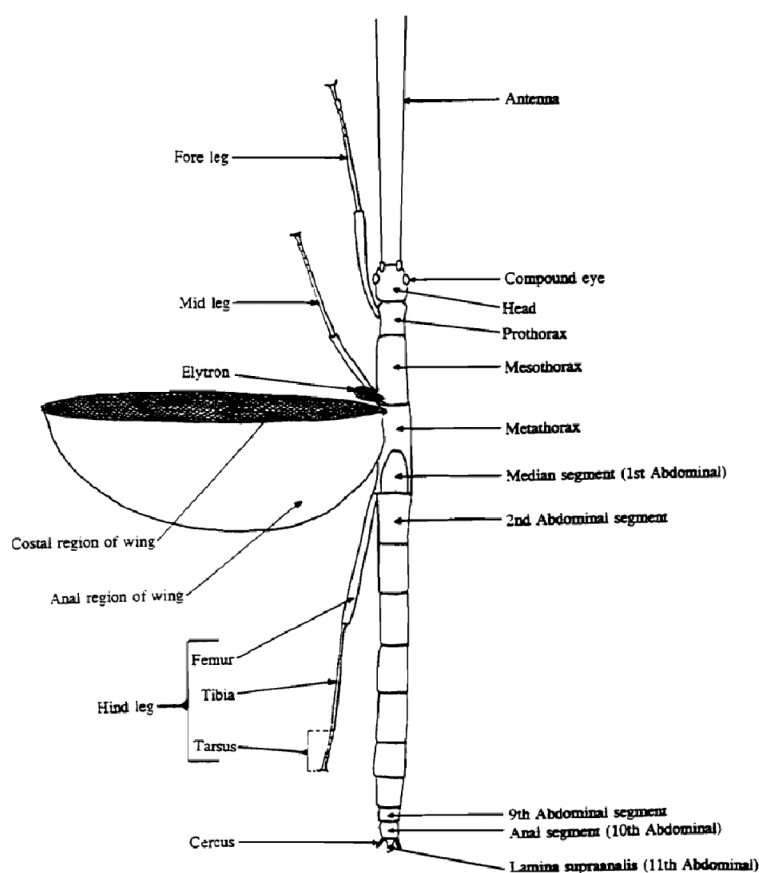
Zbarvení se většinou pohybuje mezi nevýraznou zelenou, hnědou až černou, ale jsou známé i druhy s výstražným křiklavým zbarvením, které je většinou spojeno

s chemickou ochranou. Jako příklad bych uvedla *Oreophoetes peruana*, *Necrosia annulipes*, *Anisomorpha paromalus*. U některých druhů je prokázána barvoměna (*Sceptrophasma hispidula*).

## 2.1.6 Základní morfologické znaky

Pro řád strašilky je typické silné, dopředu postavené kousací ústní ústrojí, pohyblivá hlava s vyvinutými složenými očima a vícečetnými tykadly. Hruď je tvořena velmi krátkým prothoraxem, mesothorax je nejdelší z thorakálních článků a metathorax splývá s prvním článkem zadečku (=mediální článek) (obr. 3).

Všechny tři páry nohou jsou utvářeny podobně, výjimku mohou tvořit zadní stehna, která jsou u některých druhů nápadně silná (samec *Eurycantha calcarata*). Mnoho druhů má přední nohy kolem hlavy viditelně vykrojené, aby bylo možné je přiložit k sobě a docílit tím lepšího mimetického efektu. Důležitým znakem pro zařazení strašilek do systému je přítomnost areoly na distálním konci holení druhého a třetího páru nohou. U celého řádu Phasmatodea jsou chodidla pětičlenná, kromě zástupců rodu *Timema*, jejichž chodidla jsou jen tříčlenná. Křídla nejsou u většiny druhů vyvinuta, ale pokud jsou přítomna, mohou plnit různorodou funkci (např. aktivní let, plachtění, zastrašení predátora...). Kopulační orgán je asymetrický.



Obr. 3 – Základní rysy zástupce řádu Phasmatodea (zdroj: BRAGG, 1997)

## 2.1.7 Reprodukce a vývoj

### 2.1.7.1 Páření

U strašilek, které se rozmnožují pohlavně (sexuálně), většinou trvá proces kopulace několik hodin. Sameček, který bývá subtilnější, se přichytí na samičím hřbetě a stočí zadeček do polohy snadného spojení s koncem zadečku samice. To je umožněno pomocí zevních přichycovacích orgánů samce, který zachytí samičku mezi subgenitální a supragenitální ploškou. Následuje složitý proces předání průsvitného pouzdra se spermii (tzv. spermatoforu). K páření dochází většinou v noci. Pro mnoho druhů existuje i jakási alternativa v podobě partenogeneze, ale některé druhy tuto možnost nemají, např. *Peruphasma schultei*, *Anisomorpha paromalus*, *Oreophoetes peruana*.

### 2.1.7.2 Partenogeneze

Vedle pohlavního rozmnožování se setkáváme také s jevem zvaným thelytokie, který je druhem partenogeneze, kdy se z neoplozených vajíček líhnou pouze nymfy samičího pohlaví. Na rozdíl od sexuální reprodukce, partenogeneze již nestanoví žádnou možnost přestavby genů. Takováto populace má tedy mnohem větší genetickou stabilitu, ale ta může být nevýhodou v měnícím se prostředí. Ovšem partenogeneze má i výhody v podobě snížení výdeje energie na hledání opačného pohlaví apod. U několika druhů se samci v chovech vůbec nevyskytují a někdy dokonce nejsou zmínky ani o jejich výskytu v přírodě. U druhů, které se mohou rozmnožovat pohlavně i pomocí partenogeneze, platí, že vajíčka vzniklá partenogenezí mají prodlouženou dobu inkubace a snížené procento líhivosti než vajíčka oplozená. Mezi takovéto druhy patří například *Medauroidea extradentata*, *Extatosoma tiaratum* či *Aretaon asperrimus*.

### 2.1.7.3 Kladení

Celý řád Phasmatodea je typický svou vysokou produkcí vajíček, přičemž některé druhy dokáží za svůj život naklást až kolem 1000 kusů. Kladení samotné představuje proces, kdy je vajíčko vypuzeno ven z genitálií, což bývá spojeno s určitým typem chování (KODRÍK, 2000). Nejčastěji dochází k jednoduchému odkládání vajíček na substrát, někdy je ale tato technika zdokonalena tím, že samice vajíčka odmrští pomocí pohybu zadečku. Několik druhů klade svá vajíčka do štěrbin v kůře, na rostliny nebo do substrátu pomocí nepravého kladélka, sem se řadí např. *Sungaya inexpectata*.

#### 2.1.7.4 Vajíčko a embryonální vývoj

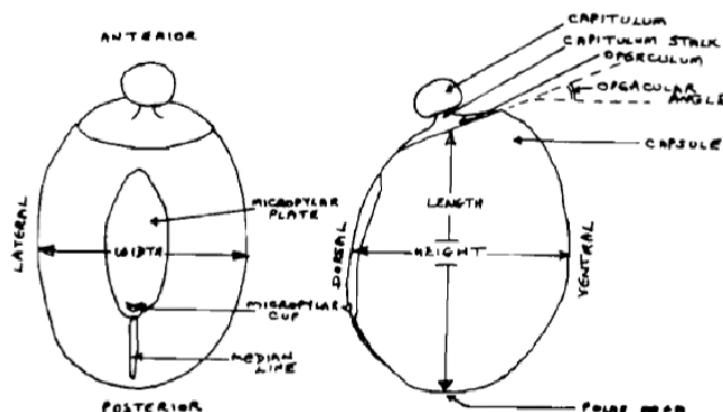
Vajíčka hmyzu jsou tvarově, velikostně i barevně velmi různorodá, často se také setkáváme s výraznými povrchovými strukturami. Pokud je známo, jsou vajíčka strašilek svou kombinací vlastností jedinečná. Bývají poměrně velká, oválná až soudečkovitá, někdy zploštělá, některé druhy mají vajíčka charakteristická rozmanitými strukturami. Na první pohled často připomínají semena rostlin. Studium vajíček je dnes přikládán velký význam z důvodu lepší identifikace rodičovského jedince a jeho přesnějšího zařazení do systému (to potvrzuje i práce, kterou vydal v roce 2005 uznávaný odborník Oliver Zompro). Mají pro tuto práci totiž odpovídající vlastnosti, které vajíčkům některého hmyzu chybí, tj. dostatečnou velikost, dlouhotrvající stálou barvu a tvar díky pevné skořápce, možnost preparace zralých vajíček z mrtvých preparátů apod. (SELLICK, 1992).

Vajíčko hmyzu je pokládáno za zralé ihned po ukončení tvorby jeho obalů, tj. primárního obalu (membrana vitellina) a chorionu. Ten pak dále dělíme na endochorion a exochorion, který je inkrustovaný vápenatými solemi. Vaječné obaly mají nezastupitelnou funkci v podobě ochrany vajíčka a zajištění funkcí důležitých pro jeho správný vývoj včetně dýchání.

Vzhledem k tomu, že se jedná o vajíčka bohatá na žloutek, začíná jejich vývin povrchovým rýhováním, kdy se blastodermální zárodečný terč objevuje na povrchu. Z něj vzniká tzv. zárodečný proužek, který postupně roste, prodlužuje se a dělí se na jednotlivé segmenty, zatímco se zárodek otáčí o 180°. K jeho nepatrnému zpětnému natočení dochází při vzniku zárodečných obalů amnionu a serózy. Přetáčení dále pokračuje a zatímco se diferencují základy končetin, embryo pronikne amniem a serózou, až dosáhne hlavou na opačnou stranu žloutku. Hlava se posléze dostává pod operculum a hřbet pod mikropylární plošku, abdomen se prodlužuje stejně jako končetiny, které se definitivně formují. Po celkovém dokončení embryonálního vývoje včetně sklerotizace je nymfa připravena na proces líhnutí.

Popis vajíček řádu Phasmatodea je dnes již poměrně jednotný. Mezi základní pojmy patří operculum, které by se dalo charakterizovat jako víčko, jež se při líhnutí nymfy otevírá. Na něj může přisedat capitulum, což je malý kulovitý výčnělek, který má někdy s věkem tendenci odpadávat. Mikropylární plošku můžeme najít na dorzální straně vajíčka a v její spodní části se nachází malý otvor, tzv. mikropyle (mikropylar cup) (PECINA, 2000).

Doba trvání embryonálního vývoje se v závislosti na druhu značně liší a je odvislá od mnoha podmínek, kam řadíme mj. teplotu či vlhkost.



Obr. 4 – Výrazy používané u popisu vajíček řádu Phasmatodea (zdroj: SELLICK, 1992)

### 2.1.7.5 Diapauza

Diapauza je geneticky naprogramovaný proces, kdy dochází k zastavení vývoje vlivem určitých podmínek prostředí. K pokračování vývoje dojde až po uplynutí geneticky určené doby a po odeznění faktorů, které ji zapříčinily (teplota, fotoperioda). Jedná se o velice pozoruhodný proces, který má za úkol, aby se jedinec vylíhl či dospěl do co nejlepších podmínek pro život a rozmnožování (BUCHAR, 2000). U různých druhů hmyzu je výskyt diapauzy orientován na rozličné stádium, může se tedy jednat o vajíčko, kuklu, larvu či dospělého, ale nejběžnější je u stádií primárně odolnějších, tedy u vajíček a kukel. Výskyt diapauzy je častý především v oblastech, kde se střídají extrémní období, která musí daný organismus nějak překonat. Jako signál pro spuštění diapauzy může sloužit řada faktorů, jako jsou teplota, vlhkost, pH... Nejdůležitějším činitelem by ale měla být především fotoperioda, která je spolehlivým ukazatelem sezónních změn. Obecně platí, že diapauza je řízena v první řadě hormonálně. Uvádí se, že hormon ekdyson diapauzu spouští a juvenilní hormon ji ukončuje (KODRÍK, 2000). U bource morušového a několika dalších druhů hmyzu byl zjištěn diapauzní hormon.

### 2.1.7.6 Postembryonální vývoj

Protože řád strašilky patří do hmyzu s proměnou nedokonalou, líhne se z vajíček nymfa, která má plný počet tělesných článků a je podobná dospělému. S rostoucí teplotou se doba vývoje urychluje, než narazí na mezní hodnotu. Protože je povrch hmyzích těl a jejich vývojových stádií kryt pevnou kutikulou, která umožňuje pouze omezený růst, dochází k tzv. svlékání, kdy je stará kutikula odvržena v podobě svlečky (=exuvie). Vše je řízeno hormonálně, přičemž rozhodující roli hraje hormon ekdyson. Většina strašilek se svléká šestkrát, ale počet svleků ovlivňuje pohlaví a vnější podmínky. Pro řád Phasmatodea je také charakteristická schopnost autotomie, kdy je

jedinec schopen odvrhnutí končetiny, s čímž je spojena následná regenerace, která se projeví při dalším svleku. Ke zdárnému průběhu svlékacího procesu potřebují strašilky především dostatečnou vzdušnou vlhkost, prostor a klid. Po posledním svlečení potřebují imaga asi 14 dní, aby došlo k pohlavnímu dozrání.

## 2.2 Klimatické faktory ovlivňující fyziologické děje v hmyzím organismu

### 2.2.1 Teplota a chlad

Protože hmyz obecně patří do skupiny poikilotermních organismů, jejichž tělesná teplota závisí na teplotě vnějšího prostředí, stává se pro něj teplota velmi významným činitelem, který ovlivňuje veškerou jeho činnost. Vždy platí, že v důsledku změny teploty vnějšího prostředí dochází i ke změně intenzity metabolismu. S růstem teploty intenzita metabolismu a tím i spotřeba kyslíku stále stoupá, až dosáhne své maximální hodnoty. Jestliže i pak teplota dále roste, dochází k destruktivním procesům až ke smrti jedince. Život ve vyšších teplotách přináší některé výhody, ale také mnoho nevýhod, např. snížení délky života. Jednou z výhod existence v nízkých teplotách je to, že energetické nároky ze strany metabolismu jsou nízké, takže jedinec přežije v době nedostatku potravy déle bez hladovění.

Ovšem i samotný hmyz může svou teplotu jistými způsoby regulovat pomocí:

#### a) Behaviorální termoregulace

Je založená na získávání externího tepla ze substrátu, ale hlavně ze slunečního záření. Princip je založen na expozici maximální plochy těla ke zdroji tepla, čímž se zvýší jeho absorpce. A naopak při nutnosti ochlazení hmyz vyhledává chladnější místa. Svůj význam má také zbarvení povrchu těla, kde platí, že tmavší jedinci se rychleji ohřívají a mohou být tedy dříve aktivní.

#### b) Fyziologické termoregulace

Zakládá se na tvorbě a využití metabolického tepla, což je možné hlavně díky mohutné létací svalovině. Toho využívají např. včely nebo můry, které zvyšují svoji teplotu rychlými stahy svalů před vzletem. Uchování tepla je zajištěno pomocí izolačních útvarů, jako jsou různé šupiny, chlupy apod. Pro ochlazování hmyz využívá zrychlení cirkulace hemolymfy a její odvod do neizolovaných částí těla, kudy je teplo vyzařováno do okolí (KODRÍK, 2000).

U zástupců hmyzu se také setkáváme s četnými adaptačními mechanismy, které jim pomáhají přežít teploty extrémní nebo jejich změny.



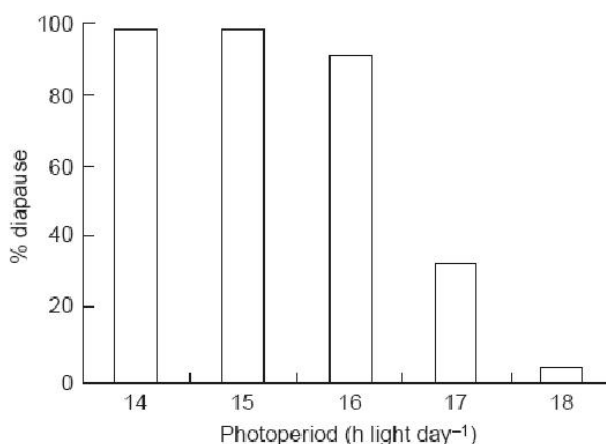
Teplota má samozřejmě vliv i na vývoj hmyzu, kde je důležitým pojmem tzv. fyziologický čas, který udává vztah mezi teplotou a dobou vývoje, která je pro určitý druh hmyzu charakteristická. Dalo by se říci, že čas, který je nutný k vývoji, je násoben teplotou, která je vyšší než teplotní vývojový práh (teplota, pod níž se vývoj zastavuje). To ve zkratce znamená, že až do dosažení jisté zlomové teploty platí, že se doba potřebná na vývoj se zvyšující se teplotou snižuje. Velmi nízké nebo velmi vysoké teploty mohou být škodlivé nebo letální. Hmyz, který musí být schopen přežít nějaké extrémní teploty, často přistupuje k diapauze.

## 2.2.2 Fotoperioda

Délka denního světla v průběhu 24 hodin má zásadní vliv na fyziologické děje hmyzu, jeho ekologii a vývoj. Zvláště je to patrné v sezónních klimatech. Fotoperioda tedy poskytuje hmyzu signál o nastupující změně klimatu a ten má možnost se přizpůsobit například hibernačními stavy jako je diapauza či kviescence (období se sníženým metabolismem způsobené nepříznivými podmínkami). Takto má tedy hmyz možnost přečkat potencionálně škodlivé podmínky v klidovém stádiu. Jako u většiny klimatických vlivů nelze striktně oddělit vliv fotoperiody a tepla na nástup a ukončení diapauzy, protože tyto hodnoty spolu úzce souvisí. Vliv fotoperiody může být v některých případech zásadní, např. larvy parazitické vosy *Cotesia melanoscela* (Hymenoptera: Braconidae) byly vystaveny dlouhé fotoperiodě (více než 18 h) a vyvinuly se prakticky nepřetržitě až do dospělosti. Při stejné teplotě byl proveden pokus s použitím krátké fotoperiody (méně než 16 h) a jedinci vstoupili do diapauzy. Autor uvádí i ekologické důvody pro toto jednání (SPEIGHT et al., 2008).

Někdy se fotoperiodou spouští děje značně časově vzdálené. Např. u bource morušového má fotoperioda u mateřské generace vliv na výskyt diapauzy u potomků další generace (KODRÍK, 2000).

Pochopení vlivu klimatických faktorů na hmyzí diapauzu je zvláště důležité pro odhad aktivity hmyzích škůdců.



**Obr. 5** – Procento výskytu diapauzy v kohortě *Cotesia melanoscela* při 21 °C ve vztahu k fotoperiodě (zdroj: SPEIGHT et al., 2008)

## 3. Metodika a materiál

### 3.1 Výběr vhodných druhů strašilek

Výběr proběhl na základě několika kritérií:

- a) Dostupnost jednotlivých druhů v ČR
- b) Poloha přirozeného výskytu ve vztahu k fotoperiodě (dále fp.)

Tomu také odpovídají délky fp. v pokusu – 13/11 představuje oblasti, kde má noc a den přibližně stejnou délku po celý rok, zatímco 16/8 reprezentuje pásmo, kde se délka dne v průběhu roku mění.

- c) Co nejvyšší produkce vajíček
- d) Podobné nároky na chov

Do pokusu byly vybrány chovatelsky oblíbené druhy, které nejsou náročné na vlhkost či teplotu.

- e) Specifický způsob kladení

Zde se předpokládá, že druhy, které kladou svá vajíčka do substrátu (např. *Sungaya inexpectata*), budou reagovat odlišně. Strašilky, které vajíčka lepí na podklad (v úvahu připadaly PSG4 – *Sipyloidea sipyhus* či PSG183 – *Sceptrophasma hispidula*) byly z pokusu vyloučeny z důvodu možného poškození vajíčka při odběru.

- f) Systematické zařazení

U výběru bylo nutné přihlédnout i k zařazení jednotlivých druhů do čeledí, snahou bylo použít druhy pokud možno nepříbuzné.

## 3.2 Vybrané druhy

### PSG 270 – *Peruphasma schultei* (CONLE & HENNEMANN, 2005)

- čeleď Pseudophasmatidae
- podčeleď Pseudophasmatinae
- tribus Anisomorphini
- rod *Peruphasma*
- druh je pojmenován podle diplomovaného biologa Rainera Schultheho (O. N. G. INIBICO, Tarapoto, Peru)
- vyskytuje se na severní hranici Peru, v oblasti Cordillera del Condor v nadmořské výšce 1200–1800 m n. m.
- je rozšířen zřejmě jen ve velmi malé přírodní rezervaci o rozloze 5 ha, což znamená vysokou endemitu, kvůli které je druh chráněn nevládní organizací INIBICO ve spolupráci s peruánskou vládou

#### Vzhled

- samice mohutná, délka těla 6 cm, tykadla 3,5–4 cm, přední nohy 3,5 cm
- samec drobný, délka těla 4 cm, tykadla 3,5–4 cm, přední nohy 2,5 cm
- obě pohlaví mají černý semišový povrch těla, žluté oči, červená ústa
- dva páry křídel na povrchu bíle síťované – zadní pár má po otevření výraznou červenou barvu, přední pár je zakrnělý a bez funkce
- nymfy po vylíhnutí nevýrazně hnědé s bílými konci tykadel

#### Etologie

- stejně jako většina Pseudophasmatinae (*Anisomorpha*, *Pseudophasma*) je i tento druh známý svojí chemickou obranou, kdy vylučuje dráždivé látky s charakteristickým zápachem
- v chovech žijí nymfy přes den skrytě, často se ve skupinách schovávají v sechlých listech na zemi, nebo na spodní straně listů krmné rostliny
- vyznačují se vysokou rychlostí a zbrklým chováním

#### Chov

- druh se pro svůj neobvyklý vzhled a poměrně snadný chov stal v posledních letech častým chovancem v českých domácnostech

- vlhkost inkubátoru 40–60 %
- nutné dostatečné odvětrávání a čerstvá potrava
- při dodržení výše uvedených podmínek dochází při vývoji nymf k velmi malým ztrátám

### Potrava

- v přírodě přijímá tento druh jen pepřovník *Schinus* sp. (čeleď *Anacardiaceae*)
- v chovech, stejně jako většina *Pseudophasmatinae*, přijímá bez problémů rostliny čeledi olivovníkovité (*Oleaceae*), tj. ptačí zob (*Ligustrum*), zlatici (*Forsythia*), šeřík (*Syringa*), a zimolezovité (*Caprifoliaceae*), tj. zimolez (*Lonicera*), pámelník (*Symphoricarpos*)
- jedinci v pokusu byli krmeni pouze ptačím zobem (*Ligustrum*), z důvodu jeho dobré dostupnosti ve městech

### Rozmnožování

- rozmnožují se pohlavně
- asi 2–3 týdny po posledním svleku začíná samice produkovat vajíčka
- dospělý samec tráví většinu života na samičce
- páření je poměrně časté
- dospělé samice snášejí vajíčka periodicky v určitých snůškách, vždy po zaplnění
- oválná černě mramorovaná hladká vajíčka, asi 4 mm dlouhá, pouští volně na substrát
- vysoká produkce vajíček (i kolem deseti za den)
- inkubační doba: 4–5 měsíců na vermikulitu při teplotě 20 °C, při vyšších teplotách kratší

### Vývoj

- v závislosti na okolních podmínkách trvá méně než šest měsíců
- dožívají se relativně vysokého věku, díky čemuž se rodiče mohou snadno setkat se svými potomky

**V pokusu:** bisexuální populace pěti samic a pěti samců

## PSG 144 – *Ramulus artemis* (WESTWOOD, 1859)

- čeleď Phasmatidae
- podčeleď Clitumninae
- tribus Clitumnini
- rod *Ramulus*
- přirozený výskyt: Vietnam
- stále existují pochybnosti o správnosti určení tohoto druhu, proto se často setkáváme s názvem *Ramulus sp.*, nebo je druhové jméno *artemis* uvedeno v závorce či s otazníkem
- mnohdy je druh uváděn pod jeho starším názvem *Baculum artemis*, který měl ještě před svým přesunutím do rodu *Ramulus*

### Vzhled

- délka těla samice až 12 cm, tykadla 1 cm, přední nohy 8 cm
- výrazné žluté oči
- u konce zadečku má zesponu malý „trn“, který je důležitým poznávacím znakem
- štíhlé tělo větévkovitého tvaru je v dospělosti zdrsňlé, bez křídel
- většinou jsou zbarveny zeleně s hnědým koncem zadečku, mohou však být i hnědé s málo výraznými pruhy na nohou
- nymfy mají po vylíhnutí pískovou barvu, jsou velice křehké

### Etologie

- aktivní jsou hlavně v noci a za soumraku
- sklon k snadné autotomii, rychlá následná regenerace
- při vyrušení složí nohy a volně padají k zemi nebo se snaží rychle uprchnout

### Chov

- druh, který je svou nenáročností velmi vhodný i pro začínající chovatele a malé děti
- vlhkost inktária se doporučuje vyšší 60–80%, ale snesou i mnohem sušší podmínky
- vhodná teplota pro chov se pohybuje mezi 18–25 °C

- nutné dostatečné odvětrávání a čerstvá potrava
- je třeba dávat pozor na výskyt plísní a hub

### Potrava

- v chovech přijímá listy rodů: ostružiník (*Rubus*), buk (*Fagus*), dub (*Quercus*), hloh (*Crataegus*), růže (*Rosa*) a břečťan (*Hedera*)
- jedinci v pokusu byli krmeni pouze ostružiníkem z důvodu jeho dobré dostupnosti ve městech

### Rozmnožování

- rozmnožují se partenogeneticky
- samec nebyl dosud v chovech ani v přírodě zaznamenán, ale je možné, že existuje
- může se objevit tzv. gynandromorf
- nejpozději za měsíc po posledním svleku (průměrně kolem dvou týdnů) začínají samice klást vajíčka – zadečkem je vystřelují do prostoru nebo volně pouští na substrát
- vejce jsou hnědá zploštělá, cca 3,5 mm dlouhá
- vysoká produkce vajíček (průměrně 7 kusů denně, výjimečně až 15)
- velmi krátká inkubační doba – kolem dvou měsíců, při pokojové teplotě kolem 20 °C

### Vývoj

- v závislosti na okolních podmínkách trvá vývoj do dospělosti asi 4–5 měsíců
- dospělá samice žije 5–7 měsíců

V pokusu: partenogenetická populace pěti samic

## 3.3 Materiál

Jelikož jsem dlouholetou chovatelkou několika druhů strašilek, rozhodla jsem se využít jedince ze svého chovu.

Přivezené druhy jsem nejdříve umístila do přízemní místnosti zoologického skla-  
du v budově J (Na Zlaté stoce 10, 370 05 České Budějovice), ale z důvodu špatné  
dostupnosti a nastávajících nízkých teplot jsem byla nucena přesunout pokusné po-  
pulace na svůj kolejný pokoj.

Konečné množství bylo určeno momentální produkcí jednotlivých druhů. K pokusu bylo použito 58 kusů vajíček druhu *Ramulus artemis* a 54 kusů vajíček *Peruphasma schultei*.

### 3.4 Zajištění podmínek

Samotný pokus probíhal v kontrolovaných laboratorních podmínkách, tedy v klimaboxech s konstantní teplotou 25 °C a nastavenou fotoperiodou v poměru světlo/tma:

- a) **13/11** (od 7:00 do 20:00)
- b) **16/8** (od 7:00 do 23:00)
- c) **konstantní světlo** (dále jen SVĚTLO)
- d) **konstantní tma** (dále jen TMA)

Pro fp. 13/11, která představuje oblasti se stejnou délkou dne a noci, by bylo výhodnější nastavení 12/12, ale délka fp. se musela přizpůsobit podmínkám dostupných klimaboxů, kterých bylo v době začátku pokusu nedostatek.

Teplota byla záměrně zvolena vyšší, aby se zkrátila doba inkubace s ohledem na časovou náročnost práce.

Ve všech klimaboxech byla ode dne 15. 2. 2010 měřena vzdušná vlhkost (tab. 2). Digitální vlhkoměr byl vložen do pokusné nádoby bezprostředně po provedení pravidelného porosení a měření probíhalo až do doby rosení dalšího.

**Tab. 2** – Hodnoty vzdušné vlhkosti v jednotlivých fotoperiodách

Fotoperioda	vzdušná vlhkost (%)	
	min	max
13/11	10	76
16/8	10	72
SVĚTLO	10	79
TMA	46	83

### 3.5 Technické zázemí

Pokus probíhal ve dvou klimaboxech Sanyo INCUBATOR MIR-153, které se nacházejí v pavilonu B Přírodovědecké fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích v laboratoři katedry zoologie B 247.

V prvním z nich byla umístěna fp. 13/11, ve druhém fp.16/8 spolu s fp. TMA – pokusná nádoba byla uzavřena do papírové krabice a zabalena do černé prodyšné bavlněné látky.

Délku fotoperiody zde zajišťovaly programátory UFESA typu DT01.

Poslední inkubátor s fp. SVĚTLO se nacházel v prostorách Entomologického ústavu Biologického centra AVČR v Českých Budějovicích (dále jen ENTÚ). Jedná se o starší klimabox vyrobený z bývalé chladničky, proto zde dlouhodobě probíhalo kontrolní měření teploty.

Do konce listopadu 2009 jsem využívala pro fp. 16/8 a TMA klimabox v přízemí ENTÚ, ale z důvodu jeho poruchy jsem byla nucena pokusné nádoby přesunout do výše jmenované laboratoře B 247.

K měření vzdušné vlhkosti jsem použila HAGEN Exo Terra Combo teplo-  
měř/vlhkoměr digitální.

### 3.6 Uzpůsobení pokusných nádob a ukládání vajíček

Jako pokusné nádoby jsem zvolila tvořítka na led, která jsou vhodná svou velikostí a velkým množstvím přihrádek.

Parametry:

- rozměry (cm): 25 × 12
- počet přihrádek: 21
- obsah přihrádky (ml): 20

Každou přihrádku jsem pak do poloviny naplnila vrstvou lignocelu pro udržení vlhkosti a zamezení vzniku plísní. Celá nádobka byla opatřena průhlednou záclonou, která odpovídala požadovaným vlastnostem, tj. dostatečná propustnost světla a vlhkosti, zamezení případnému úniku vylíhlé nymfy.

Vajíčka byla vkládána do jednotlivých přihrádek na vrstvu lignocelu měkkou entomologickou pinzetou vždy kolem 14:00 v den naklazení, a to na bok, aby byla co největší plochou osvětlena.

### 3.7 Průběh pokusu

Datum, ze kterého vajíčka pocházejí, jejich počet a druh byl vždy zapsán do příložené záznamové tabulky. Datem naklazení byla také popsána i každá použitá přihrádka v nádobě.



Každá vylíhlá nymfa byla zapsána do tabulky se všemi důležitými detaily, tj.:

- k vylíhnutí došlo ve dne/v noci (značení D/N)
- o jaký druh se jedná (značeno PSG)
- jakého data bylo vajíčko nakladeno
- pokud se nymfa nedokázala sama úplně dostat z vajíčka nebo se vylíhla zdeformovaná, byla označena

Až do získání konečného počtu byla nakladená vajíčka každý den kolem 14:00 vybrána z insektárií a rozdělena do jednotlivých pokusných nádob, vše bylo následně zapsáno. Každý den večer (kolem 20:00) probíhalo rosení pomocí rozprašovače.

Po vylíhnutí první nymfy byla zahájena pravidelná kontrola klimaboxů na začátku světelné i temnostní fáze fotoperiody, tzn. u fp. 13/11 a 16/8 dvakrát za den, u fp. SVĚTLO a TMA probíhala kontrola vždy jen kolem dvacáté hodiny. Na základě informací podaných docentem Oldřichem Nedvědem jsem prováděla manipulaci s fp. TMA jen za pomoci červeného světla.

Jedince jsem po vylíhnutí přesunula pomocí pinzety do speciálního insektária umístěného v laboratoři B 247 a vizuálně jsem dohledala vylíhlá vajíčka, která jsem pak z pokusné nádoby odstranila.

Jednou denně, vždy po poslední kontrole, byly pokusné nádoby vydatně poroseny rozprašovačem.

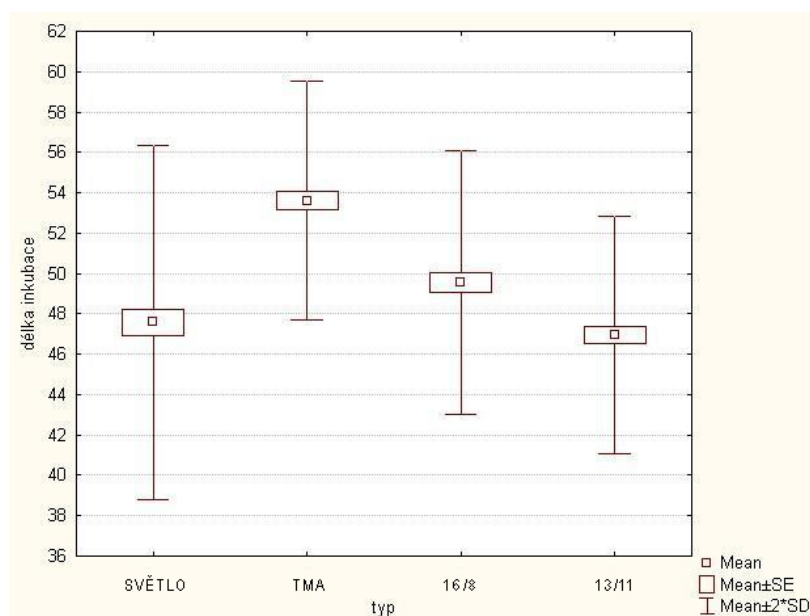
### **3.8 Zpracování dat**

Nejdříve jsem transformovala přirozeným logaritmem závislou proměnnou, čímž došlo k normalizaci. Pro analýzu výsledků jsem použila jednocestné Anovy. Mnohonásobným porovnáváním Tukey post-hoc test odhalil rozdíly mezi jednotlivými skupinami (StatSoft, Inc., 2009).

## 4. Výsledky

### 4.1 Statistické zpracování dat

Jednocestná Anova prokázala vliv fotoperiody na vývoj druhu *Ramulus artemis* – Anova:  $F = 33,4$ ;  $p < 0,05$ ) (graf 1). Mnohonásobným porovnáváním Tukey post-hoc test odhalil, že se navzájem liší všechny skupiny kromě dvojice SVĚTLO a 13/11 (tab. 3).

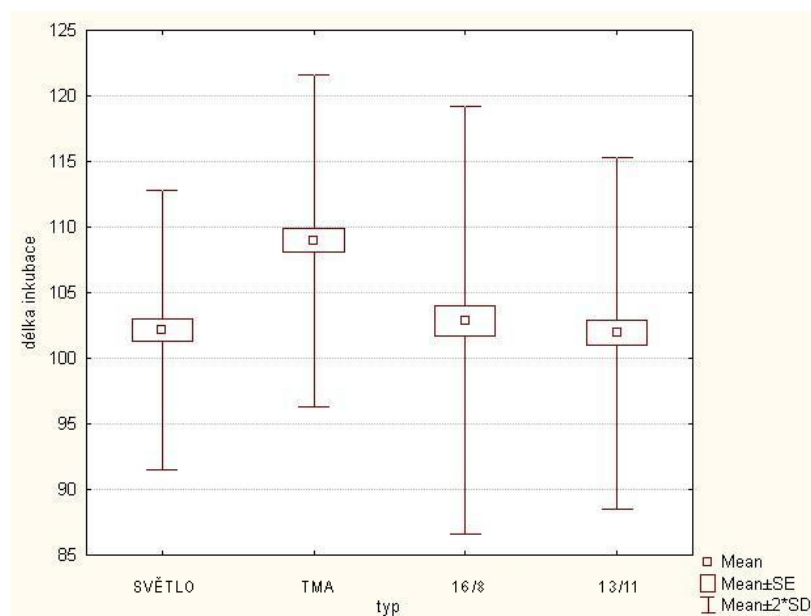


**Graf 1** – Délka inkubace nymf *Ramulus artemis* v jednotlivých fotoperiodách

**Tab. 3** – Výsledky Tukey post-hoc testu pro *Ramulus artemis*

	řp.	SVĚTLO	TMA	16/8	13/11
1	SVĚTLO		<b>0,000008</b>	<b>0,017427</b>	0,870062
2	TMA	<b>0,000008</b>		<b>0,000008</b>	<b>0,000008</b>
3	16/8	<b>0,017427</b>	<b>0,000008</b>		<b>0,001120</b>
4	13/11	0,870062	<b>0,000008</b>	<b>0,001120</b>	

Jednocestná Anova dokládá vliv fotoperiody i na vývoj druhu *Peruphasma schultei* – Anova:  $F = 11,5$ ;  $p < 0,05$ ) (graf 2). Tukey post-hoc test odhalil, rozdílnost fp. TMA od ostatních skupin, které se navzájem neliší (tab. 4).



**Graf 2** – Délka inkubace nymf *Peruphasma schultei* v jednotlivých fotoperiodách

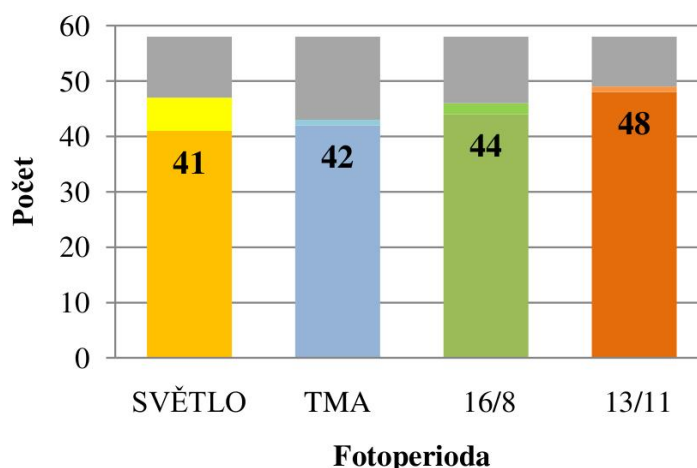
**Tab. 4** – Výsledky Tukey post-hoc testu pro *Peruphasma schultei*

	fp.	SVĚTLO	TMA	16/8	13/11
1	SVĚTLO		<b>0,000029</b>	0,974475	0,996892
2	TMA	<b>0,000029</b>		<b>0,000050</b>	<b>0,000009</b>
3	16/8	0,974475	<b>0,000050</b>		0,907350
4	13/11	0,996892	<b>0,000009</b>	0,907350	

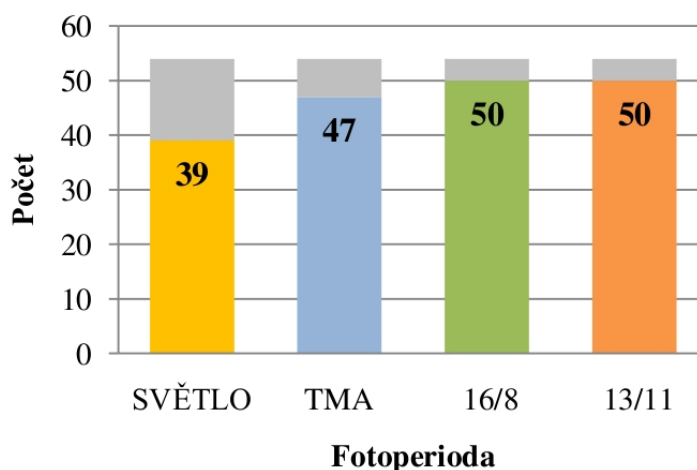
## 4.2 Úspěšnost líhnutí

Graf 3 popisuje konečný počet nymf *Ramulus artemis*, které započaly líhnutí, v porovnání s celkovým počtem vložených vajíček v jednotlivých fotoperiodách. Do výsledků byly započteny i nymfy, které líhnutí plně nedokončily nebo se vylíhly zdeformované (v grafu značené světlejším odstínem barvy). Procenta líhnivosti se pohybovala přes 70 %, přičemž nejvyšších hodnot dosáhla ve fp. 13/11 (84 %), dále fp. SVĚTLO (81 %), fp. 16/8 (79 %) a fp. TMA (74 %). Rozdíl mezi pokusnými uspořádáními s nejvyšší a nejnižší líhnivostí je tedy pouze 10 %.

Totéž je hodnoceno v grafu 4 u druhu *Peruphasma schultei*, kde byly zjištěny nejvyšší hodnoty shodně u fp. 13/11 a 16/8 (93 %), dále fp. TMA (87 %) a nejméně u fp. SVĚTLO (72 %). U tohoto druhu je rozdíl mezi pokusnými uspořádáními s nejvyšší a nejnižší líhnivostí 21 %. Nymfy *Peruphasma schultei* neměly při líhnutí žádné problémy a vylíhly se vždy zdravé a bez deformit.



**Graf 3** – Konečný počet nymf *Ramulus artemis*, které započaly líhnutí, s vyznačením nymf, které se vylíhly zdeformované nebo líhnutí nedokončily, v porovnání s celkovým počtem vložených vajíček

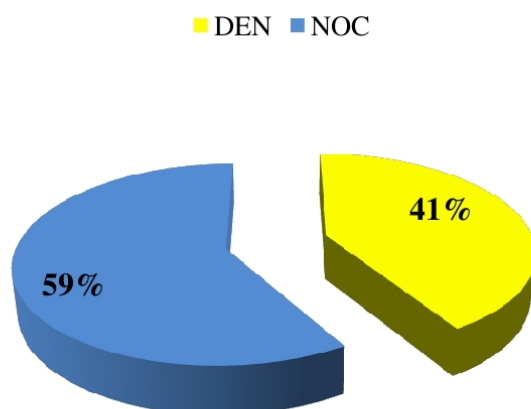


**Graf 4** – Konečný počet vylíhnutých nymf druhu *Peruphasma schultei* v porovnání s celkovým počtem vložených vajíček

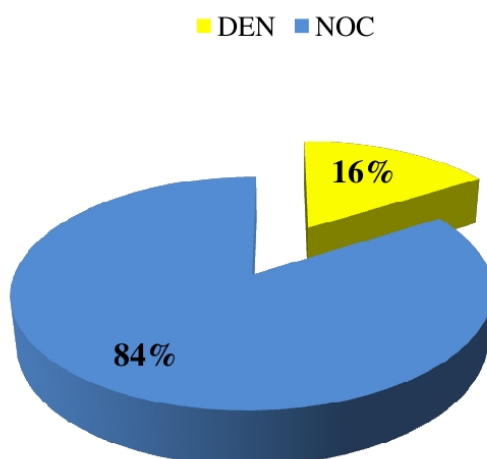
### 4.3 Denní doba líhnutí

Následující grafy znázorňují procentuální poměr mezi nymfami obou druhů, které se vylíhly za světelné fáze fotoperiody a za fáze temnotní. U druhu *Ramulus artemis* jsou obě hodnoty poměrně vyrovnané (grafy 5 a 7), ovšem u *Peruphasma schultei* výrazně převládá líhnutí za tmy (grafy 6 a 8).

#### Fotoperioda 16/8

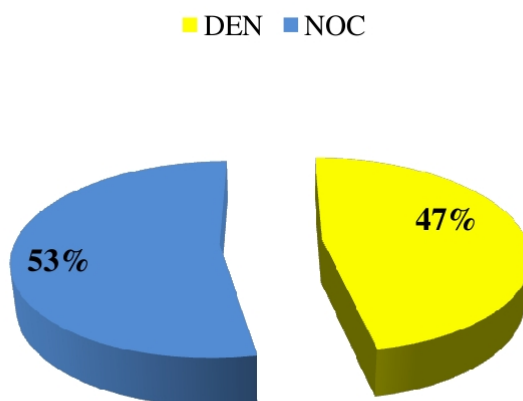


**Graf 5** – Poměr mezi nymfami druhu *Ramulus artemis* vylíhnutými v noci a za dne ve fp. 16/8

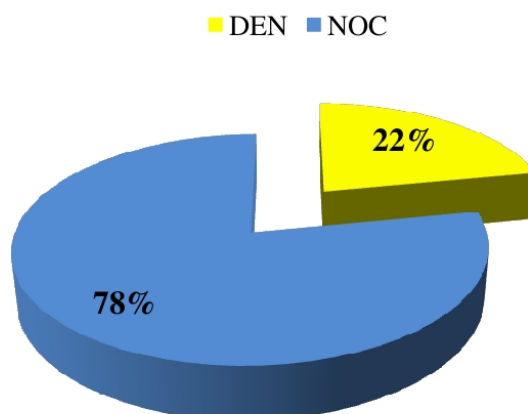


**Graf 6** – Poměr mezi nymfami druhu *Peruphasma schultei* vylíhnutými v noci a za dne ve fp. 16/8

## Fotoperioda 13/11



**Graf 7** – Poměr mezi nymfami druhu *Ramulus artemis* vylíhnutými v noci a za dne ve fp.13/11



**Graf 8** – Poměr mezi nymfami druhu *Peruphasma schultei* vylíhnutými v noci a za dne ve fp. 13/11

## 5. Diskuse

Zásadním problémem širší interpretace výsledků této práce je naprostý nedostatek srovnávací literatury. Většina studií vlivu fotoperiody na vývoj hmyzu se zaměřuje na výskyt a průběh diapauzy (DANKS, 2007; HAMDAN, 2006; XIAO ET AL., 2004), popř. na množství nakladených vajíček, nebo vývoj nymfy v dospělosti (GREENBERG ET AL., 2008). Následující odstavce tedy jsou spíše prvními pokusy o úvahu nad získanými výsledky.

Obě sledované strašilky *Ramulus artemis* a *Peruphasma schultei* kladou svá vajíčka na povrch substrátu, ale liší se svým zeměpisným areálem, antipredačním chováním i způsobem rozmnožování. To by mohlo mít za následek rozdílné výsledky u jednotlivých druhů.

Podarilo se prokázat vliv fotoperiody na délku inkubace vajíček sledovaných druhů strašilek při konstantní teplotě. U obou druhů se od ostatních výrazně liší fp. TMA, ve které docházelo k nápadnému prodloužení inkubace. To je ve své podstatě logické, jelikož vajíčka těchto druhů jsou kladena na povrch a konstantní tma může signalizovat nevhodné podmínky pro líhnutí. U druhu *Ramulus artemis* se objevily odlišnosti i u krátkodenní fp. 16/8. Fp. SVĚTLO, která představuje další nepřirozený faktor, v rozporu s hypotézou formulovanou v úvodu inkubaci vajíček nijak nezrychluje. Je však třeba zmínit, že byl v této fotoperiodě zaznamenán nejvyšší výskyt nymf, které se vylíhly zdeformované, nebo se samy vůbec nedokázaly dostat z vajíčka. Taková situace nastala ale jen u druhu *Ramulus artemis*, druhý jmenovaný druh se po celou dobu pokusu líhnul bez sebemenších problémů.

Výsledky tedy jasně ukazují, že délka světelné části dne na délku inkubace nemusí mít výraznější vliv, naprostá absence světla už ale ano. Na druhé straně se „nadbytek“ světla podílí na nižší úspěšnosti při líhnutí. Nebylo by jistě bez zajímavosti zařadit v budoucnu do experimentu také druhy kladoucí vejce do prostředí s omezeným přístupem světla (do substrátu např. *Aretaon asperrimus*, *Sungaya inexpectata*, *Haaniella muelleri*).

Oba studované druhy jsou charakteristické velkou produkcí vajíček, ale i vysokou líhivostí. To se také v pokusu prokázalo, jelikož se průměrné hodnoty pohybovaly u *Ramulus artemis* kolem 80 % a u *Peruphasma schultei* kolem 86 %. Nejlepších výsledků dosahovaly oba druhy ve fp. 13/11 (u *Peruphasma schultei* shodně s fp. 16/8), dále bych ráda zmínila skutečnost, že u druhu *Ramulus artemis* byl nejvyšší počet nevylihnutých vajíček ve fp. TMA a u *Peruphasma schultei* ve fp. SVĚTLO. To by mohlo mít souvislost s dalším řešeným problémem, tj. s preferencí líhnutí za světla či za tmy.

Nymfy *Ramulus artemis* se líhly poměrně rovnoměrně za světla i za tmy s mírnou dominancí tmavé fáze, na rozdíl od nymf *Peruphasma schultei*, které jasně preferovaly líhnutí potmě. To by nasvědčovalo hypotéze formulované v úvodu, která operuje s faktem, že se sledované druhy liší svým antipredačním chováním popř. rozdílnou potřebou vlhkosti. Právě vlhkost, která je ve večerních a nočních hodinách vyšší, může průběh líhnutí značně ulehčit, což je prokázáno u druhů *Carausius morosus* a *Clitarchus hookeri* (LECLERCQ, 1946; STRINGER, 1968). V rozporu s tímto tvrzením je však pokus s druhem *Parapachymorpha spinosa* (ROBERTS, 1994), jež nymfy se líhly v sušších podmínkách rychleji a byly zdravější.

Tyto výsledky naznačují, že rozdíly mezi jednotlivými druhy mohou být projevem adaptace a souvisejí tedy s přirozenými podmínkami výskytu druhu. Po přihlédnutí k výsledným hodnotám pokusu se tedy lze domnívat, že druh *Ramulus artemis* nevyžaduje pro líhnutí vysokou vlhkost, protože přirozeně žije v sušších podmínkách než *Peruphasma schultei*.

Z výše uvedeného textu lze formulovat domněnku, že s dostatkem světla se sice inkubace zrychluje, ale pokud je světlo permanentní, délka vývoje je průměrná a dochází k častějším problémům s líhnutím.

Závěrem bych ráda uvedla další průběh řešení této problematiky, jelikož současně s druhy *Ramulus artemis* a *Peruphasma schultei* byly ve stejných podmínkách inkubovány další 3 druhy strašilek (*Sungaya inexpectata*, *Phaenopharos khaoyaiensis*, *Anisomorpha paromalus*), které mají některé odlišné vlastnosti a delší dobu inkubace. Jejich výsledky budou obdobně zpracovány a porovnávány se současnými hodnotami.



## 6. Závěr

Podařilo se prokázat význam fotoperiody pro délku inkubace vajíček sledovaných druhů strašilek při konstantní teplotě. U obou druhů byla zjištěna odlišnost fp. TMA, ve které došlo k prodloužení inkubace, a u druhu *Ramulus artemis* se od ostatních odlišovala i krátkodenní fp. 16/8. Nejvyšší procento líhnivosti dosáhly oba sledované druhy ve fp. 13/11. Nymfy *Peruphasma schultei* vykazovaly vyšší procento líhnutí v tmavé denní fázi než nymfy *Ramulus artemis*, které se líhly téměř rovnaně za světla i za tmy s mírnou dominancí fáze tmavé. Problémy s líhnutím se objevily jen u druhu *Ramulus artemis*, a to nejčastěji ve fp. SVĚTLO.

## Použitá literatura

- BECK, S. D. Photoperiodic Determination of Insect Development and Diapause. *J. comp. Physiol.* 1975, 103, s. 227-245.
- BRAGG, P. A glossary of terms used to describe phasmids. *Phasmid Studies*. 1997, no. 6, s. 24-33.
- BROCK, P. *Phasmida.speciesfile.org* [online]. Version 2.1/3.5. 2010 [cit. 2010-03-25]. Species *Ramulus artemis* (Westwood, 1859). Dostupné z WWW: <<http://phasmida.speciesfile.org/Common/basic/Taxa.aspx>>.
- BROCK, P. *Phasmida.speciesfile.org* [online]. Version 2.1/3.5. 2010 [cit. 2010-03-25]. Species *Peruphasma schultei* (Conle & Hennemann, 2005). Dostupné z WWW: <<http://phasmida.speciesfile.org/Common/basic/Taxa.aspx?TaxonNameID=1005161>>.
- CONLE, O.; HENNEMANN, F. *Phasmatodea.com* [online]. c2000-2010 [cit. 2010-03-25]. Classification of the Phasmatodea. Dostupné z WWW: <<http://www.phasmatodea.com/web/guest/classification>>.
- CONNOR, S. *Independent.co.uk* [online]. 2008 [cit. 2010-03-25]. *Phobaeticus chani*: The world's longest living insect. Dostupné z WWW: <<http://www.independent.co.uk/news/science/iphobaeticus-ghanii-the-worlds-longest-living-insect-964310.html>>.
- DANKS, H.V. The elements of seasonal adaptations in insects. *Canadian Entomologist*. 2007, 139, s. 1–44.
- HŮRKA, K.; ČEPICKÁ, A. *Rozmnožování a vývoj hmyzu*. Praha: SPN, 1978. 223 s.
- IMES, R. Svět hmyzu: *Praktický průvodce entomologií*. 1. vyd. Praha: Svojtka a Vašut, 1997. 160 s. ISBN 80-7180-253-0.
- KODRÍK, D. *Fyziologie hmyzu: učební texty*. České Budějovice: Entomologický ústav Akademie věd České republiky a Biologická fakulta Jihočeské univerzity, České Budějovice, 2000. 217 s.
- KOVAŘÍK, F. – BUCHAR, J. Seznámení s členovci. In *Hmyz: chov, morfologie*. 1. vyd. Jihlava: MADAGASKAR, 2000. ISBN 80-86068-24-2.
- KOVAŘÍK, F. – PECINA, P. Strašilky. In *Hmyz: chov, morfologie*. 1. vyd. Jihlava: MADAGASKAR, 2000. ISBN 80-86068-24-2.
- LECLERCQ, J. Effect of atmospheric humidity on the eggs of a phasmid *Carausius (Dixippus) morosus* Br.. *Physiological Entomology*. 1946, 23, s. 3–5.

- OBENBERGER, J. *Entomologie II: systematická část I*. Praha: ČSAV, 1955. 725 s. Kapitola VII. Řád Phasmatodea – strašilky, s. 345–377.
- *Phasmid-study-group.org* [online]. 2007–2010 [cit. 2010-03-25]. PSG Culture List. Dostupné z WWW: <<http://phasmid-study-group.org/specieslist>>.
- *Phasmid-study-group.org* [online]. 2009 [cit. 2010-03-25]. Phasmid Serials. Dostupné z WWW: <<http://phasmid-study-group.org/content/Phasmid-Serials>>.
- ROBERTS, M. *Parapachymorpha spinosa* Notes. *Phasmid Study Group Newsletter*. 1994, 58, s. 11.
- SELLICK, J. A redefinition of the orientation terminology of phasmid eggs. *Phasmid Studies*. 1994, no. 3, s. 1–2.
- SELLICK, J. *Lemondedesphasmes.free.fr* [online]. 2006 [cit. 2010-03-25]. Oeufs et Classification chez les Phasmes. Dostupné z WWW: <<http://lemondedesphasmes.free.fr/spip.php?article89>>.
- SELLICK, J. The Phasmid Egg. *Phasmid Studies*. 1992, no. 1, s. 8–9.
- SPEIGHT, M.; HUNTER, M.; WATT, A. *Ecology of Insects: CONCEPTS AND APPLICATIONS*. Singapore: Wiley-Blackwell, 2008. 628 s. ISBN 978-1-4051-3114-8
- StatSoft, Inc. STATISTICA (data analysis software system), version 9.0. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com). 2009.
- STRINGER, I. A. N. Aspects of reproduction and development of *Clitarchus hookeri* (White), M. Sc. Thesis, Univ. of Auckland, New Zealand, 1968.
- ZAHRADNÍK, J.; SEVERA, F. *HMYZ*. 1. vyd. Praha: Aventinum, 2004. 326 s. ISBN 80-86858-01-4.
- ZAJÍČEK, J. *Strasilky.cz* [online]. c2001–2008 [cit. 2010-03-25]. PSG270 – *Peruphasma schultei*. Dostupné z WWW: <<http://www.strasilky.cz/psg270.htm>>.
- ZAJÍČEK, J. *Strasilky.cz* [online]. c2001–2007 [cit. 2010-03-25]. PSG144 – *Ramulus sp. (artemis)*. Dostupné z WWW: <<http://www.strasilky.cz/psg144.htm>>.
- ZOMPRO, O. A key to the genera of the Phasmatodea: Areolate (Insecta). *Phasmid Studies*. 2005, no. 12, s. 11–24.