

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 inkubačních podmínek na délku vývoje vybraného druhu  
strašilky

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

Autor: Žaneta Šišková, DiS.

České Budějovice, duben 2010

## **SOUHRN**

Cílem této práce bylo porovnat délky inkubace v osmi typech líhni a vyhodnotit, zda rozdílné typy substrátu (s odlišnou schopností zadržovat vlhkost) mají vliv na rychlost líhnutí vybraného druhu strašilky. Pro experiment byl použit druh *Ramulus* sp. Výběr této strašilky byl podmíněn relativně krátkou inkubační dobou, nenáročností a její snadnou dostupností. Líhně byly uloženy v pokojových podmínkách a pravidelně vlhčeny. K měření vlhkosti a teploty byl použit dataloger. Nejkratší inkubační doba 46 dnů byla zjištěna v líhni „vodní lázeň“ s průměrnou relativní vlhkostí 100%. Nejdelší inkubační dobu 56,5 dne vykazovala líheň „kompost s pískem“ s průměrnou relativní vlhkostí 70,9%. Výsledky této práce by mohly pomoci chovatelům této skupiny hmyzu ke snadnějším a zejména efektivnějším odchovům.

Klíčová slova: inkubační doba, líheň, *Ramulus* sp., vlhkost

## **ABSTRACT**

The aim of this thesis is to compare the length of an incubation in eight types of incubators and to evaluate whether the different types of substrate (with different ability to retain moisture) have an influence on incubation pace of the selected Phasmatodea species. There were used *Ramulus* sp. species for this kind of experiment. The main criteria for selection of these Phasmatodea species were their relatively short incubation period, their easy breeding and availability. The incubation containers were placed in room conditions and regularly humidified. The datalogger was used for humidity and temperature measurement. The shortest incubation period of 46 days was measured in the „water bath“ incubator with an average relative humidity of 100 per cent. The longest incubation period of 56,5 days proved to be in the „sand compost“ incubator with an average relative humidity of 70,9 per cent. The results of this thesis could help breeders of this kind of insect to breed in easier and especially more effective way.

Keywords: incubation period, incubator, *Ramulus* sp., humidity

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci 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 diplomové práce, a to v nezkrácené podobě, fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG, provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích, 13. 4. 2010

Podpis:

**Poděkování:**

Mé poděkování patří mému školiteli Mgr. Michalu Berecovi, Ph.D. a techniku zoologie Václavu Němcovi za pomoc při zpracování této práce. Dále děkuji mé rodině a příteli za velkou podporu během doby studia.

## **OBSAH**

1. ÚVOD.....	6
2. LITERÁRNÍ PŘEHLED.....	7
2.1.    SYSTEMATIKA.....	7
2.2.    PÁŘENÍ A PARTENOGENEZE.....	7
2.3.    STAVBA VAJÍČKA.....	9
2.4.    VÝVOJ VE VAJÍČKU.....	11
2.5.    LÍHNUTÍ.....	12
2.6.    VÝVOJ DO DOSPĚLOSTI.....	13
2.7.    VAJÍČKO A VLHKOST.....	14
3. METODIKA.....	17
3.1. CHARAKTERISTIKA DRUHU.....	17
3.2. EXPERIMENT.....	18
3.3. STATISTICKÉ HODNOCENÍ.....	20
4. VÝSLEDKY.....	25
5. DISKUZE.....	27
6. ZÁVĚR.....	29
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	29
8. PŘÍLOHY	

## 1. ÚVOD

V dnešní době se strašilky stále více posouvají do popředí zájmu chovatelů. Vedou je k tomu mnohá pozitiva této prastaré skupiny hmyzu. Jedná se o nenáročné obyvatele insektárií, jak z hlediska nároků na prostor, vybavení, tak i na klimatické podmínky. Potrava je ve velké většině dostupná po celý rok ve volné přírodě, a proto odpadají i finanční náklady v tomto směru. Možná také z tohoto důvodu se stávají prvními chovanci mladých teraristů. Nelze však ani opominout jejich bizarní vzhled napodobující větvičky, listy nebo lišejníky. Velmi atraktivní bývá jejich výstražné zbarvení, trnitý povrch těla a v neposlední řadě schopnost použití chemické obrany.

Chov ani rozmnožování většinou složité není, k problémům může dojít spíše až při inkubaci vajec. Mezi chovateli dochází k mnoha diskuzím, jaký typ substrátu použít a jakou udržovat vlhkost a teplotu. Ve své práci bych proto chtěla porovnat délku inkubace v nejběžnějších typech líní a vyhodnotit, zda rozdílné typy substrátu mají vliv na líhnutí vybraných druhů strašilek.

## **2. LITERÁRNÍ PŘEHLED**

### **2.1. Systematika**

Říše: živočichové - Animalia

Podříše: mnohobuněční - Metazoa

Kmen: členovci - Anthropoda

Podkmen: vzdušnicoví - Tracheata

Nadtřída: šestinozí- Hexapoda

Třída: hmyz (jevnočelistní) - Insecta (Ectognatha)

Podtřída: křídlatí - Pterygota

Nadřád: novokřídli - Neoptera

Řád: Strašilky - Phasmida (Phasmatodea)

Strašilky jsou žijícím hmyzem, jejichž výskyt je doložen již z eocénu (*Eophasma oregonense*, *E. minor*, *Eophasmina manchesteri*) (Sellick, 1994). Řád Phasmatodea tvoří šest čeledí a 16 podčeledí. Celkem zahrnuje přes 2500 známých druhů. Z toho označených mezinárodním číselným kódem pomocí PSG ( Phasmid Study Group) je 310 druhů. Strašilky obývají tropy a subtropy celé planety. Nejvíce druhů žije v jihovýchodní Asii a v Jižní Americe. V Evropě žijí pouze tři původní druhy (*Clonopsis gallica*, *Bacillus rossius* a *Leptynia hispanica*), které obývají především jižní Evropu. Strašilky se mohou "pyšnit" nejdelším zástupcem hmyzu, kterým je strašilka *Phobaeticus chani* pocházející z Bornea a měřící 56,7 cm ( Bragg in Hennemann & Conle, 2008).

### **2.2. Páření a partenogeneze**

Pohlaví lze rozeznat vizuálně. Sameček bývá subtilnější a jak uvádí Obenberger (1955), sternitů zdola viditelných na zadečku má osm a samice sedm. První článek ve skutečnosti splývá se zadohrudí, poslední samčí viditelný sternit je tedy vlastně devátý a u samic osmý. Za subgenitální ploškou u obou pohlaví je dobře vyvinutý desátý (skutečný) sternit, který však splývá v jediný sklerit se spodními análními valvami. Toto je zvláštnost strašilek, které se tím velmi podstatně odlišují od rovnokřídých a také od švábů a kudlanek. Zakončení zadečku u obou pohlaví je velmi odlišné: samečci mají desátý sternit zduřelý a velmi často na konci vykrojený a rozdělený, přičemž tyto oddělené okraje, obklopující i zesponu aspoň částečně konec zadečku, jsou někdy silně

sblížené, takže lze rozeznávat otevřený typ tohoto článku, což poskytuje důležitý znak systematický. Jestliže je desátý samčí sternit úplný, vyskytuje se zde zvláštní drápkovitý centrální útvar, který se zde označuje jako subanální vomer. Subgenitální plošku vytváří devátý sternit. U konce zadečku samičky nastává velká diference u sedmého a osmého sternitu. Na sedmém sternitu je vyvinuta zvláštní ploška, která se označuje jako preoperkulární orgán a vlastní rozsáhlá subgenitální ploška je výtvořem osmého sternitu. Někdy je tato ploška velmi protáhlá a tvoří jakýsi ochranný obal ze spodní strany pro kladélko a pak je označována jako víčko čili operculum. Cerky zde zjevně narůstají na desátém článku, ale vlastně patří ještě k nevyvinutému článku jedenáctému. Jsou vždycky nečleněné, krátké, hůlkovité nebo i zploštělé (Obenberger, 1955).

Strašilky pohlavně dozrávají asi dva týdny po posledním svlékání. Během páření se sameček přidržuje na samičce a ovine okolo ní zadeček, aby jí předal své spermatofory. Ty můžeme na samičce po páření často rozeznat. Někdy můžeme po páření najít prázdné spermatofory na zemi. Transfer sperma může být méně často přímý. Páření trvá několik hodin až dnů. Samička v sobě může uchovávat sperma, takže vajíčka se oplodňují ještě několik měsíců po páření (Bruins, 1999). Ve volné přírodě má mnoho druhů vytvořené tzv. spárování, které může jednoduše identifikovat druhovou příslušnost, jelikož obě pohlaví mohou vypadat značně odlišně. Kolem 2-3 týdnů po páření jsou samice připraveny klást vajíčka (Brock & Hasenpusch, 2009). Kladélko je vytvořeno ze tří párů gonapofys, které jsou zpravidla ukryty za osmým sternitem a jen zřídka jsou shora patrné, protože nepřesahují subgenitální plošku. Kopulační orgán samců je asymetrický. Není tvořen vychlípitelným penisem, ale jsou zde pouze více méně silně sklerotizované blanité útvary. Cerky u samců jsou někdy přeměněny v jakési harpagony a hrají pak důležitou roli při kopulaci (Obenberger, 1955).

Pokud je nedostatek samečků, může se většina druhů rozmnožovat thelytokní partenogenezí z neoplozených vajíček, takto však vznikají pouze jen samičky. Inkubační doba je většinou delší a procento přežití je nižší než u oplozených vajíček (Bruins, 1999). Procentuální líhnutí vajec je většinou variabilní. U druhů s diapauzou, jako *Extatosoma tiaratum*, se vylíhne 25% z partenogenetických vajec a 50-90% z oplozených vajec (Carlberg, 1981a, Lau 1980). U druhů bez diapauzy, jako *Baculum* spp. a *B. rossius*, se vylíhne 50% z partenogenetických vajec a cca 90% z oplozených vajec (Carlberg, 1981 b, 1981 c, Scali 1968). Výběrem samic s vysokou frakcí líhnutí bylo od vysoce produktivního druhu *B. extradentatum* získáno 90% vylíhlých nymf z partenogenetických vajec (Bergerard, 1958). Studie u *E. tiaratum*, ukázala, že



oplozená reprodukce byla ve prospěch partenogenetické o 30-50% vyšší (Carlberg, 1986). U některých druhů rodu *Carausius* a *Sipyloidea* však partenogenetický způsob rozmnožování nemá žádné nevýhody (Bruins, 1999). Z partenogeneticky vzniklých vajíček se při vyšší teplotě může vylíhnout u některých druhů (např. *Carausius morosus*) větší počet "samečků". Ve skutečnosti se však jedná o samičky se samčími znaky. Tito jedinci se často pokoušejí pářit, nedochází však k oplodnění. Tento zvláštní případ se nazývá gynandromorfismus (Nohejl & Zajíček, 2001-2007).

Pecina (2000) uvádí, že pravděpodobně změnou (zpravidla snížením) teploty v průběhu inkubace vajíček vznikají v chovu partenogenetické linie strašilek, které byly původně bisexuální. Je proto možné předpokládat, pokud se někomu změní primárně bisexuální populace v partenogenetickou, je na vině teplota, protože teplotní podmínky, při nichž se líhnou vajíčka, neodpovídají optimu druhu. Proto nejspíš také severnější populace evropských druhů pakobylek jsou partenogenetické, zatímco v teplejších částech areálu jsou tyto druhy normálně bisexuální. Jestliže jsou oplozená vajíčka normálních samic z bisexuální populace inkubována při nízké teplotě (okolo 18°C), vyvíjejí se podobným způsobem jako partenogenetická. Prodlužuje se období raného buněčného dělení a diploidní embryo vzniká také za pomoci blokové mitózy buněk zárodečného proužku (Pecina, 2000).

Zeměpisná partenogeneze je jev vyskytující se u různých druhů jednoho rodu nebo v úzce příbuzných rodech. *B. rossius*, která je bisexuální v Itálii a severní Africe, je partenogenetická ve Francii (Scali, 1982). *Leptynia attenuata* vyskytující se na Pyrenejském poloostrově, je bisexuální, zatímco *L. hispanica* vyskytující se na Pyrenejském poloostrově a ve Francii, je partenogenetická (Cappe de Baillon & de Vichet, 1940).

### **2.3. Stavba vajíčka**

Skořápka je pevná a křehká, podobně jako skořápka ptačího vejce, a je také inkrustována uhličitanem vápenatým. Obal vajíčka je tvořen třemi základními vrstvami. Vnější je exochorion, který je silně inkrustovaný vápenatými solemi, střední je blanitý endochorion a pod ním je tenká blanka povrchu žloutku. Během embryonálního vývoje enzymy odbourávají vápník z vnější vrstvy skořápky a dodávají ho embryu. Endochorion je přirostlý k mikropyle (Pecina, 2000). Chorion obsahuje dýchací systém kanálků, které jsou spojené s vnějším prostředím pomocí malých otvorů aeropyles (Gilbert, 1985). Elektronové skenovací mikroskopické (SEM) studie ukázaly různé

druhy ultrastrukturální skulptury na povrchu vejce (Mazzini & Scali, 1983). Tvary vajec se velmi liší (Clark 1979, Hinton 1981) a zřejmě souvisí s různými typy kladení vajíček. Velikost se pohybuje od cca 1-4 mm v průměru pro ty oblé a může být až 8 mm na délku u podlouhlých vajec (Carlberg, 1986).



Obr. č.1: Popis vajíčka, Zdroj:

[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Egg\\_of\\_Phasmatodea\\_\(Haaniella\\_muelleri\).jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Egg_of_Phasmatodea_(Haaniella_muelleri).jpg)

Přední pól vajíčka je tvořen víčkem (operculum). Na operculu je u velké většiny druhů přítomné capitulum. To je vždy dobře vyvinuté, nebo chybí. Chybí několika druhům Phylliidae, Pseudophasmatinae (*Anisomorpha*) Bacillinae (*Bacillus*) a Phasmatidae. Capitulum má hrubou síťovinu, mezi tkáněmi je naplněné vzduchem. Vzduchové prostory v capitulu komunikují se vzduchem ve spodní části centrální konkávy. Tyto vzduchové mezery nekomunikují v žádném případě se vzduchovými prostory v operculu a ani s těmi, v jakékoli jiné části chorionu. Pokud je kapka butyl alkoholu umístěna na capitulum, vstoupí otvory síťoviny a vytlačuje vzduch, ale nevytěsňuje vzduch v operculu nebo jakékoli jiné části pláště. Nedostatečná komunikace mezi vzduchem v capitulu a v operculu a jinde ve skořápce byla potvrzena zaplavením vzduchových prostorů jak skořápky, tak opercula butyl alkoholem, ale nepronikl do vzduchových prostorů capitula (Hinton, 1981). Proto capitulum nehraje žádnou roli v dýchání vejce, i když v minulosti bylo považováno za respirační struktury (Roth, 1916; Cappe de Baillon, 1927). Capitulum nepochybně zvyšuje podobnost vajec s některými semeny rostlin. U některých druhů může mít menší roli pomoci vejci vydržet krátkodobé vyschnutí: snadno absorbuje vodu a trvá déle než vyschne. Jeho velikost a složitost naznačují, že má důležitou funkci, pravděpodobně jako mimikra v podobě semen (Hinton, 1981). Má možnou funkci také jako ochrana před predátory, kdy naláká mravence, kteří tento hrbolek požírají v domnění, že jde o výživnou tkáň semene. Ačkoli capitulum výživné není, mravenci jsou oklamáni a nepravé semínko odnesou a uloží pod zem v bezpečí svého hnízda (Birkhead, 1998).

Po straně vajíčka, která bývá označována jako dorzální, je ploška, která silně připomíná místo, kde semena rostlin přisedají k pupku (hilum) a je označována jako

mikropylární ploška. Uvnitř této plošky, zpravidla na opačné straně než je operculum, se nachází mikropyle. Mikropyle je otvůrek ve skořápce, kterým proniká spermatozoid při oplození (Pecina, 2000). Vnější vrstvy chorionu na mikropylární plošce jsou nezměněné, s výjimkou malé oblasti kolem mikropyle. Zde je povrch hladký a dvě vnější vrstvy pláště a vertikální sloupce jsou sloučeny do jedné pevné desky podobající se té v centrální části opercula. Pátá vrstva je zde mnohem silnější než jinde ve skořápce, a to se také liší v tom, že se tvoří bohatá síťovina pod vrstvou šťavelanu vápenatého. Na okraji mikropylární plošky se tato síťovina rozšiřuje prostřednictvím vrstvy šťavelanu vápenatého a komunikuje mezerami mezi svislými sloupy mezi dvěma vnějšími vrstvami skořápky. Pouze prostřednictvím této síťoviny je zde kontinuální vzdušný prostor mezi vnější vrstvou vzdušných prostorů a mezi dvěma nejnvnitřnějšími vrstvami pláště. Když se podíváme na mikropylární plošku zevnitř, je to vzduch v síťovině, který jí dává její charakteristický bělavý vzhled (Hinton, 1981). Wigglesworth & Beament (1950) navrhli, že bělavý vzhled může být kvůli vzduchem naplněné prasklině ve vrstvě vápníku.

#### **2.4. Vývoj ve vajíčku**

Pecina (2000) doslova uvádí: Oplozené i thelytokní vajíčko se začíná vyvíjet tak, že vzniká blastodermální zárodečný terčík na povrchu vajíčka pod skořápkou. Žloutek, jako u většiny hmyzích vajíček, vyplňuje celý jejich vnitřní objem. Z terčíku vzniká zárodečný proužek, který se postupně prodlužuje a dochází k jeho segmentaci. Během toho se zárodek přetáčí o  $180^{\circ}$  na povrchu žloutku směrem k opačnému pólu vajíčka. Vznikají zárodečné obaly amnion a seróza a embryo se mírně natáčí nazpátek. Současně s diferenciací základů končetin pokračuje přetáčení a embryo proniká amniem a serózou a dostává se hlavou přes zadní pól vajíčka na odvrácenou stranu žloutku (tedy na stranu protilehlou k mikropyle). Jak se přední část těla dostává k zadnímu pólu vajíčka, uzavírá se zbytek žloutku do tělní dutiny zárodka. Hlava přichází potom přímo pod operculum a hřbetní partie jsou pod mikropylární ploškou. Prodlužuje se abdomen stočený nalevo od zárodka a zároveň se prodlužují a definitivně formují končetiny. Jakmile je dokončena sklerotizace (zejména kusadel) a objeví se normální zbarvení první nymfy, je malá strašilka připravena k líhnutí.

Při vzniku segmentace a základů končetin se na prvním zadečkovém článku vytváří po stranách pár přívěsků zvaných pleuropodia. Předpokládá se, že produkují enzym narušující skořápku v místě přisednutí víčka (operculum) ke zbytku vajíčka a

usnadňují tak líhnutí. Pleuropodia mizí až na konci embryonálního vývoje malé strašilky (Pecina, 2000).

Řád Phasmatodea se zdá být unikátní mezi hmyzem, protože jeho embryo vyžaduje exogenní minerály pro úspěšný rozvoj: všechny ostatní hmyz vyžaduje pouze kyslík, nebo kyslík a vodu. U několika strašilek, které byly předmětem šetření bylo zjištěno, že embryo získává vápník ze skořápky, a je-li zbaveno vápníku, nebude dokončen jeho vývoj (Hinton, 1981). Pantel (1919a) zjistil, že vápník není náhodně rozmístěn ve skořápce, ale většina byla přítomna jako krystalická vrstva vnitřního "exochorionu". Pantel (1919b) uvádí, že u samic v průběhu zrání vajíček je vápník transportován přes hemolymfu na folikulární epitel a pak do chorionu.

## **2.5. Líhnutí**

U mnoha druhů, nastanou před vylíhnutím dvě diapauzy, první se vyskytuje v pre-blastodermální fázi a druhá v prenatalní fázi (Voy, 1954a, b, 1956; Hadlington & Shipp, 1962; Shipp, 1964; Bedford, 1970; Readshaw & Bedford, 1971). Dormance umožní vejci přežít suché období a zabránit líhnutí za nepříznivých podmínek (Bedford, 1978). Pro přerušení diapauzy a pokračování embryonálního vývoje bylo shledáno jako zásadní cirkadiánní kolísání teploty (Hadlington, 1965, 1967, Bedford, 1970). Pecina (2000) uvádí, že produkce vajíček s ,nebo bez diapauzy je ovlivněna fotoperiodicitou ročního období.

Rozsah periody líhnutí přibližně stejně starých vajíček je v průměru měsíc až dva, někdy i déle. Nymfa prvního instaru se líhne během několika minut. Vzpírá se ve vajíčku a odklápí operculum, jehož šev byl předtím enzymaticky narušen. Nymfa se během vylézání z vajíčka současně svléká z embryonální kutikuly, která zůstává ve vajíčku. V suchém prostředí se někdy nymfě nepodaří zcela opustit vajíčko. Takoví jedinci obvykle zahynou. V případě, že ve vajíčku zůstane jen jedna (zpravidla zadní) noha, nymfa chodí a žije i s vajíčkem a zbaví se ho až po svléknutí do druhého instaru, popřípadě uvězněnou nohu odvrhne (autotomie) (Pecina, 2000). Proces líhnutí je usnadněn vysokou vlhkostí, a proto noční líhnutí (v pozdních večerních až ranních hodinách) je často pozorováno u mnoha druhů.

Pro přežití právě vylíhnuté nymfy je nutné, aby se co nejdříve napila a mohla pak přijímat potravu.

## **2.6. Vývoj do dospělosti**

Řád Phasmatodea je hmyz s proměnou nedokonalou, nymfy se líhnou jako miniatury dospělců. Růst probíhá krátce po svlékání staré pokožky.

Nymfy se vyvíjejí několik měsíců. Doba vývoje je při snížené teplotě prodloužena a naopak při zvýšené se doba vývoje urychluje. U malých druhů a u druhů s ročním cyklem trvá 3-4 měsíce, u velkých (*Extatosoma*, *Eurycantha*, *Heteropteryx*) 8-9 měsíců. Během této doby se nymfy svlékají většinou šestkrát (tedy existuje šest nymfálních instarů, po šestém svlékání strašilka dospívá). V extrémních podmínkách se počet instarů může zvýšit. Samci mívají pravidelně o instar méně, takže se svlékají jen pětkrát. Některé druhy se však svlékají vícekrát, se stejným pravidlem, že samci mají o instar méně (Pecina, 2000).

Během svlékání může nymfa spadnout a poškodit se nebo ji může napadnout predátor, či její soukmenovec. Je tedy velmi zranitelná. Proto se nymfa před svlékáním snaží nalézt klidné a kryté místo (Pecina, 2000). Proces svlékání zabere od 5 min. do 1 hodiny, koná se ve dne, nebo v noci, kvůli snížení riziku útoku predátora a nejspíše také kvůli vyšší vlhkosti. V zajetí i ve volné přírodě může být nastávající svlékání předvídáno, když nymfa zůstává nehybně po určitou dobu zavěšena drápky tarzů zadního páru nohou hlavou dolů s nezájmem o potravu (Brock & Hasenpusch, 2009). Tlakem hemolymfy, kterou soustředí v přední části těla, protrhnou tergální stranu pronota podélným švem. Jako u všech členovců je svlékání, odlučování a částečné odbourávání staré kutikuly řízeno hormonálně. Po protržení staré kutikuly se dílem tlakem hemolymfy a stahováním svalstva, dílem vlastní vahou dostává strašilka z exuvie a vytahuje z ní končetiny a tykadla a při posledním svlékání často i křídla. Probíhá to celkem rychle, při zdržení zasychá exuviální tekutina a nová kutikula začíná naopak tuhnout, takže hmyz už často nedokáže svlékání úspěšně dokončit. Někdy tak dochází k autotomii končetin, které zůstávají ve staré svlečce. Správná vlhkost prostředí a rychlé a nerušené svlékání je proto stěžejním předpokladem úspěšného chovu strašilek a zvláště potom druhů, které mají rozšířené výrůstky na těle a končetinách, které vyklouznutí ze svlečky značně komplikují (Pecina, 2000). S cílem odstranit veškeré důkazy a možná poskytnout výživu nymfa často tuto starou kůži zkonsumuje. Nicméně nymfě se nic nestane, pokud tak neučiní. Nymfa po prvním svléknutí se označuje jako druhý instar nymfy a tak dále, dokud nedozraje v dospělce (Brock & Hasenpusch, 2009).

## **2.7.Vajíčko a vlhkost**

Vlhkost je jeden z důležitých faktorů, který ovlivňuje vývoj ve vajíčku a následné líhnutí. Hmyz dokáže vodu přijímat z okolí i využívat vlastní zásobárnu vody.

Pokud je voda absorbována tak, že dojde ke znatelnému zvýšení objemu vajíčka během vývoje, voda, která se vstřebává, je vždy v kapalně fázi (Hinton, 1981). První zveřejněný záznam takového zvýšení velikosti uvedl Réaumur (1740), který zjistil, že hmyzí vejce zdvojnásobila objem během vývoje a také zjistil, že na suchém listí vrby jsou vejce scvrklá a nezůstávají nabubřelá, jako tomu bylo na čerstvých listech. Je možné očekávat, že se najde nějaký vztah mezi stanovištěm vejce a tím, zda absorbuje či neabsorbuje vodu. Velmi mnoho vodních vajec absorbuje vodu (Hinton, 1981). Voda proniká snadno přes chorion vajec nakladených do vody nebo vlhkého substrátu, taková vajíčka často nabobtnají během několika minut nebo hodin po naklazení (Gilbert, 1985). Terestrická vejce, která vyžadují kapalnou vodu, jsou buď kladena v době, kdy je tato voda běžně k dispozici nebo alespoň k dispozici v určitých obdobích, např. vejce Acrididae jsou kladena v suchých místech, ale část vajec nebo jejich hydropyle je vložena do rostlinných tkání tak, že kapalná voda je k dispozici vždy. I když na základě obecných důvodů se zdá, že absorpce vody s následným zvýšením objemu je primitivnější způsob rozvoje, než bez absorpce vody a udržování konstantního objemu. Nicméně je jasné, že absorpce vody je vedlejší specializace mnoha recentních skupin hmyzu, kteří pocházejí jasně z předků, kteří neabsorbovali kapalnou vodu ve fázi vejce (Hinton, 1981). Ve většině vajíček, která absorbují vodu, je proces absorpce nejdříve velmi pomalý, pak je mnohem rychlejší a nakonec se vrátí k pomalé fázi, je to tzv. S-křivka (Browning, 1967).

Vejce, která nejsou v kontaktu s kapalnou vodou, vypařují vodu do okolního vzduchu při relativní vlhkosti nižší než 100%. Ztráta vody odpařováním závisí na mnoha faktorech, ale především na propustnosti chorionu a subchorálních membrán. Chorion a subchorální membrány chrání proti ztrátě vody v relativně suchém vzduchu, vejce se mohou vyvíjet do larvální fáze, ale jakmile se larva prokouše přes chorion a subchorální membrány rychle zemře v důsledku vysychání, např. Saturniidae a další můry (Ludwig & Anderson, 1942; Janisch, 1930). Někdy vysušením tak ztvdne chorion, že larva nemůže uniknout (Pyenson & Sweetman, 1931). Rychlost ztráty vody u určitého druhu bude také záviset na fázi vývoje (Hinton, 1981). Množství vody, které

vejce mohou ztratit a ještě se dál rozvíjet, se výrazně liší mezi jednotlivými druhy v závislosti na druhu nebezpečí, s nimiž se setkávají ve svém obvyklém prostředí. Vodní vejce a vejce nakladená do vlhkého prostředí, která jen zřídka vyschnou, obvykle tolerují dočasné snížení jejich vlhkosti asi o 10 až 20%, stejně jako další fáze hmyzu z tohoto prostředí. Nicméně vejce, která jsou pravidelně nebo často vystavena extrémním stupňům vysušení, mohou přežít ztrátu mnohem většího podílu vody. Například vejce sarančete *Locustana pardalin* jsou schopny přežít pokles vlhkosti z 85% na 63% (Matthée, 1951). Ale pokud je dnes známo, vejce veškerého hmyzu, i když jsou rezistentní k vyschnutí, tolerují pouze určité snížení jejich vlhkosti: dříve či později je dosaženo kritické úrovně vlhkosti, pod kterou nemohou přežít. Některá vejce např. kovaříků (*Agriotes*), listopasů (*Sitona*), a much (*Haematobia*, *Lyperosia*) jsou nazývána jako stenohydrická a přežívají jen v úzkém rozmezí relativní vlhkosti. Ta, která přežila v rámci široké škály relativní vlhkosti jsou euryhydrická vejce, včetně vajec, kterým se lépe daří při vysoké vlhkosti, např. vejce brouků *Melasoma populi*, *Ergates faber* a *Hylotrupes bajulus*, a ty, které upřednostňují relativně suché podmínky, jako jsou *Tribolium confusum* a mnoho Bruchidae. V mnoha situacích relativní vlhkost blízká se 100% je nad optimum přežití jen proto, že začíná růst parazitických hub (Hinton, 1981). Obecně platí, že menší vejce jsou náchylnější k vysušení než větší vejce, kvůli zvýšenému koeficientu povrch-objem. Proto vyžadují vysokou relativní vlhkost vzduchu pro normální vývoj v případě, že nejsou vybaveny účinnou vrstvou vosku. Samozřejmě, že ne všechna vajíčka hmyzu nebo dokonce všechny rody jednoho hmyzího řádu či čeledě se chovají stejným způsobem, pokud jde o vodní absorpci, nebo odolnost proti vodě. Každý druh vyvinul svůj vlastní systém fyziologických procesů prostřednictvím určitých konstrukčních prvků, aby mohl odolávat obvyklým podmínkám prostředí, kterým jsou vejce vystavena (Gilbert, 1985).

Několik pokusů zkoumalo strategie vodní bilance vajec členovců a to u druhů dvou řádů Hemiptera a Orthoptera (Edney, 1977). Udržení vodní bilance je pro vejce, která nejsou schopna absorbovat volnou vodu a jsou často uložena v prostředí s nízkým obsahem vody (Edney, 1977) a jejich velká plocha v poměru s objemem je dělá obzvláště citlivé na ztrátu vody (Schmidt-Nielsen, 1984), velmi důležité. Za těchto okolností musí vejce regulovat ztrátu vody, anebo jí získat, aby zůstalo konkurenceschopné. Tento problém je impozantní především mezi druhy, které mohou strávit mnoho měsíců v diapauze. Vejce *E. tiaratum* mají schopnost z atmosféry absorbovat vodu při velmi nízké relativní vlhkosti vzduchu a to jak ranné embryo, tak

první instar larvy. To je první důkaz, že hmyzí vajíčko je schopné absorpce vodní páry z atmosféry. V předchozích zprávách o absorpci vody vajec členovců byla v kontaktu s volnou vodou (Edney, 1977; Hinton, 1981). U *E. tiaratum* bylo dokázáno, že mají schopnost absorbovat vodu z podsycené atmosféry a mohou jí uchovat po mnoho dní (Yoder, 1992).

Kromě schopnosti absorbovat vodní páry, vejce strašilek také účinně šetří vodou. Yoder (1992) pozoroval nízké ztráty vody u *E. tiaratum* v obou fázích diapauzy. Vejce tohoto druhu mají schopnost vodu při velmi nízké aktivitě par efektivně zachovat, jak naznačuje nízká míra ztráty vody ( $0,015\% \text{ h}^{-1}$  v ranném embryu a  $0,046\% \text{ h}^{-1}$  u prvního instaru larvy při  $25^{\circ}\text{C}$ ) (Yoder, 1992). V důsledku přítomnosti voskových vrstev a možná serózní pokožky, transpirace členovců z vajec je často velmi pomalá, efekt, který je samozřejmě velmi žádoucí, jsou-li vejce nakladena v suchých místech. To je charakteristickým rysem vajec členovců (Edney, 1977; Hinton, 1981) a opravdu propustnost některých vaječných blan (*Rhodnius prolixus*, Beament, 1946 a *Lucilia sericata*, Davies, 1948) jsou nejnižší zaznamenaná mezi všemi zvířecími membránami (Edney, 1977).

Část požadavků na vodu je pravděpodobně u všech suchozemských živočichů splněna metabolismem. Celkový obsah tuků členovců souvisí s vlhkostí jejich životního prostředí. Vodní druhy mají méně tuku než jejich blízcí příbuzní suchozemští. Zvířata, která žijí v suchém prostředí, mají obvykle významnou část svých energetických rezerv v podobě tuků než sacharidů a bílkovin, protože spalování tuků v jakémkoli množství produkuje dvakrát tolik vody, než spalování sacharidů nebo bílkovin (Hinton, 1981). Několik zvířat, např. larva moučné můry *Ephestia kuehniella* vystačí téměř jen s vodou z metabolismu. *Ephestia kuehniella* je schopna růst na úrovni 1% relativní vlhkosti na potravině s vlhkostí 1,07% a produkovat kukly s obsahem vlhkosti 63,8% (Fraenkel & Blewett, 1943). V některých případech se celá snůška vajec stává vodotěsná díky exokrinní sekreci pěny, jak uvádí Eisner, T. *et al.* (1966) u kobylky *Romalea microptera*. To naznačuje, že obsažená voda je dostatečná pro vývoj embrya (Gilbert, 1985).



### 3. METODIKA

#### 3.1. Charakteristika druhu

Experiment byl prováděn na druhu *Ramulus* sp. Důvodem pro tento výběr byla krátká inkubační doba, nenáročnost druhu a snadná dostupnost.

*Ramulus* sp.- PSG 144

Původní název: *Baculum artemis*

Čeleď: Phasmatidae

Podčeleď: Phasmatinae

Výskyt: Vietnam



Samička: max. délka těla 12 cm; krátká tykadla; Obr. č.2: Imago *Ramulus* sp.

ve zbarvení značně proměnlivá – zbarvení se může lišit i u nymf od jedné samice, převážná většina jedinců je zelených, přičemž mají konec zadečku, hlavně ze spodní části zbarven do hnědočervena; u konce zadečku má zesponu malý “trn“

Sameček: v chovu a ani v přírodě o něm nejsou zmínky, pouze se objevuje v chovech tzv. gynandromorf

Potrava: listy ostružiníku, maliníku, růže a dubu

Rozmnožování: partenogeneticky

Vajíčka: dlouhá asi 3,5 mm – plochá, hnědá, vypadají jako nažky, samička klade průměrně 2-3 vajíčka denně – v nejlepší kondici i daleko více, kolem sedmi a výjimečně až 15, klade volně na zem

Inkubační doba: dva měsíce, vajíčka se líhnou i v naprostém suchu

Nymfy: po vylíhnutí mají asi 1,5 cm; čerstvě vylíhlé nymfy jsou velmi jemné s dlouhými křehkými nohama; jsou hnědozelené s černými skvrnami na konci těla; po přijmutí potravy zezelenají; v dalších svlecích se již plně podobají dospělci; dospějí asi za 4-5 měsíců při teplotě 18-25 °C

#### 3.2. Experiment

Experiment probíhal od 10.5.2009 do 27.11.2009.

Vajíčka z insektária byla odebírána kolem 20:00 hod. Každé bylo označeno samolepicím štítkem s datem nakladení a vloženo vždy po jednom do všech typů líhní. Celkově v každé líhni bylo uloženo alespoň 40 vajec.

Experiment byl prováděn v osmi typech líhní:

- 1) plastová krabička vyplněná do 3 cm vermikulitem, překrytá silonem, rozměry: 7 x 10 x 5,5 cm
- 2) plastová krabička vyplněná do 3 cm pískem, překrytá silonem, rozměry: 7 x 10 x 5,5 cm
- 3) plastová krabička vyplněná do 3 cm rašelinou, překrytá silonem, rozměry: 7 x 10 x 5,5 cm
- 4) plastová krabička naplněná do 3 cm vodou, překrytá silonem a obrácenou plastovou krabičkou s otvory (vodní lázeň), rozměry: 7 x 10 x 5,5 cm
- 5) plastová krabička vyplněná 1 cm silným molitanem, překrytá silonem, rozměry: 7 x 10 x 5,5 cm
- 6) plastová krabička vyplněná do 3 cm rašeliníkem, překrytá silonem, rozměry: 7 x 10 x 5,5 cm
- 7) plastová krabička vyplněná do 3 cm směsí kompostu a písku v poměru 3:1, překrytá silonem, rozměry: 7 x 10 x 5,5 cm
- 8) plastová krabička vyplněná do 5 cm pískem, překrytým 1 cm silným molitanem a silonem, ve tvaru válce o výšce 8 cm a průměru 10 cm

Líhně 7 a 8 byly do experimentu zařazeny z důvodu nedostatku vajíček později (srpen) než ostatní líhně (květen).

K měření vlhkosti byl použit datalogger (Temperature humidity logger R3121 , COMET System, s.r.o.), který zaznamenával vlhkost po dobu 11-ti dnů a v líhni písek + molitan po dobu 32 dnů ve frekvencích 30-ti minut. Tato doba měření byla zvolena, aby byl alespoň jedenkrát zaznamenán průběh vlhčení. Líhně byly umístěny ve skleněném akváriu s krycím sklem při pokojové teplotě.

Voda do vodní lázně byla doplňována jen při poklesu hladiny. Měřením byla zjištěna 100% vlhkost (graf č.1). Líheň s 5 cm vrstvou písku překrytým molitanem byla vlhčena 1x měsíčně a to v prvních dvou měsících 100 ml, pak bylo z důvodu velkého přemokření substrátu a jeho nemožnosti vsáknout takovéto množství vody vlhčeno jen 50 ml. Tento typ líhně vykazoval také vysokou 100% vlhkost (graf č.2).

Ostatní substráty byly vlhčeny 6 ml vlažné neodstáté vody pomocí injekční stříkačky každé čtyři dny. Voda byla aplikována po stranách líhně. Později, když se

začaly líhnout nymfy, byla vlhčena i vajíčka. Průměrné vlhkostní a teplotní hodnoty jsou zaznamenány v tab. č.1.

Vlhkost písku kolísala mezi 40-80%, ale vyskytla se plíseň, která však po ošetření vajíček slabým roztokem hypermanganu zmizela (graf č.3). Vermikulit udržoval 100% vlhkost tři dny po navlhčení, pak klesala k 80% (graf č.4). Vlhkost rašeliny se pohybovala v rozmezí 40-70% (graf č.5). Vlhkost rašeliníku byla značně kolísavá mezi 30-80%. Díky vyšší vlhkosti a nesterilizaci rašeliníku se také vyskytla plíseň, proto musel být rašeliník vyměněn za nový a celá líheň vydesinfikována silným roztokem hypermanganu (graf č.6). Líheň tvořená 1 cm molitanem si vlhkost udržovala stále mezi 80-100% (graf č.7). V líhni typu kompost s pískem byla naměřena vlhkost mezi 60-80% (graf č.8).

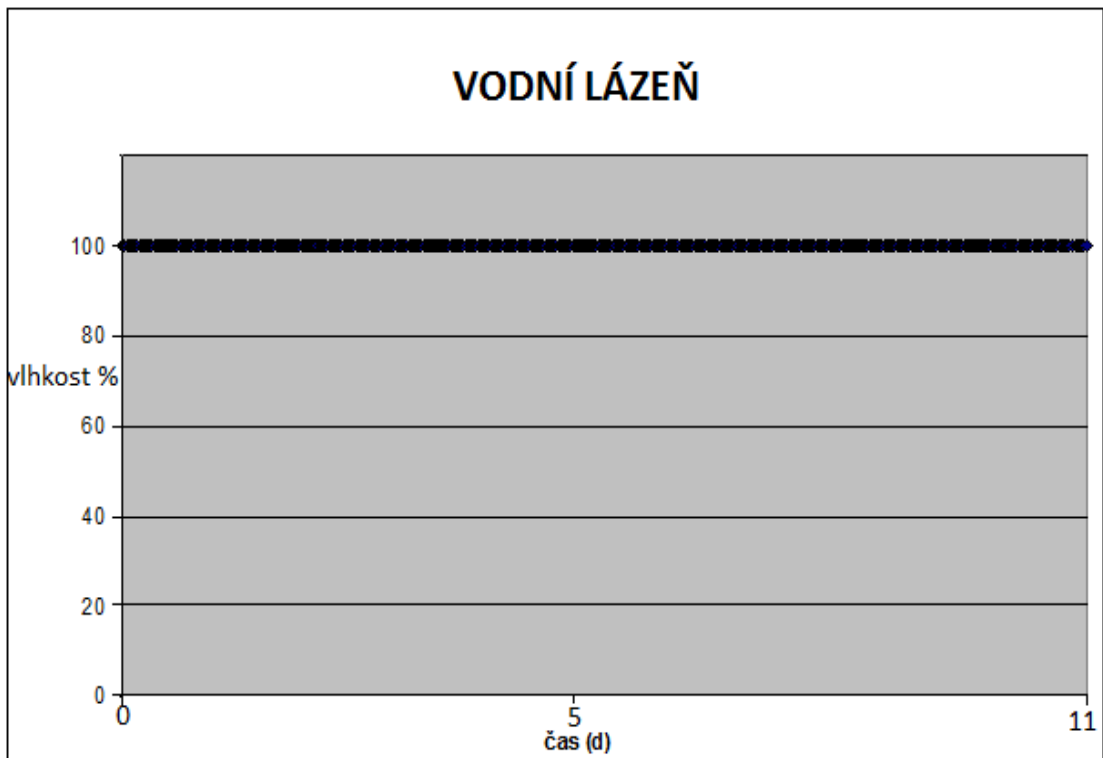
V době líhnutí nymf byly líhně sledovány každý den. Vylíhlé nymfy zůstaly díky sílonu uzavřené v líhni, podle jejich přítomnosti a počtu byla dohledána prázdná vajíčka. Do záznamů bylo uvedeno datum vylíhnutí a datum ze štítku. Odečtem byly zjištěny počty dní inkubace. K výsledné analýze bylo použito prvních 30 vylíhlých nymf.

Tab. č. 1 : Průměrné vlhkostní a teplotní hodnoty v jednotlivých líhních

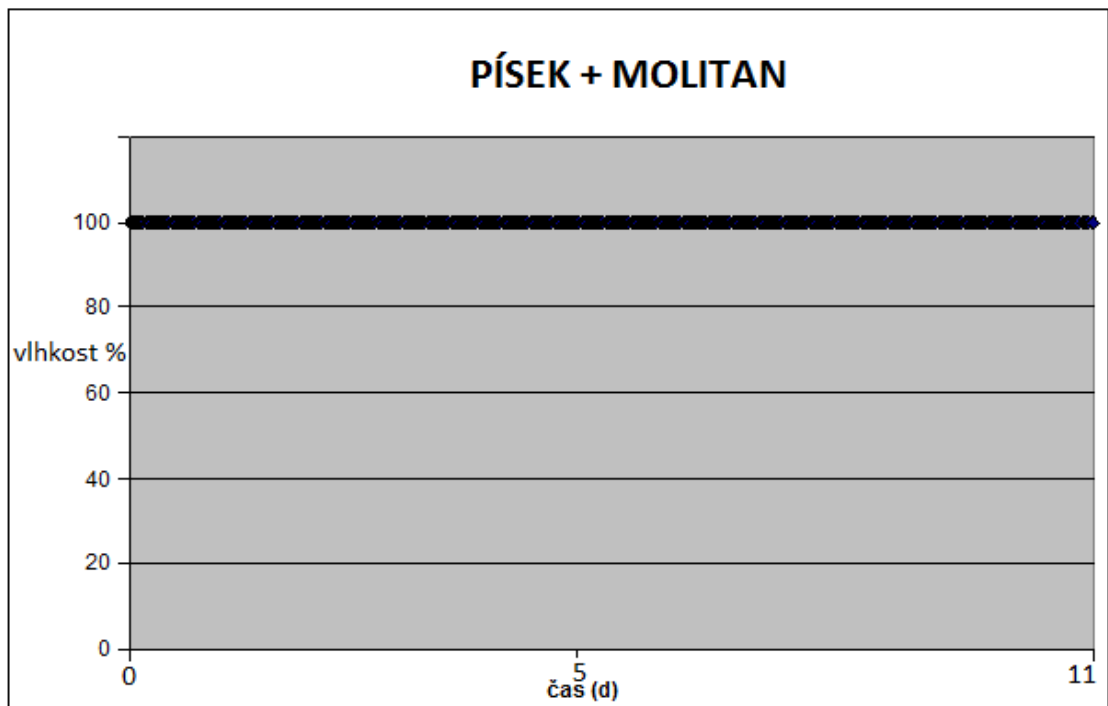
Líheň	Průměrná vlhkost	Směrodatná odchylka	Min.-max.	Průměrná teplota	Směrodatná odchylka	Min.-max.
Vermikulit	95,60%	±6,33%	77,4-100%	24,5 °C	±0,85 °C	22,3-26,4 °C
Písek	68,60%	±9,91%	39,6-81,9%	23,7 °C	±1,44 °C	20,2-28,4 °C
Rašelina	53,10%	±7,56%	37,1-70,3%	24,7 °C	±0,73 °C	23-26,4 °C
Vodní lázeň	100,00%	±0,00%	100-100%	25,2 °C	±0,84 °C	21,2-25,6 °C
Molitan	94,30%	±5,21%	82,9-100%	22,5 °C	±0,82 °C	21,0-24,9 °C
Rašeliník	50,30%	±9,29%	30,9-68,8%	24,6 °C	±0,80 °C	22,7-26,4 °C
Kompost s pískem	70,90%	±3,12%	63,3-78,9%	22,3 °C	±1,39 °C	19,4-26,4 °C
Písek + molitan	100,00%	-	100-100%	22,3 °C	-	19,5-25,1 °C

### **3.3 Statistické hodnocení**

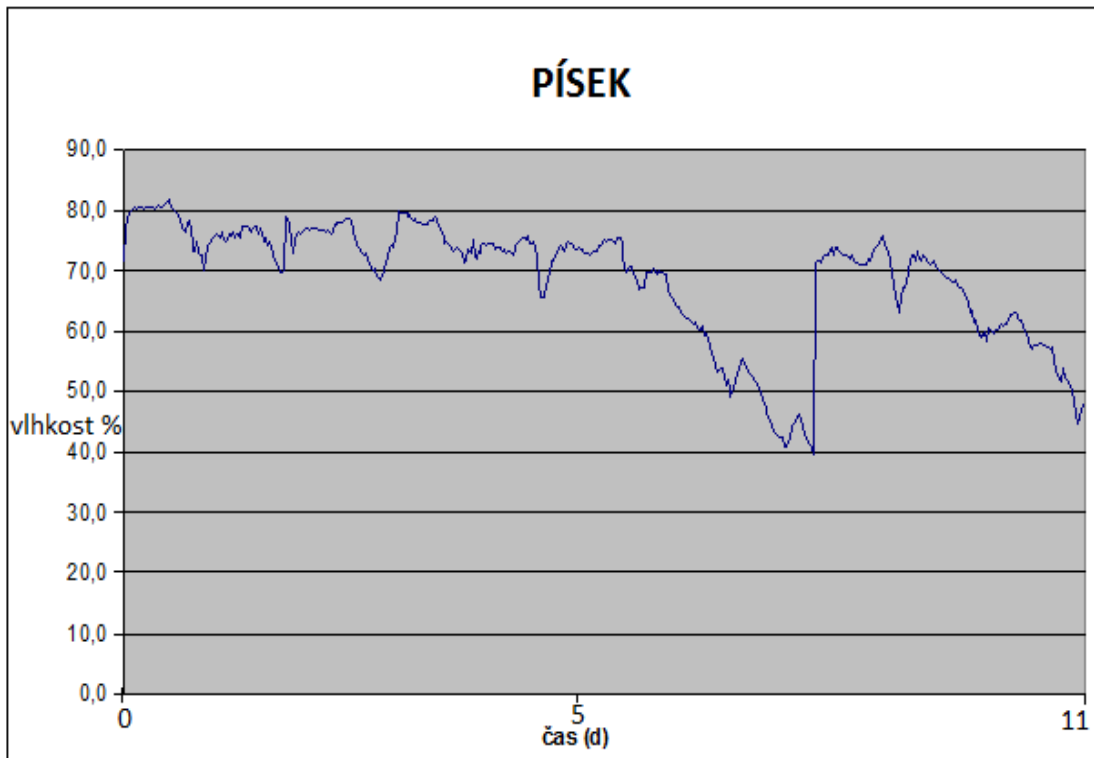
Ke statistickým výpočtům byla použita jednocestná ANOVA. Závislá proměnná neměla normální rozdělení, proto byla znormalizována logaritmickou transformací. Rozdíly mezi skupinami byly vyhodnoceny Tukey post-hoc testem. Všechny analýzy byly provedeny v programu Statistica 9.0 (StatSoft, Inc., 2009).



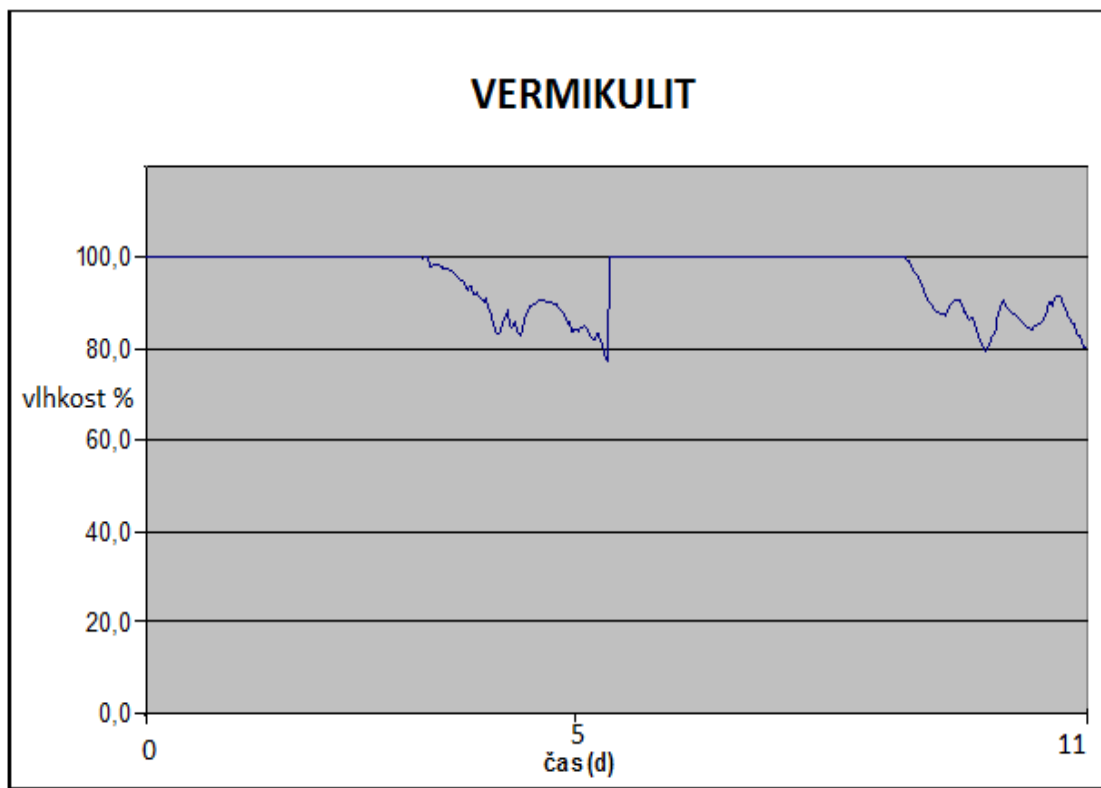
Graf č. 1: Průběh vlhkosti v líhni č. 4, 10.5. - 20.5.09



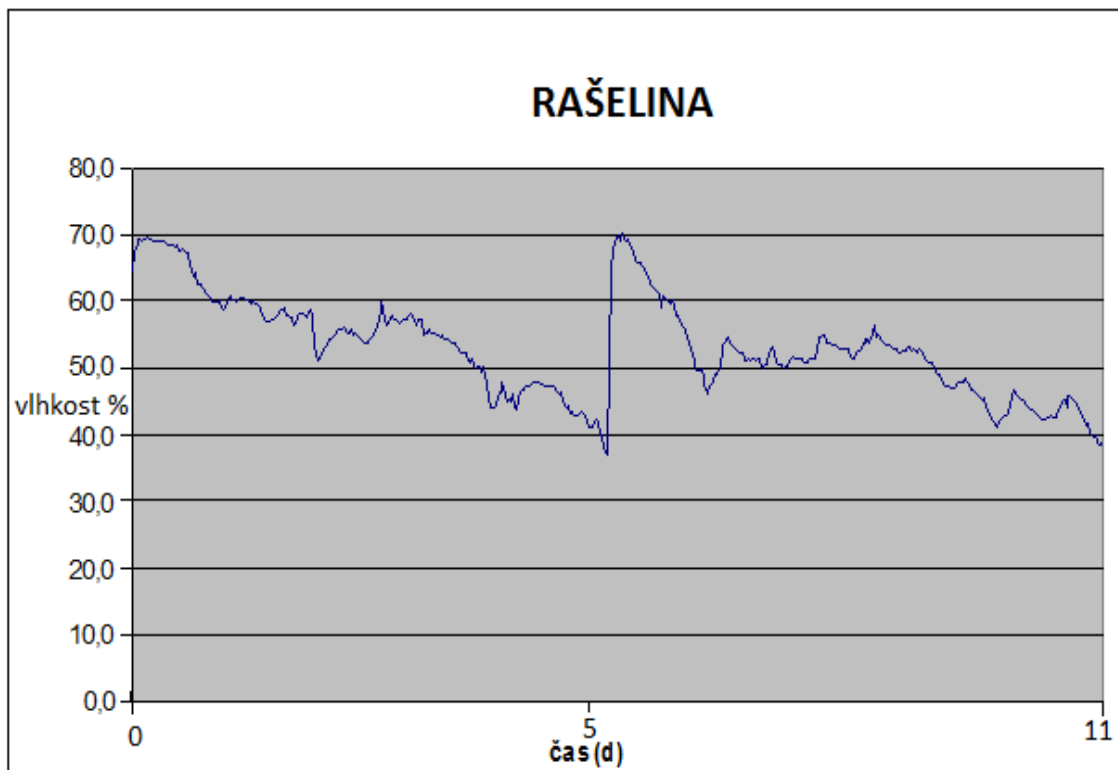
Graf č. 2: Průběh vlhkosti v líhni č. 8, 6.10. - 6.11.09



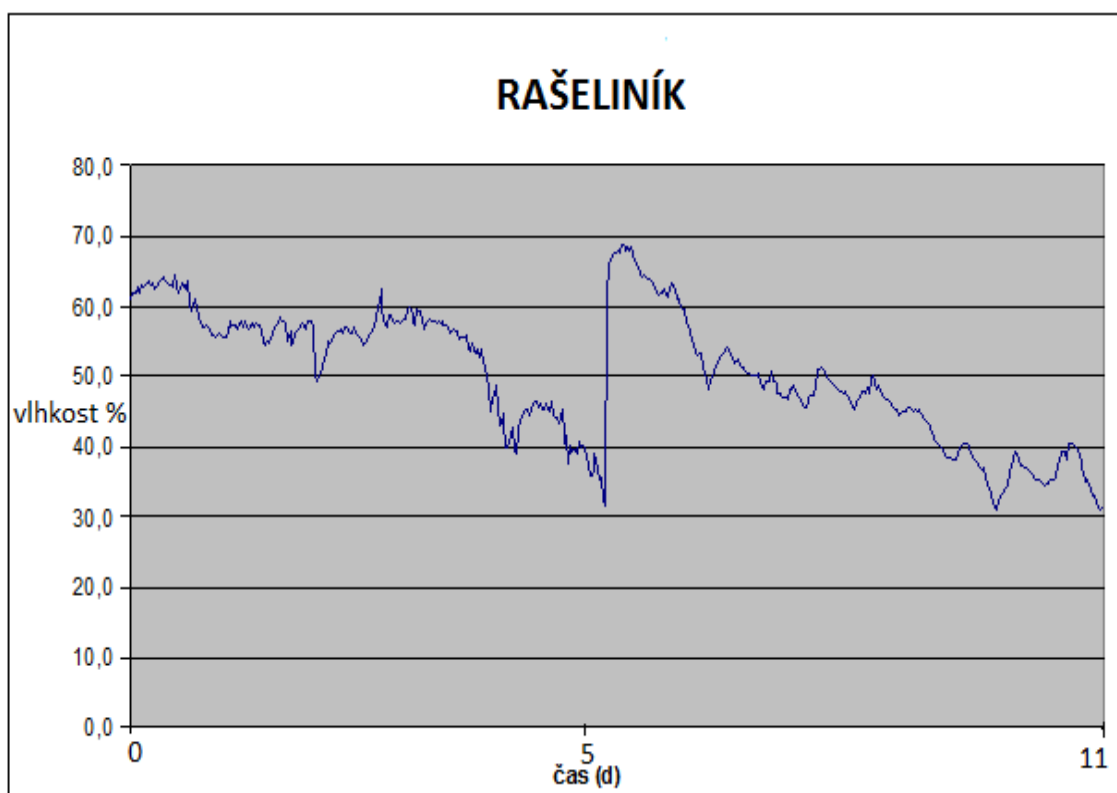
Graf č. 3: Průběh vlhkosti v líhni č. 2, 16.8. - 27.8.09



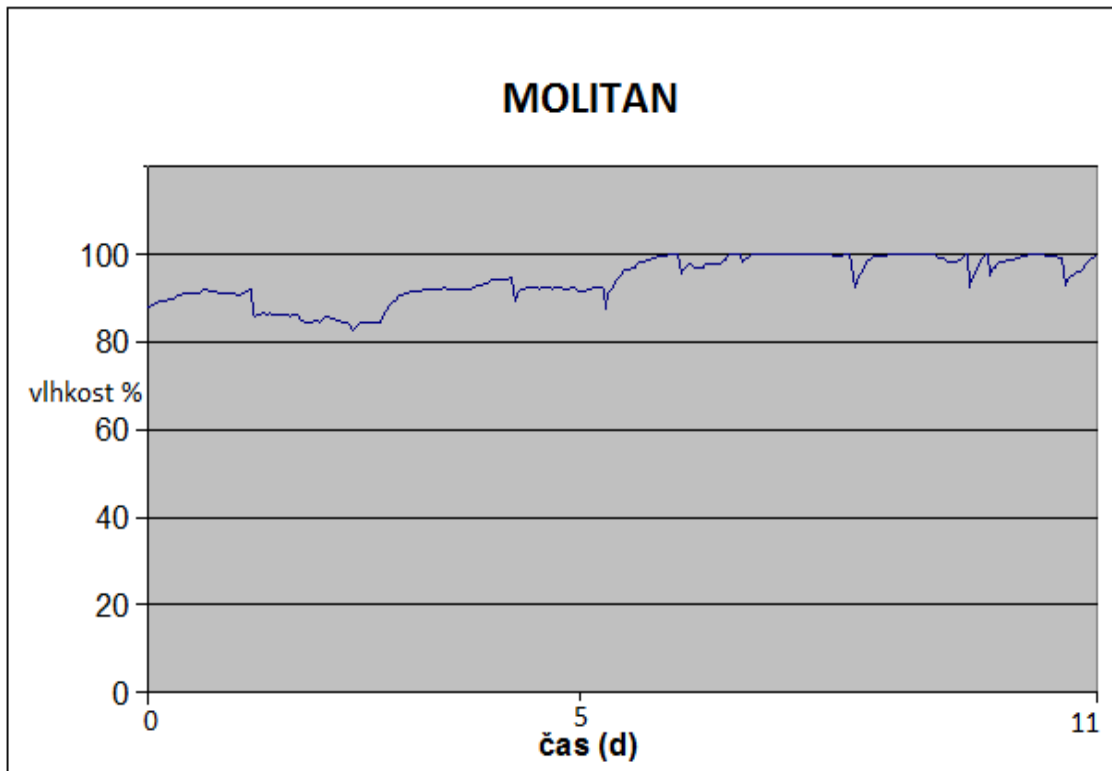
Graf č. 4: Průběh vlhkosti v líhni č. 1, 20.7. - 30.7.09



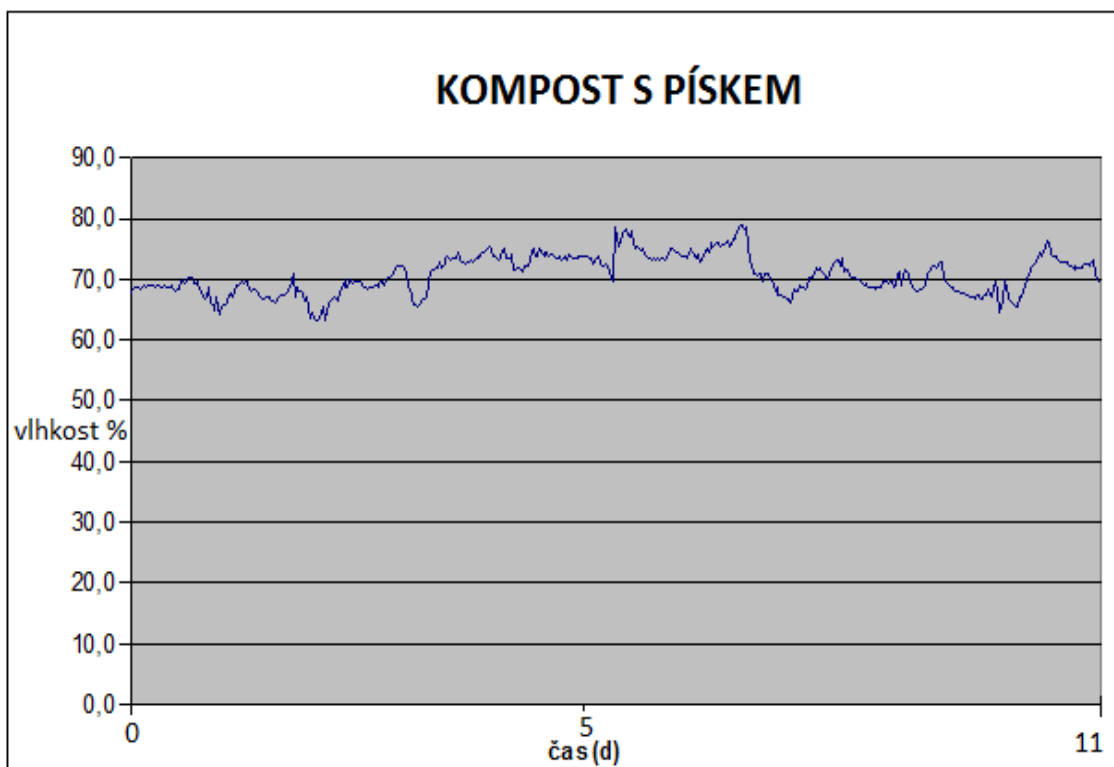
Graf č. 5: Průběh vlhkosti v líhni č. 3, 20.7. - 30.7.09



Graf č. 6: Průběh vlhkosti v líhni č. 6, 20.7. - 30.7.09



Graf č. 7: Průběh vlhkosti v líhni č. 5, 25.6. - 2.7.09



Graf č. 8: Průběh vlhkosti v líhni č. 7, 29.8. - 8.9.09



## 4. VÝSLEDKY

Nejkratší průměrná doba inkubace byla zaznamenána v líhni č.4 (vodní lázeň), 46 dnů. Nejdelší doba inkubace v líhni č.7 (kompost s pískem), 56,5 dnů (tab. č.2). Rozdíl mezi těmito hodnotami je 10,5 dne (19%). Rozdíl mezi min. a max. dobou inkubace těchto líhní je 28 dní (43%).

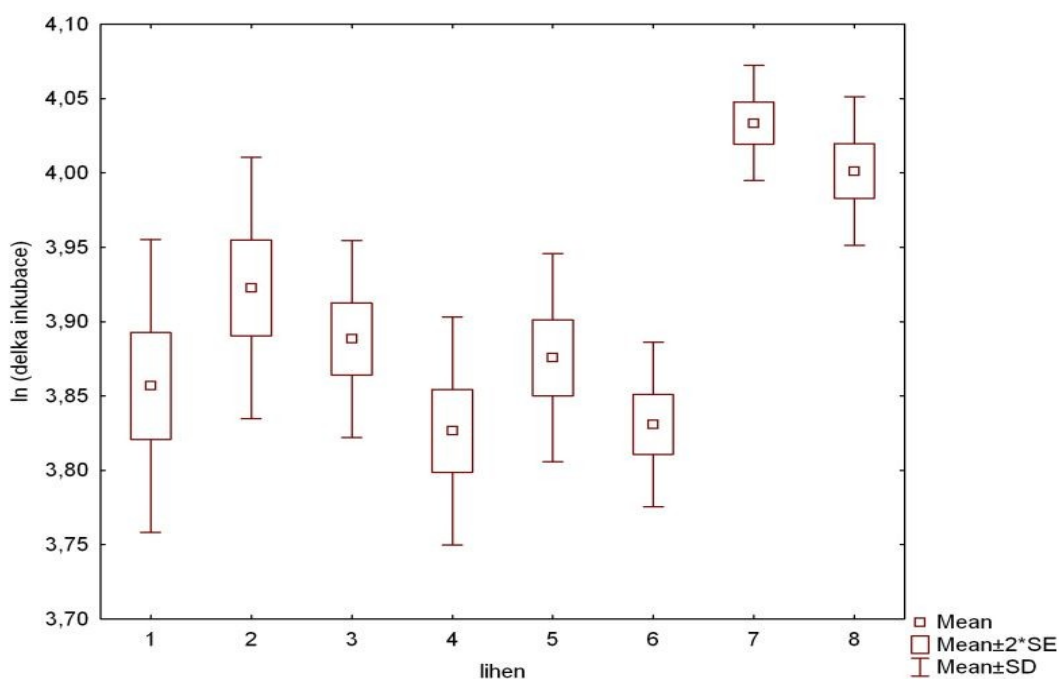
Tab. č. 2: Délka inkubační doby v jednotlivých typech líhní

Líhňe	Průměrná inkubační doba	Směrodatná odchylka	Min.- max.
Vermikulit	47,5 dne	±4,48 dne	37–61 dnů
Písek	50,7 dne	±4,73 dne	43–70 dnů
Rašelina	48,9 dne	±3,12 dne	41–55 dnů
Vodní lázeň	46,0 dnů	±3,46 dne	37–55 dnů
Molitan	48,3 dne	±3,35 dne	43–55 dnů
Rašeliník	46,2 dne	±2,49 dne	41–50 dnů
Kompost s pískem	56,5 dne	±2,20 dne	52–65 dnů
Písek + molitan	54,7 dne	±2,78 dne	50–65 dnů

ANOVA prokázala vliv typu líně na délku inkubace vajíček *Ramulus* sp. ( $F=35,7$ ;  $p<0,05$ ). Mnohonásobná porovnávání Tukeyho post-hoc testem ukázala rozdíly mezi jednotlivými líněmi (tab. č.3, graf. č.9).

Tab. č. 3: Výsledky Tukeyho post-hoc testu (1 - vermikulit, 2 - písek, 3 - rašelina, 4 - vodní lázeň, 5 - molitan, 6 - rašeliník, 7 - kompost s pískem, 8 - písek + molitan)

Líh eň	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
1	<b>0,007</b>	0,664	0,708	0,968	0,841	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
2		0,560	<b>0,000</b>	0,162	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
3			<b>0,015</b>	0,997	<b>0,033</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
4				0,120	1,000	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
5					0,206	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
6						<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
7							0,637



Graf č. 9: Délky inkubace v JEDNOTLIVÝCH TYPECH líně (1 - vermikulit, 2 - písek, 3 - rašelina, 4 - vodní lázeň, 5 - molitan, 6 - rašeliník, 7 - kompost s pískem, 8 - písek + molitan)

## 5. DISKUZE

Moje výsledky potvrzují vliv typu líně v souvislosti s její vlhkostí na délku inkubace, tedy, že vyšší vlhkost má vliv na kratší dobu inkubace. Také výsledky Carlberga (1991) ukázaly, že vejce *Extatosoma tiaratum* inkubována na suchém písku měla o 20 % delší pre-embryonální diapauzu ve srovnání s těmi, inkubovanými na vlhkém písku. Kromě toho, suchu vystavená vejce měla o 48% nižší rychlost embryonálního vývoje. Čímž celkový čas potřebný pro vývoj byl 196 dnů v suchu exponovaných vejcích, ve srovnání s pouhými 157 dny u vajec uloženými na vlhkém písku. Také podle mých výsledků na vejcích *Ramulus* sp., líně, které udržovaly vyšší vlhkost (např. vodní lázeň, vermikulit, molitan) se vyznačovaly kratší inkubační dobou a s poklesem vlhkosti (např. kompost s pískem, písek, rašelina) se inkubace prodlužovala. Výjimku však tvořil rašeliník, který v době měření na začátku experimentu vykazoval relativně nízkou vlhkost 50,3% relativní vlhkosti (RH), nicméně na konci experimentu se umístil na 2. místě pomyslného žebříčku v nejkratší době inkubace. Dalo by se to vysvětlit schopností rašeliníku zadržovat velké množství vlhkosti, což se pak také během experimentu mohlo projevit vysokým zaplísněním. Tudíž jeho vlhkost se později kolem 100% RH jistě pohybovala. 100% RH byla také naměřena u líně písek + molitan, ale doba inkubace zde dosáhla 54,7 dne, tedy o 8,7 dne déle než u vodní lázně, která taktéž 100% RH dosahovala. To mohlo být z důvodu pozdějšího zařazení této líně do experimentu. Tedy v době, kdy průměrná teplota v místnosti s líněmi byla asi o 1,5 stupně nižší než u líní 1-6. Nicméně, také Hadlington (1967) uvádí, že teplota určuje délku pre-embryonální diapauzy a délku životnosti (1-3 roky) a vlhkost reguluje vývoj na jemnější úrovni.

Skutečnost, že rychlost embryonálního vývoje se snižuje s klesající vlhkostí byla rovněž pozorována u *Carausius morosus* a *Clitarchus hookeri* (Leclercq, 1946, Stringer, 1968). Vejce *Carausius morosus* inkubována při 7% RH se ve svém vývoji zpozdila o 16 dní, než vejce inkubována při 100% RH. Vejce inkubována na suchém písku se také nedokázala vylíhnout u *Diapheromera femorata* (Séverin & Séverin, 1910). Jejich výsledky ukazují, že 13% z 200 vzorků se nevylíhlo ve vlhkých podmínkách, a 94% z 200 vzorků se nevylíhlo v suchu, protože se nebyly schopny kompletně vylíhnout. 92% ze 100 exemplářů, které se vylíhli z vajec, která byla dříve držena v mokřích podmínkách a následně převedeny na sucho se kompletně nevylíhla a 20% ze 100 exemplářů, která byla dříve držena v suchu a pak se přenesla do mokra, také ne. Z

těchto experimentů je zřejmé, že sucho v době líhnutí má značný vliv na vylíhnutí strašilky z vajíčka. V rozporu s těmito výsledky mohou být závěry od Robertse (1994), který uvádí, že nymfy *Parapachymorpha spinosa* se na sušším substrátu vylíhly dříve a byly zdravější než nymfy vylíhlé ve vlhku. Může se ale jednat o ekologickou adaptaci na suché prostředí.

Delší pre-embryonální diapauza v suchu umožňuje vejci přežít období sucha a embryonální vývoj může začít rychle po dešti. Pomalejší embryonální vývoj zvyšuje šance na déšť, který je nezbytný pro úspěšné vylíhnutí. Zdá se, že je to vynikající systém pro úpravu pre-embryonální diapauzy a embryonální vývoj za nepříznivých povětrnostních podmínek.

Mezi nejdoporučovanější substráty k inkubaci vajec strašilek patří písek (např. Conle & Hennemann, 2000-2010, Pecina, 2000). Písek byl také použit v experimentu Carlberga (1991). V mém experimentu byl použit kopaný písek, jehož prašnost byla snižována pravidelným vlhčením. Písek vodu neabsorbuje a možná také z tohoto důvodu vejce, která byla v přímém styku s vodou, plesnivěla. Tento problém byl však vyřešen v líhni písek + molitan, doporučováno Nohejl & Zajiček (2001-2007). V tomto typu líhně zamezí slabá vrstva molitanu styku vajíčka s přímou vlhkostí a tím vzniku plísní. Vrstva molitanu však nesmí být příliš silná, aby nebránila pronikání vlhkosti. Je to velice nenáročný typ líhně na údržbu, kdy při dostatečné vrstvě písku stačí vlhčit jen 1x měsíčně. Jedinou nevýhodou tohoto materiálu může být jeho vyšší hmotnost 1,6 kg/1 L substrátu (Balej, 2008). Při použití pouze vrstvy molitanu bez písku se tato nevýhoda anuluje, vlhkost se drží také na vyšší úrovni (94,3% RH), ale je třeba mnohem častěji vlhčit. Bruins (1999) doporučuje vajíčka vložit do směsi jedné části písku a tří částí starého kompostu, stejné vlhkosti jako kompost čerstvý a nejméně jednou týdně rosit. Tento typ líhně udržoval vlhkost v době měření 70,9% RH, nicméně doba inkubace byla ze všech substrátů nejdelší.

Rašelina jako substrát se jeví co se týče zadržování vody celkem uspokojivě 1,7 L/1 kg substrátu (Balej, 2008). Dá se předpokládat, že díky nižšímu pH se ani nevyskytly plísně. Rašelina byla použita např. v experimentu Robertse (1994). Rašeliník, jak již bylo uvedeno výše, má vysokou schopnost nasákavosti vody. V experimentu, který provedl Balej (2008) se jedná o 19 L/1 kg substrátu. A s tím jistě souvisí spolu s přítomností mikroorganismů i mnohem vyšší náchylnost k tvorbě plísní.

Nejvhodnějším typem líhně pro druh *Ramulus* sp. v rámci tohoto experimentu se zdá být vodní lázeň, která vykazovala nejkratší dobu inkubace a nevyskytovaly se zde

žádné plísňe. Pokud je záměrem chovatele inkubační dobu prodloužit, pak se lze domnívat, že vhodnou líní je kompost s pískem. Roli zde však kromě vlhkosti může hrát také teplota.

## 6. ZÁVĚR

Cílem této práce bylo zhodnotit vliv vlhkostních podmínek v osmi typech líní na délku inkubační doby. Experimentálním druhem byla strašilka *Ramulus* sp. (PSG 144). Byly zjištěny tyto skutečnosti:

- byl prokázán vliv uspořádání pokusu na délku inkubační doby vybraného druhu strašilky
- nejkratší inkubační doba v počtu 46 dnů - v líní vodní lázeň při průměrné 100% RH
- nejdelší inkubační doba v počtu 56,5 dnů - v líní kompost s pískem při průměrné 70,9% RH

## 7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Balej, P. (2008): Test vybraných vlastností terarijních substrátů. *Fauna* 19 (20), 6-8.

Beament, J. W. L. (1946): The formation and structure of the chorion of the egg in an hemipteran, *Rhodnius prolixus*. *Quart. J. of Micr. Sci.* 87, 393-439.

Bečvář S., Buchar, J., Burda A., Čuřík, P., Divoký, M., Hanel, L., Hromádka, J., Jakoubek, V., Kabátek, P., Kocina, R., Kovařík, F., Machytka, M., Pecina, P., Vaďura, K., Vilímová, J. (2000): *Hmyz, Chov, Morfologie*. Madagaskar, Jihlava, 108-160.

Bedford, G. O. (1970): The development of the eggs of *Didymuria violescens* (Phasmatodea: Phasmatidae: Podacanthinae) – embryology and determination of the stage at which first diapause occurs. *Aust. J. Zool.* 18, 155-169.

Bedford, G. O. (1978): Biology and ecology of the Phasmatodea. *Ann. Rev. Entomol* 23, 125-49.

Bergerard, J. (1958): Étude de la parthenogenese facultative de *Clitumnus extradentatus* Br. (Phasmida). Bull. biol. Fr. Belg. 92, 87-182.

Birkhead, T., Dunbar, R., Evans, P., Gattiová, A., Helton, D., Jameson, C., O'Connell, S. (1998): Soukromí živočichů. Reader's Digest Výběr, London.

Brock, P. D., Hasenpusch, J. W. (2009): The complete field guide to stick and leaf insects of Australia. Csiro Publishing, Collingwood.

Browning, T. O. (1967): Water, and the eggs of insects. In Insects and Physiology (J. W. L. Beament and J. E. Treherne, eds.) 315-328.

Bruins, E. (1999): Encyklopedie teraristiky. Rebo Productions CZ, s.r.o., Dobřejovice.

Cappe de Baillon, P. (1927): Recherches sur la tératologie des insectes. Encycl. ent. 8, 1-291.

Cappe de Baillon, P. and Vichet G. (1940): La parthenogenese des espèces du genre *Leptynia* Pant. (Orthoptera Phasmidae). Bull. biol. Fr. Belg. 92, 87-182.

Carlberg, U. (1981a): The reproductive rate of *Extatosoma tiaratum* (MacLeay) (Phasmida). Biol. Zbl. 100, 71-74.

Carlberg, U. (1981b): Development period of eggs of a *Baculum* species (Phasmida: Phasmatidae). Ent. mon. Mag. 117, 31-34.

Carlberg, U. (1981c): Storage of sperms in Phasmida (Insecta). Zool. Jb. Anat. 106, 568-571.

Carlberg, U. (1986): Phasmida Biological Review. Zool. Anz. 216 (1-2), 1-18.

Carlberg, U. (1991): Effect of Moisture on the Length of the Pre-embryonic Diapause and the Rate of the Embryonic Development in *Extatosoma tiaratum* MacLeay (Insecta: Phasmida). *Zool. Anz.* 227 (1-2), 25-37.

Clark, J. T. (1979): A key of the eggs of stick and leaf insects (Phasmida). *Syst. Ent.* 4, 325-331.

Conle, O. V., Hennemann, F. H. (2000-2010): [phasmatodea.com](http://phasmatodea.com)

Conle, O. V., Hennemann, F. H. (2008): Revision of Oriental Phasmatodea: The tribe Pharnaciini Günther, 1953, including the description of the world's longest insect and a survey of the family Phasmatidae Gray, 1835 with keys to the subfamilies and tribes (Phasmatodea: "Anareolatae": Phasmatidae). *Zootaxa* 1906, 1–316.

Davies, L. (1948) Laboratory studies on the egg of the blowfly, *Lucia sericata* (Mg.). *J. of Exp. Biol.* 25, 71-85.

Edney, E. B., Farner, D. S., Hoar, W. S., Hoelldobler, B., Langer, H., Landauer, M. (eds.) (1977): *Water Balance in Land Arthropods*. *Zooph. and Ecol.* 9, Springer-Verlag, Berlin.

Eisner, T., Shepherd, J. and Happ, G. M. (1966): Tanning of grasshopper eggs by an exocrine secretion. *Science* 152, 95-97.

Fraenkel, G. and Blewett, M. (1943): The utilization of metabolic water in insects. *Bull. ent. Res.* 35, 127-139.

Gilbert, L. I., Kerkut, G. A. (eds.) (1985): *Comprehensive insect physiology biochemistry and pharmacology* (vol. I), Embryogenesis and reproduction. Pergamon Press Ltd., Oxford.

Gilbert, L. I., Kerkut, G. A. (eds.) (1985): *Comprehensive insect physiology biochemistry and pharmacology* (vol. II), Postembryonic development. Pergamon Press Ltd., Oxford.

Hadlington, P. and Shipp, E. (1962): Diapause and parthenogenesis in the eggs of three species of Phasmatodea. Proc. Linn. Soc. NSW 86, 268-279.

Hadlington, P. (1965): Variation in diapause and parthenogenesis associated with geographic populations of *Podacanthus wilkinsoni* MacL. (Phas., Phasmatidae). J. Ent. Soc. Aust. (N.S.W.) 2, 45-49.

Hadlington, P. (1967): Parthenogenesis and diapause in the eggs of the Phasmid *Extatosoma tiaratum* (MacLeay). J. Ent. Soc. Aust. (N.S.W.) 3, 59-65.

Hinton, H. E. (1981): Biology of insect eggs (vol. I). Pergamon Press Ltd., Oxford.

Hinton, H. E. (1981): Biology of insect eggs (vol. II). Pergamon Press Ltd., Oxford.

Janisch, E. (1930): Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung der Umweltfaktoren auf Insekten. I. Die Massenvermehrung der Baumwollmotte *Prodenia littoralis* im Ägypten. Z. Morph. Ökol. Tiere 17, 339-416.

Lau, D. (1980): Auswirkung niedrigeren Temperaturen auf den Schlupf der Eier der Australischen Gespenstschrecke, *Extatosoma tiaratum* MayLeay. Milu 5, 37-48.

Leclercq, J. (1946): Effect of atmospheric humidity on the eggs of a phasmid *Carausius (Dixippus) morosus* Br.. Physiological Entomology 23 (1-3), 3-5.

Ludwig, D. and Anderson, J. M. (1942): Effects of different humidities, at various temperatures, on the early development of four saturniid moths (*Platysamia cecropia* Linnaeus, *Telea polyphemus* Cramer, *Samia walkeri* Felder and Felder, and *Callosamia promethea* Drury) and on the weights and water contents of their larvae. Ecology 23, 259-274.



Matthée, J. J. (1951): The structure and physiology of the egg of *Locustana pardalina*. Sci. Bull. Dep. Agric. S. Afr. 316, 1-83.

Mazzini, M. and Scali, V (1983): A scanning elektron microscope study of the eggs of three stick insect species of *Ramulus* (Phasmatodea Heteronemiidae) from Somalia. Monitore zool. ital. (N.S.) 17, 89-103.

Nohejl, M., Zajíček, J. (2001-2007): strasilky.cz

Obenberger, J. (1955): Entomologie II. Nakladatelství československé akademie věd, Praha.

Pantel, J. (1919a): Le calcium dans la physiologie normale des Phasmides (Ins. Orth.): oeuf et larve éclosante. C.r.hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris 168, 127-129.

Pantel, J. (1919b): Le calcium, forme de reserve dans la femelle des Phasmides; ses formes d'élimination dans les deux sexes, C.r. bebd. Séanc. Acad. Sci., Paris 168, 242-244.

Pyenson, L. and Sweetman, H. L. (1931): The effects of temperature and moisture on the eggs of *Epilachia corrupta* Mulsant (Coccinellidae, Coleoptera). Bull. Brooklyn ent. Soc. 26, 221-226.

Readshaw, J. L. and Bedford, G. O. (1971): Development of the Egypt the stick insect *Didymuria violescens* with particular reference to diapause. Aust. J. Zool. 19, 141-158.

Réaumur, R. A. F. de (1740): Mémoires pour servir á l'histoire des insectes 5, 126-129.

Roberts, M. (1994): *Parapachymorpha spinosa* Notes. P. Study G. Newsletter, 58, 11.

Roth, L. H. (1916): Observations on the growth and habits of the stick insect *Carausius morosus* Br.; intended as a contribution towards a knowledge of variation in an organism which reproduces itself by the parthenogenetic. Metod. Trans. ent. Soc. Lond., 345-386.

Sellick, J. T. C. (1994): Phasmida (stick insect) eggs from the eocene of Oregon. Palaeontology 37(4): 913-921.

Séverin, H. H. P. and Séverin, H. C. (1910): The effect of moisture and dryness on the emergence from the egg of the walking-stick, *Diapheromera femorata* Say. J. of Economic Ent. 3 (1), 479-481.

Scali, V. (1968): Biologia riproduttiva del *Bacillus rossius* (Rossi) nei dintorni di Pisa con particolare riferimento all'influenza del fotoperiodo. Atti Soc. Toscana Sci. Nat. (Pisa), Serie B – Memorie 75, 100-139.

Scali, V. (1982): Evolutionary biology and speciation of the stick insect *Bacillus rossius* (Insecta Phasmatodea). In: Barigozzi, C. (ed.). Mechanisms of speciation, New York, 393-410.

Shipp, E. (1964): Rates of development in eggs from three populations of *Didymuria violescens* (Leach) (Phasmatodea). Proc. Linn. Soc. NSW 88, 287-294 (1963).

Schmidt-Nielsen, K. (1984): Why is Animal Size so Important?. Cambridge University Press, New York.

StatSoft, Inc. (2009). STATISTICA (data analysis software system), version 9.0. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).

Stringer, I. A. N. (1968): Aspects of reproduction and development of *Clitarchus hookeri* (White). M. Sc. Thesis, Univ. of Auckland, New Zealand.

Voy, A. (1954a): Sur l'existence de deux catégories d'oeufs dans la ponte globale du phasme (*Clonopsis gallica* Charp.). C.r. hebdomadaire. Séances Acad. Sci., Paris 238, 625-627.

Voy, A. (1954b): Sur la répartition des deux catégories d'oeufs et la variation de la durée apparente du développement embryonnaire, au cours la ponte estivale, chez le phasme (*Clonopsis gallica* Charp.). C.r. hebdomadaire. Séances Acad. Sci., Paris 239, 196-198.

Voy, A. (1956): Sur la biologie du développement embryonnaire chez une espèce de Chéleuptoptères (Orthoptéroïde) français: *Clonopsis gallica* Charp. (Bacillinae). C. r. Ass. fr. Avanc. Sci., Paris 73, 462-464.

Wigglesworth, V. B. and Beament, J. W. L. (1950): The respiratory mechanisms of some insect eggs. Q. Jl microsc. Sci. 91, 429-452.

Yoder, J. A., Denlinger, D. L. (1992): Water vapour uptake by diapausing eggs of a tropical walking stick. Phys. Ent. 17 (1), 97-103.

## **8. PŘÍLOHY**

Autorka fotografií: Žaneta Šišková



Foto č.1: Líhně



Foto č.2: Vajíčka *Ramulus* sp. označená štítky v líhni „písek + molitan“

