



Pedagogická
fakulta
Faculty
of Education

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Pedagogická fakulta
Katedra biologie

Diplomová práce

Individuální růst a variabilita časných preimaginálních stádií vodní plošnice
bodule obecné (*Ilyocoris cimicoides*) (Heteroptera: Nepomorpha: Naucoridae)

Vypracovala: Simona Pilařová
Vedoucí práce: prof. RNDr. Miroslav Papáček, CSc.
Konzultant specialista: RNDr. Tomáš Ditrich, Ph.D.

České Budějovice 2014

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala samostatně, s využitím konzultací vedoucího diplomové práce, 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 Pedagogickou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledky obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Doubí 30.6. 2014

Simona Pilařová

.....

Děkuji prof. RNDr. Miroslavu Papáčkovi, CSc. za odborné vedení práce, pomoc, trpělivost a čas, který mi po celou dobu mé práce věnoval, za poskytnutí literatury a za pomoc při odchytu materiálu.

Děkuji RNDr. Tomáši Ditrichovi, Ph.D. za pomoc při zpracování dat, paní Mirce Krovové za ochotu, pomoc a poskytnutí technického zázemí a všem zaměstnancům PF JU.

Děkuji Šárce Plackové za neocenitelnou pomoc při odchovu jedinců v umělých chovech.

Děkuji Ladislavu Konvalinovi a celé svojí rodině za podporu a trpělivost při vypracování této práce.

Abstrakt:

Pilařová S., 2014: Individuální růst a variabilita časných preimaginálních stádií vodní plošnice bodule obecné (*Ilyocoris cimicoides*) (Heteroptera: Nepomorpha: Naucoridae) Magisterská diplomová práce, Pedagogická fakulta Jihočeské univerzity, České Budějovice. 65s.

Byl zkoumán vliv environmentálních faktorů (teplota a dostupnost potravy) na vývoj a růst prvních tří nymfálních stádií bodule obecné *Ilyocoris cimicoides* Linnaeus, 1758. Jedinci bodule byli chováni v experimentálních chovech individuálně od ekloze do dospělosti. Experimenty byly realizovány v kombinaci čtyř odlišných teplot (17°, 19°, 22° a 25°C) a dvou režimech různé dostupnosti potravy (full- krmení každý den, red- krmení obden) (celkem v osmi variantách pokusů).

Bylo zjištěno, že teplota ovlivnila významně délku vývoje. Nejkratšího vývoje dosahovali dle očekávání jedinci chovaní při teplotě 25 °C. Délka vývoje se s klesající teplotou prodlužovala. Při nejnižších teplotách, aplikovaných v experimentu (17 °C) se nejdéle vyvíjely nymfy 3. instaru, ale délka vývoje nymf 1. a 2. instaru se zkracovala. Nejnižší užitá teplota 17 °C, ale zároveň i teplota nejvyšší 25 °C, jsou pravděpodobně velmi blízko teplotní hranice, na které leží limity postembryonálního vývoje. Optimální teplotou pro vývoj bylo 22 °C. Dále bylo zjištěno, že dostupnost potravy měla rovněž významný vliv na vývoj a růst. Překvapivě menší mortalita byla zaznamenána u jedinců s redukováním potravním režimem, výjimkou byla pouze varianta s nízkou teplotou (19 °C), kde byla zaznamenána vyšší mortalita právě u jedinců krmených obden.

Klíčová slova: *Ilyocoris cimicoides*, morfometrie, teplota, potrava, růst, délka vývoje, mortalita.

Vedoucí práce: prof. RNDr. Miroslav Papáček, CSc.

Konzultant specialista: RNDr. Tomáš Ditrich, Ph.D.

Diplomová práce byla řešena v rámci projektu GA ČR P505/10/0096 Jak plastický je vodní hmyz? Měření růstu, fenotypové plasticity a evoluce u vybraných taxonů.

Abstract:

Pilařová S., 2014: Individual growth and variability of early development stage of creeping water bug *Ilyocoris cimicoides* (Heteroptera: Nepomorpha:Naucoridae) MSc. Thesis, University of South Bohemia, Faculty of Education, České Budějovice. 65pp.

This thesis investigates an influence of environmental variables (temperature and food availability) on development and growth of the first three nymphal stages of *Ilyocoris cimicoides* Linnaeus, 1758. Individuals were housed individually in experimental cages from eklosis into adulthood. Experiments were carried out in a combination of four different temperatures (17 °, 19 °, 22 ° and 25 ° C) and two different modes of food availability (full-fed every day, red-fed every other day) (in eight treatments). The temperature significantly influenced the length of nymphal development. According to our expectation, shortest development was achieved in individuals reared at 25° C. Development period was prolonged by decreasing temperatures. Unpredictably, the nymphs of the 3rd instar had longest development at the lowest temperatures (17 ° C) whereas nymphal development of the 1st and 2nd instars ran faster. Both, the lowest- (17 ° C) as well as the highest used temperature (25 ° C) are probably very close to the temperature limits, that corresponds to the limits of postembryonic development. The optimum temperature for development was 22 ° C. Furthermore, it has been found that food availability should also significantly affect growth and development. Surprisingly, less mortality was observed in individuals reared in reduced feeding treatment, except the only case - nymphs reared in low temperature (19 ° C), where higher mortality was found in individuals reared at the same food availability.

Key words: *Ilyocoris cimicoides*, morphometry, temperature, food, growth, development length, mortality

Supervisor: prof. RNDr. Miroslav Papáček, CSc.

Consultant specialist: RNDr. Tomáš Ditrich, Ph.D.

This thesis was supported by project GA CR P505/10/0096 How plastic is aquatic insects?

Measuring the growth and evolution of phenotypic plasticity in selected taxa.

Obsah

1) Úvod.....	1
2) Literární přehled.....	2
2.1 Hmyz (Insecta).....	2
2.2 Vývoj hmyzu.....	3
2.3 Typy vývoje a životních cyklů hmyzu.....	3
2.4 Růst hmyzu.....	5
2.5 Dyarovo pravidlo.....	7
2.6 Počet instarů hmyzu.....	8
2.7 Hormonální řízení vývoje hmyzu.....	11
2.8 Ploštice (Heteroptera).....	11
2.9 Vodní ploštice (Heteroptera: Nepomorpha).....	13
2.10 Morfometrické znaky a růst vodních ploštic.....	16
3) Materiál a metodika.....	22
3.1 Studovaný organismus.....	22
3.2 Sběr jedinců, práce v terénu.....	26
3.3 Chovy.....	27
3.4 Fotodokumentace.....	31
3.5 Měření a přehled měřených parametrů.....	33
3.6 Statistické vyhodnocování.....	36
4) Výsledky.....	37
4.1 Mortalita.....	37
4.2 Délka vývoje jednotlivých instarů v různých treatmentech.....	39
4.3 Vliv teploty a dostupnosti potravy na délku vývoje.....	40
4.4 Vliv teploty a dostupnosti potravy na růst.....	43

5) Diskuse.....	59
5.1 Mortalita.....	59
5.2 Délka vývoje jednotlivých instarů v různých treatmentech.....	59
5.3 Vliv teploty a dostupnosti potravy na délku vývoje.....	60
5.4 Vliv teploty a dostupnosti potravy na růst.....	60
6) Závěr.....	61
7) Seznam literatury.....	62

1 Úvod

Vodní ploštice (Heteroptera: Nepomorpha) jsou významnou součástí sladkovodních společenstev celého světa. Jsou zároveň častými modelovými organizmy pro studium vývoje a růstu druhů v přírodních populacích. Individuální ontogeneze vodních ploštic byly zatím studovány minimálně. Cílem této práce bylo shromáždit údaje o vývoji, růstu a morfometrické variabilitě bodule obecné (*Iliocoris cimicoides* Linnaeus, 1758), odchované v rozdílných teplotních podmínkách a dvou typech potravních režimů, a tak zjistit, jaký mají environmentální podmínky vliv na jejich růst. Jak bylo zmíněno, většina dosavadních výzkumů růstu vodních ploštic se zaměřuje na studium jedinců z přírodních populací. U takového souboru ale neznáme přesné absolutní stáří jedinců a neznáme, jakými faktory byl ovlivňován jejich vývoj - např. teplotními výkyvy, rozdílnou dostupností potravy. Z tohoto důvodu byl výzkum bodule obecné prováděn v laboratorním chovu, do kterého byli vysazeni dospělci odchycení v přírodě, kteří se posléze rozmnožili. Původním záměrem bylo sledování růstu u všech vývojových stádií. Vzhledem k poměrně vysoké mortalitě u starších instarů (4. a 5.) v opakovaných pokusech, a tím nedostatku spolehlivých dat, byl původní záměr přehodnocen a tato práce přináší informaci o růstu a variabilitě mladších vývojových stádií (1., 2., a 3. instar).

Diplomová práce by měla zodpovědět tuto otázku:

Jaký vliv mají vybrané environmentální faktory (teplota a dostupnost potravy) na vývoj a růst bodule obecné?

2 Literární přehled

2.1 Hmyz (Insecta)

Hmyz je nejrozmanitější skupina živočichů, která zahrnuje více než polovinu všech druhů žijících organismů na světě.

Jednotlivé druhy obývají snad všechny typy suchozemského prostředí, sladkou vodu i vzduch.

Vodní hmyz se adaptoval k životu v nejrůznějších typech stojatých i tekoucích vod. Zástupce běžně nalezneme v potocích, řekách i říčkách, jezerech či rybnících, až po brakické vody. Několik druhů lze výjimečně nalézt i v mořích (Lellák, 1972).

Hlavní překážkou v adaptaci k vodnímu způsobu života původně suchozemského hmyzu je respirace. Přesto však můžeme u celé řady řádů nalézt akvatické i semiakvatické zástupce. U řádů pošvatek (Plecoptera), jepic (Ephemeroptera), vážek (Odonata) a střechatek (Megaloptera) žijí ve vodě nedospělá vývojová stádia. Také chrostíci (Trichoptera) jsou až na ojedinělé výjimky vodní. Z velmi bohatých řádů ploštic (Heteroptera), motýlů (Lepidoptera), brouků (Coleoptera), síťokřídlých (Neuroptera), blanokřídlých (Hymenoptera) a dvoukřídlých (Diptera) je jen malé procento vodních, z toho pouze zástupci ploštic a brouků žijí ve vodě i v dospělosti (Lellák, 1972).

Hmyz jako třída podkmene šestinohých (Hexapoda) a kmene členovců (Arthropoda) zahrnuje více než 3/4 všech známých druhů živočichů. Stavba těla jeho zástupců odpovídá plně modelu stavby těla šestinohých členovců (Campbell a Reece, 2008).

2.2 Vývoj hmyzu

Vývoj hmyzu má velice složitý průběh, uskutečňující se v několika cyklech a dějích. Také rozmnožování je poměrně rozmanité. U většiny zástupců začíná vývoj od vajíčka, ze kterého se posléze líhnou. Objevují se však i zástupci vejcoživorodí (oviviparní), kdy se vajíčko vyvíjí uvnitř těla matky a mláďata se líhnou po snůšce (např. šváb *Blattella germanica*) a také živorodí (viviparní, např. švábi z rodu *Diploptera*) (Gullan a Cranston, 2010 in Paulová 2012). Většina zástupců se rozmnožuje klasickým způsobem pohlavního rozmnožování, kdy samec oplodí samici. U některých druhů se objevuje také partenogeneze (např. u strašilek), kdy samice nepotřebuje k oplodnění samce. Biologickým procesem, který je ale společný všem je proměna (metamorfóza).

2.3 Typy vývoje a životních cyklů hmyzu

Hmyz dělíme podle způsobu vývoje do dvou velkých skupin. Tou první je hmyz s proměnou nedokonalou (Hemimetabola, Exopterygota). Druhá se nazývá hmyz s proměnou dokonalou (Holometabola, Endopterygota.)

Ve vývojovém cyklu Hemimetabola se objevují jednotlivá stádia, která lze označujeme převážně nymfy. Hlavním znakem je jejich podobnost dospělci, tedy až na nevyvinutá křídla a pohlavní orgány. Od dospělé se odlišují hlavně velikostí, která se postupně od prvního instaru zvětšuje, až dosáhne jedinec stádia dospělé.

Dokonalá proměna Holometabola spočívá v několika vývojových fázích. Těmi je postupně vajíčko, larva, kukla (pupa) a dospělý jedinec (imago). Důležitým znakem je vzhledová odlišnost larvy od dospělé a absence základů křídel. Z vajíček se líhnou larvy, které můžeme

rozdělit do pěti skupin: vermiforma (červ), eruciforma (housenka), campodeiforma, scarbaeiforma (ponrava) a elateriforma (drátovec). Druhým stádiem je kukla, u které lze rozlišit tři typy: pupa obtecta (kukla mumiová) s dobře zřetelnou hlavou s tykadly, pupa libera (kukla volná) se základy končetin a pupa coarctata (kukla uzavřená). V této fázi se jedinec nachází v období klidu a nepřijímá potravu. Je ale velice významná, jelikož dochází k velké přeměně vnitřních orgánů larvy, která se následně mění v dospělce. Proto je tento děj označován jako přeměna dokonalá (Paulová, 2012).

Počet generací v průběhu jednoho roku označujeme jako voltinismus. Pouze jednu generaci mají druhy monovoltinní či univoltinní. Do této skupiny řadíme většinu druhů vodních ploštic. Druhy, mající dvě generace do roka, označujeme jako bivoltinní nebo divoltinní a druhy s více generacemi v roce jako polyvoltinní. Druhy jejichž vývoj a životní cyklus trvá naopak déle než rok jsou druhy semivoltinní.

Důležitou složkou životního cyklu hmyzu je diapauza, která mu umožňuje překonávat nepříznivá období. Jedná se o období reprodukčního klidu, přerušení růstu a vývoje jedince, které souvisí s hormonální regulací hmyzu. V případě hmyzu je nejčastější zastavení vývoje ve stádiu vajíčka nebo kukly. Jedná se o způsob přežití využívaný téměř všemi druhy hmyzu. Faktorem vyvolávajícím diapauzu může být nedostatek potravy či změna klimatu. Zkracující se délka dne před příchodem zimy působí pro hmyz jako signál k zastavení sekrece juvenilního hormonu (JH), nezbytným pro oogenezi. S prodloužením fotoperiody dochází naopak k obnovení reprodukce (Košťál V., 2006.)

2.4 Růst hmyzu

Pro růst hmyzu je zásadní přítomnost vnější kostry- exoskeletu (Paulová, 2012). Vnější povrchem tagmatizovaného a článkovaného těla hmyzu je kutikula, tvořena chitinem a skleroproteiny. Kutikula je tvořena obvykle dvěma vrstvami: tlustší (10 μm - 0,5 mm) prokutikulou (procuticle), pokrytou tenkou vrstvou (3-0,3 μm) epikutikuly (epicuticle). Prokutikula je sama tvořena ještě silnou vrstvou spodní endokutikuly a slabší vrstvou exokutikuly. Epikutikula je většinou tvořena ze tří vrstev: vnitřní, vnější a povrchová. Povrchová epikutikula je u mnoha zástupců hmyzu pokryta vrstvou tuku nebo vosku, která zabraňuje dehydrataci, odráží přebytečnou dešťovou vodu a UV záření, poskytuje maskování nebo odrazuje predátory (Gullan a Cranston, 2010 in Paulová, 2012).

Protože kutikula je pevnou vnější strukturou, nemůže se průběžně zvětšovat a růst hmyzu tak neprobíhá plynule. Proto hmyz podstupuje během svého vývoje řadu svlékání (ekdyse, ecdysis nebo molting), během něhož je nedostatečně velká a těsná kutikula nahrazena novou, pružnou a postupně sklerotizující, která umožňuje růst v období svlékání a těsně po něm (Paulová, 2012).

Těsně před samotným svlékáním je jedinec neaktivní. Dojde k oddělení starého exoskeletu od epidermálních buněk, přičemž dochází k odloučení svalů a nervových zakončení od kutikulárních smyslových orgánů. Tento proces se nazývá apofýza. Do nově vzniklého prostoru mezi epidermálními buňkami a starou kutikulou je vyloučena tzv. exuviální tekutina a prozatím neaktivními enzymy. Epidermální buňky začnou pod starou kutikulou produkovat kutikulu novou. Dochází k aktivaci enzymů v tekutině, které rozkládají spodní část staré kutikuly a posléze dochází k její resorpci (Paulová, 2012).

Jedinec se následně zbavuje staré kutikuly. Za pomoci kroutivých pohybů a někdy také tlaku hemolymfy dochází k prasknutí staré kutikuly v předem určených, tzv. ekdysiálních liniích a posléze ji jedinec opouští.

Svlečená kutikula je označována jako svlečka (exuvie). V některých případech, hlavně pokud nemá jedinec k dispozici optimální podmínky, může dojít k jeho uvěznění v polosvlečené kutikule. To má v nejhorším případě za následek smrt, lepší variantou může být ztráta jedné či více končetin (Paulová, 2012).

Bezprostředně po svlékání je jedinec světloužlutě až světlezeleně zbarvený a kutikula je měkká. V tomto období se jedinec stává zranitelným, ale zároveň mu umožňuje růst. K růstu silných sklerotizovaných částí těla dochází pomocí přesunutí tělních tekutin z měkčích částí těla. Nová kutikula se časem na vzduchu zpevňuje a tuhne, aby se mohla stát pevnou oporou těla (Paulová, 2012).

Dle Gullana a Cranstona (2010) rozlišujeme u hmyzu dvě růstové fáze:

1. „Svlékačí“ přírůstek (molt increment), vyskytující se mezi dvěma stádii. Je měřen v rozměru šířky nebo délky dané sklerotizované části těla. Hmotnostní přírůstek může být nepřesný, z důvodu odlišné dostupnosti potravy.
2. Růst v období mezi jednotlivými svlékáními (intermolt period). Je značně ovlivněn teplotou, dostupností potravy, pohlavím či případným tělesným handicapem např. ztrátou končetin.

U některých skupin dochází ke svlékání i v dospělosti. Například u vidličnatek, bezkřídlého hmyzu a chvostoskoků neexistuje konečné stádium a pravidelně se tak svlékají až do konce svého života. U většiny zástupců ale dochází ke konečnému zastavení růstu, která souvisí se

schopností reprodukce a jedinec se dostává do stádia dospelce neboli imaga (Gullan a Cranston, 2010 in Paulová, 2012).

2.5 Dyarovo pravidlo

Harrison G. Dyar, který toto pravidlo poprvé publikoval v roce 1980, se podrobně zabýval šířkou hlavové kapsuly u larev motýlů. Dle naměřených dat usoudil, že se šířka hlavy v jednotlivých fázích řídí geometrickým růstem, což jen potvrzuje hlavní myšlenku Dyarova pravidla, které říká, že procentuální nárůst velikosti těla mezi jednotlivými instary je konstantní. Můžeme tedy obecně říci, že se délky částí těla pokrytých kutikulou mezi jednotlivými svlékáními pravidelně zvětšují podle vzorce:

$$b = a \cdot x$$

a- rozměr před svlečením

b- rozměr po svlečení

x- konstanta (Dyarův koeficient)

(Svobodová,2012)

Testováním Dyarova pravidla se zabývali Klingenberg a Zimmermann (1992) u rodu *Gerris* a *Aquarius*. Měřenými parametry byla šířka hlavy, délka čtyř antenálních článků, délka stehna, holeně a článků a střední a zadní nohy. Z výsledků však vyplývá, že pravidlo není u testovaných druhů spolehlivé, jelikož se růstové poměry měnily (Paulová, 2012, Svobodová, 2012).

2.6 Počet instarů

Jednotlivá vývojová stádia, lišící se velikostí a často i strukturami kutikuly, označujeme jako instary. Počet instarů je u hmyzu rozmanitý, může dosahovat poměrně vysokého počtu, ale naopak také např. pouze tří vývojových stádií (Paulová, 2012).

Důležitým faktorem ovlivňujícím délku trvání jednotlivých instarů je teplota. Teplota obecně ovlivňuje rychlost chemických reakcí (dle Arrheniovy rovnice) a můžeme říci, že ve fyziologických mezích zvyšuje i rychlost metabolismu a vývoj každého jedince. Můžeme tedy říci, že délka vývoje hmyzu je nepřímo závislá na teplotě (Spence a Andersen, 1994, Janošík a kol., 2004 in Paulová 2012).

Celkový počet vývojových stádií (instarů) je u mnoha zástupců geneticky kódovaný, což znamená, že je přesně určen a neodráží se v něm ani odlišné podmínky prostředí jako je teplota či dostupnost potravy (Gullan a Cranston, 2010 in Paulová, 2012).

Tabulka I. Přehled počtu larválních instarů a délky postembryonálního vývoje u jednotlivých řádů – příklady (Sehnal, 1985, Paulová 2012). Legenda: D - dny, T - týdny, M - měsíce, R - roky. *U drobnělek (Zoraptera) neuvádí Sehnal (1985) žádné údaje.

ŘÁD	Počet instarů	Délka Vývoje
chvostnatky (Archeognatha)	10-14	M, R
rybenky (Zygentoma)	9- 14	M, R
jepice (Ephemeroptera)	20- 40	M, (R)
švábi (Blattaria)	(3)-6-10-(18)	T, M
kudlanky (Mantodea)	5- 9	M
cvrčkovci (Grylloblattodea)	8	R
rovnokřídli (Orthoptera)	5- 11	(T), M, (R)
strašilky (Phasmida)	8- 12	M, (R)
všekazi (Isoptera)	5- 11	M, R
škvoři (Dermaptera)	4- 6	(T), M, (R)
snoatky (Embioptera)	4- 7	M, (R)
pošvatky (Plecoptera)	22- 23	M, R
drobnělký (Zoraptera)	*	
ploštice (Heteroptera)	4-(5)-9	(T), M, R
stejnokřídli (Homoptera)	3- 5	D, T, M, Y
třásnokřídli (Thysanoptera)	5- 6	T, (M)
pisivky (Psocoptera)	6	T, M

vši a všenky (Phthiraptera)	3- 4	T, M
řásnokřídlí (Strepsiptera)	7?	(T), M, R
brouci (Coleoptera)	3- 5 (10)	(D). T, M, (R)
dlouhošíjky (Raphidioptera)	3- 4	T, M
střechatky (Megaloptera)	10	R
sít'okřídlí (Neuroptera)	3- 5	T, (M)
srpice (Mecoptera)	4	T, (M)
blechy (Siphonaptera)	3	(D), T, (M)
dvoukřídlí (Diptera)	3- 6	D, T, M, (R)
chrostíci (Trichoptera)	5- 7	T, M, Y
motýli (Lepidoptera)	(3)5-6(11)	T, M
blanokřídlí (Hymenoptera)	3- 6	(D), T, (M)

2.7 Hormonální řízení vývoje hmyzu

Většina hmyzu prochází několika larválními stádii, kdy každé svlékání vede k vývoji většinou většího následného stadia.. Metamorfózou konečného larválního stadia vzniká buď dospělec (v rámci hemimetabolie) nebo kukla (pupa), která se přeměňuje v dospělce (v rámci holometabolie). Vývoj nedospělých stadií je řízen a kontrolován hormony (Campbell a Reece, 2008).

První důležitou oblastí jsou neurosekreční buňky mozku, které produkují mozkový hormon (z „angl.brain hormone“- BH nebo aktivační hormon). Ten se hromadí v tzv. kardinálních těliscích. Jeho hlavním úkolem je přenos signálu k druhé významné oblasti- prothorakální žláze. Zde dochází k sekreci hormonu ekdyzonu, která je epizodická, každým uvolněním dochází k stimulaci hmyzí přeměny.

Třetím důležitým místem jsou přilehlá tělíska („corpus allatum“) v mozku. Ta vylučují juvenilní hormon (JH), jehož úkolem je řídit výsledný stav vývoje.

Při relativně vysoké koncentraci JH se vytváří další larvální stádium, JH tedy potlačuje metamorfózu. Pokud koncentrace JH poklesne pod určitou hladinu, přetváří se kukla v následující, ekdysonem indukované stádium (např. Campbell a Reece, 2008).

2.8 Ploštice (Heteroptera)

Ploštice jsou velmi starobylý řád hmyzu, jehož doklady o existenci sahají až do období permu a začátku mesozoika. Zřejmě již v triasu došlo k morfologickému rozlišení dnešních suchozemských a vodních ploštic. Z toho lze usuzovat, že již tehdy žila jedna skupina ploštic na souši a druhá ve vodě (Lellák, 1972).

Ploštice jsou rozmanitá skupina malého, středně velkého i velkého hmyzu, rozšířená prakticky po celém světě a ve všech životních prostředích. Nežijí pouze pod hladinou a na dně moří. Dnes je známo asi 26 000 druhů, přičemž 950 druhů žije na území ČR (Lellák, 1972 in Janochová, 2001).

Svůj název získaly podle dorzálně zploštělého těla. Jedná se o druhy, žijící v běžné suchozemské vegetaci, ale také o zástupce vodní či druhy parazitující na obratlovcích i člověku. Býložravé druhy (herbivorní) se živí většinou sáním rostlinných šťáv. Dravé druhy (karnivorní), kam řadíme i velké vodní ploštice, jsou schopny ulovit i potravu větší, než jsou samy.

Hlava je volná, se dvěma složenýma očima a zpravidla dvěma jednoduchými ocellami. Společným znakem je bodavě sací ústní ústrojí, tvořené labiálním bodcem (rostrum) složeným ze 3-4 článků. Svrchní pysk (labrum) je značně vyvinut, hlavně u splešťulí (Nepidae), kde je trojúhelníkovitého tvaru. Spodní pysk objímá velmi úzké štěty, vytvořené z přeměněných kusadel a čelistí. Sliny mají u býložravých druhů leptavý účinek na rostlinné tkáně, u dravých jsou velmi jedovaté a po vstříknutí do těla kořisti způsobí ihned její omráčení nebo usmrcení (Lellák, 1972).

Tykadla ploštic jsou dvojího typu a jejich stavba je natolik charakteristická, že ji lze využít k rozdělení na dva podřády. U suchozemských jsou 4-5ti členná, dlouhá a volná. Do této skupiny řadíme i přechodnou ekologickou skupinu mezi vodním a suchozemským prostředím, tzv. semiakvatické druhy (infrařád Gerromorpha), žijící na vodní hladině a plovoucích vodních rostlinách. U pravých nektonních vodních ploštic (infrařád Nepomorpha) jsou tykadla 1-4 členná, zpravidla krátká a nikdy neodstávají od hlavy, často na ní nejsou ani patrná (Lellák, 1972).

Většina ploštic má vyvinutá křídla. Zadní, blanitá křídla, jsou menší než přední pár, přeměněný v polokrovky. U některých mohou být křídla zkrácená, nebo jsou úplně bezkřídlé (např. štěnice).

Rozmanitost končetin se odráží v prostředí, kde ploštice žijí, ale také v potravní strategii. U suchozemských druhů se vyskytují zpravidla kráčivé končetiny, u vodních bývají přeměněny k plavání (např. Naucoridae, Notonectidae, Corixidae), případně také u dravých druhů v nohy chápavé (loupeživé, raptoriální), sloužící k dobrému uchopení kořisti při jejím tlaku a vysávání.

U většiny probíhá pohlavní rozmnožování, kdy se při kopulaci dostává sperma do kopulačních orgánů samice. Páření probíhá různým způsobem v závislosti na druhu. Samice kladou vajíčka, často ve skupinkách, na rozmanitý podklad (Hůrka, Čepická, 1980). Prodělávají proměnu nedokonalou. Většina ploštic má 5 nymfálních instarů, jiný počet, např. 4 u některých hladinatek z čeledi Veliidae nebo některých splešťulí z čeledi *Nepidae* je výjimečný (Hůrka, Čepická, 1980; Papáček, pers.comm.).

2.9 Vodní ploštice (Heteroptera: Nepomorpha)

Většina druhů vodních ploštic žije na sladkovodních stanovištích ve vodním sloupci nebo bentickým způsobem života. Lze je nalézt v různých typech habitatů od malých rybníků až po řeky, jezera a dokonce i brakické vody (Lellák, 1972 in Indrová I., 2004).

Převážná část vodních ploštic jsou karnivorní, pouze malé množství je herbivorních. Dravé nektonní ploštice žijí v nejrozmanitějších biotopech. K bentickým plošticím žijícím v bahně patří např. splešťule blátivá (*Nepa cinerea*) a jehlanka válcovitá (*Renatra linearis*). Řada

druhů žije volně mezi vegetací stojatých i mírně tekoucích vod, např. bodule obecná (*Ilyocoris cimicoides*) a znakoplavka obecná (*Notonecta glauca*). Loví nejčastěji různé menší druhy vodního hmyzu a jeho nymfy a larvy. Zástupci čeledi Naucoridae často příležitostně napadají i rybí potěr. Jejich potrava je vysávána a současně vstupuje do kořisti toxický sekret slinných žláz, který narušuje tkáň a představuje v podstatě primitivní způsob extraintestinálního trávení. Dravé ploštice se nezdávka dopouští kanibalismu, přičemž mohou napadat i slabší příslušníky vlastního druhu, vlastní nymfy i vajíčka.

K býložravým druhům patří pouze příslušníci klešťankovitých (Corixidae), které mají svým způsobem výživy výjimečné postavení. Specializují se na sladkovodní řasy. Jejich ústní ústrojí je tomuto způsobu přizpůsobeno, rostrum i štěty jsou velmi krátké a s jejich pomocí tak vysávají buněčný obsah řas (Lellák, 1972).

Kráčivý tvar nohou je u vodních čeledí zachován u splešťulovitých, žijících na dně. Zástupci čeledí Naucoridae, Notonectidae a Corixidae mají zadní pár přeměněn v nohy plovací. Jsou velmi dobrými plavci, při plování pohybují zadními veslovitými nohama současně. U různých zástupců je možné sledovat různý stupeň morfologické adaptace u plovacích nohou. U Notonectidae jsou holeně i chodidla v průřezu okrouhlá, u Naucoridae a Corixidae jsou zploštělé a veslovité. Plovací nohy bývají navíc opatřeny jedno nebo dvouřadým lemem plovacích brv, které zvětšují plochu veslovité nohy. U dravých druhů jsou přední nohy často přeměněny v loupeživý orgán (Lellák, 1972).

Zvláštní funkci mají nohy u Notonectidae, kdy jsou u středních noh mezi holení a stehnem zvláštní hřebínky, sloužící k čištění sosáku. U Gerridae došlo k přeměně zadních stehen samců v orgán, který slouží k zachycení na samici při kopulaci.

U semiakvatických (pleustonních) čeledí Gerridae, Veliidae, Hebridae a Hydrometridae jsou končetiny přizpůsobené k pohybu po hladině vody (Lellák, 1972). U všech čeledí dochází k oddálení kyčlí, takže nohy odstávají široce do stran a zajišťují tak dobrou stabilitu. Poslední chodidlový článek druhého a třetího páru noh nese hustě obrvený výrůstek, jehož obrvení je hydrofobní. U vodoměrek (Hydrometridae) je tento orgán na všech třech párech končetin a zajišťuje rychlý a bezpečný klouzavý nebo kráčivý pohyb. Nejlépe jsou životu na vodní hladině přizpůsobeni bruslařkovití (Gerridae), Veliidae dávají přednost menším tokům a stružkám s mírným proudem. (Lellák, 1972).

Všechny pleustonní druhy jsou karnivorní, svou kořist loví na hladině, ale živý se také utopeným a mrtvým hmyzem na vodní hladině. Bruslařky a hladinatky se pohybují po hladině jen po středním a zadním páru nohou, přední nohy slouží k uchvácení a přidržení kořisti. Vodoměrky si kořist nabodávají, aniž by si ji přidržovali nohama (Lellák, 1972).

Vodní ploštice mají až na výjimky otevřený tracheální systém a dýchají vzdušný kyslík. Pomocí průduchů dýchají kyslík ze vzduchové bubliny, kterou si udržují na různých částech těla, nejčastěji na břišní straně (Smejkalová, 2001). Jen u prvního a druhého instaru nymf rodu *Corixa* s u všech nymf rodu *Sigara* je tento systém uzavřený. Tyto nymfy dýchají buď celým povrchem těla, nebo pomocí konečníku (rektum). Úprava dýchacích orgánů a způsob získávání kyslíku jsou u jednotlivých čeledí variabilní. U Corixidae jsou k tomuto účelu vytvořeny v hrudních článcích vzdušné vaky, klešťanky vystoupí na vodní hladinu hlavu a hrudí napřed, prorazí povrchovou blanku a nabírají vzduch do komor. Podobnost lze nalézt u čeledi Naucoridae, ale k hladině vystupují koncem zadečku napřed, podobně jako zástupci Notonectidae. Hydrofobní brvy zadržují na těle znakoplavky tenký film vzduchu. Důležitým orgánem jsou u znakoplavek tykadla, která spočívají trvale na vzduchové bublině, a fungují jako orgán kontroly spotřeby vzduchu (Lellák, 1972). Dle Lelláka (1972) bylo také

prokázáno, že při ztrátě tykadel nemá znakoplavka šanci registrovat množství spotřeby kyslíku a může se utopit.

Zcela odlišný způsob dýchání je u splešťule blátivé (Nepidae). U nymf dochází k protažení konce zadečku na výběžek, kde jsou umístěny kanálky, kam ústí 7 párů stigmat. Splešťule dýchá pomocí sifonu na zadečku, na jehož konci je věneček hydrofobních chloupků, bránících zalití rourky (Džisová, 2002).

Většina druhů se rozmnožuje na jaře a v létě. Vajíčka jsou převážně kladena pod vodou. *Ranatra linearis* klade vajíčka do stonků rákosu vynořeného nad hladinu, podobně i *Ilyocoris cimicoides*, *Notonecta glauca* a ostatní kladou vajíčka na vodní rostliny. Z vajíček se líhnou nymfy, které následně procházejí, až na několik výjimek, vývojem v průběhu pěti instarů. Nymfy se během svého vývoje podobají stále více dospělcům a prodělávají tzv. heterometabolickou paurometabolií (Lellák, 1972). Prodělávají postupný vývoj bez klidového stádia, jde o vývoj tzv. epimorfního typu (Džisová, 2002). Poslední instar nymfy se mění po posledním svlékání přímo v imago (Lellák, 1972) Většina druhů vodních ploštic v našich podmínkách má jen jednu generaci do roka.

2.10 Morfometrické znaky a růst vodních ploštic

Morfometrickou analýzu a jejím využití v praxi biologického vzdělávání popisuje ve své práci Dvořáková (1985). V rámci zvýšení hodin praktických cvičení biologie na gymnáziích a většímu zohlednění metod vědecké práce uvádí jako jednu z vhodných metod právě morfometrickou analýzu biologických objektů. Při zjišťování morfometrické charakteristiky

byli pro měření užití jedinci všech vývojových stádií znakoplavky obecné (*Notonecta glauca*). U imág obou pohlaví bylo stanoveno celkem 15 měřených znaků, u preimaginálních stádií 17.

Morofmetrickou charakteristikou a životním cyklem nymf 3.- 5. instaru rodu *Corixa punctata* (Corixidae) se ve své práci zabývá také Bohoněk (1987). Celkem bylo měřeno 20 morfometrických znaků. Za účelem studia dozrávání vaječníků byly navíc zhotovovány mikropreparáty vnitřních pohlavních orgánů. Výsledkem fenologického výzkumu a zejména výsledky studia maturace samičích pohlavních orgánů bylo také dokázáno, že populace druhu je v podmínkách Českobudějovické pánve univoltinní.

Ondrová (1987) zkoumala variabilitu populace a alometrický růst *Micronecta minutissima* (Heteroptera: Corixidae) (ve skutečnosti jde o druh *M. scholii*, Papáček, pers. comm). Celkem bylo měřeno 9 parametrů u dospělých jedinců, u preimaginálních stádií 11.

Životní cyklus a růstové charakteristiky jedinců 1. a 2. generace klešťanky *Cymatia coleoprata* v Českobudějovické pánvi popisuje ve své práci Tříška (1989). Celkem stanovuje 13 měřených rozměrů těla, u nymf 1. a 2. instaru vzhledem k jejich variabilitě pouze 10 a 11 rozměrů na končetinách. Rozborem odchycených jedinců bylo prokázáno, že *Cymatia coleoprata* je v Českobudějovické pánvi bivoltinní.

Jandová (2003) sledovala životní cyklus hladinatky *Velia caprai* (Heteroptera: Veliidae) v Novohradských horách. Rozborem vzorků 1467 odchycených jedinců se zdálo, že *Velia caprai* je v Novohradských horách bivoltinní. Později bylo zjištěno, že druh je ve skutečnosti univoltinní a má dlouhou ovipoziční periodu a dlouhý výskyt nymf periodu (Ditrich, Papáček, 2009). Zároveň bylo díky srovnání naměřených parametrů těl jedinců jarní (1.generace – ve skutečnosti časně nymfy) a letní (2.generace – ve skutečnosti pozdní nymfy) zjištěno, že larvy generace jarní jsou celkově větší než generace letní. Jako spolehlivý rozlišovací

morfometrický znak jsou uvedeny zejména délka těla a délka femurů 3. páru nohou. U imag není k rozlišení pohlaví nutné rozlišovat morfometrické znaky, jako spolehlivé je uvedeno rozlišení podle zbarvení dorsa a tvaru terminálních článků zadečku.

Životní cyklus a růst bruslařky obecné (*Gerris lacustris*) (Heteroptera: Gerromorpha: Gerridae) studoval Simandl (2006). Dílčím úkolem bylo také získání morfometrických charakteristik jednotlivých vývojových stádií a zjištění vybraných růstových charakteristik. Celkem bylo stanoveno 14 znaků, určených k morfologické charakteristice u imag i u nymf. Rozborem sběrů jedinců všech vývojových stádií a fenologických dat bylo potvrzeno, že druh je v oblasti Českomoravské vrchoviny univoltinní. Vzhledem k výsledkům analýzy morfometrických znaků larev a dospělců bylo zjištěno, že ke spolehlivému určení larválních stádií se dají využít, podobně jako u Jandové, celková délka těla a délka stehen zadních a navíc i středních nohou.

Tůma (2006) zkoumal životní cyklus a růst klešťanky obecné (*Sigara falleni*) (Heteroptera: Nepomorpha: Corixidae) v oblasti Českomoravské vysočiny. Zároveň bylo úkolem získat spolehlivé morfometrické charakteristiky všech vývojových stádií a určit růstové charakteristiky a porovnat morfometricky jednotlivá vývojová stádia jarní (1.generace) a letní (2.generace).

Indrová (2008) se podrobně zabývala vývojem a růstem bentické vodní ploštice hlubenky skryté (*Aphelocheirus aestivalis*) (Heteroptera: Aphelocheiridae). Úkolem bylo popsat a morfologicky definovat jednotlivá vývojová stádia, zjistit morfologické statistiky jednotlivých vývojových stádií a charakterizovat růst prostřednictvím růstových křivek.

Vilimovská (2012) popisuje ve své práci růst a variabilitu jedinců vodní ploštice splešťule blátivé (*Nepa cinerea*) (Heteroptera: Nepomorpha: Nepidae). Byly studovány morfometrické

charakteristiky a růst této univoltinní dravé plošnice na základě dat naměřených na čerstvě smrcených jedincích, stejných jedincích fixovaných etanolem a jedincích preparovaných na sucho. Bylo dokázáno, všechny 3 typy ovlivnili zejména hmotnost a u dospělců mediální abdominální ventrální délku, ostatní studované rozměry nebyly ovlivněny. Jako spolehlivý rozměr pro odlišení vývojových stádií byla stanovena především mediální délka těla.

Papáček (2011) porovnává dvanáct druhů vodních ploštic s ohledem na jejich životní cyklus, konkrétně rozlišuje cyklus univoltinní, bivoltinní a semivoltinní. Porovnává tyto druhy: *Aphelocheirus aestivalis*, *Nepa cinerea*, *Ranatra linearis*, *Corixa punctata*, *Notonecta glauca*, *Ilyocoris cimicoides*, *Micronecta Schulzi*, *Plea minutissima*, *Velia caprai*, *Cymatia coleoptera*, *Sigara falenniá* a *Gerris lacustris*.

Vývojem a růstem vodní plošnice člunovky obecné (*Plea leachi*= *minutissima*) (Heteroptera: Pleidae) se v Českobudějovické pánvi podrobně zabýval také Papáček (1985).

Keffer a McPherson (1988) se zabývali podrobným popisem jednotlivých larválních stádií *Abedus breviceps* (Heteroptera: Belostomatidae). Výzkum probíhal u nymf 1.- 5. instaru populace, pocházející z Texasu, které byly následně popsány a zakresleny. Důležitým poznatkem je spolehlivé rozlišení jednotlivých vývojových stádií jedinců.

McPherson a kol. (1987) prováděli morfometrickou analýzu u pěti vývojových stádií *Pelocoris femoratus* (Heteroptera: Naucoridae) v jižní Illinois. Byly měřeny tyto rozměry: délka a šířka těla, oční šířka hlavy, interokulární šířka, délka hlavy, délka pronota, mesonota a metanota, a délky jednotlivých článků všech končetin.

McPherson a Packauskas (1987) dokumentovali životní cyklus a morfometrickou analýzu druhu *Nepa apiculata* (Heteroptera: Nepidae) obdobně v jižní Illinois. Upozorňují, že tento druh má ve svém životním cyklu pouze čtyři nymfální stádia.

McPherson a Packauskas (1986) studovali také životní cyklus druhu *Belostoma lutarium* (Heteroptera: Belostomatidae). Taktéž provedli morfometrickou analýzu všech pěti vývojových stádií.

Packauskas a McPherson (1986) se zabývali životním cyklem a morfometrickou analýzou druhu *Ranatra fusca* (Heteroptera: Nepidae) v USA. Kromě jednotlivých rozměrů těla a končetin uvádí také délku a šířku vajíčka.

Klingenberg a Spence (1993) studovali možné vývojové změny u rodu *Limnopus* (Gerridae), které mohou být příčinou změn ve velikosti a tvaru jedinců. Jako možné typy uvádějí změny heterochronické a alometrické. Jsou zde uvedeny jednotlivé druhy rodu *Limnopus*- *L. dissortis*, *L. notabilis*, *L. rufoscutellatus*, *L. esakii*, *L. genitális* a *L. canaliculatus*, u kterých byly změny postupně zkoumány.

Klingenberg a Spence (1997) se dále zabývali otázkou evoluce, konkrétně jak důležitou roli má během evoluce velikost těla. Svou studii prováděli na druhu *Gerris buenos*.

Klingenberg a Zimmermann (1992) studovali alometrický růst, který rozdělili na tři typy alometrie: evoluční, ontogenetická a statická. Jako modelové organismy zvolili rod *Gerris* a *Aguarius* (Gerromorpha: Gerridae).

Kopelke (1980) se zabývá popisem vývojových stádií dvou druhů mohutnatek, které se u nás ve střední Evropě nevyskytují- *Hydrocyrium columbiae columbiae* Spinola a *Sphaerodema grassei ghesquierei* Poisson. Uvádí 5 vývojových stádií, na kterých měřil morfometrické znaky- délka a šířka těla, maximální a minimální délka pronota, délka a šířka hlavy a délka a šířka všech jednotlivých článků končetin.

Korch a McPherson (1987) popisují morfometrickou analýzu a životní cyklus druhu *Gerris argenticollis* (Hemiptera: Gerridae) ve státě Illinois. Uvádí jednotlivé měřené rozměry a také celkovou dobu vývoje.

Waitzbauer (1974) popisuje vývojová stádia a růst bodule obecné (*Ilyocoris cimicoides*), jehlanky obecné (*Ranatra linearis*) a znakoplavky obecné (*Notonecta glauca*).

Cuzin-Roudy a Laval (1975) se zabývali druhem *Notonecta maculata*. Kromě sledování jednotlivých rozměrů těla a končetin studovali i účinky a vliv juvenilního hormonu na růst.

Benzie (1989) zkoumal druh australské člunovky *Plea frontalis* (Heteroptera: Pleidae), popisoval jednotlivá vývojová stádia a zároveň je porovnával s příbuzným druhem *Neoplea striola*.

Shull a kol. (2010) ověřovali Dyarovo pravidlo prostřednictvím morfometrické analýzy druhu *Sigara Mathesovi* (Heteroptera: Corixidae).

3) Materiál a metodika

3.1 Studovaný organismus - bodule obecná (*Ilyocoris cimicoides* Linnaeus, 1758.)

Bodule obecná je jediným zástupcem čeledi Naucoridae (bodulovití) žijícím v České republice (Hausírková, 1986). Je to dorzálně zploštělá vodní ploštice, svým vzhledem připomínající vodního brouka.

V ČR je poměrně hojná. Běžně ji nalezneme v rybnících či nádržích s bahnitým dnem a bohatou vegetací. Velikostně dosahuje přibližně 15 mm, přičemž samice bývají nepatrně větší než samci.

Výskyt bodule v Evropě uvádějí Aukema a Rieger (1995) - Albánie, Rakousko, Belgie, Bosna a Hercegovina, Bulharsko, Bělorusko, Chorvatsko, Česká republika, Dánsko, Kazachstán, Estonsko, Turecko, Francie, Velká Británie, Německo, Řecko, Maďarsko, Itálie, Lotyšsko, Lichtenštejnsko, Litva, Lucembursko, Makedonie, Moldávie, Holandsko, Polsko, Portugalsko, Rumunsko, Rusko (evropská část), Slovinsko, Slovensko, Španělsko, Švédsko, Švýcarsko, Ukrajina, Srbsko. Zastoupení v Asii- Azerbajdžán, Kazachstán, Arménie, Turecko, Čína, Gruzie, Georgia, Irán, Izrael, Kirgistán, Korea, Rusko(asijská část), Tádžikistán, Uzbekistán (Aukema, Rieger, 1995).

Jedná se o dravý druh, jejíž potrava z převážné části zahrnuje plankton, bohatý na perloočky (Cladocera) a buchanky (Cyclopoida). Nepohrdne ovšem ani jinými plošticemi stejných, i větších rozměrů, larvami jiných vodních živočichů, měkkýši i drobnými rybkami. Je velmi dobrý a rychlý plavec, zadní pár nohou je dokonale upravený pro veslování. Svou kořist chytá

pomocí předních párů nohou, případně je ještě usmrcena jedem z jedových žláz. Nelétá, jelikož nemá vyvinuté létací svalstvo.

Ojediněle se u bodule může vyskytnout potravní kanibalismus. V období nepříznivých podmínek, hlavně při nedostatku potravy, se může živit uhynulými, ale také živými zástupci svého druhu.

Hlava bodule je široká, v předu široce zaoblená a nese dvě složené oči. Ústní ústrojí tvoří bodec (rostrum), kterým zvládne i člověka dobře poranit bodnutím, proto získala přezdívku „vodní včela“. Pomocí kanálku, umístěného v rostru, navíc dokáže vstříknout do kořisti jedovaté látky ze slinných žláz a usmrtit ji.

Na břišní straně jsou tři páry nohou, které se od sebe výrazně liší. První pár je přeměněn v silné hákovité, loupeživé nohy s typický rozšířenými stehny. Zadní pár je přeměněn ve veslovací orgán.

Žije výhradně pod vodní hladinou, vyplouvá pouze při doplnění kyslíkových zásob. Pro nadýchnutí se vynořuje z vody zadečkem, na kterém je pro tento účel uložený otvůrek. Vzduch je postupně vytlačován do vzduchových komor. Na zadečku je hustý pokryv hydrofobních chloupků, který pevně bublinu zachycuje (Hausírková, 1986).

Přes zimu je velice obtížné boduli spatřit, většinou přezimuje totiž zahrabaná v bahně. Její kopulace dosahuje vrcholu v jarních měsících (březen, duben), ale např. Rawat (1939) uvádí, že lze sledovat kopulaci již koncem února. Aktivitu při ní přebírá samec, který se usadí na hřbetě samice a přichytí se středním párem nohou v oblasti mesothoraxu. Samice se ve většině případů dál volně pohybuje, plave a chytá kořist.

V době kopulace je samice ještě pohlavně nedozrálá a samčí spermatofor přečkává po kopulaci až do období ve spermatékálním bulbu až do doby, než dojde k dozrání vajíček a k jejich následnému oplození a kladení.

Samice klade vajíčka do stonků vodní vegetace. Po vylíhnutí z vajíčka prochází jedinec pěti nymfálními instary, než se vyvine do dospělce. Typickým projevem před ekdysí je celkové zpomalení metabolismu. Přestane přijímat potravu a plave na hladině ventrální částí vzhůru (Hausírková, 1986).

Na dorzální straně je u larev dobře patrná tzv. ekdysíální rýha, která se táhne od vnitřního okraje očí do středu zadního okraje hlavy ve tvaru písmene V a pokračuje dál na hřbetní stranu hrudních článků. V této rýze praská stará kutikula v oblasti mesothoraxu a její svlékání (ekdyse) probíhá postupně od hlavy a thoraxu k zadečku a končetinám. Po svlečení je nymfa světle žlutozeleně zbarvená. (Truhlářová, 1997)

Objasněním životního cyklu bodule, jejím růstem a morfometrickou charakteristikou jednotlivých vývojových stádií se podrobně zabývá Hausírková (1986). Na základě měřených parametrů dorsální, ventrální strany těla a rozměrů na 1., 2. a 3. páru končetin došla k závěru, že rozměry (délka a šířka těla) mohou sloužit k přibližnému určení pohlaví od 5. instaru. Jako důležitý poznatek uvádí, že samice jsou delší a širší než samci. Zároveň však konstatuje, že pro rozlišení pohlaví jsou lepším znakem vyvíjející se vnější pohlavní orgány, které jsou ale u nymf dobře viditelné většinou až u 5. Instaru.

Waitzbauer (1974) uvádí, že vývoj bodule trvá dva měsíce a jednu dekádu měsíce. K rozlišení pohlaví používá morfometrickou metodu- podle odlišné délky těla samců a samic.

Jordan (1950) uvádí jako vývoj všech instarů až po vznik imaga 2,5 měsíce.

Štusák (1980) ve svém klíči larev vodního hmyzu rozlišuje především 5. instary vodních ploštic a uvádí, že vývoj bodule probíhá v letních měsících až do září.

Další poznatky o biologii a vývoji přináší také Rawat (1939) (Waitzbauer, 1974, Jordan, 1950, Štusák, 1980, Rawat, 1939 in Hausírková, 1986).

Výskytem a životním vývojem bodule obecné v jižních Čechách se podrobně zabývali Papáček a Hausírková (1987). Materiál k tomuto výzkumu byl získán v období od r. 1980-1985.

První dospělci byli zjištěni ve volné vodě již ve 2. dekádě března, pářit se začínají v 2. dekádě dubna a probíhá v průběhu celého května a června. Posléze hynou zejména samci. Kladení probíhá od 3. dekády dubna do 1. dekády července a po něm následně hynou i samice. Délka embryonálního vývoje je podle autorů značně závislá na teplotě vody, o čemž vypovídá rozdílná délka embryonálního vývoje (10- 14 dnů) v akváriu (15- 18°C) a ve volné vodě, kde trvá 1 měsíc a déle. Výskyt nymf 1. instaru byl zjištěn již počátkem 3. dekády května a vrcholí v 2. dekádě června. Nymfy 2. instary byly nalézány na většině lokalit od 1. dekády června do konce července, maximum výskytu nymf 3. instaru bylo zjištěno na přelomu června a července, největší četnost výskytu nymf 4. instaru byla zjišťována v 1. a 2. dekádě července. Nymfy 5. instaru byly nalézány od 1. dekády července do konce září, první imaga byla poté běžně chytána od 1. dekády srpna až do konce listopadu. V prosinci až únoru dospělci přezimují zahrabáni v bahně v nezamrzajících místech, jsou nepohybliví a ztuhlí.

Někteří autoři (Kramer, 1935, Nieser, 1982) uvádí, že studovaný druh může mít 2 generace za rok. Toto tvrzení popírá Larsen (1938) a potvrzuje, že *Ilyocoris cimicoides* je v Jižních Čechách univoltinním druhem. Tento poznatek potvrzují také autoři, v závislosti na náhodné prohlídce gonád samic (Papáček, Hausírková, 1987).

Výzkum Papáčka a Hausírkové (1987) poukazuje na chladný rok 1987. Výsledkem je to, že nymfy byly chytány v okolí Českých Budějovic neobvykle pozdě. V poslední dekádě srpna uvádí souběžný výskyt všech pěti instarů, přičemž naprosto unikátní byl nález nymfy 5. instaru ještě na konci listopadu, což je téměř o 2 měsíce později než za běžné situace. Tyto nálezy mohou tedy jen potvrdit závěry Kraemera (1935) a Papáčka a Hausírkové (1987) o výrazné závislosti rychlosti oogeneze a délky preimaginálního vývoje jedinců na teplotních podmínkách prostředí (Papáček a Hausírková, 1988).

Morfometrická charakteristika vývojových stádií bodule obecné a zároveň znakoplavky obecné je uvedena také v práci Svobodové (2012), která se zabývala vlivem fixace vodních ploštic na možnou deformaci těla, a tím i na výsledky morfometrických studií.

3.2 Sběr jedinců, práce v terénu

Dospělci druhu byly sbíráni na rybníku Žabinec (48°58'8.482"N, 14°22'20.423"E) mezi vesnicemi Třebín a Dubné ca 10 km Z od Českých Budějovic vedoucím diplomové práce v průběhu března a dubna 2011. Celkem bylo provedeno postupně 6 odchytů cedníkem (průměr 20 cm) v litorální zóně po obvodu rybníka. Chycení jedinci byli přemísťováni živí do sklenic o objemu 1 litr s rostlinami, štěrkem na dně a rybníční vodou. Sklenice s dospělými bodulemi byly pak umístěny do termoboxu a během ca 30 minut šetrně transportovány do venkovních chovů katedry.

3.3 Chovy

1. fáze - venkovní chov s neřízenou teplotou a fotoperiodou

Pro přivezené dospělé byla připravena plastová akvária o rozměrech přibližně 60*30*30 cm, umístěna ve venkovních chovech Katedry biologie Pedagogické fakulty JU. Na dno byl dán písčité podklad, kameny a drobné větévky, simulující tak co nejlépe přirozené životní prostředí jedinců. Do akvárií byla připravená již 1 den předem voda, aby se tak usadil možný vzniklý kal a voda byla dostatečně odstátá. Důležitou součástí akvárií byl rostlinný porost. K tomuto účelu byly použity rostliny *Elodea canadensis* (vodní mor kanadský), které tvořily substrát, do kterého samice posléze kladly vajíčka.

Po vypuštění dospělých jedinců, samic i samců, byla akvária každý den pravidelně kontrolována. Jako potrava byl použit každý den sběr planktonu, nymf hmyzu a také drobného rybího plůdku. Potrava byla do akvária vpouštěna pomocí malého sítko samostatně bez vody, aby se zabránilo přebytku vody z rybníka a jejímu následnému kažení.

Z akvárií byly každodenně vybírány sítkem nečistoty, včetně zbytků usmrcené potravy.

Jedinci byli přesně spočítáni a jejich počet byl pravidelně kontrolován. Pokud došlo k úhynu, byl jedinec ihned z akvária odebrán a zafixován v roztoku ethanolu a glycerolu.

Pravidelně byly kontrolovány také rostliny vodního moru, aby se včas zachytily snůšky vajíček do tkání rostlin a předešlo se nežádoucímu líhnutí ve venkovním akváriu.

2. fáze - laboratorní chov s řízenou teplotou, fotoperiodou a dostupností potravy

V polovině května 2011 byly zjištěny první snůšky vajíček na některé rostliny. Ty byly okamžitě z venkovních akvárií odstraněny a přesunuty do skleněných akvárií v laboratoři. Do venkovních nádrží byly okamžitě doplněny rostliny nové, aby byla zachována větší nabídka ovipozičních míst, jelikož bylo zřejmé, že samice kladou postupně a některé ještě v polovině května nekladly.

Skleněná akvária s rostlinami, ve kterých byly snůšky, byla umístěna v laboratoři tak, aby byl zajištěn dostatečný přístup světla a tepla. Z povrchu vodní hladiny akvárií byl každý den odstraňován vzniklý „film“, aby nebylo zabráněno přístupu kyslíku.

Dne 22.5. 2011 došlo k vylíhnutí prvních nymf 1. instaru bodule obecné. Tito jedinci i všichni další, kteří se postupně líhli, byli odchytáváni malým sítkem a individuálně a separátně přenášeni do malých plastových boxů (10*7*5) (jeden jedinec – jeden box). V plastových boxech bylo štěrkové dno, odstátá voda a ponořené rostliny vodního moru, které zajišťovaly boduli úkryt v novém prostředí. Jedinci (a boxy) byli metodou generátoru náhodných čísel roztríděni do čtyř velkých skupin H, M a L po čtyřiceti jedincích pro tři teplotní varianty podmínek vývoje. Navíc v každé z těchto tří skupin došlo ještě k rozdělení jedinců po dvaceti pro varianty s různou dostupností potravy (A - krmeny každý den, B - krmeny obden). Boxy byly řádně popsány a označeny, aby nedošlo k záměně jedinců. V laboratoři byly připraveny a temperovány klimaboxy o třech rozdílných teplotách: (1) 25 °C (varianta H), (2) 22 °C (varianta M) a (3) 19 °C (varianta L) a shodně nastavenou délkou dne (fotoperiodou) 16L:8D a stálou cirkulací vzduchu.

Kombinací tří různých teplotních podmínek a dvou režimů dostupnosti potravy bylo v řízených chovech vytvořeno celkem šest různých variant pokusů - podmínek pro vývoj („treatmentů“). V těchto šesti variantách bylo individuálně (odděleně) chováno celkem 120 jedinců, tj. 20 v každé variantě.:

Varianty byly následující.:

- 1) vysoká teplota (H), krmení každý den (A) → značení HA
- 2) vysoká teplota (H), krmení obden (B) → značení HB
- 3) střední teplota (M), krmení každý den (A) → značení MA
- 4) střední teplota (M), krmení obden (B) → značení MB
- 5) nízká teplota (L), krmení každý den (A) → značení LA
- 6) nízká teplota (L), krmení obden (B) → značení LB

Tabulka II. Schéma uspořádání pokusů a individuálního značení a identifikace jedinců.

teplota	19 °C „low, L“	22°C „medium, M“	25 °C „high, H“
Potrava každý den „full“	LA 1 – LA 20	MA 1 –MA 20	HA 1 – HA 20
Potrava obden „red“	LB 1 – LB 20	MB 1 – MB 20	HB 1 – HB 20

Každý jedinec byl sledován individuálně a pro jeho vývoj byla zaznamenávána individuální časová data (eklose, ekdyse, uhynutí). Každý den byla kontrolována přítomnost svlečky a vyměněna, resp.vyjmuta či vložena potrava. Jednou za 7 dní byla vyměňována voda ve všech boxech.

Pokud byla v boxu při pravidelné kontrole (ca 1x za 24 hod.) zjištěna svlečka, došlo k jejímu vyjmutí a vložení do ependorfky s roztokem 70% : 30% (ethanol : glycerol) a označení štítkem s datem svléknutí a identifikace jedince. Data ohledně svlékání jedinců do dalších instarů, dospělosti, popř. uhynutí byla průběžně zaznamenávána do předem připravené tabulky

V klimaboxech s nucenou cirkulací vzduchu byly jednotlivé chovné boxy s plošticemi rozmístěny na platech, umístěných nad sebou. Na každém platu bylo rozmístěno 9 boxů. I když v klimaboxu vzduch cirkuloval; vzhledem k tomu, že na stropě klimaboxu bylo umístěno osvětlení, byla každý den plata řízeně vyměňována a to tak, že plato, umístěné nejvýše bylo druhý den vyměněno s platem spodním a zbylá plata se následně posunula o jednu pozici výše. Bylo tak dosaženo srovnatelných světelných a teplotních podmínek pro všechny jedince.

Pokud jedinec uhynul, byl nahrazován novým jedincem 1. instaru až do období, kdy se noví jedinci v akváriích s nakladenými vajíčky s funkcí „líhni“ přestali líhnout.

Vzhledem k poměrně vysoké úmrtnosti, především ve variantě H, bylo zřejmé, že extrémní hodnota stálé teploty 25°C je pro jedince neúnosně stresující. Aby bylo dosaženo dostatečného množství dat, byly nasazeny (tj. původní varianta byla nahrazena) další dvě varianty, ve kterých došlo ke snížení teploty:

Tab. III. Schéma uspořádání pokusů a individuálního značení a identifikace jedinců v náhradní variantě (namísto $t = 25^{\circ}\text{C}$).

teplota	17°C „lowlow, LL“	22°C „mediummedium, MM“
Potrava každý den „full“	LLA 1 – LLA 20	MMA 1 – MMA 20
Potrava obden „red“	LLB 1 – LLB 20	MMB 1 – MMB 20

3.4 Fotodokumentace

Z každé svlečky byl po dokončení vývoje jedince vytvořen dočasný preparát. Fotografovány byly svlečky 1. (L1), 2.(L2), a 3.(L3) instaru. Při fotografování byl kladen důraz na maximální ostrost struktur všech částí těla, proto byla jedna svlečka fotografována několikrát. Svlečky L1 a L2 byly fotograficky dokumentovány prostřednictvím digitálního fotoaparátu Olympus E-410 na mikroskopu Olympus CX 41 (Duben 2012-prosinec 2013) v programu Quick PHOTO CAMERA 2.3 (Olympus, Japonsko). Svlečky L3 byly díky své velikosti fotograficky dokumentovány prostřednictvím stereolupy Olympus SZ61. Jednotlivé fotografie byly uloženy a pečlivě popsány nezaměnitelnou identifikací v elektronické podobě.



Obr. 1. Svlečka prvního instaru (L1) bodule obecné *Ilyocoris cimicoides*, Linnaeus, 1758 (foto autorka).

Dospělí jedinci byli usmrceni a následně zafixováno v roztoku 70% : 30% (ethanol : glycerol). U všech bylo pod stereolupou určeno pohlaví. Vzhledem k dobré kvalitě fotografií a ostrosti všech parametrů jim byly odpreparovány končetiny a byly fotograficky zdokumentovány stereolupou Olympus SZ61.

3.5 Měření a přehled měřených parametrů

Měřené parametry bylo nutné vybrat tak, aby rozměry bylo možné přesně a bezproblémově stanovit u všech svleček, které byly často deformovány nebo potrhány. Celkem bylo stanoveno 17 následujících rozměrů, které byly dobře rozlišitelné a byly měřeny na všech svlečkách:

fts = délka předního chodidlového článku (front tarsus), pravá i levá končetina

mf = délka středního stehna (medium femur), pravá i levá končetina

mt = délka střední holeně (medium tibia), pravá i levá končetina

mts = délka středního chodidlového článku (medium tarsus), pravá i levá končetina

hf = délka zadního stehna (hind femur), pravá i levá končetina

ht = délka zadní holeně (hind tibia), pravá i levá končetina

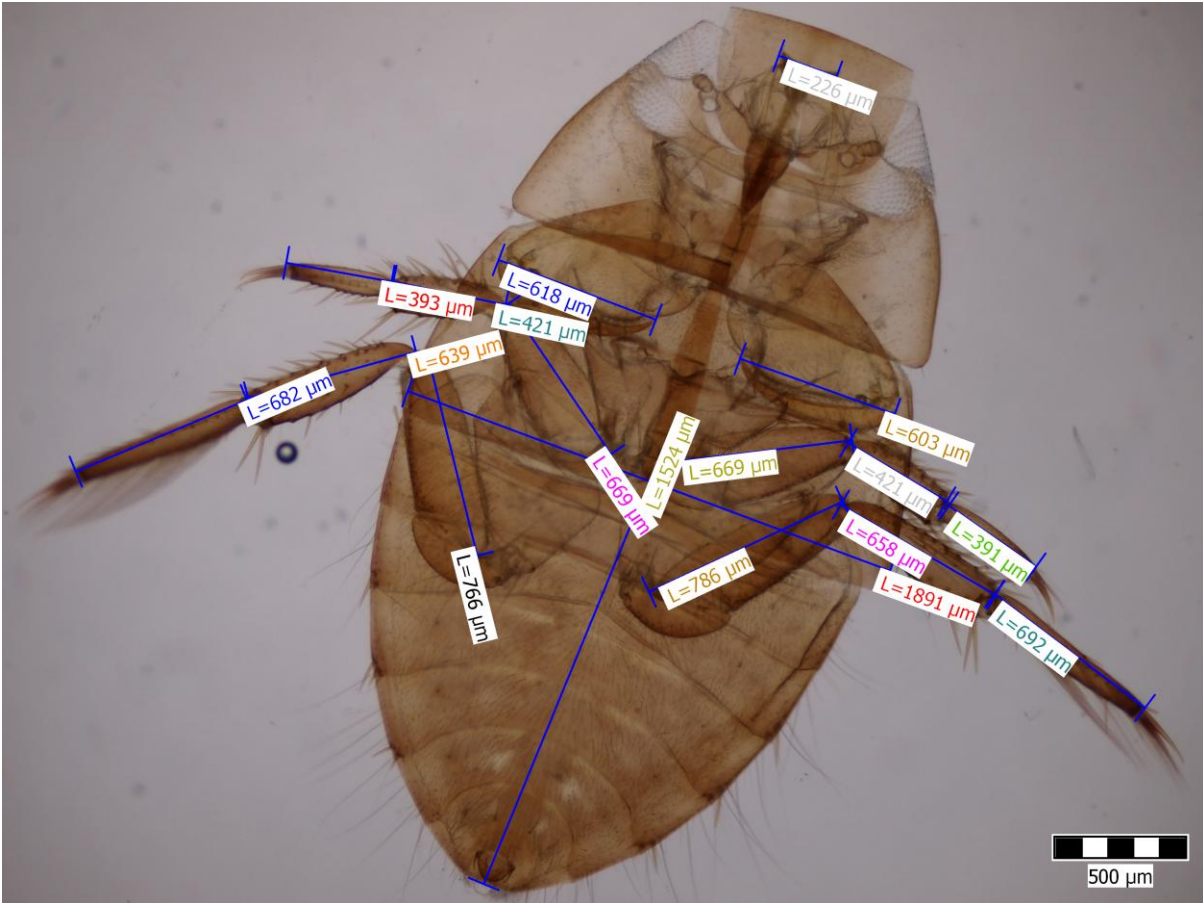
hts = délka zadního chodidlového článku (hind tarsus), pravá i levá končetina

th-š = šířka nejširšího hrudního článku (thorax)

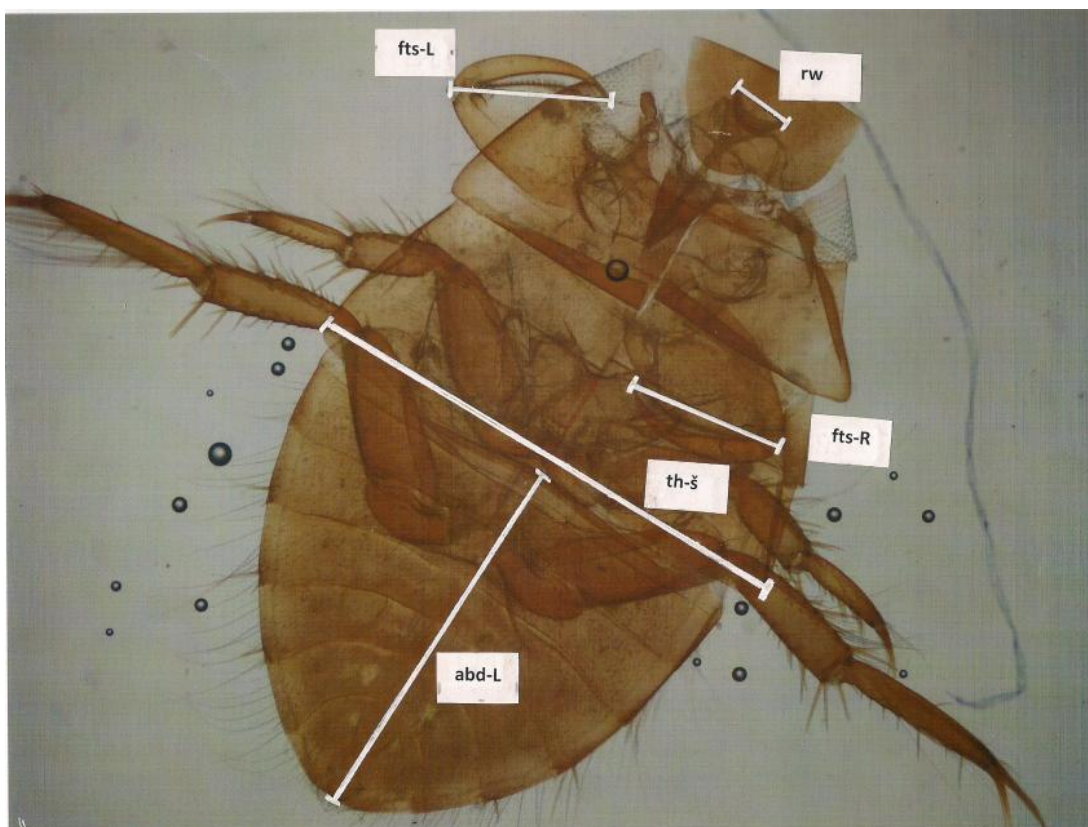
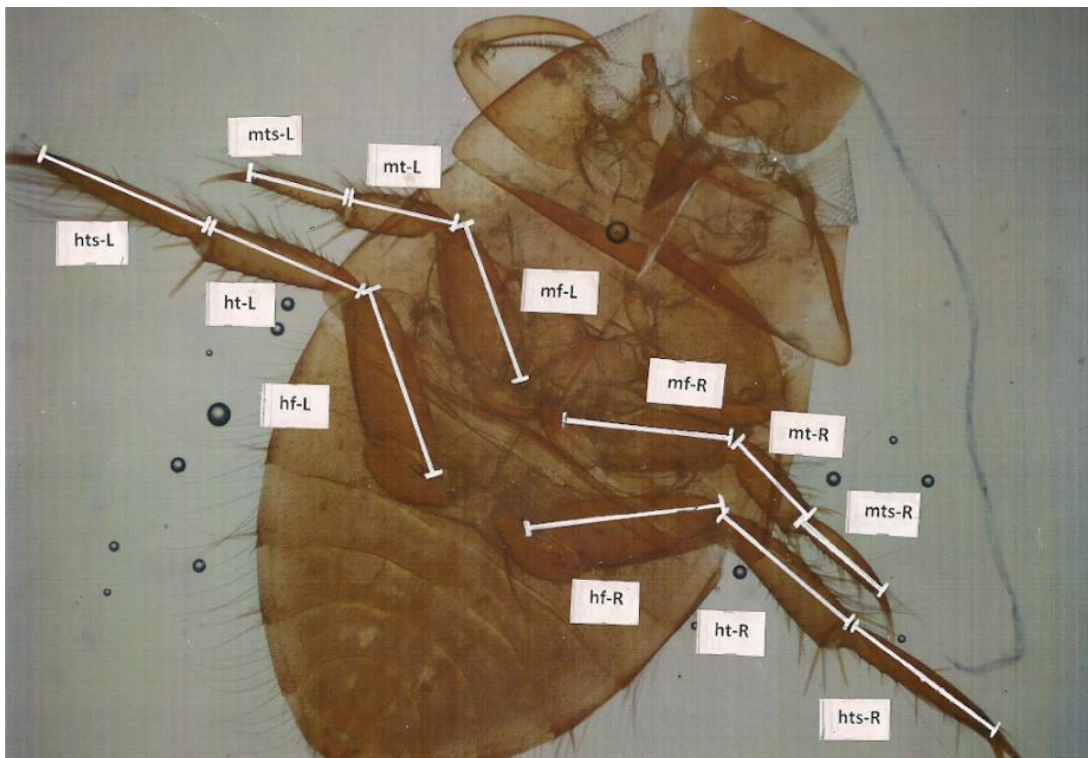
abd-l = délka článků zadečku

labr. = délka labr

Měření bylo prováděno na digitálních fotografiích svleček v programu Quick PHOTO CAMERA 2.3. Jednotlivé rozměry byly měřeny v programu pomocí úseček a zaznamenávány do přehledné tabulky (září 2013 – únor 2014).



Obr. 2. Přehled měřených parametrů těla jedince (svlečky) (MMB19L1@M4a) v programu Quick PHOTO CAMERA 2.3., jedinec chovaný v teplotě 22°C (varianta MM), krmený obden, první instar, fotografovaný objektivem zvětšujícím 4x.



Obr. 3 a 4. Přehled měřených parametrů těla jedince (svlečky) (LA19L1@M4a), jedinec chovaný v teplotě 19°C (varianta L), krmený každý den, první instar.

3.6 Statistické vyhodnocování

Veškerá statistická vyhodnocování byla zpracována pomocí programu STATISTICA 12 Microsoft Excel, 2007.

Vzhledem k tomu, že varianta pokusu M a MM zahrnovaly shodné teplotní podmínky (22°), byl proveden t-test, který měl zjistit, zda lze obě varianty analyzovat dohromady.

Vliv jednotlivých environmentálních podmínek (teplota a dostupnost potravy), na velikost jednotlivých částí těla byl proveden pomocí Repeated measures ANOVA (Anova opakovaných měření).

Jako hladina významnosti byla zvolena $\alpha=0,05$.

4 Výsledky

4.1 Mortalita

Tabulka IV. Přežívání jedinců bodule obecné (*Ilyocoris cimicoides*) v jednotlivých potravních režimech a teplotách.

	potravní režim	L1	L2	L3
25 °C (H)	full	20	15	0
	red	20	10	2
celkem ve 25°		40	25	2
22 °C (M,MM)	full	40	31	23
	red	40	31	25
celkem ve 22°		80	62	48
19 °C (L)	full	20	16	4
	red	20	17	3
celkem v 19 °C		40	33	7
17 °C (LL)	full	25	3	0
	red	25	7	1
celkem v 17 °C		50	10	1

Dle uvedených výsledků můžeme říci, že hodnoty teplot ve variantách H a LL byly pro jedince nadměrně stresující, průměrně se vyvíjeli jedinci ve variantě L a nejlépe se dařilo jedincům v teplotě 22 °C (sloučeno M a MM.)

Tabulka V. Počet dospělých jedinců, kteří se vyvinuli v jednotlivých variantách pokusu

	potravní režim	AD
25 °C (H)	full	0
	red	0
22 °C (M)	full	0
	red	4
22 °C (MM)	full	3
	red	8
19°C (L)	full	0
	red	0
17 °C (LL)	full	0
	red	0

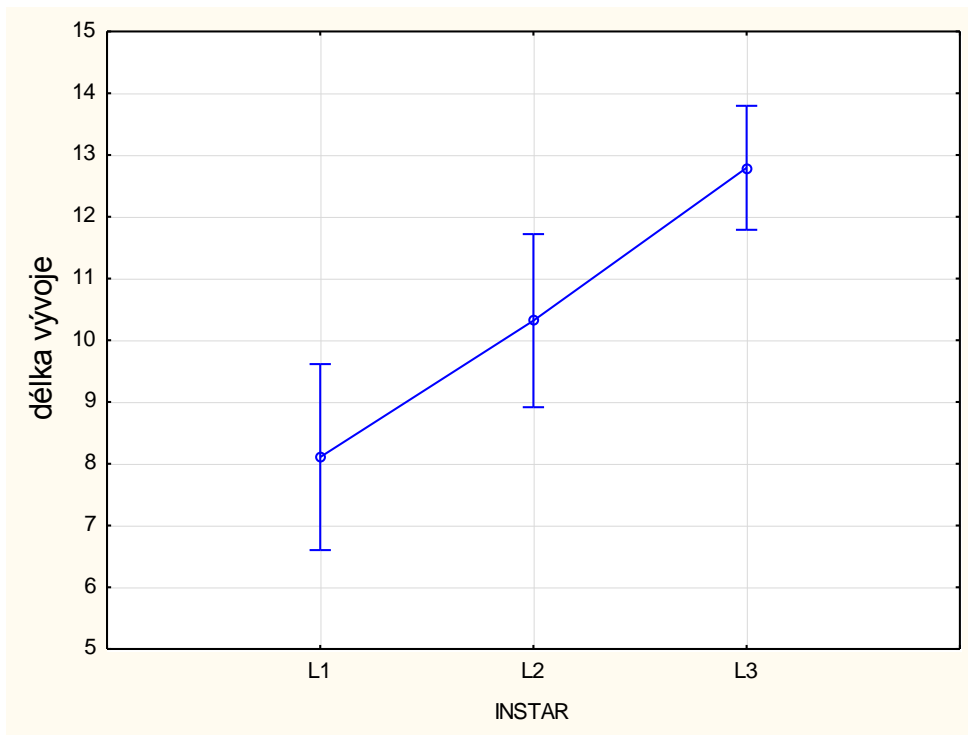
Podle uvedených výsledků můžeme potvrdit, že v teplotě 22 °C se nejvíce jedinců vyvinulo až do stádia dospělosti, z toho průkazně více v redukovaném potravním režimu.

4.2 Délka vývoje jednotlivých instarů v různých treatmentech

Průměrná postembryonální délka vývoje mladších vývojových stádií (L1-L3) se pohybovala od 18 dní v nejvyšší teplotě až po 46 dní v teplotě 19 °C.

Dle grafu (viz. obr. 5) můžeme soudit, že nejkratší vývoj (zahrnuje všechny varianty) měli jedinci u L1 (průměrně 8 dní), u L2 dosahovala délka vývoje instaru přibližně 10 dní a u L3 byla zaznamenána doba vývoje nejdelší (asi 13 dní). Je patrné, že doba vývoje jednotlivých instarů se téměř lineárně zvyšovala.

Kromě toho, že na délku vývoje má významný vliv instar (L1 se vyvíjel jinak, než L2 a L3), má vliv také potrava a teplota.



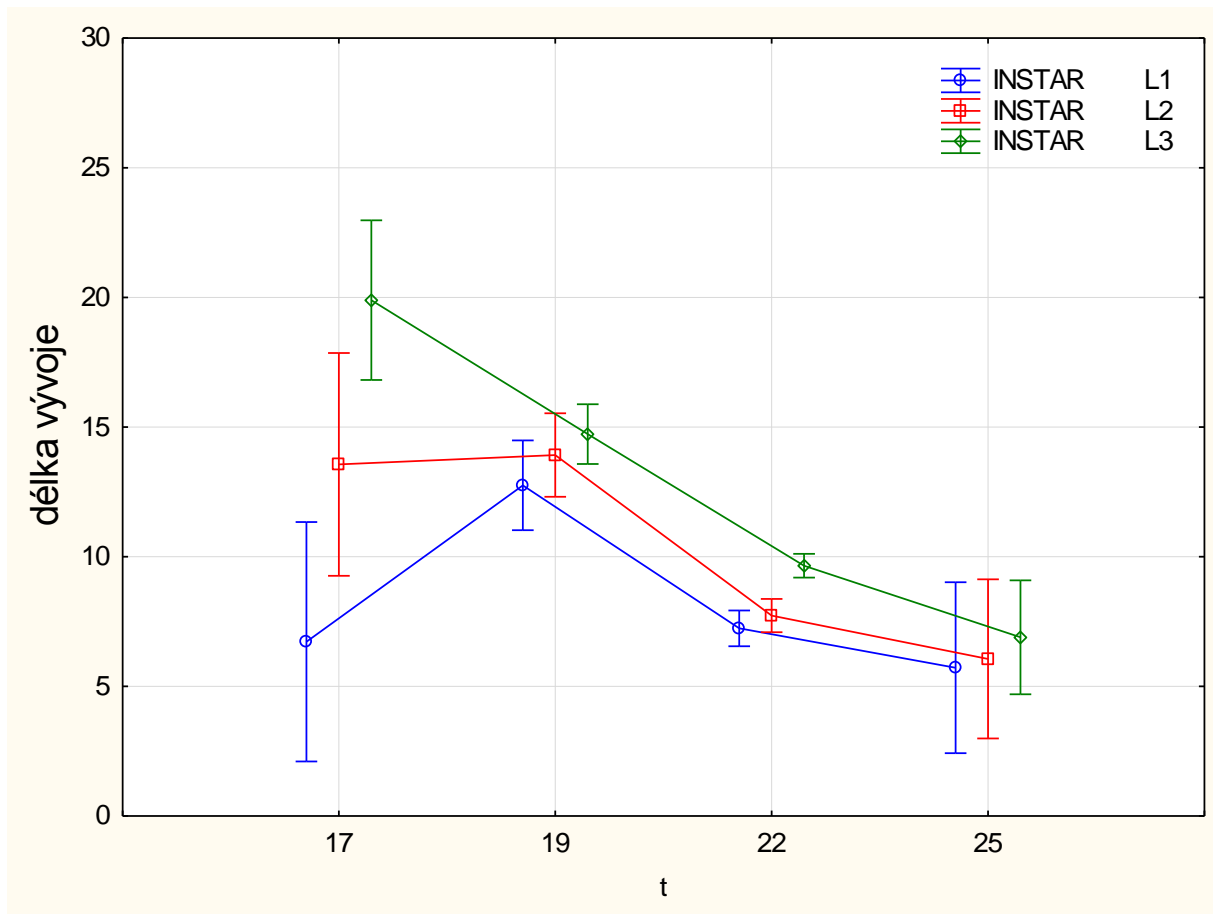
Obr. 5. Délka vývoje jednotlivých instarů.

4.3 Vliv teploty a dostupnosti potravy na délku vývoje

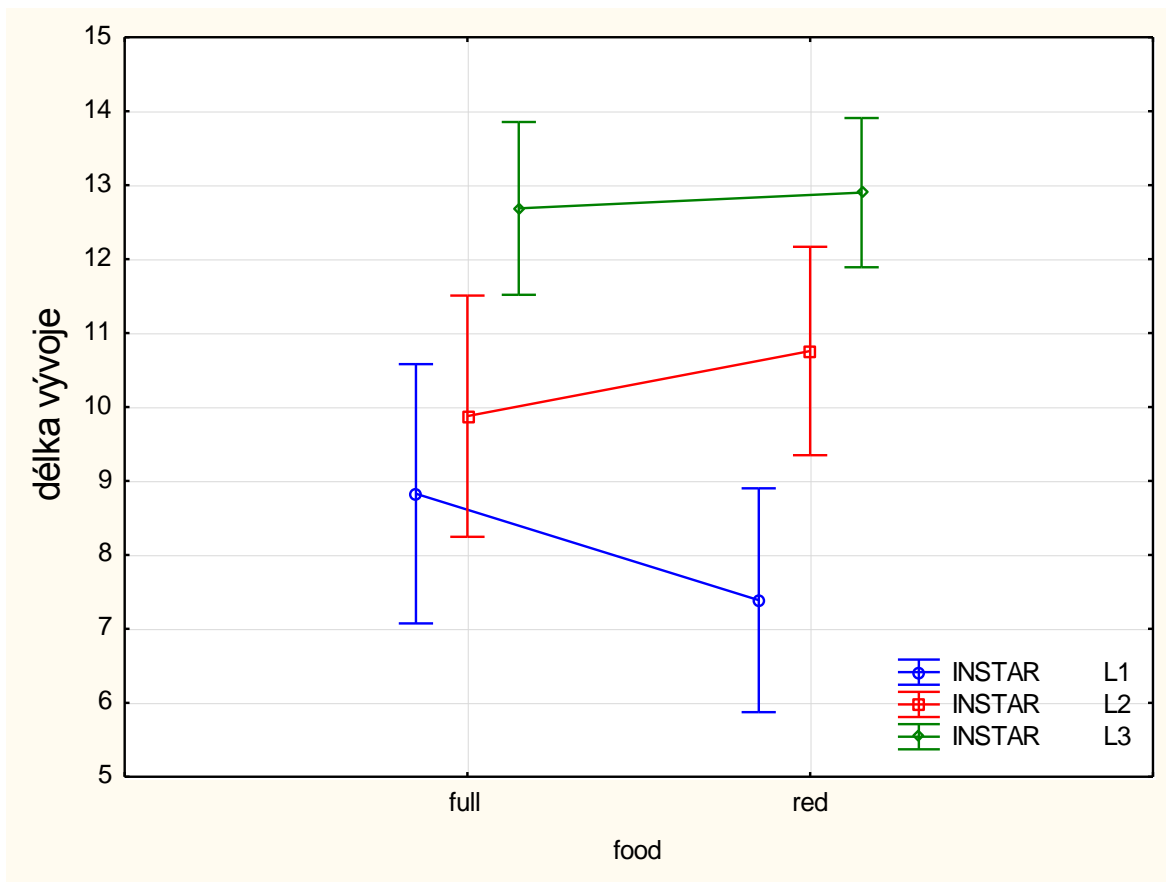
Vliv teploty a potravy na délku vývoje v různých treatmentech byl testován pro jednotlivé instary pomocí testu ANOVA.

Teplota 25 °C měla pozitivní vliv na nejkratší dobu délky vývoje, která se pohybovala průměrně mezi 6-8 dny (viz. obr. 6). V teplotách 22 °C a 19 °C se doba vývoje systematicky prodlužovala, u M (resp.MM) se délka vývoje pohybovala mezi 7-10 dny, u L pak přibližně mezi 13-15 dny. Očekávané prodloužení délky vývoje platí také v nejnižší teplotě 17 °C, ale pouze u L3 (přibližně 20 dní). U L2 se délka vývoje kupodivu mírně zkracuje (14 dní), u L1 se délka dokonce zkrátila výrazně (přibližně na 7 dní). To může být způsobeno tím, že teplota 17 °C se pohybuje již na spodní hranici, kde jsou jedinci schopni přežít, o čemž svědčí také výsledky mortality.

Délka vývoje byla významně ovlivněna také dostupností potravy ($p= 0,01$) (viz. obr. 7). Očekáváme, že jedinci s potravním režimem full, budou vykazovat kratší délky vývoje, což se u L3 a L2 potvrdilo. U L1 kupodivu jedinci v redukovaném potravním režimu vykazují výrazně kratší dobu vývoje. Faktorem může být, podobně jako výše, hraniční hodnota teploty.



Obr. 6. Vliv teploty na délku vývoje.



Obr. 7. Vliv dostupnosti potravy na délku vývoje.

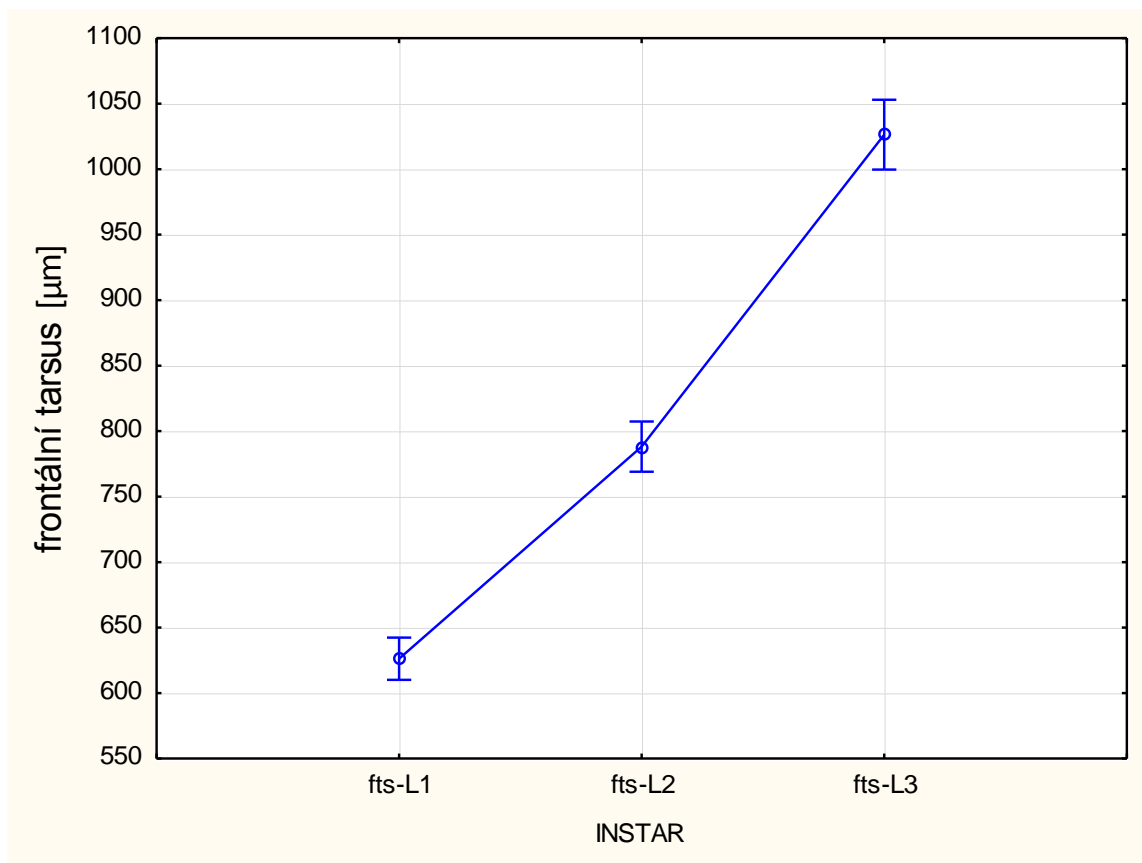
4.4 Vliv teploty a dostupnosti potravy na růst

Dosažená hladina významnosti při hodnocení environmentálních faktorů na růst je zaznamenána v tab. VI. Signifikantní vliv na růst jednotlivých rozměrů má dostupnost potravy v případě středního tarsu a v případě labra a teplota v případě zadního stehna, šířky hrudních článků a délky zadečku.

Tabulka VI. Dosažená hladina významnosti vlivu teploty a dostupnosti potravy na růst jednotlivých rozměrů *I. cimicoides*.

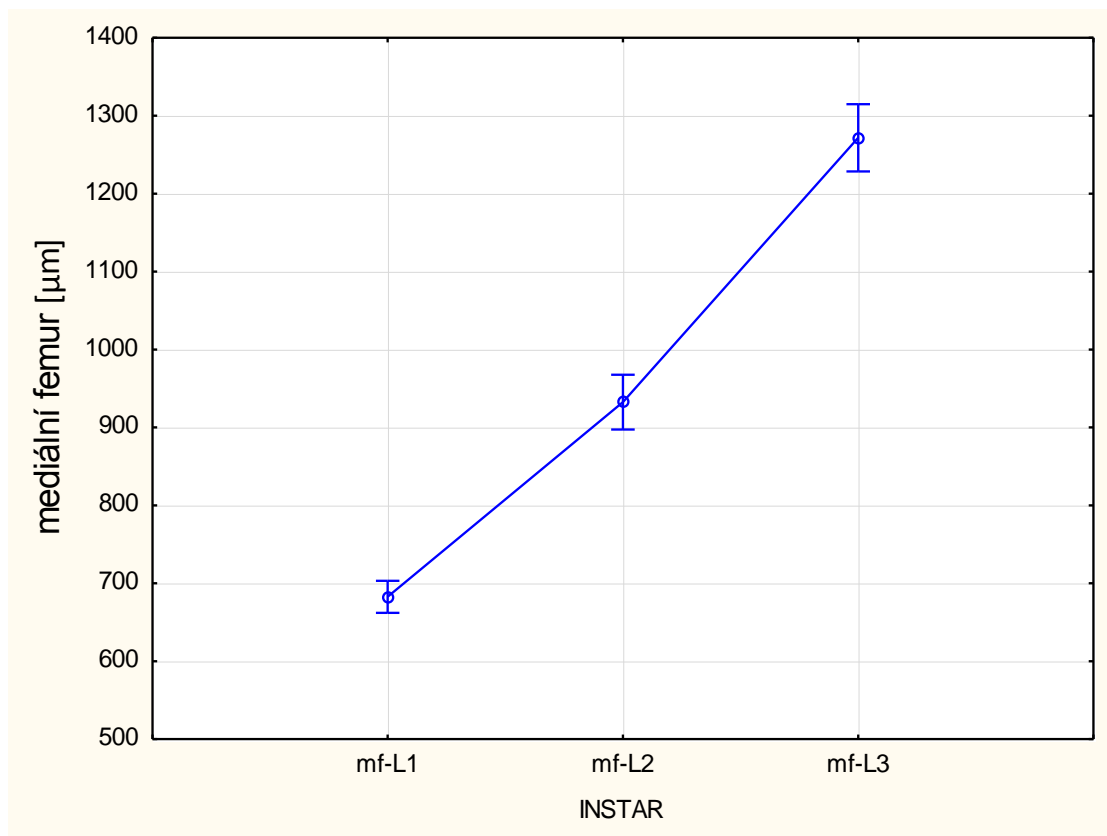
rozměr	potrava	teplota
fts	0,77981	0,33931
mf	0,304845	0,263857
mt	0,961869	0,463298
mts	0,0351	0,093139
hf	0,101198	0,000083
ht	0,179452	0,904205
hts	0,144815	0,960217
th-š	0,078322	0,002984
abd-l	0,300333	0,009535
labr.	0,036915	0,849285

Růstová délka frontálního tarsu (viz. obr. 8) není významně ovlivněna dostupností potravy ($p=0,779810$) ani rozdílnou teplotou ($p=0,339310$). Růst frontálního tarsu je téměř lineární, po ekdysi v L2 se nepatrně zrychluje.



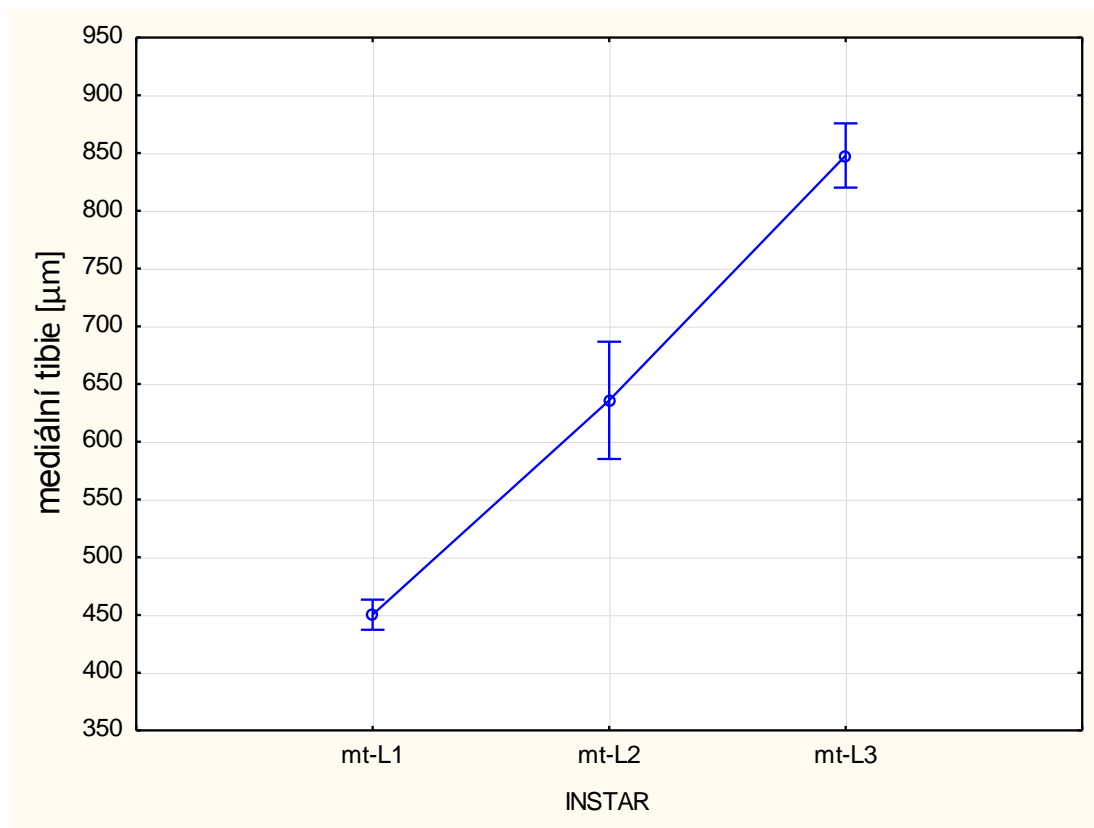
Obr. 8. Růst frontálního tarsu u jednotlivých instarů.

Růstová délka středního femuru (viz. obr. 9) není významně ovlivněna dostupností potravy ($p=0,304845$) ani rozdílnou teplotou ($p=0,263857$). Růst délky středního femuru byl téměř lineární, po ekdysi v L2 se nepatrně zrychlil.



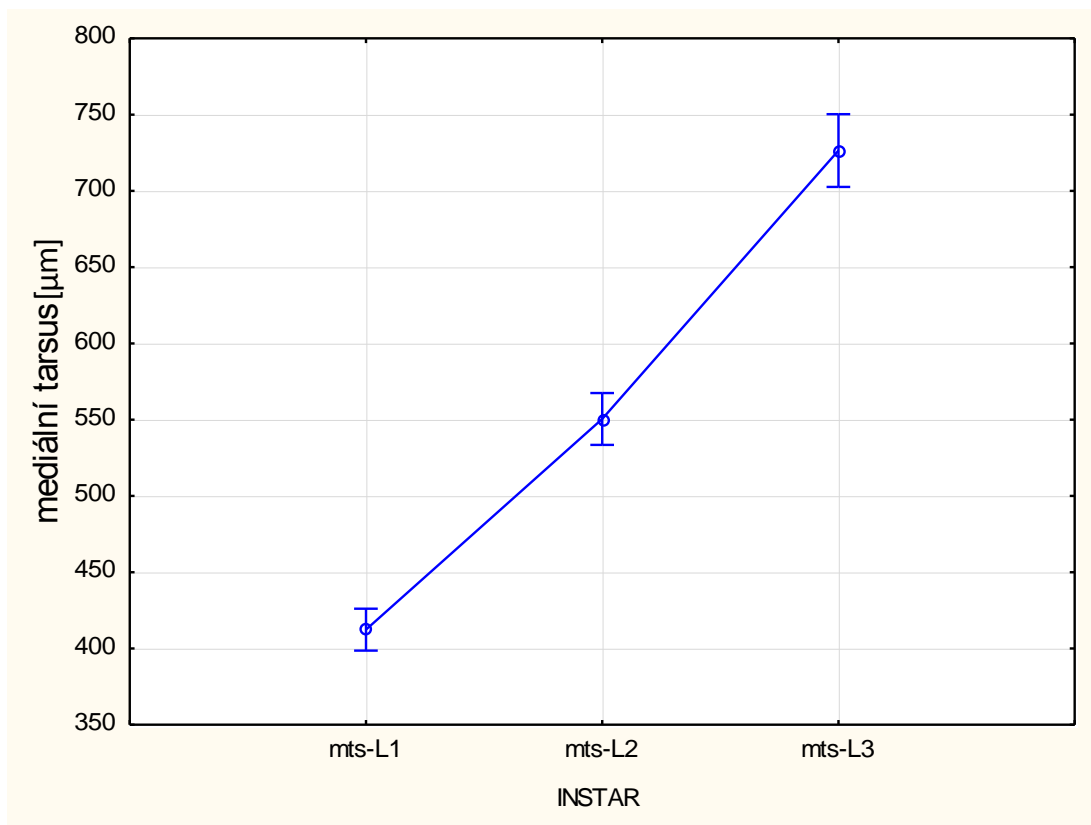
Obr 9. Růst mediálního femuru v jednotlivých instarech.

Růstová délka střední tibie (viz. obr. 10) není významně ovlivněna dostupností potravy ($p=0,961869$) ani rozdílnou teplotou ($p=0,463298$). Růst délky střední tibie byl téměř lineární.

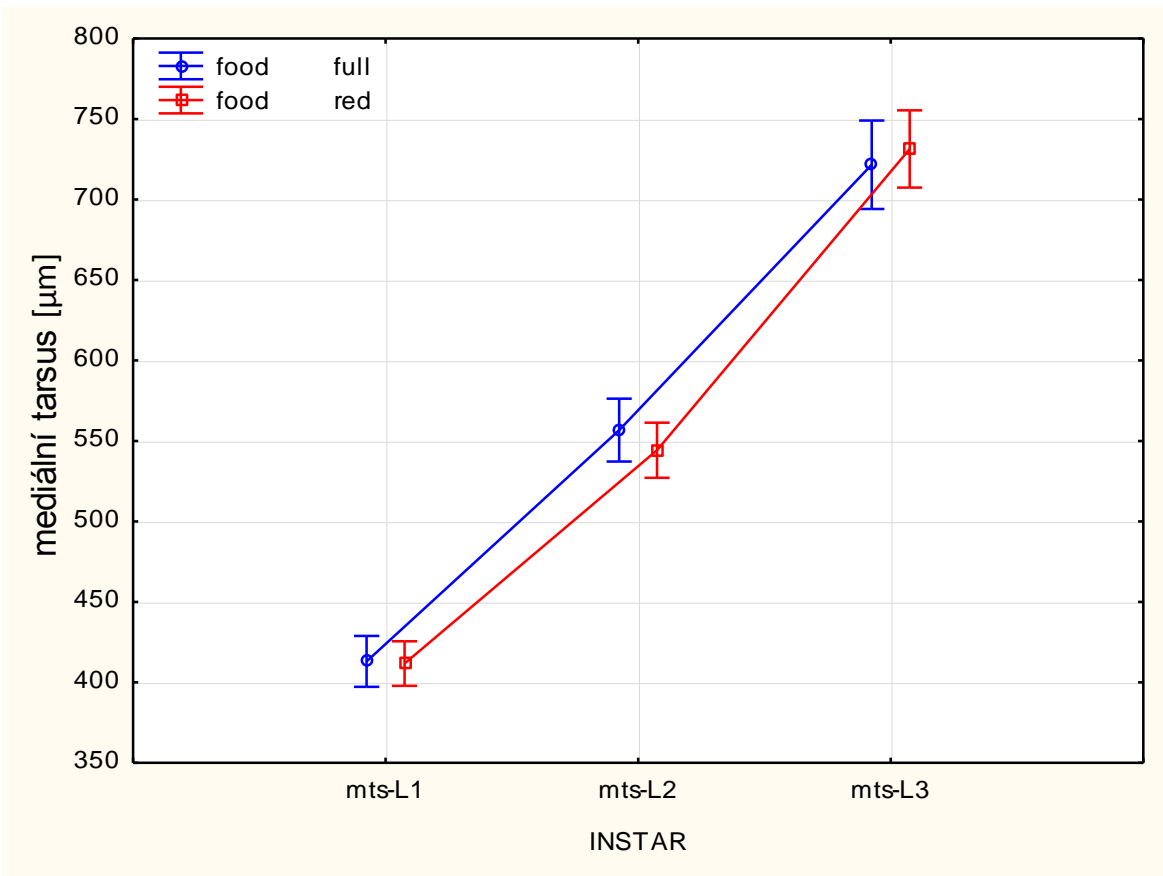


Obr. 10. Růst mediální tibie v jednotlivých instarech.

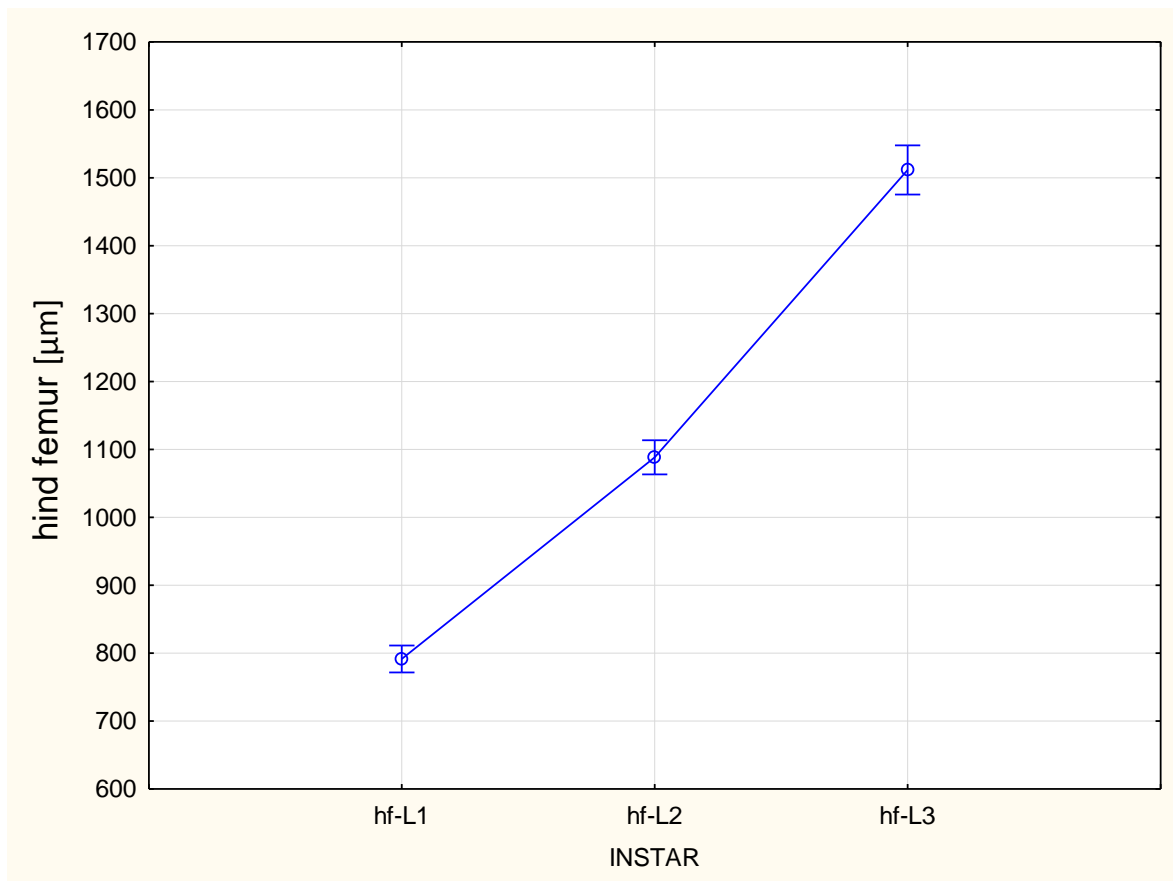
Růstová délka mediálního tarsu (viz. obr. 11) není významně ovlivněna rozdílnou teplotou ($p=0,093139$), ale signifikantní vliv na růst má dostupnost potravy ($p=0,035100$) (viz. obr.12). Z grafu je patrné, že růst mediálního tarsu byl téměř lineární.



Obr. 11. Růst mediálního tarsu u jednotlivých instarů.

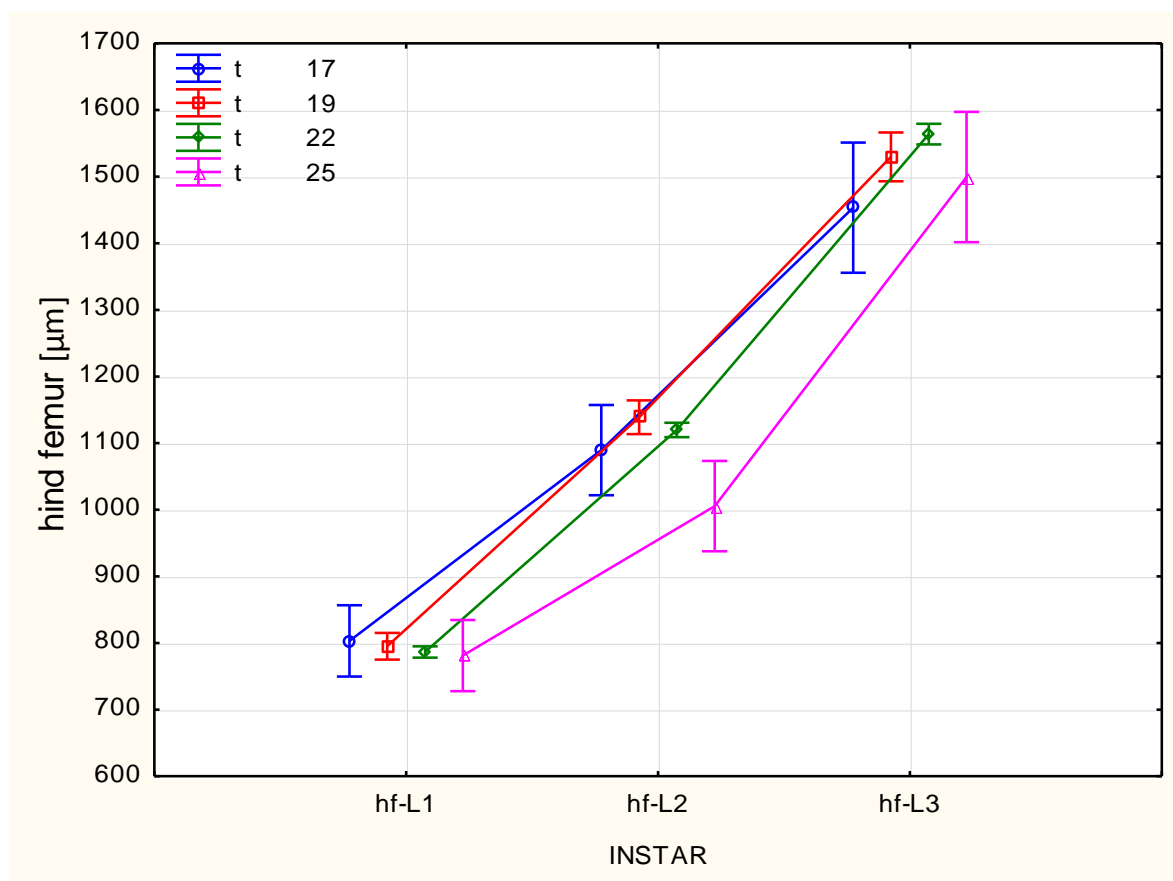


Obr. 12. Na růst středního tarsu má signifikantní vliv dostupnost potravy ($p=0,035100$).



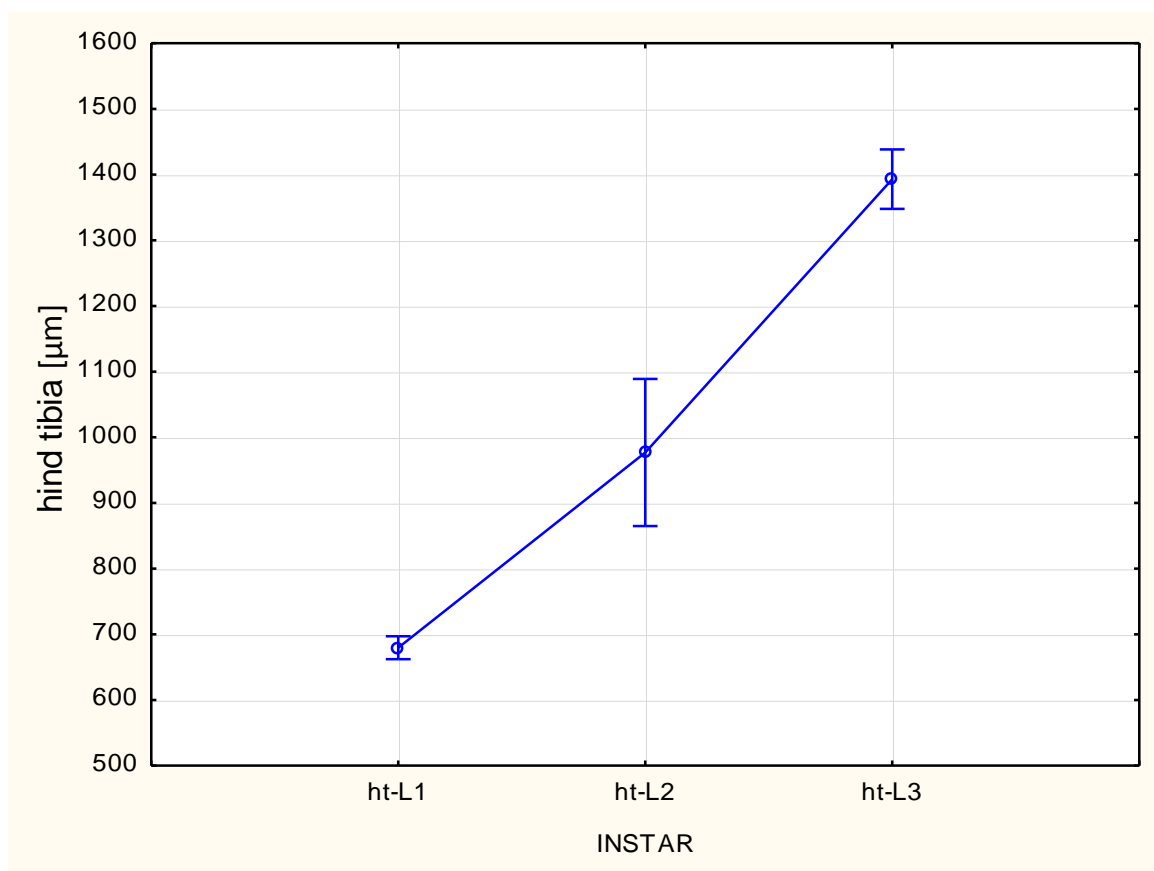
Obr. 13. Růst zadního femuru v jednotlivých instarech. Růst zadního stehna byl téměř lineární, po ekysi v L2 se nepatrně zrychlil.

Růstová délka zadního femuru (viz. obr. 13) není významně ovlivněna dostupností potravy ($p=0,101198$). Významný vliv má však teplota ($p=0,000083$) (viz. obr. 14), kdy nejmenší rozměry byly naměřeny u jedinců z LL (17 °C) u posledních instarů a největší u H (25 °C .)



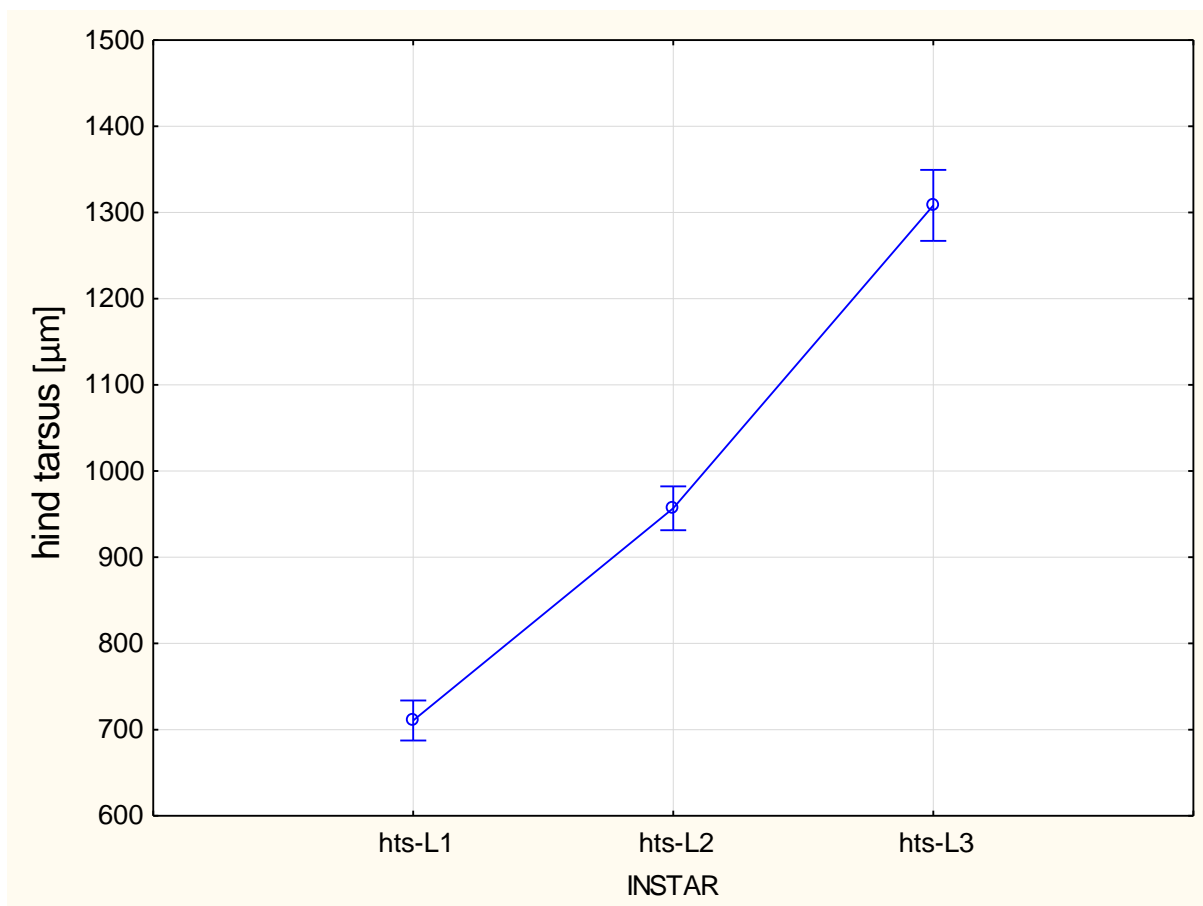
Obr. 14. Růst zadního femuru v jednotlivých instarech v závislosti na teplotě.

Růstová délka zadní tibie není významně ovlivněna dostupností potravy ($p=0,179452$) ani rozdílnou teplotou ($p=0,904205$) (viz. obr. 15). Z grafu je patrné, že růst byl téměř lineární, po ekdysi v L2 se nepatrně zrychlil.

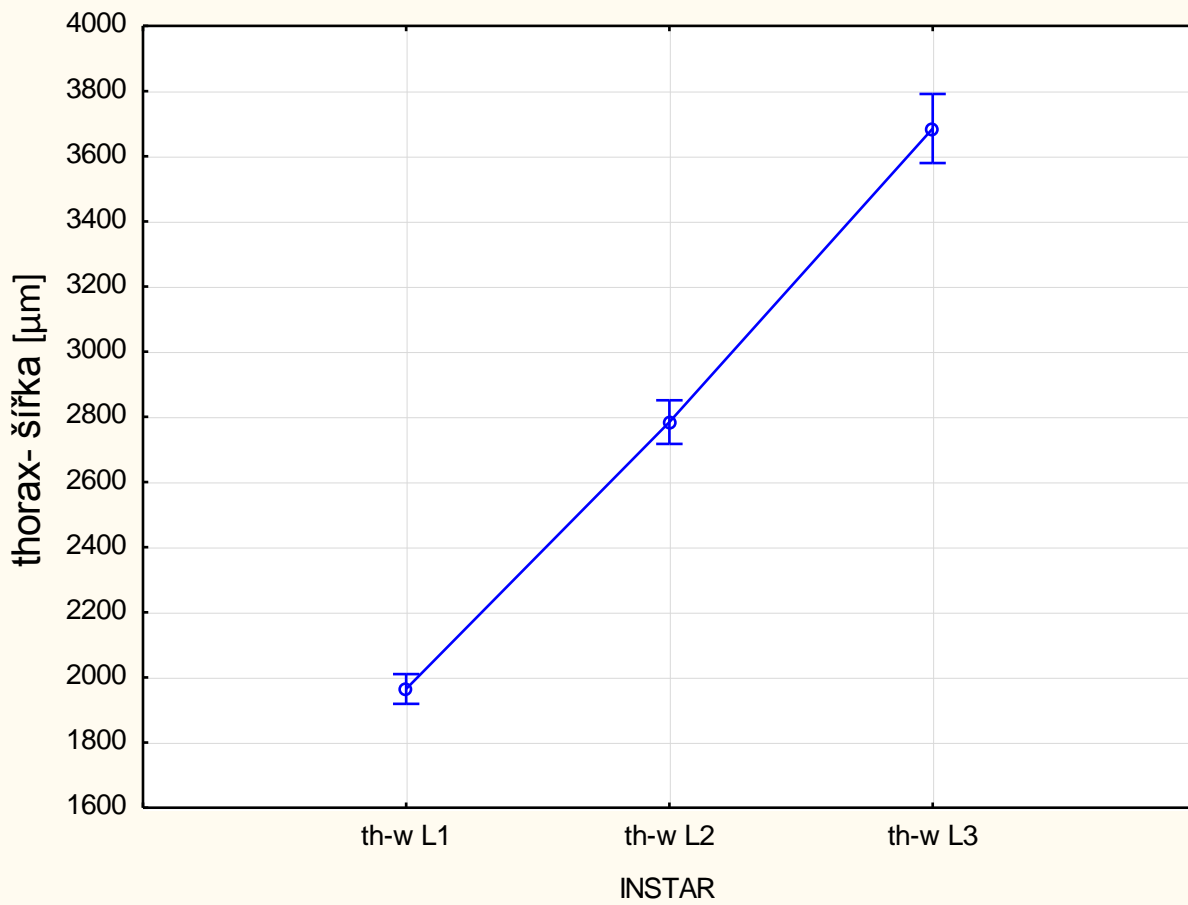


Obr. 15. Růst zadní tibie u jednotlivých instarů.

Růstová délka zadního tarsu není významně ovlivněna dostupností potravy ($p=0,144815$) ani rozdílnou teplotou ($p= 0,960217$) (viz. obr 16). Růst zadního tarsu byl téměř lineární, po ekdysi v L2 se nepatrně zrychlil.

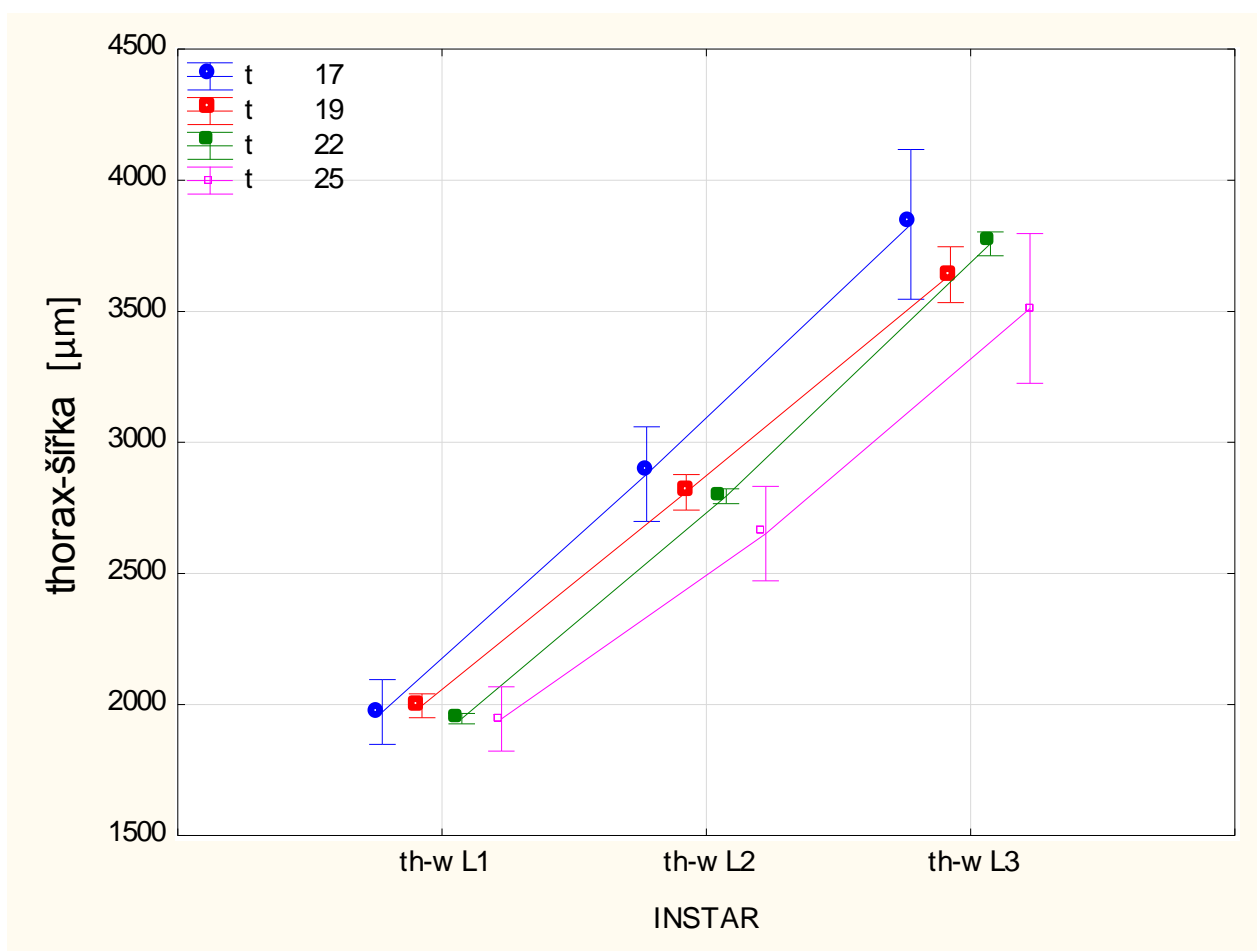


Obr. 16. Růst zadního tarsu u jednotlivých instarů.

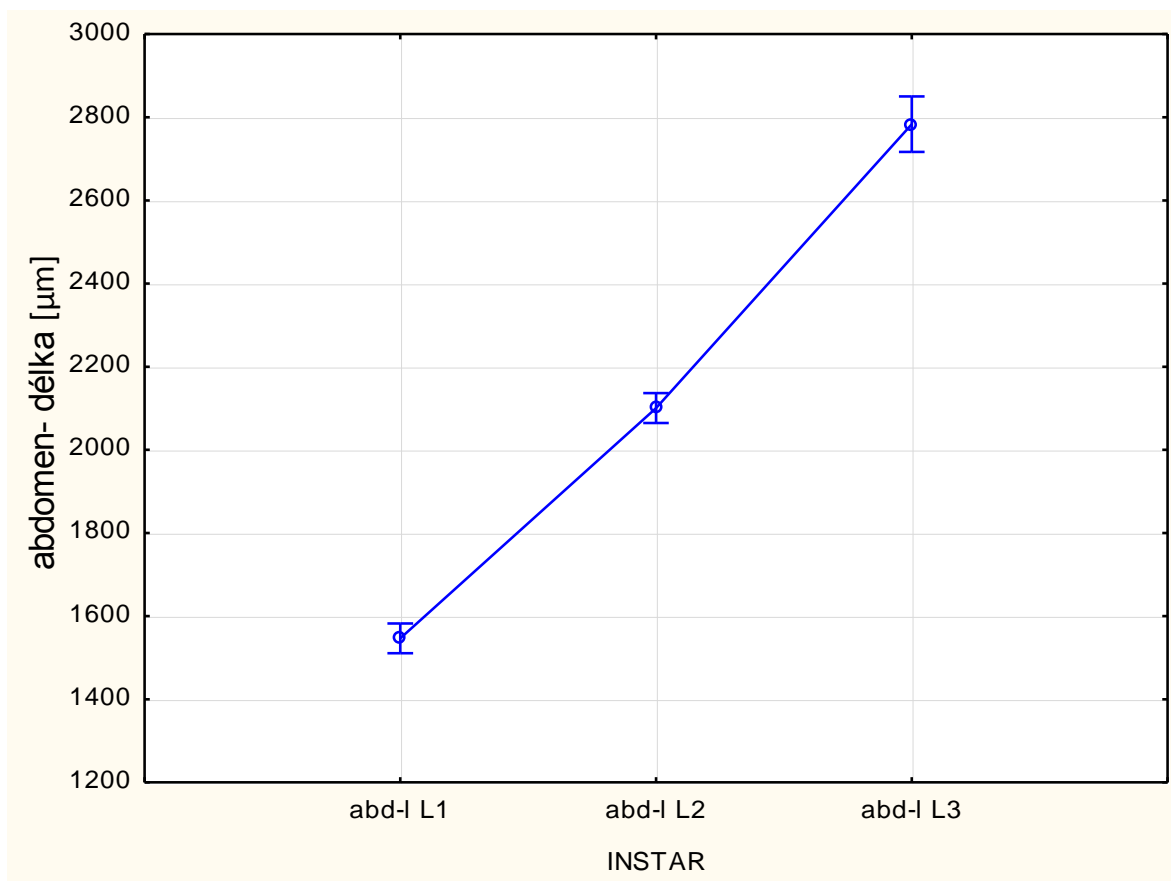


Obr. 17. Růst šířky hrudi u jednotlivých instarů.

Růstová délka šířky hrudních článků (viz. obr. 17) není významně ovlivněna dostupností potravy ($p=0,078322$), ale signifikantní vliv na růst má teplota ($p=0,002984$) (viz. obr. 18). Nejmenší rozměry byly zjištěny u jedinců v 25°C (H), největší u jedinců v 17°C (LL).

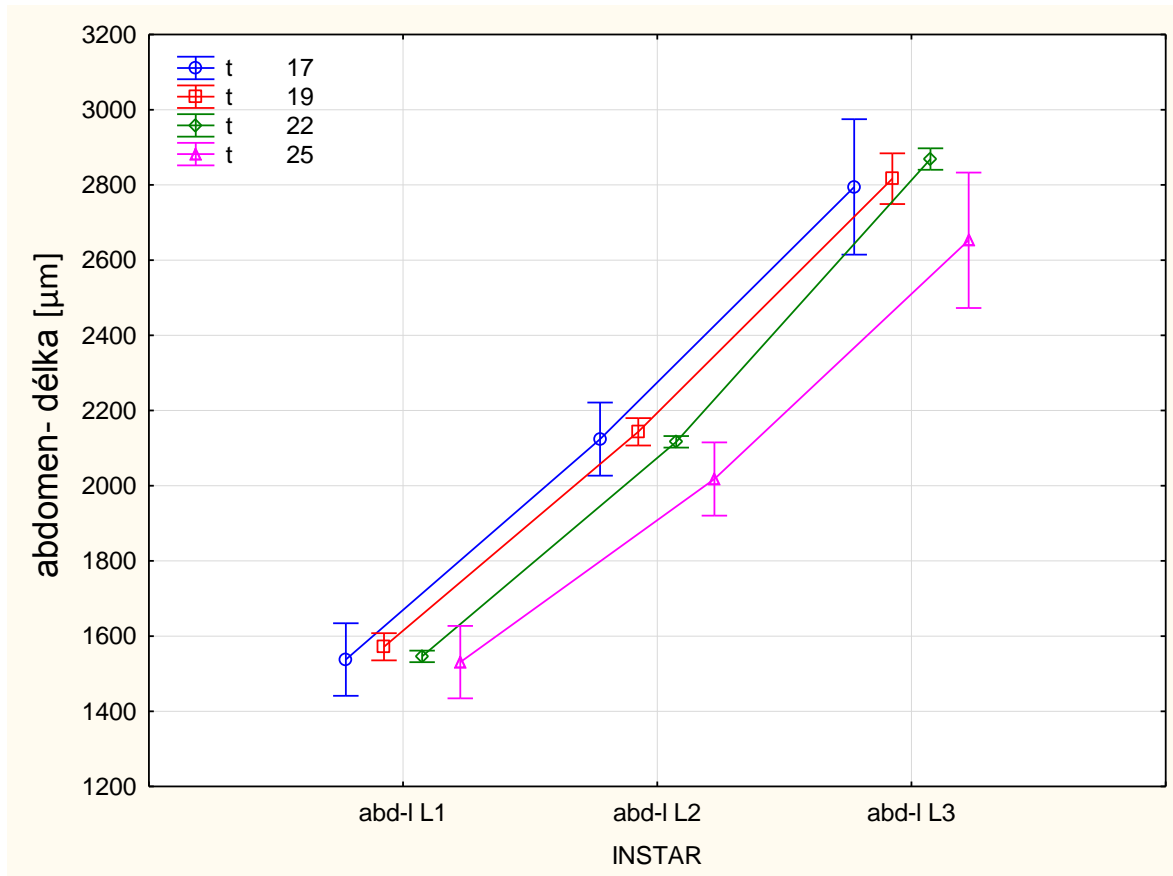


Obr. 18. Růst šířky hrudi u jednotlivých instarů v závislosti na teplotě.

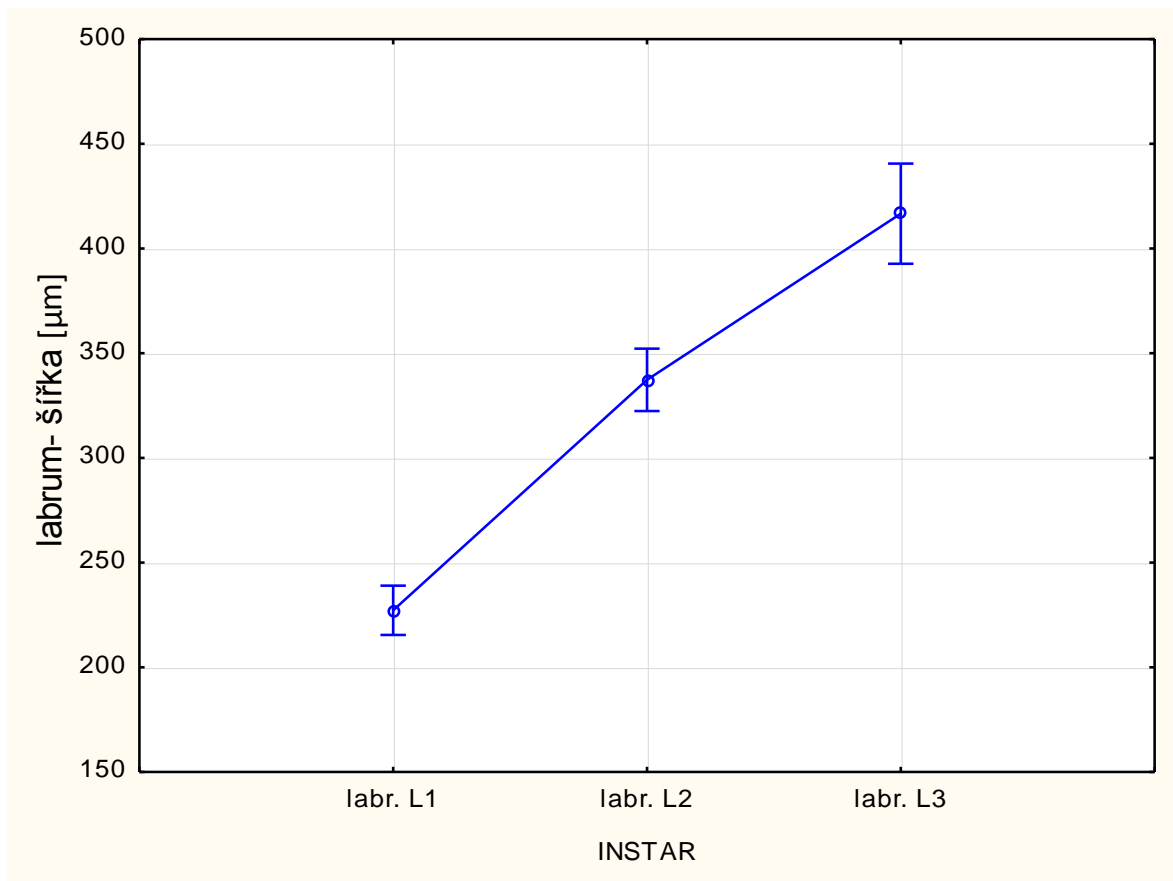


Obr. 19. Růst délky abdomenu u jednotlivých instarů. Růst délky abdomenu má téměř lineární průběh.

Růst délky zadečku (viz. obr. 19) není významně ovlivněn dostupností potravy ($p=0,300333$), signifikantní vliv má ale teplota ($p=0,009535$) (viz. obr. 20). Nejmenších rozměrů délky abdomenu dosahovali jedinci v 25°C (H), největších rozměrů potom jedinci ze 17°C (LL).

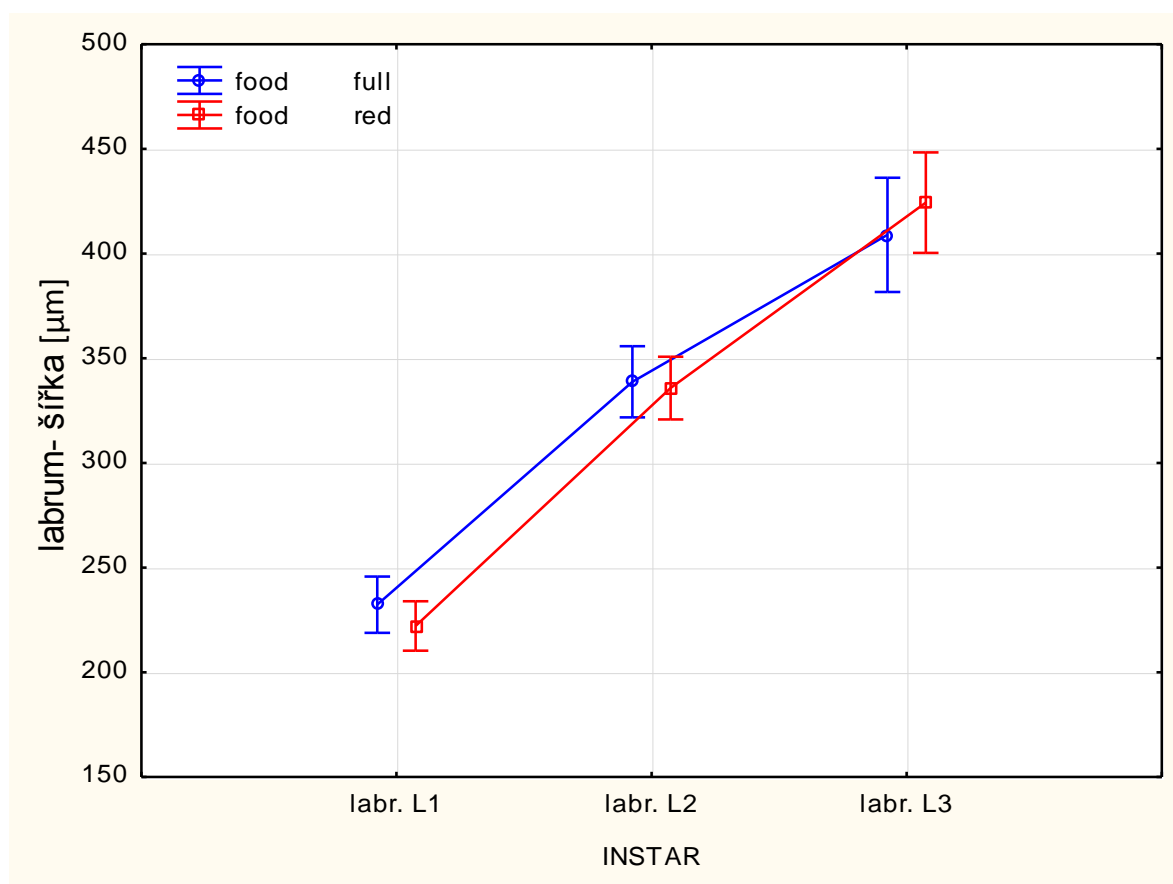


Obr. 20. Růst délky abdomenu u jednotlivých instarů v závislosti na teplotě.



Obr. 21. Růst šířky labra u jednotlivých instarů.

Růst šířky spodního pysku (viz. obr. 21) není významně ovlivněn teplotou ($p=0,849285$), ale signifikantní vliv na růst má dostupnost potravy ($p=0,036915$) (viz. obr. 22). Menších rozměrů v L1 a L2 dosahovali jedinci s redukovanou potravou, ale u L3 dosáhli menších rozměrů naopak jedinci s full potravním režimem.



Obr. 22. Růst šířky spodního pysku v závislosti na dostupnosti potravy.

5 Diskuse

5.1 Mortalita

Zásadním vlivem, který ovlivňoval vývoj a také mortalitu časných vývojových stádií bodule obecné byla teplota. Předem zvolená teplota 17 °C byla pravděpodobně na spodní hranici minimální teploty, ve které je schopna bodule obecná postembryonálního vývoje. Také nejvyšší zvolená teplota 25 °C byla pro jedince již poměrně stresujícím faktorem. To dokládá vyšší mortalita v chovech při tomto teplotním režimu. Nejvíce jedinců dospělo do stádia L3 při 22 °C a stejně tomu bylo také v případě jedinců, kteří se vyvinuli až do dospělosti.

Také rozdíl v potravních režimech hrál určitou roli. Systematicky byla u všech mladších vývojových stádií zaznamenána vyšší mortalita u potravního režimu full, kromě varianty L, kde byla zjištěna vyšší mortalita naopak v chovech s redukováním potravním režimem.

5.2 Délka vývoje jednotlivých instarů v různých treatmentech

Nymfy prvních tří sledovaných instarů (L1-L3) se vyvíjely průkazně nejkratší dobu ve variantě chovů H. Lze tedy usuzovat, že vysoká teplota 25 °C urychlila jejich vývoj. Naopak nejdelší doba vývoje byla zaznamenána ve variantě L, kde teplota 19 °C výrazně vývoj prodloužila.

Pokud porovnáme vývoj jednotlivých instarů, nejkratší dobu vývoje měli jedinci L1 (přibližně 8 dní). U jedinců L2 se délka vývoje téměř lineárně prodloužila na 10 dní a u L3 na 13 dní.

5.3 Vliv teploty a dostupnosti potravy na délku vývoje

Bylo zjištěno, že teplota a dostupnost potravy mají významný vliv na délku vývoje jedinců chovaných v jednotlivých treatmentech.

Podle předpokladu, jedinci chovaní při nejvyšší teplotě 25 °C měli nejkratší délku vývoje. Dle předpokladů se délka vývoje prodlužovala u jedinců chovaných v treatmentu M (resp. MM) a totéž platí také pro treatment L. Překvapivý výsledek byl ovšem zaznamenán v chovech treatmentu LL. Zatímco u L3 se délka vývoje dle předpokladu opět zvýšila, u L2 došlo kupodivu k mírnému zkrácení délky vývoje, u L1 dokonce k výraznému. Tento výsledek může být způsoben tím, že teplota 17 °C v průběhu časného preimaginálního vývoje je již velmi blízko spodní letální hranice.

Podobný výsledek byl zaznamenán také z hlediska ovlivnění dostupností potravy. Předpokládaným závěrem bylo, že jedinci, chovaní v režimu s potravním režimem full, budou vykazovat kratší dobu vývoje. Tento předpoklad se u L2 a L3 potvrdil. V případě L1 byla situace překvapivě opačná, kdy jedinci L1 v režimu full vykazovali naopak delší dobu vývoje než jedinci v režimu red.

5.4 Vliv teploty a dostupnosti potravy na růst

Dle výsledků se ukázalo, že ani jedním z environmentálních faktorů nebyly ovlivněny rozměry frontálního tarsu, středního stehna a holeně a zadní holeně a tarsu. Dostupnost potravy měla významný vliv na rozměry délky středního tarsu a šířky labia. Rozdílná teplota signifikantně pozitivně ovlivňovala růst středního femuru, šířku hrudi a délku zadečku.

6 Závěr

Zadání a úvod této práce formulují otázku:

Jaký vliv mají vybrané environmentální faktory (teplota a dostupnost potravy) na vývoj a růst bodule obecné?

Na uvedenou otázku mohou zjištění této práce odpovědět následujícím způsobem:

Bodule obecná *Ilyocoris cimicoides* má dle očekávání mortalitu i délku vývoje závislou na teplotě. Nejnižší teplota 17 °C, ale zároveň i nejvyšší teplota 25 °C, které jsou v mírném pásu naprosto běžné a nejsou nijak extrémní, jsou pravděpodobně velmi blízko hranice, na které jsou hraniční teplotní omezení postembryonálního vývoje. Již v teplotě 19 °C se jedinci úspěšně vyvíjejí a teplota 22 °C leží pravděpodobně velmi blízko jejich teplotního vývojového optima. Rozdíl teplot o pouhé 2 °C může být pro mladší nymfy *I. cimicoides* z hlediska rychlosti a úspěšnosti vývoje již zcela zásadní. Z hlediska rozšíření druhu v Evropě můžeme spekulovat o drobných potenciálních vývojových a morfometrických rozdílech mezi populacemi, případně o pozitivním vlivu teplotních fluktuací na vývoj.

Teplota také ovlivnila délku vývoje sledovaných stádií bodule. Nejkratšího vývoje dosahovali jedinci při nejvyšších teplotách (treatment H). Délka vývoje se s klesající teplotou prodlužovala (treatments M resp. MM a také L). Kde ale tato závislost nebyla plně potvrzena, byl treatment s nejnižší teplotou 17 °C. V něm se délka vývoje L3 prodlužovala a délka vývoje L1 a L2 zkracovala.

Dostupnost potravy pozitivně ovlivňovala vývoj ve variantě L, kde byly zaznamenána vyšší mortalita jedinců krmených obden než u jedinců krmených každý den. V ostatních variantách se úspěšněji a s menší mortalitou vyvíjeli jedinci s redukovaným potravním režimem.

7 Seznam literatury

- Aukema B. a Rieger C., 1995: Catalogue of the Heteroptera of the Palearctic Region, Volume 1: Enicocephalomorpha, Dipsocoromorpha, Nepomorpha, Gerromorpha and Leptopodomorpha. Netherlands Entomological Society, The Netherlands
- Benzie J.A.H., 1989: The immature stages of *Plea frontalis* (Fieber, 1844) (Hemiptera: Pleidae), with redescription of the adult. *Hydrobiologia* 179: 157-171
- Bohoněk K., 1987: Životní cyklus některé morfometrické charakteristiky populace *Corixa punctata* Ill. (Heteroptera, Corixidae) v Českobudějovické pánvi. Diplomová práce, Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích. 71 s.
- Campbell N. A., Reece J. B., 2008: Biologie. Computer Press, a.s., 1338 s.
- Cuzin-Roudy J., Laval P., 1975: A canonical diskriminant analysis of post-embryonic development in *Notonecta maculata* Fabricius (Insecta, Heteroptera). *Growth* 39: 251-280
- Ditrich T., Papáček M. 2009: Effective strategy of the overwintering of semiaquatic bugs: overwintering of *Velia caprai* (Heteroptera: Gerromorpha: Veliidae). *Journal of Natural History*, 43(9-10): 529-543.
- Dvořáková L., 1985: Morfometrická analýzy- využití v praktickém cvičení na gymnáziu: aplikace v základním výzkumu. Diplomová práce, Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích. 100 s.
- Džisová D., 2002: Společenstva vodních ploštic (Heteroptera: Nepomorpha, Gerromorpha) soustavy rybníků a nádrží v povodí Dobečovského potoka (Novohradské hory). Diplomová práce, Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích, 79 + 19 s. příloh.
- Gullan P. J., Cranston P. S., 2010: The insects an outline of entomology, 4. vydání, USA: Wiley- blackwell, 584 s.
- Hausírková Z., 1986: Životní cyklus a morfometrická charakteristika bodule obecné (*Ilyocoris cimicoides*) (Heteroptera: Naucoridae). Diplomová práce, Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích. 48 s.
- Hůrka K., Čepická A., 1980: Rozmnožování a vývoj hmyzu, 1. vydání, Praha, Státní pedagogické nakladatelství, 224 s.

- Indrová E., 2008: Vývoj a růst bentické vodní plošnice hlubenky skryté (*Aphelocheirus aestivalis*) (Fabricius, 1794) (Insecta: Heteroptera: Aphelocheiridae). Diplomová práce, Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích. 62 s.
- Indrová I., 2004: Prostorová distribuce ve společenstvech vodních ploštic: Srovnávací studie. Diplomová práce, Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích, 165 s.
- Jandová L., 2003: Vývoj a životní cyklus hladínatky *Velia caprai* (Insecta, Heteroptera, Veliidae) v Novohradských horách, Diplomová práce, Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích. 80 s. + 14 příloh.
- Janochová K., 2001: Taxocenózy vodních a semiakvatických ploštic (Insecta, Heteroptera: Nepomorpha, Gerromorpha) rybníků v oblasti Nových Hradů. Diplomová práce, Jihočeská univerzita Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích, 75 s. + 13 s. příloh.
- Keffer S.L. a McPherson J.E., 1988: Descriptions of nymphal instars of *Abedus breviceps* (Hemiptera: Belostomatidae), *The Great Entomologist* 21(4): 169-174.
- Klingenberg CH.P. a Spence J.R., 1993: Heterochrony and allometry: Lessons from the water strides genus *Limnoporus*. *Evolution* 47(6): 1834-1853.
- Klingenberg CH.P. a Spence J.R., 1997: On the role of body size for life history evolution. *Ecological Entomology* 22: 55-68.
- Klingenberg CH.P. a Zimmermann M., 1992: Static, ontogenetic, and evolutionary allometry: A multivariate comparison in nine species of water strides. *The American Naturalist* 40(4): 601-620.
- Klingenberg CH.P., 1992: Dyars rule and multivariate allometric growth in nine species of waterstrides (Heteroptera: Gerridae). *Journal of Zoology, London* 227: 453-464.
- Kopelke J.P., 1980: Morphologische Charakteristika der Lareven von *Hydrocyrius columbiae columbiae* Spinola und *Sphaeroderma grassei ghesquierei* Poisson: Studien an afrikanischen Belostomatiden. (Heteroptera, Insecta) IV. *Deutsche entomologische Zeitschrift* 27(I-III): 1-19
- Korch P.P.III. a McPherson J.E., 1987: Life history and laboratory rearing of *Gerris argenticollis* (Hemiptera: Gerridae) with descriptions of immature stages. *The Great Lakes Entomologist* 20(4): 193-204
- Košťál V. (2006): Eco-physiological phases of insect diapause. *J. Ins. Physiol.* 52: 113-127
- Lellák J., 1972: Biologie vodních živočichů, druhé doplněné vydání, Státní pedagogické nakladatelství, Universita Karlova v Praze. 218 s.

- McPherson J.E. a Packauskas R.J., 1986: Life history and laboratory of *Belostoma lutarium* (Heteroptera: Belostomatidae) with descriptions of immature stages. *Journal of the New York Entomological Society* 94(2): 154-162
- McPherson J.E. a Packauskas R.J., 1987: Life history and laboratory rearing of *Nepa apiculata* (Heteroptera: Nepidae), with descriptions of immature stages. *Annals of the Entomological Society of America* 80: 680-685
- McPherson J.E. a Packauskas R.J. a Korch P.P.III., 1987: Life history and laboratory rearing of *Pelocoris femoratus* (Hemiptera: Naucoridae), with descriptions of immature stages: *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 89(2): 288-295
- Ondrová M., 1987: Variabilita populace a alometrický růst *Micronecta minutissima** L. (Heteroptera, Corixidae). Diplomová práce, Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích. 73 s. * (ve skutečnosti jde o druh *Micronecta scholtzi*).
- Paulová L., 2012: Vývoj, růst a variabilita jedinců semiakvatické plošnice hladinatky pobřežní (*Microvelia reticulata*) (Heteroptera: Gerromorpha: Veliidae). Diplomová práce, Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích. 93 s.
- Packauskas B.J. a McPherson J.E., 1986: Life history and laboratory rearing of *Ranatra fusca* (Hemiptera: Nepidae) with description of immature stages. *Annals of the Entomological Society of America* 79: 566-571
- Papáček M., 2011: Growth strategie of the water bugs (Heteroptera: Nepomorpha, Gerromorpha) in relation to their life cycles. P. 90. In: Murariu D., Adam C., Chisamera, Iorgu e., Popa L.O. a Popa P.P. (Eds): Annual, Zoological Congress of gregore Antipa Museum, Book of Abstracts. 23-25 November, Bucharest- Romania. Editora Medialux, Bucarest, Romania. 192 pp. (ISBN 978-606-92462-4-5).
- Papáček M., 1985: Životní cyklus a vývoj člunovky obecné (*Plea leachi*, McGregor et Kirkaldy, 1899) (Heteroptera, Pleidae) v Českobudějovické pánvi. *Sborník Jihočeského Muzea v Českých Budějovicích, Přírodní vědy* 25: 73-85* (platné synonymum druhu je *Plea minutissima*- viz později Kerzhner)
- Papáček M. a Hausírková Z., 1987: Životní cyklus a vývoj bodule obecné (*Ilyocoris cimicoides* L.) (Heteroptera, Naucoridae) v jižních Čechách. *Sborník Jihočeského Muzea v Českých Budějovicích, Přírodní vědy* 27: 73-81
- Papáček M. a Hausírková Z., 1988: Životní cyklus a vývoj bodule obecné (*Ilyocoris cimicoides* L.) (Heteroptera, Naucoridae) v jižních Čechách. *Sborník Jihočeského Muzea v Českých Budějovicích, Přírodní vědy* 28: 33-34

- Sehnal F., 1985: Growth and life cycles. In Comprehensive insect physiology, biochemistry and pharmacology 2: 1-86 s. Kerkut G. A. a Gilbert L. I. (Eds). Oxford: Pergamon Press.
- Schull D. R., Steward JR. R.L. a Paulson G.S., 2010: Application of Dyars law to life stages of *Sigara Mathesovi* (Heteroptera: Corixidae). *Entomological News* 121(5): 469-474.
- Simandl M., 2006: Životní cyklus a růst bruslařky obecné *Gerris lacustris* (Linné, 1758) (Heteroptera: Gerromorpha: Gerridae). Diplomová práce, Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích. 91 s. + 16 s. příloh.
- Smejkalová R., 2001: Výskyt vodních a semiakvatických ploštic (Insecta, Heteroptera: Nepomorpha, Gerromorpha) v bývalých klauzurách Novohradských hor. Diplomová práce, Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích, 71 s. + 39 s. příloh .
- Spence J. R. a Andersen N. M., 1994: Biology of Water Strides- Interactions between Systematics and Ecology. *Annual Review of Entomology*, 39: 101- 128 s.
- Svobodová K., 2012: Vliv fixace vodních ploštic (Heteroptera: Nepomorpha) na výsledky studia jejich růstu a variability. Diplomová práce, Jihočeská universita, Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích, 171 s.
- Truhlářová I., 1997: Vývoj samičích pohlavních orgánů a oogeneze bodule obecné (*Ilyocoris cimicoides*) (Nepomorpha: Heteroptera). Diplomová práce, Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích, 37 s. + 8 s. příloh
- Tříška K., 1989: Životní cyklus a růstové charakteristiky jedinců 1. a 2. generace klešťanky *Cymatia coeloptrata* (Fabricius, 1776), (Heteroptera: Corixidae) v Českobudějovické pánvi, Diplomová práce, Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích. 75 s. + 44 s. příloh.
- Tůma L., 2006: Životní cyklus a růst klešťanky obecné *Sigara falleni* (Fieber, 1858) (Heteroptera: Nepomorpha: Corixidae). Diplomová práce, Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích. 84 s. + 9 příloh.
- Waitzbauer W., 1974: Die Larvalenwicklung einiger aquatischer Wanzenarten (Ins. Heteroptera, Hemiptera) *Naucoris*, *Ranatra*, *Notonecta*. *Sitzungsberichten der Oesterreichische Akademis der Wissemschaften, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse, Abteilung. I.* 182 (5): 77-102.

