

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta

**Morfometrická analýza ještěrky živorodé
(*Zootoca vivipara*) v České republice**

bakalářská práce

Tomáš Krejčí

vedoucí práce

Mgr. Michal Berec, Ph.D.

České Budějovice 2010

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.

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Českých Budějovicích, 12. 4. 2010

Podpis

Mé poděkování patří mému školiteli Mgr. Michalu Berecovi, Ph.D. a RNDr. Jiřímu Moravcovi, CSc. za pomoc při zpracování této práce a Mgr. Simoně Polákové a RNDr. Janě Jersákové, Ph.D. za pomoc při řešení statistických problémů. Rád bych také poděkoval své rodině a přátelům za podporu při zpracovávání této práce.

SOUHRN

Zootoca vivipara je nejmenším ze čtyř druhů ještěrek vyskytujících se na území České republiky. U mnoha druhů ještěřů se vyskytuje sexuální dimorfismus v nejrůznějších znacích a jeho výskyt byl předpokládán i u tohoto druhu. Zkoumáno bylo osm znaků: celková délka těla, délka těla, délka ocasu, délka a šířka hlavy, počet femorálních pórů, počet ventrálií a počet lamel na čtvrtém prstu zadní končetiny. Znaky byly porovnávány na exemplářích ze sbírek Národního muzea v Praze pocházejících ze dvou oblastí – Šumava a Děčínský Sněžník. Analýza kovariance (ANCOVA) pro oblast Šumavy ukázala sexuální dimorfismus, kdy u samců je větší celková délka těla, délka ocasu, délka a šířka hlavy a počet femorálních pórů. U samic je větší počet ventrálií. Pro oblast Děčínského Sněžníku ukázala analýza kovariance sexuální dimorfismus v celkové délce těla, v délce ocasu, v délce a šířce hlavy, kdy hodnoty všech znaků jsou větší u samců. Počet ventrálií je opět vyšší u samic. Variabilita některých znaků vykazovala také závislost na nadmořské výšce. Signifikantní závislost na nadmořské výšce, zkoumaná analýzou kovariance byla zjištěna u jedinců z oblasti Šumavy v celkové délce těla, v délce ocasu a v délce hlavy, kdy hodnoty všech těchto znaků s rostoucí nadmořskou výškou klesají. Šířka hlavy vykazovala závislost pouze v absolutních hodnotách (ANOVA), kdy opět s rostoucí nadmořskou výškou hodnoty klesaly. U jedinců z oblasti Děčínského Sněžníku se projevila signifikantní závislost na nadmořské výšce pouze v absolutních hodnotách v délce těla, v délce hlavy a v šířce hlavy. Analýza kovariance u těchto znaků byla statisticky neprůkazná.

Klíčová slova: *Zootoca vivipara*, sexuální dimorfismus, nadmořská výška, morfometrická analýza

ABSTRACT

Zootoca vivipara is the smallest of four species of lizard occurring in the Czech Republic. For many species of lizards sexual dimorphism was found in different characters and their presence was predicted also in this species. Eight characters were measured: total body length, snout – vent length, tail length, head length, head width, number of ventral scales, number of femoral pores and number of lamellae under the fourth finger of hind leg. Analyzed specimens from collections of Prague National Museum came from two areas – Šumava and Děčínský Sněžník. Analysis of covariance (ANCOVA) for the Šumava area showed sexual dimorphism: males were larger in total body length, in tail length, in head length, in head width and had higher number of femoral pores than females. Females had higher number of ventral scales than males. Analysis of covariance for the Děčínský Sněžník area showed sexual dimorphism in total body length, in tail length, in head length and in head width. All these characters were higher in males. Females had higher number of ventral scales. Variability of some characters showed dependence on altitude. Significant dependence on altitude investigated by analysis of covariance was detected in specimens from the Šumava area in total body length, in tail length and head length: the values of all these characters decreased with increasing altitude. Head width exhibited significant dependence on altitude only in absolute values (ANOVA): the values decreased with increasing altitude. Specimens from the Děčínský Sněžník area exhibited significant dependence on altitude only in absolute values of body length, of head length and of head width. Analysis of covariance was not significant.

Key words: *Zootoca vivipara*, sexual dimorphism, altitude, morphometric analysis

OBSAH

1. ÚVOD.....	7
2. METODIKA	10
3. VÝSLEDKY	14
3.1. Sexuální dimorfismus	14
3. 2. Hypsometrická variabilita	19
4. DISKUZE	24
4. 1. Sexuální dimorfismus	24
4. 2. Hypsometrická variabilita	31
5. ZÁVĚR	33
6. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	34

1. ÚVOD

Zootoca vivipara je nejmenší ze čtyř druhů ještěrek vyskytujících se na území České republiky. Má malou zaoblenou hlavu se silným krkem, se silným, v přední polovině téměř válcovitým ocasem a s relativně slabými a krátkými končetinami. Mláďata jsou zbarvena červenohnědě nebo velmi tmavě, černošedě, i na břišní části těla. Hřbetní strana často nese několik podélných řad černých skvrnek s bílou tečkou uprostřed. Ve zbarvení dospělých se objevují různé odstíny hnědé, bronzově červenohnědé, olivově nazelenalé, šedohnědé a černoohnědé barvy. Středem hřbetu se obvykle táhne od týlu až na kořen ocasu úzký tmavý proužek. Po jeho stranách je hřbet světlejší, šedého, hnědého nebo plavého odstínu, někdy s drobnými tmavými skvrnkami. Od nozdry přes oko se na každé straně táhne dozadu (na krku, trupu a části ocasu) široký tmavý pás. Mezi tímto pásem a světlejším hřbetem probíhá u některých exemplářů úzká bělavá linie, u jiných exemplářů je místo ní řada bílých černě lemovaných skvrnek. Další méně výrazná světlá linie probíhá u některých exemplářů níže na boku. Břišní strana těla je u dospělých samců sytě žlutá až oranžová, s drobnými černými tečkami. Břišní strana těla samic bývá obvykle bez teček, je bledě žlutá, šedobílá, nazelenalá až šedomodrá. Hrdlo je u obou pohlaví světlejší, našedle nebo narůžověle bělavé. Ocas je více méně bez kresby, na spodní straně světlejší. Kromě obvykle zbarvených zvířat jsou známy exempláře s velmi tmavou pigmentací, i zcela černé (Baruš *et* Oliva, 1992).

Areál rozšíření *Zootoca vivipara* patří k největším mezi všemi suchozemskými plazy (Dely *et* Böhme, 1984). Vyskytuje se od Norska, Britských ostrovů a severozápadního Španělska východně přes celou Evropu a palearktickou Asii až po pobřeží Pacifiku, ostrov Sachalin a ostrov Hokkaido v Japonsku. V Evropě sahají jižní hranice areálu rozšíření až k severní Itálii, Makedonii a Bulharsku (Arnold *et al.*, 2007).

Zootoca vivipara obývá převážně vlhčí a chladnější zejména lesní biotopy, na jihu areálu žije výhradně v horách (mezi 1 000-3 000 m n.m.), na našem území žije rovněž častěji ve vyšších polohách (nad 400 m n.m.), byla však nalezena na některých vlhčích lokalitách i v nížinách. Nížinné lokality leží většinou ve vlhčích lužních lesích nebo na vlhkých loukách. Ve vyšších polohách obývá smíšené i jehličnaté lesy, horské louky, paseky, rašeliniště (Baruš *et* Oliva, 1992).

Sexuální dimorfismus se u *Zootoca vivipara* projevuje zejména rozdílným zbarvením břicha, rozdíly v délce těla a ocasu, a tím i rozdílem v jejich poměru. Délka těla je větší u samic, kdežto délka ocasu je větší u samců (Baruš *et* Oliva, 1992).

Sexuálním dimorfismem mezi pohlavími jednoho druhu se rozumí rozdíly např. ve zbarvení, velikosti nebo ve výskytu některých částí těla, majících svůj význam např. při námluvách a soubojích, jako jsou třeba barevná pera, parohy, rohy nebo kly.

Samci jsou větší než samice u většiny ještěřů, ačkoli sexuální dimorfismus ve velikosti ve prospěch samic se vyskytuje téměř v každé čeledi. Sexuální dimorfismu ve velikosti ve prospěch samců může dosahovat extrémů, kdy samci dosahují v průměru až o 50 % větší délky než samice. Toto můžeme pozorovat např. u některých zástupců rodu *Anolis*, *Tropidurus*, *Amblyrhynchus* a *Varanus*. Pro srovnání, samice převyšují samce v délce až o 20 % u některých zástupců rodu *Polychrus*, *Mabuya* a *Aprasia*. Sexuální dimorfismus ve velikosti ve prospěch samců je pravidlem i pro několik čeledí (např. Iguanidae, Tropiduridae, Teiidae, Varanidae), zatímco jiné vykazují značnou variabilitu bez jasného trendu v sexuálním dimorfismu ve velikosti (např. Gekkonidae, Scincidae). Mnoho rodů vykazuje konzistentní trend směrem k větším samcům (např. *Ameiva*, *Leiocephalus*, *Microlophus*, *Tropidurus*) nebo samicím (např. *Phrynosoma*, *Diplodactylus*, *Aprasia*), zatímco jiné vykazují značnou fylogenetickou labilitu ve směru sexuálního dimorfismu ve velikosti (např. *Anolis*, *Lacerta*, *Mabuya*, *Sceloporus*) (Cox *et al.*, 2007).

Jako hlavní selekční tlaky, vysvětlující sexuální dimorfismus ve velikosti těla, se uvádějí tyto tři:

- (1) pohlavní výběr, kdy větší samec je zvýhodněn při souboji s jiným samcem. Tuto hypotézu podporuje např. sexuální dimorfismus ve velikosti hlavy, kdy samci mají větší hlavu než samice (Carothers, 1984; Vitt *et* Cooper, 1985; Anderson *et* Vitt, 1990; Hews, 1990; Molina-Borja *et al.*, 1998). Větší hlava umožňuje samcům také lepší uchopení a držení samice během kopulace (Hews, 1990; Braña, 1996; Herrel *et al.*, 1996; Herrel *et al.*, 1999; Gvoždík *et* Van Damme, 2003).
- (2) plodnost samice, kdy je upřednostňována větší velikost samice, protože počet potomků (vaječ) roste s velikostí samice;
- (3) dělení se o zdroje, kdy se velikost těla vztahuje na využití zdrojů, např. když sexuální dimorfismus v délce těla redukuje intersexuální kompetici (Cox *et al.*, 2007). Např. větší hlava umožňuje samcům požídat větší a těžší kořist než samice, což snižuje intersexuální kompetice o potravu (Schoener, 1967; Stamps, 1977; Prest, 1994).

Sexuální dimorfismus v délce ocasu ve prospěch samců je pravděpodobně důsledkem morfologického tlaku v podobě nutnosti uložení kopulačních orgánů na bázi ocasu (Barbadillo *et* Bauwens, 1997). Dostí vysoký se zdá být také selekční tlak na prodloužení ocasu za účelem lepší schopnosti úniku před predátorem autotomií ocasu (Vitt *et* Cooper, 1986; Medel *et al.*, 1988; Fox, Perrea-Fox *et* Franco, 1994).

Posun v sexuálním dimorfismu ve velikosti buď ve prospěch samců nebo samic může být zapříčiněn také geografickými změnami. U rodu *Sceloporus* (Fitch, 1978), *Leiocephalus* (Schoener *et al.*, 1982) a obecně napříč ještěry (Cox *et al.*, 2003) byl zaznamenán posun od větších samců v nižší zeměpisné šířce k monomorfismu nebo větším samicím ve větší zeměpisné šířce. Objevuje se ovšem sexuální dimorfismus ve velikosti ve prospěch samců i ve větší zeměpisné šířce, např. rod *Anolis* (Fitch, 1976). Geografické rozdíly v určitých podmínkách mohou způsobit posun v sexuálním dimorfismu ve velikosti i uvnitř druhu. Např. samci *Morelia spilota* ze severovýchodní populace jsou v průměru o 10 % delší a o 30 % těžší než samice, zatímco samice z jihozápadní populace jsou více jak dvakrát delší a desetkrát těžší než samci (Pearson *et al.*, 2002). Růst a velikost těla souvisí s různou dostupností potravy v různých populacích, což může ovlivnit i vnitrodruhovou variabilitu sexuálního dimorfismu (Madsen *et* Shine 1993b; Wikelski *et* Trillmich 1997).

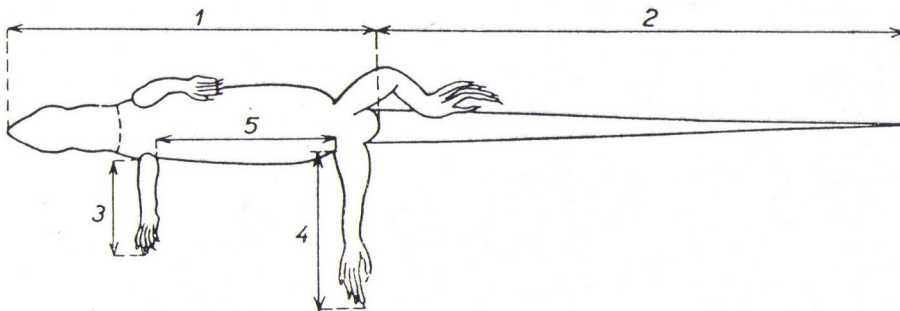
Cílem práce bylo zjistit variabilitu vybraných meristických a foliotických charakteristik exemplářů *Zootoca vivipara* ze sbírky Národního muzea v Praze a jejich případnou závislost na nadmořské výšce. O přezkoumání materiálu jsme byli požádáni RNDr. Jiřím Moravcem, CSc., vedoucím pracovníkem přírodovědeckého oddělení Národního muzea v Praze z důvodu nového vydání Fauny ČR, kde by nové výsledky měly být publikovány.

2. METODIKA

Zpracováno bylo 178 exemplářů o délce těla mezi 33 – 65 mm. Zahrnuti byli i jedinci s délkou těla <43mm (obvykle udávaná spodní hranice velikosti pohlavně dospělých zvířat) z důvodu nemožnosti provedení pitvy na muzejním materiálu, kvůli čemuž nebylo možné zjistit u menších jedinců zda se jedná o adultní zvířata. Exempláře pochází ze 13 lokalit o nadmořské výšce pohybující se mezi 430 – 1150 m. n. m. Lokality byly rozděleny do dvou oblastí – Děčínský Sněžník a Šumava (tab č. 1 a 2). Lokality Pohorí na Šumavě se nachází mimo Šumavu v Novohradských horách, dále je ovšem uváděna jako součást oblasti Šumava. Měřeno bylo osm znaků (obr. č. 1). Pro určení hypsometrické variability byla použita obě pohlaví současně, protože interakce mezi oběma pohlavími a lokalitami vyšly nesignifikantně.

Všechna data byla analyzována dvojcestnou ANOVOU a ANCOVOU (jako kovariáta byla použita délka těla). Všechna data byla zpracována v programu Statistica (StatSoft, Inc., 2009).

Měření bylo prováděno pomocí mechanické šuplery a binokulární lupy. Pohlaví bylo určováno na základě zvětšených femorálních porů u samců a rozšířeného kořene ocasu u samic.



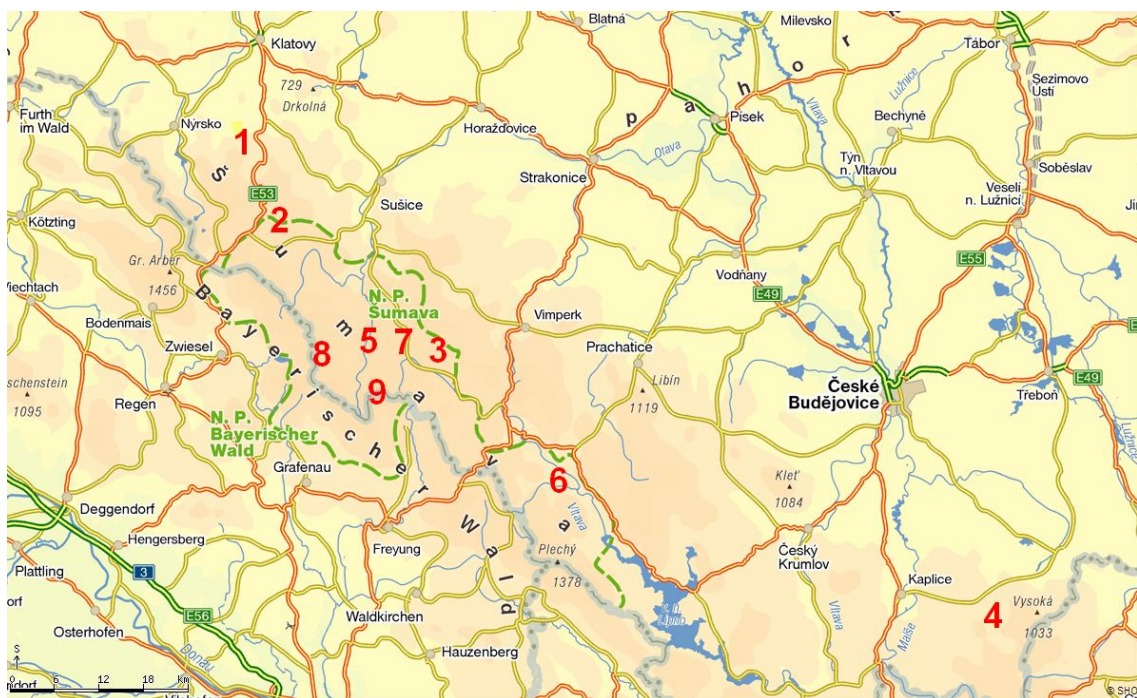
Obr. č. 1. Způsob měření ještěrky. 1 – délka těla, *longitudo corporis*; 2 – délka ocasu, *longitudo caudae*; 3 – délka přední končetiny, *pes anterior*; 4 – délka zadní končetiny, *pes posterior*; 5 – vzdálenost od zadního okraje báze přední končetiny po přední okraj báze zadní končetiny, *longitudo inter extremitatum*. Podle Opatrného (1973).

Měřené znaky:

- Celková délka těla (*Longitudo totalis*) – měřená od předního konce hlavy po konec ocasu
- Délka těla (*Longitudo corporis*) – měřená od předního konce hlavy po přední okraj kloakální štěrbiny
- Délka ocasu (*Longitudo caudae*) – měřená od předního okraje kloakální štěrbiny po konec ocasu
- Délka hlavy (*Longitudo capitis*) – měřená od předního konce hlavy po okraj týlního štítku (*occipitale*)
- Šířka hlavy (*Latitudo capitis*) – měřená v nejširším místě za zadním okrajem oka
- Počet ventrálií
- Počet femorálních pórů (*Pori femoris*) – počet stehenních pórů na vnitřní straně jednoho stehna
- Počet lamel na čtvrtém prstu zadní končetiny

Tab. č. 1. Lokality zkoumaných exemplářů z oblasti Šumavy včetně nadmořské výšky a počtů měřených samců a samic

ČÍSLO LOKALITY	NÁZEV LOKALITY	NADMOŘSKÁ VÝŠKA (m n.m.)	POČET MĚŘENÝCH SAMCŮ	POČET MĚŘENÝCH SAMIC
1	Božtěšice	480	3	1
2	SPR Novohůrecká slat'	865	4	5
3	Borová Lada	901	11	3
4	Pohoří na Šumavě	918	3	3
5	Modrava	995	5	1
6	Mrtvý luh	1050	20	19
7	Horská Kvilda	1070	14	20
8	SPR Rokytská slat'	1090	5	1
9	Mrtvý vrch	1080 - 1150	8	16
CELKEM			73	69



Obr. č. 2. Lokality zkoumaných exemplářů z oblasti Šumavy.

Tab. č. 2. Lokality zkoumaných exemplářů z oblasti Děčínského Sněžníku včetně nadmořské výšky a počtů měřených samců a samic

ČÍSLO LOKALITY	NÁZEV LOKALITY	NADMOŘSKÁ VÝŠKA (m n.m.)	POČET MĚŘENÝCH SAMCŮ	POČET MĚŘENÝCH SAMIC
1	Maxičky	430	4	1
2	Ostrov	465	13	2
3	Tisá	560	4	3
4	Děčínský Sněžník - vrchol	723	6	2
CELKEM			27	8



Obr. č. 3. Lokality zkoumaných exemplářů z oblasti Děčínského Sněžníku.

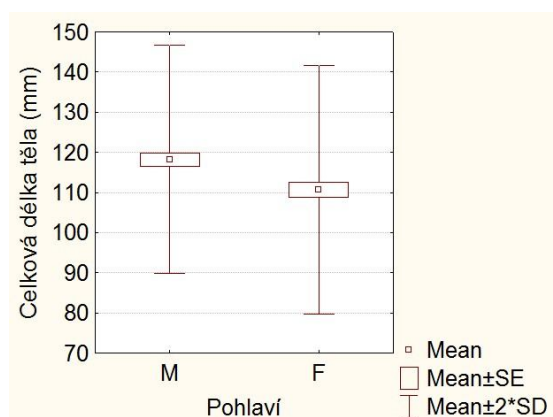
3. VÝSLEDKY

3. 1. Sexuální dimorfismus

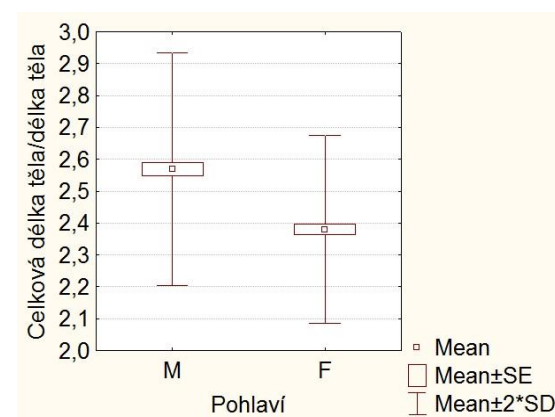
Kompletní výsledky analýzy sexuálního dimorfismu pro jedince z oblasti Šumavy ukazuje tab. č. 3. Sexuální dimorfismus se vyskytuje ve všech znacích vyjma počtu lamel na čtvrtém prstu zadní končetiny a délky těla jak v absolutních hodnotách (graf č. 1, 3, 5, 7, 9, 11), tak i po zohlednění délky těla (graf č. 2, 4, 6, 8, 10, 12). Pouze jeden znak dosahuje větších hodnot u samic – počet ventrálií, ostatní znaky dosahují větších hodnot u samců.

Znak	Průměr ± směrodatná odchylka (min.-max.)		ANOVA		ANCOVA	
	Samec (M) (N=73)	Samice (F) (N=69)	F	P	F	P
Celková délka těla	118,2±14,1 (84-141)	110,7±15,3 (83-143)	9,258	<0,01	48,613	<0,001
Délka těla	46,1±5,0 (33-55)	46,7±7,4 (33-65)	0,353	0,553		
Délka ocasu	72,2±10,5 (46-92)	64,0±9,0 (43-82)	24,183	<0,001	48,613	<0,001
Délka hlavy	9,1±0,7 (7-10)	8,3±0,9 (6-10)	34,05	<0,001	130,316	<0,001
Šířka hlavy	7,1±0,7 (5-8)	6,4±0,8 (5-8)	32,67	<0,001	118,905	<0,001
Počet ventrálií	146,1±6,5 (135-164)	163,4±9,3 (133-180)	164,17	<0,001	190,876	<0,001
Počet femorálních pórů	10,6±0,9 (9-13)	10,1±0,8 (8-12)	12,06	<0,001	12,015	<0,001
Počet lamel na čtvrtém prstu zadní končetiny	17,4±1,2 (15-20)	17,7±1,2 (15-20)	2,22	0,139	2,144	0,145

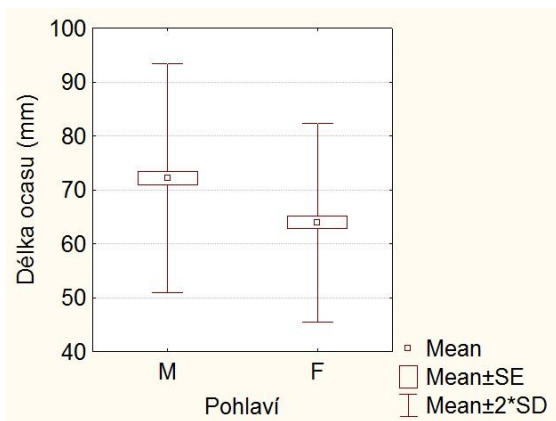
Tab. č. 3. Výsledky analýzy sexuálního dimorfismu pro jednotlivé znaky pro jedince z oblasti Šumavy (tab. č. 1)



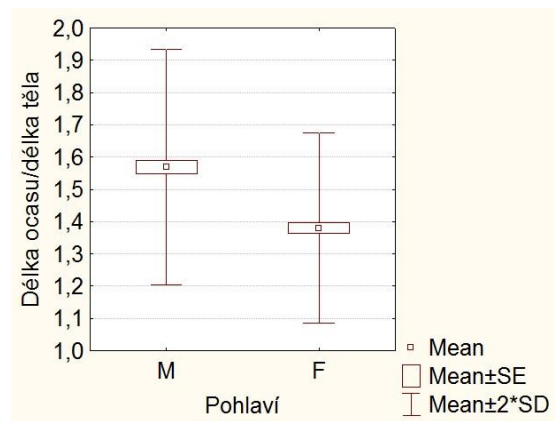
Graf č. 1. Sexuální dimorfismus v celkové délce těla pro jedince z oblasti Šumavy (ANOVA).



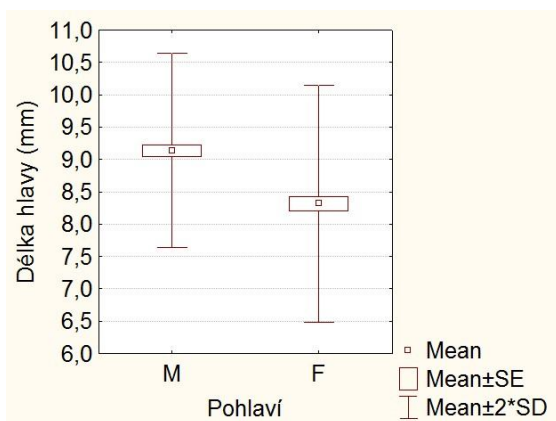
Graf č. 2. Sexuální dimorfismus v celkové délce těla pro jedince z oblasti Šumavy (ANCOVA).



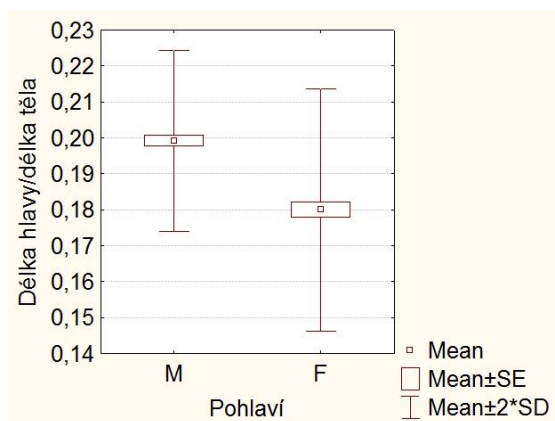
Graf č. 3. Sexuální dimorfismus v délce ocasu pro jedince z oblasti Šumavy (ANOVA).



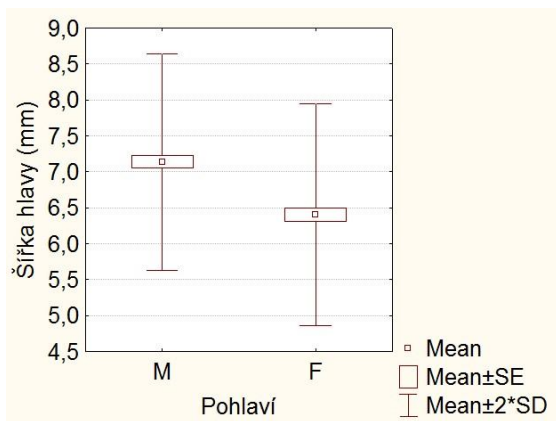
Graf č. 4. Sexuální dimorfismus v délce ocasu pro jedince z oblasti Šumavy (ANCOVA).



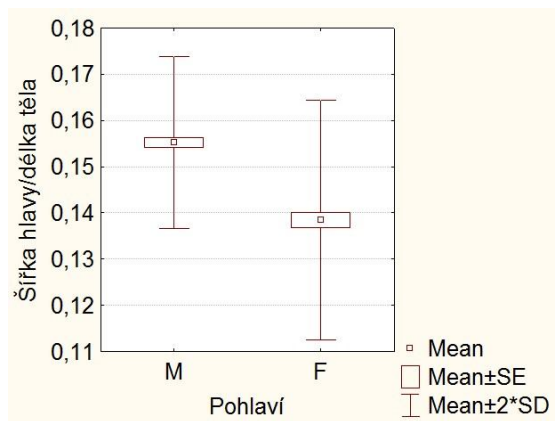
Graf č. 5. Sexuální dimorfismus v délce hlavy pro jedince z oblasti Šumavy (ANOVA).



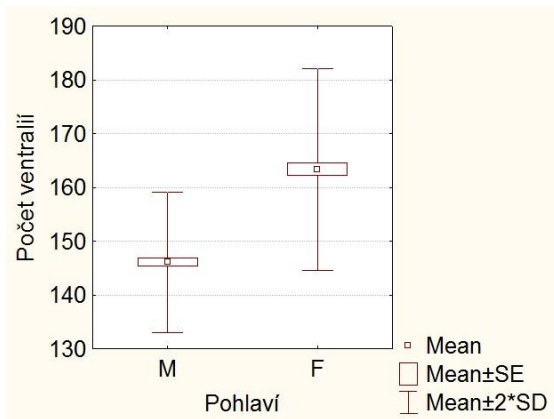
Graf č. 6. Sexuální dimorfismus v délce hlavy pro jedince z oblasti Šumavy (ANCOVA).



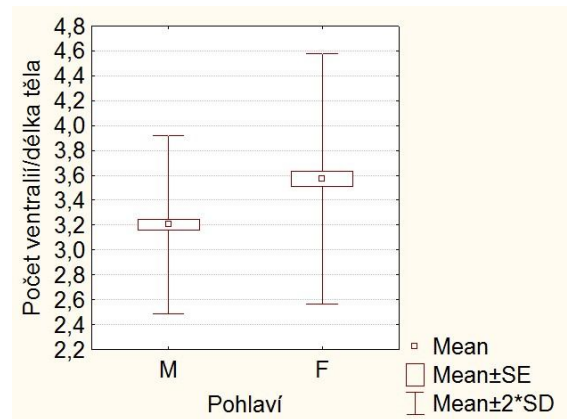
Graf č. 7. Sexuální dimorfismus v šířce hlavy pro jedince z oblasti Šumavy (ANOVA).



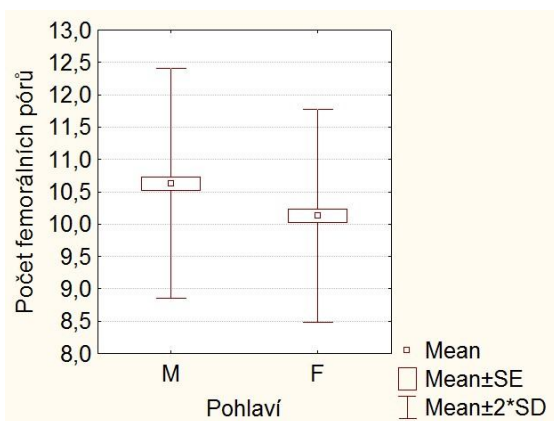
Graf č. 8. Sexuální dimorfismus v šířce hlavy pro jedince z oblasti Šumavy (ANCOVA).



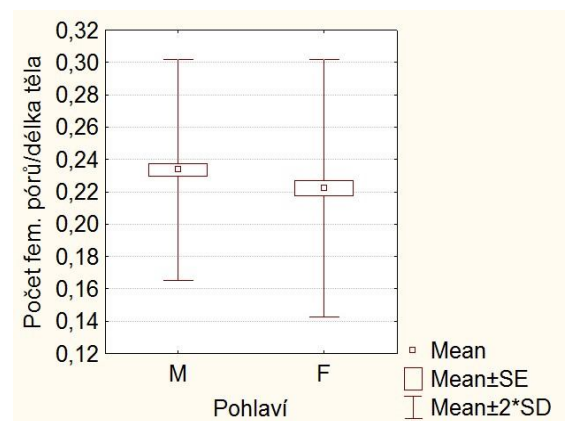
Graf č. 9. Sexuální dimorfismus v počtu ventralií pro jedince z oblasti Šumavy (ANOVA).



Graf č. 10. Sexuální dimorfismus v počtu ventralií pro jedince z oblasti Šumavy (ANCOVA).



Graf č. 11. Sexuální dimorfismus v počtu femorálních pórů pro jedince z oblasti Šumavy (ANOVA).

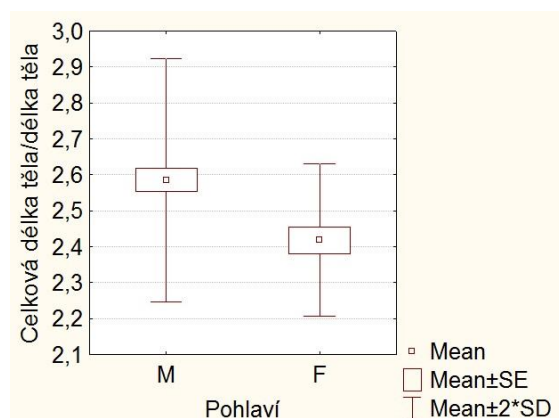


Graf č. 12. Sexuální dimorfismus v počtu femorálních pórů pro jedince z oblasti Šumavy (ANCOVA).

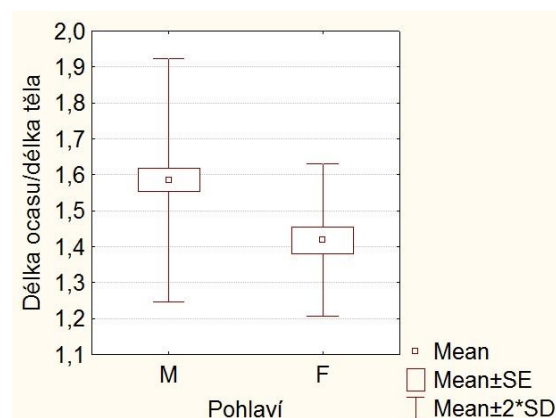
Kompletní výsledky analýzy sexuálního dimorfismu pro jedince z oblasti Děčínského Sněžníku ukazuje tab. č. 4. Po zohlednění vlivu délky těla byl nalezen sexuální dimorfismus v celkové délce těla, která je větší u samců (graf č. 13) a v délce ocasu, který je také delší u samců (graf č. 14), v absolutních hodnotách nebyly v těchto znacích nalezeny žádné rozdíly v sexuálním dimorfismu. Samci mají delší a širší hlavu jak absolutně (graf č. 15 a 17), tak i po zohlednění vlivu délky těla (graf č. 16 a 18). Počet ventrálií je větší u samic jak v absolutních hodnotách (graf č. 19), tak i po zohlednění vlivu délky těla (graf č. 20). Žádné signifikantní rozdíly nebyly nalezeny u délky těla, u počtu femorálních pórů a u počtu lamel na čtvrtém prstu zadní končetiny.

Znak	Průměr ± směrodatná odchylka (min.-max.)		ANOVA		ANCOVA	
	Samec (M) (N=27)	Samice (F) (N=8)	F	P	F	P
Celková délka těla	123,9±9,7 (103-146)	118,5±8,4 (107-135)	1,910	0,176	5,852	<0,05
Délka těla	48,0±2,9 (43-55)	49,0±2,7 (46-53)	0,748	0,393		
Délka ocasu	75,9±8,3 (54-93)	69,5±6,3 (61-82)	3,844	0,058	5,852	<0,05
Délka hlavy	9,4±0,6 (8-10)	8,6±0,5 (8-9)	11,124	<0,01	24,803	<0,001
Šířka hlavy	7,4±0,5 (7-8)	6,5±0,5 (6-7)	19,685	<0,001	43,141	<0,001
Počet ventrálií	147,7±7,4 (135-168)	166,3±5,8 (156-176)	39,91	<0,001	37,190	<0,001
Počet femorálních pórů	10,9±0,9 (9-12)	11,0±0,9 (10-12)	0,088	0,769	0,179	0,675
Počet lamel na čtvrtém prstu zadní končetiny	17,9±1,1 (15-20)	17,5±0,5 (17-18)	0,840	0,366	0,651	0,426

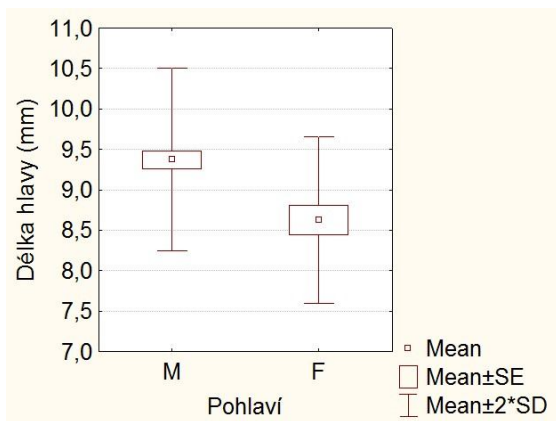
Tab. č. 4. Výsledky analýzy sexuálního dimorfismu pro jednotlivé znaky pro jedince z oblasti Děčínského Sněžníku (tab. č. 2)



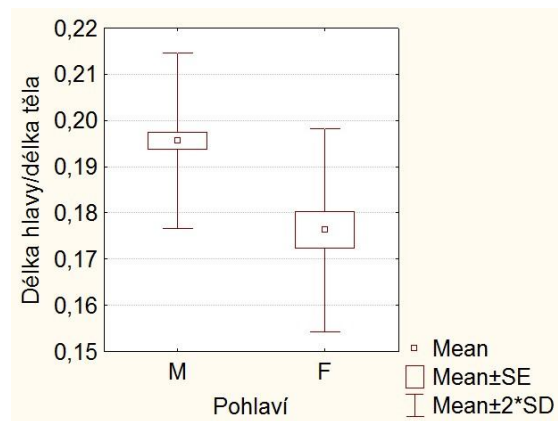
Graf č. 13. Sexuální dimorfismus v celkové délce těla pro jedince z oblasti Děčínského Sněžníku (ANCOVA).



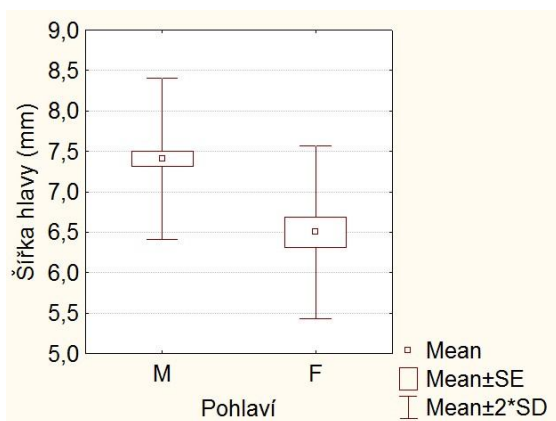
Graf č. 14. Sexuální dimorfismus v délce ocasu pro jedince z oblasti Děčínského Sněžníku (ANCOVA).



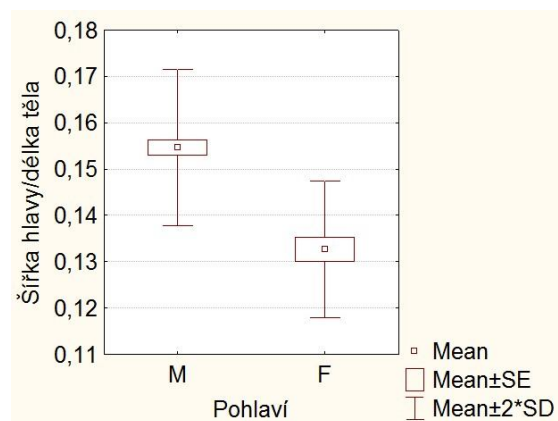
Graf č. 15. Sexuální dimorfismus v délce hlavy pro jedince z oblasti Děčínského Sněžníku (ANOVA).



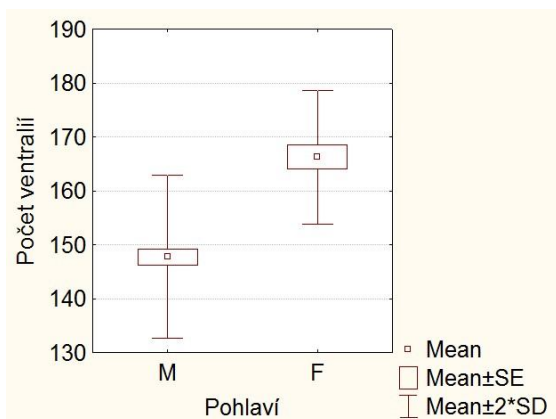
Graf č. 16. Sexuální dimorfismus v délce hlavy pro jedince z oblasti Děčínského Sněžníku (ANCOVA).



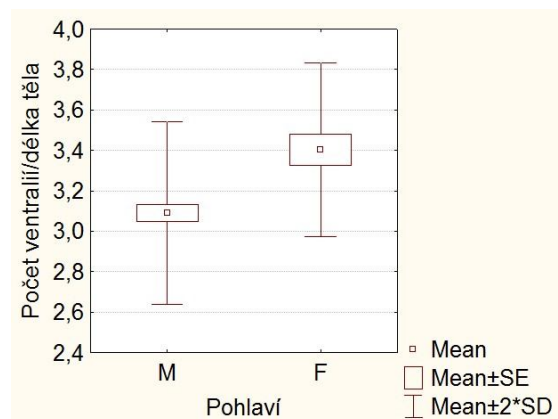
Graf č. 17. Sexuální dimorfismus v šířce hlavy pro jedince z oblasti Děčínského Sněžníku (ANOVA).



Graf č. 18. Sexuální dimorfismus v šířce hlavy pro jedince z oblasti Děčínského Sněžníku (ANCOVA).



Graf č. 19. Sexuální dimorfismus v počtu ventralií pro jedince z oblasti Děčínského Sněžníku (ANOVA).



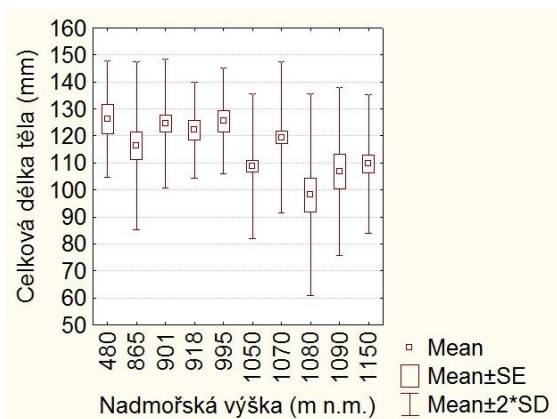
Graf č. 20. Sexuální dimorfismus v počtu ventralií pro jedince z oblasti Děčínského Sněžníku (ANCOVA).

3. 2. Hypsometrická variabilita

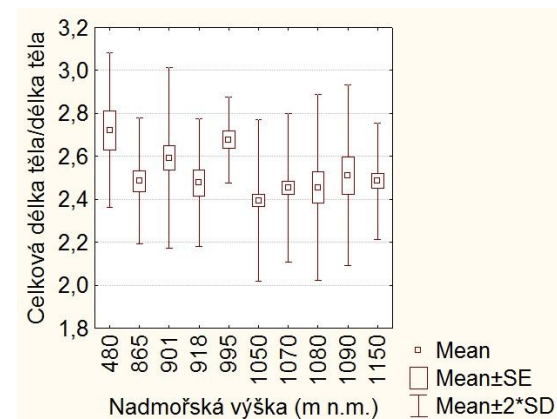
Kompletní výsledky analýzy hypsometrické variability pro jedince z oblasti Šumavy ukazuje tab. č. 5. Variabilita měřených znaků v závislosti na nadmořské výšce se projevila v celkové délce těla, a to jak v absolutních hodnotách (graf č. 21), tak i po zohlednění vlivu délky těla (graf č. 22), kdy s rostoucí nadmořskou výškou se celková délka jedinců zmenšuje. Signifikantní závislost byla odhalena i v délce ocasu jak v absolutních hodnotách (graf č. 23), tak i po zohlednění vlivu délky těla (graf č. 24), kdy opět s rostoucí nadmořskou výškou délka ocasu klesá. Dalším znakem, který variuje s měnící se nadmořskou výškou je délka hlavy. Signifikantní závislost vyšla absolutně (graf č. 25) i po zohlednění vlivu délky těla (graf č. 26), kdy s rostoucí nadmořskou výškou se délka hlavy zkracuje. Šířka hlavy vyšla signifikantně pouze v absolutních hodnotách – s rostoucí nadmořskou výškou šířka hlavy klesá (graf č. 27), což je dáno pouze velikostí měřených zvířat, neboť při analýze zohledňující velikost těla jsou tyto rozdíly již statisticky neprůkazné. Dále jsou statisticky neprůkazné rozdíly v délce těla (marginální hranice signifikance), v počtu ventrálií, v počtu femorálních pórů a v počtu lamel na čtvrtém prstu zadní končetiny.

Znak	Průměr ± směrodatná odchylka (min.-max.)		ANOVA		ANCOVA	
	Samec (M) (N=73)	Samice (F) (N=69)	F	P	F	P
Celková délka těla	118,2±14,1 (84-141)	110,7±15,3 (83-143)	3,726	< 0,001	3,834	< 0,001
Délka těla	46,1±5,0 (33-55)	46,7±7,4 (33-65)	1,979	0,054		
Délka ocasu	72,2±10,5 (46-92)	64,0±9,0 (43-82)	4,547	< 0,001	3,834	< 0,001
Délka hlavy	9,1±0,7 (7-10)	8,3±0,9 (6-10)	3,012	< 0,01	2,699	< 0,01
Šířka hlavy	7,1±0,7 (5-8)	6,4±0,8 (5-8)	2,032	< 0,05	1,369	0,217
Počet ventrálií	146,1±6,5 (135-164)	163,4±9,3 (133-180)	1,01	0,433	1,220	0,292
Počet femorálních pórů	10,6±0,9 (9-13)	10,1±0,8 (8-12)	0,789	0,613	0,783	0,618
Počet lamel na čtvrtém prstu zadní končetiny	17,4±1,2 (15-20)	17,7±1,2 (15-20)	1,51	0,162	1,605	0,130

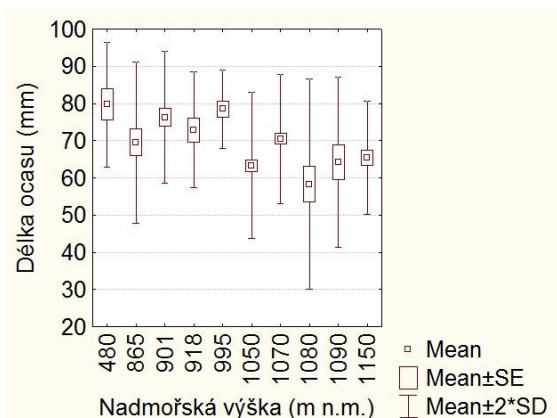
Tab. č. 5. Výsledky analýzy hypsometrické variability pro jednotlivé znaky pro jedince z oblasti Šumavy (tab. č. 1)



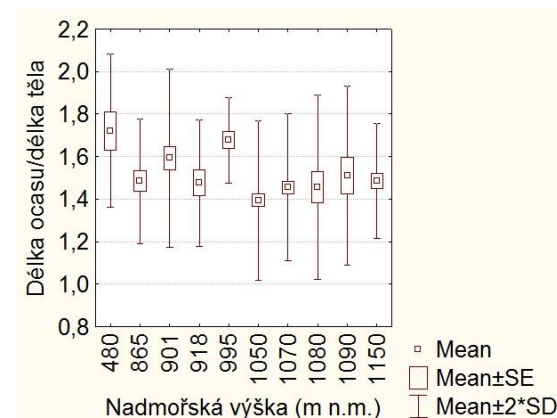
Graf č. 21. Závislost celkové délky těla na nadmořské výšce pro jedince z oblasti Šumavy (ANOVA). Nadmořské výšky 1080 a 1150 m n. m. jsou součástí jedné lokality – Mrtvý vrch (tab. č. 1).



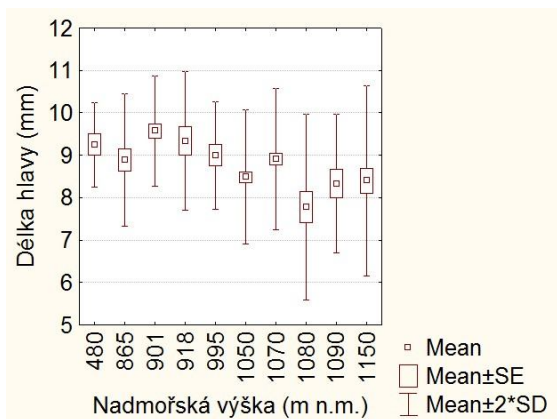
Graf č. 22. Závislost celkové délky těla na nadmořské výšce pro jedince z oblasti Šumavy (ANCOVA). Nadmořské výšky 1080 a 1150 m n. m. jsou součástí jedné lokality – Mrtvý vrch (tab. č. 1).



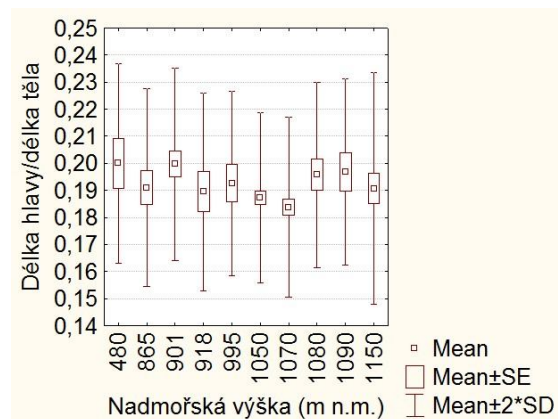
Graf č. 23. Závislost délky ocasu na nadmořské výšce pro jedince z oblasti Šumavy (ANOVA). Nadmořské výšky 1080 a 1150 m n. m. jsou součástí jedné lokality – Mrtvý vrch (tab. č. 1).



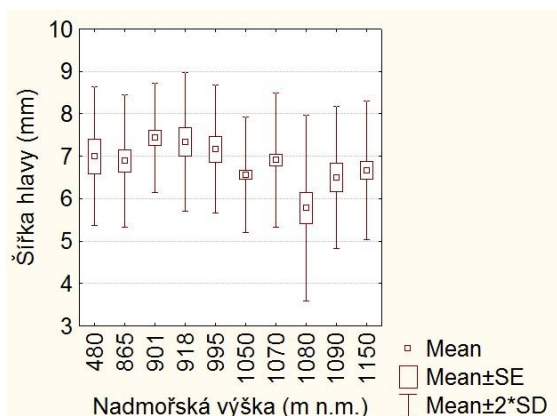
Graf č. 24. Závislost délky ocasu na nadmořské výšce pro jedince z oblasti Šumavy (ANCOVA). Nadmořské výšky 1080 a 1150 m n. m. jsou součástí jedné lokality – Mrtvý vrch (tab. č. 1).



Graf č. 25. Závislost délky hlavy na nadmořské výšce pro jedince z oblasti Šumavy (ANOVA). Nadmořské výšky 1080 a 1150 m n. m. jsou součástí jedné lokality – Mrtvý vrch (tab. č.1).



Graf č. 26. Závislost délky hlavy na nadmořské výšce pro jedince z oblasti Šumavy (ANCOVA). Nadmořské výšky 1080 a 1150 m n. m. jsou součástí jedné lokality – Mrtvý vrch (tab. č.1).

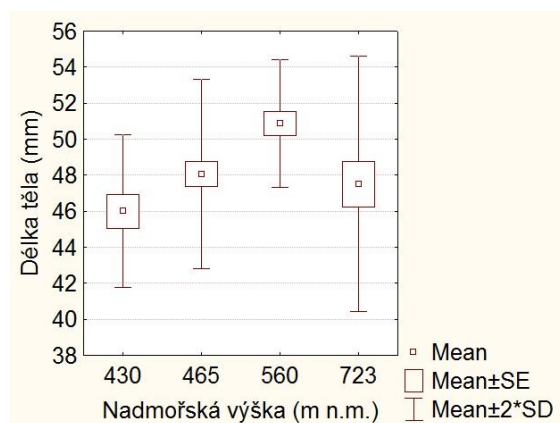


Graf č. 27. Závislost šířky hlavy na nadmořské výšce pro jedince z oblasti Šumavy (ANOVA). Nadmořské výšky 1080 a 1150 m n. m. jsou součástí jedné lokality – Mrtvý vrch (tab. č.1).

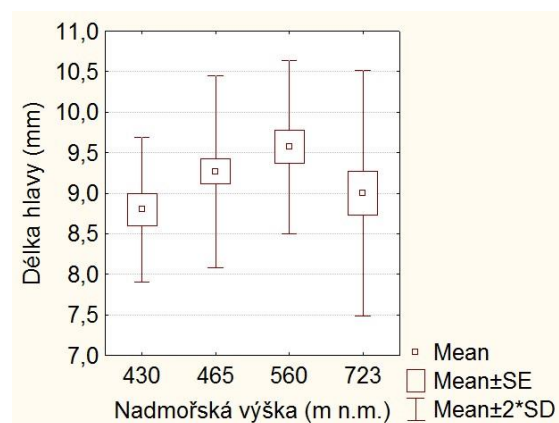
Kompletní výsledky analýzy hypsometrické variability pro jedince z oblasti Děčínského Sněžníku ukazuje tab. č. 6. Signifikantní závislost na nadmořské výšce se projevila pouze v absolutních hodnotách v délce těla (graf č. 28), v délce hlavy (graf č. 29) a v šířce hlavy (graf č. 30). Je to dáno pouze velikostí měřených zvířat, neboť při analýze zohledňující velikost těla jsou tyto rozdíly již statisticky neprůkazné. V celkové délce těla, v délce ocasu, v počtu ventrálií, v počtu femorálních pórů a v počtu lamel na čtvrtém prstu zadní končetiny nebyly nalezeny signifikantní rozdíly jak v absolutních hodnotách, tak i v analýze kovariance.

Znak	Průměr ± směrodatná odchylka (min.-max.)		ANOVA		ANCOVA	
	Samec (M) (N=27)	Samice (F) (N=8)	F	P	F	P
Celková délka těla	123,9±9,7 (103-146)	118,5±8,4 (107-135)	2,548	0,077	0,650	0,590
Délka těla	48,0±2,9 (43-55)	49,0±2,7 (46-53)	3,256	<0,05		
Délka ocasu	75,9±8,3 (54-93)	69,5±6,3 (61-82)	1,582	0,217	0,650	0,590
Délka hlavy	9,4±0,6 (8-10)	8,6±0,5 (8-9)	3,875	<0,05	1,552	0,225
Šířka hlavy	7,4±0,5 (7-8)	6,5±0,5 (6-7)	5,847	<0,01	2,194	0,113
Počet ventrálií	147,7±7,4 (135-168)	166,3±5,8 (156-176)	0,521	0,671	0,577	0,635
Počet femorálních pórů	10,9±0,9 (9-12)	11,0±0,9 (10-12)	0,096	0,961	0,055	0,983
Počet lamel na čtvrtém prstu zadní končetiny	17,9±1,1 (15-20)	17,5±0,5 (17-18)	0,509	0,679	0,568	0,641

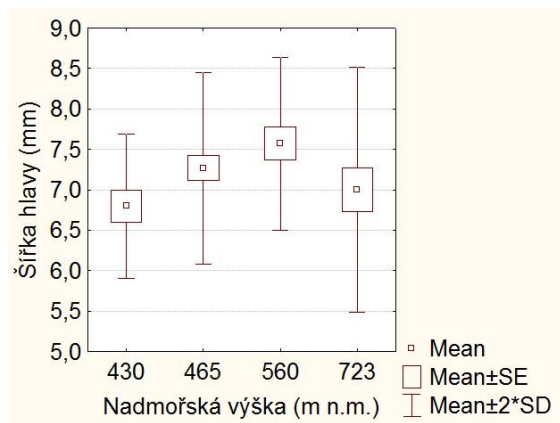
Tab. č. 6. Výsledky analýzy hypsometrické variability pro jednotlivé znaky pro jedince z oblasti Děčínského Sněžníku (tab. č. 2)



Graf č. 28. Závislost délky těla na nadmořské výšce pro jedince z oblasti Děčínského Sněžníku (ANOVA).



Graf č. 29. Závislost délky hlavy na nadmořské výšce pro jedince z oblasti Děčínského Sněžníku (ANOVA).



Graf č. 30. Závislost šířky hlavy na nadmořské výšce pro jedince z oblasti Děčínského Sněžníku (ANOVA).

4. DISKUZE

4. 1. Sexuální dimorfismus

Analýza rozdílů absolutních hodnot (ANOVA) v délce a šířce hlavy mezi oběma pohlavími z oblasti Šumavy a Děčínského Sněžníku ukázala, že samci mají delší a širší hlavu. Toto potvrdila i analýza kovariance (ANCOVA), kde byl zohledněn vliv délky těla, která byla použita jako kovariáta. Obojí bylo potvrzeno jak pro jedince z oblasti Šumavy, tak i pro jedince z oblasti Děčínského Sněžníku.

K podobným výsledkům, kdy samci *Zootoca vivipara* mají větší hlavu než samice o stejné velikosti těla, došla i spousta dalších autorů (Wermuth, 1955; Dely, 1981; Šmajda *et* Majláth, 1999; Gvoždík *et* Van Damme, 2003; Kratochvíl *et al.*, 2003). Pohlavní dimorfismus ve velikosti hlavy se mohl vyvíjet z několika důvodů: (1) větší hlava je výhodnější v kompetici mezi samci (Carothers, 1984; Vitt *et* Cooper, 1985; Anderson *et* Vitt, 1990; Hews, 1990; Molina-Borja *et al.*, 1998). V období rozmnožování může setkání dvou samců eskalovat až v boj doprovázený silným kousáním (Verbeek, 1972; Heulin, 1988). Toto chování však není natolik typické pro *Zootoca vivipara*, která je v porovnání s většinou ostatních druhů čeledi Lacertidae vysoce tolerantním druhem a projevuje velmi nízkou míru teritoriality a agresivity (Vergner, 1995). Avšak u *Zootoca vivipara* receptivita samic není zcela synchronní. Počet receptivních samic v poměru k sexuálně aktivním samcům je tak výrazně nižší, což intrasexuální kompetici zesiluje (Anderson, 1994). Herrel *et al.* (2001) také nabízí hypotézu, že velká hlava mohla sloužit jako výzbroj v intrasexuálních kompeticích předků a u neteritoriálního druhu *Zootoca vivipara* byla ponechána. Je tedy možné, že intrasexuální kompetice mohou být hnací silou v evolučním zvětšování samčí hlavy (Gvoždík *et* Van Damme, 2003); (2) větší hlava umožňuje samcům lepší uchopení a držení samice během kopulace (Hews, 1990; Braña, 1996; Herrel *et al.*, 1996; Herrel *et al.*, 1999; Gvoždík *et* Van Damme, 2003). Síla stisku čelistí je závislá na množství žvýkacích svalů, které se upínají na postorbitální oblast lebky (Herrel *et al.*, 1996; Herrel *et al.*, 1999). Čím větší je postorbitální oblast, tím více svalů se zde může upínat a tím větší stisk samec má. Je tedy možné, že sexuální dimorfismus ve velikosti hlavy je určen zvětšující se velikostí postorbitální oblasti lebky samce, což zvýhodňuje samce nejen při kopulaci, ale také při intrasexuálních kompeticích (Gvoždík *et* Van Damme, 2003). Výhodu samců s větší hlavou diskutoval také Braña (1996), který zjistil pozitivní

korelaci mezi velikostí pářících jizev po stisku samčích čelistí a délkou samičího těla; nebo (3) větší hlava umožňuje samcům pojídat větší a těžší kořist než samice, což snižuje intersexuální kompetice o potravu (Schoener, 1967; Stamps, 1977; Preest, 1994). Braña (1996) ovšem uvádí, že neexistuje žádný rozdíl v potravním spektru u druhů čeledi Lacertidae. Zdá se tedy nepravděpodobné, že funkcí sexuálního dimorfismu ve velikosti hlavy je redukce intersexuální kompetice o potravu (Gvoždík *et* Van Damme, 2003).

Jako hlavní selekční tlaky, vysvětlující sexuální dimorfismus ve velikosti těla, se uvádějí tyto tři: (1) pohlavní výběr, kdy větší samec je zvýhodněn v kompetici s jiným samcem; (2) plodnost samice, kdy je upřednostňována větší velikost samice, protože počet potomků (vaječ) roste s velikostí samice; (3) dělení se o zdroje, kdy se velikost těla vztahuje na využití zdrojů, např. když sexuální dimorfismus ve velikosti těla redukuje intersexuální kompetici (Cox *et al.*, 2007).

Pro oblast Šumavy vykazovali jedinci *Zootoca vivipara* sexuální dimorfismus v celkové délce těla jak absolutně, tak i v analýze kovariance, kdy samci byli větší než samice. Sexuální dimorfismus v délce těla bez ocasu byl statisticky neprůkazný. Pro oblast Děčínského Sněžníku byl sexuální dimorfismus nalezen opět v celkové délce těla, ovšem jen v analýze kovariance – samci byli opět větší než samice, nikoli v absolutních hodnotách. Sexuální dimorfismus v délce těla byl opět nesignifikantní. Výsledky analýzy sexuálního dimorfismu v délce těla jsou v rozporu s výsledky ostatních autorů. Důvod není přesně znám. Jedním z důvodů by mohly být rozdíly v růstové trajektorii u samců a samic (Roitberg, 2007) nebo větší predace dospělých samic, které se v době gravidity více vyhřívají.

Mnoho prací odhalilo vztah mezi sexuálním dimorfismem ve velikosti těla a boji mezi samci či teritorialitou. Avšak sexuální selekce velkých samců se nemusí vyskytnout, pokud se úspěch v samčích soubojích nepromítne také do většího reprodukčního úspěchu (Cox *et al.*, 2003). Sexuální dimorfismus ve velikosti roste s rostoucí průměrnou velikostí těla, kdy větším pohlavím je samec a klesá opět s rostoucí průměrnou velikostí těla, kdy větším pohlavím je ovšem samice. Tento fenomén je všeobecně známý jako Renschovo pravidlo (Abouheif *et* Fairbairn, 1997; Fairbairn 1997; Colwell, 2000).

Carothers (1984) zjistil, že u druhů čeledi Iguanidae, kde samci vykazují agresivitu k ostatním samcům, jsou samci větší než samice, zatímco druhy, kde u samců tato agresivita chybí, jsou pohlaví monomorfní. Napříč ještěřími čeleděmi Stamps

(1983) zjistil, že samci jsou obvykle větší u druhů s teritoriálním chováním, zatímco neteritoriální druhy nevykazují žádné rozdíly v sexuálním dimorfismu ve velikosti těla. Mnoho teritoriálních ještěřů ale vykazuje sexuální dimorfismus ve velikosti těla ve prospěch samic a u mnoha neteritoriálních druhů jsou zase větší samci. Vývojové změny v sexuálním dimorfismu v délce těla nejsou spjaty s vývojem samčí agrese u gekonů čeledi Eublepharidae (Kratochvíl *et* Frynta, 2002). Samice teritoriálních druhů *Uta stansburiana* a *Anolis sagrei* se páří s více samci, nezávisle na jejich velikosti. Po spáření se s velkým samcem produkují syny, po spáření se s malým samcem zase dcery (Calsbeek *et* Sinervo, 2004).

U většiny plazů roste počet mláďat ve snůšce s velikostí těla matky, takže selekce na zvýšení plodnosti může favorizovat větší velikost těla samice (Cox *et al.*, 2007; Olsson *et al.*, 2002). V souladu s touto hypotézou publikoval Braña (1996) studii, kde dokumentoval zvětšování snůšky v závislosti na posunu sexuálního dimorfismu ve velikosti těla ve prospěch samice u čeledi Lacertidae a napříč ještěřů (Cox *et al.*, 2003), není tomu tak ovšem například u rodu *Phrynosoma* (Zamudio, 1998). Fitch (1978, 1981) naznačuje, že selekce na zvýšení plodnosti může být obzvláště intenzivní u druhů, které se rozmnožují zřídka, jako živorodé druhy s dlouhou periodou březosti nebo druhy, které obývají temperátní oblasti s krátkou rozmnožovací sezónou. U ještěřů, kde se vyvinula živorodost a snížila se reprodukční frekvence se většinou vyskytuje korelace s posunem sexuálního dimorfismu ve prospěch samic (Cox *et al.*, 2003). Tuto hypotézu podporuje i Fokt (2001), který ve své práci uvádí výraznou tendenci ke zvětšování břicha u samic *Zootoca vivipara*. Pro rozdílné velikosti trupu u samic a samců u *Zootoca vivipara* byly publikovány ještě dva další důkazy: (1) ontogenetická trajektorie vývoje velikosti trupu se u samic po dosažení délky těla >42 mm silně odchyluje od trajektorie nedospělých jedinců a dospělých samců. (2) samice mají podstatně vyšší počet příčných řad ventrálií pokrývajících břicho (Wermuth, 1955; Kratochvíl *et al.*, 2003) a také vyšší počet šupin v podélné řadě na hřbetě (Kratochvíl *et al.*, 2003). Kaliontzopoulou *et al.*, (2005) zkoumal sexuální dimorfismus v početnosti ventrálií u *Podarcis bocagei* a *P. carbonelli* a také zjistil, že samice obou druhů mají více ventrálií než samci. Guillaume *et al.* (2006) zjistil u *Zootoca vivipara*, že oviparní formy mají méně řad břišních šupin než formy viviparní.

V této práci analýza rozdílů absolutních hodnot v počtu ventrálií mezi oběma pohlavími ukázala, že samice mají větší počet ventrálií. Toto potvrdila i analýza

kovariance, kde byl zohledněn vliv délky těla. Obojí bylo potvrzeno jak pro jedince z oblasti Šumavy, tak i pro jedince z oblasti Děčínského Sněžníku.

U čeledi Lacertidae bylo signifikantně prokázáno, že délka těla je větší u samců než u samic (Cox *et al.*, 2007). U druhu *Lacerta agilis* bylo zjištěno, že sexuální dimorfismus v délce těla variuje i v závislosti na poddruhu, kdy *Lacerta a. agilis* vykazuje sexuální dimorfismus v délce těla ve prospěch samice, zatímco u *Lacerta a. boemica* nebyly nalezeny buď žádné rozdíly nebo byly jasně větší samci (Roitberg, 2007). Sexuální dimorfismus v délce těla, kdy samice jsou větší než samci, vysvětluje u *Lacerta a. agilis* takzvaná hypotéza výhody malého samce, kdy dochází ke změně v sociálním systému snížením samčí agrese a zvýšením stupně promiskuity v oblastech s chladnějším klimatem a nižší populační hustotou (Zamudio, 1998; Cox *et al.*, 2003). Tomuto předpokladu jednak nasvědčuje, že *Lacerta a. agilis* je v západní Evropě s chladnějším klimatem klasifikována jako ohrožená (Blanke, 2004), zatímco *Lacerta a. boemica* se vyskytuje na severním Kavkaze s teplejším klimatem s mnohem větší abundancí, až 1000 jedinců na hektar (Baranov *et Yablokov*, 1976), a jednak také to, že u jedinců držených v teráriu se *Lacerta a. boemica* projevila jako mnohem agresivnější v intrasexuálních kompeticích než *Lacerta a. agilis* (Hemmerling *et Obst*, 1967).

Přestože u *Lacerta a. agilis* je větší samec úspěšnější v souboji s jiným samcem (Olsson, 1992), menší samec v oblasti s nízkou hustotou jedinců, kde se *Lacerta a. agilis* vyskytuje, se musí více pohybovat, aby našel samici, tudíž mu menší velikost umožňuje větší mobilitu (Blanckenhorn, 2005) a díky nižší denzitě výskytu není také tak často vystavován intrasexuálním kompeticím (Roitberg, 2007). Podobný trade-off mezi zvětšováním těla za účelem lepší bojovnosti a zmenšováním velikosti za účelem lepší mobility můžeme pozorovat také u *Lacerta monticola* (López *et Martín*, 2002).

Roitberg (2007) při analyzování dat věkově specifických délek těla a věkového složení populací *Lacerta a. agilis* a *Lacerta a. boemica* zjistil pohlavní rozdíly v růstové trajektorii, což by mohl také být jeden z faktorů ovlivňujících sexuální dimorfismus v délce těla. Zjistil také, že větší pohlaví má větší šance na přežití.

Dalším mechanismem je sexuální bimaturace, kdy větší pohlaví dospívá později (Stamps *et Krishnan*, 1997). U samice *Lacerta a. agilis* se ukázalo, že dospívá o rok později než samec ve stejné populaci (Rahmel *et Meyer*, 1988; Strijbosch *et Creemers*, 1988).

Chladné a vlhké letní klima západní Evropy může u mnoha druhů vyskytujících se zde snížit aktivitu a možnosti k získání energie, což může omezit růst těla přiměřeně k limitaci zdrojů (Congdon, 1989). Za takových podmínek je očekávatelné, že ovlivněna přírodními podmínkami budou obě pohlaví a tudíž bude u obou pohlaví i selekční tlak na malou velikost těla. U samic se zde ovšem vyskytuje trade-off mezi zmenšováním těla a mezi zvětšováním délky těla pod selekčním tlakem na zvětšení plodnosti (Kratochvíl *et* Frynta, 2002). Olsson (1993) a Amat *et al.* (2000) potvrzují u *Lacerta a. agilis* vysokou korelaci mezi délkou těla u samice a velikostí snůšky. Další možnost, jak vysvětlit rozdílné velikosti u samic *Lacerta a. agilis* a *Lacerta a. boemica* nabízí Roitberg (2007). V teplém klimatu nížin a jižních oblastí rostou mláďata dostatečně rychle a dosahují své dospělé velikosti na přelomu května a června a rozmnožují se jako jednoletá. Pro samice to znamená rovnoměrné rozložení energie pro produkci vajec a pro růst těla. V chladném klimatu jednorocní samice nestihnou do přelomu května a června dorůst do dospělé velikosti, nestihnou se tak rozmnožit a může vložit energii, kterou by jinak použila na tvorbu vajec, do růstu těla. Rozmnožovat se začne až další rok, ovšem už jako v průměru větší, než samice z oblastí s teplým klimatem. A jelikož Stamps *et al.* (1998) zjistil, že velikost v dospělosti, kdy se samice poprvé rozmnožuje, silně koreluje s finální velikostí, může být rané dospívání příčinou menších průměrných velikostí samic z oblastí s teplejším klimatem. Jednou z možností pro menší velikost samic s oblastí s teplejším klimatem mohou být také jejich vyšší roční reprodukční výdaje, protože mnoho samic zde vytváří dvě snůšky za sezónu (Roitberg, 2007).

Analýza rozdílů absolutních hodnot (ANOVA) v délce ocasu mezi oběma pohlavími ukázala, že samci z oblasti Šumavy mají delší ocas. Toto potvrdila i analýza kovariance, kde byl zohledněn vliv délky těla. Pro jedince z oblasti Děčínského Sněžníku se nepodařilo prokázat signifikantní rozdíly v absolutních hodnotách, ovšem po zohlednění délky těla v analýze kovariance vyšly statisticky průkazné rozdíly v sexuálním dimorfismu v délce ocasu, kdy samci měli opět delší ocas než samice.

Delší ocas u samců než u samic o stejné délce těla z čeledi Lacertidae potvrdili ve své práci i Barbadillo *et* Bauwens (1997). Předpokládali, že je to pravděpodobně důsledkem morfologického tlaku v podobě nutnosti uložení kopulačních orgánů na bázi ocasu, což má za následek prodloužení neautotomní části ocasu a větší počet neautotomních obratlů u samců. Například u *Zootoca vivipara* mají samci delší ocas (Kratochvíl *et al.*, 2003) a v průměru o dva neautotomní obratle více než samice

(Barbadillo *et al.*, 1995; Barbadillo *et Bauwens*, 1997). Prodloužením neautotomní části ocasu se ovšem zmenšuje velikost autotomní části, která bývá odhazována při napadení predátorem, čímž se redukuje i schopnost útěku před predátorem (Arnold, 1988). Kompenzačním mechanismem by mohlo být prodloužení celkové délky ocasu u samců a dosažení stejné délky autotomní části ocasu u obou pohlaví (Barbadillo *et Bauwens*, 1997). Barbadillo *et Bauwens* (1997) ovšem žádnou korelaci mezi délkou neautotomní části ocasu a celkovou délkou ocasu neprokázali, což dokazují u druhu *Gallotia galloti*, která vykazuje sexuální dimorfismus v celkové délce ocasu, počet neautotomních obratlů a tudíž ani délka neautotomní části ocasu se ovšem mezi pohlavími neliší. Zjistili také, že sexuální dimorfismus v celkové délce ocasu je větší u druhů s kratším ocasem v poměru k délce těla.

Selekční tlak na prodloužení ocasu za účelem uniknutí predátorovi jeho autotomií se zdá být dosti vysoký. Scinkové s experimentálně zkráceným ocasem byli méně úspěšní v úniku před predátory, než jedinci s neporušeným ocasem (Vitt *et Cooper*, 1986). U rodu *Liolaemus* byli při útoku predátora na ocas a následné autotomii ocasu za účelem úniku úspěšnější jedinci s dlouhým ocasem než s ocasem krátkým (Medel *et al.*, 1988). U jednotlivých populací či druhů rodu *Sceloporus* vystavených větší predaci se vyvinul delší ocas (Fox, Perrea-Fox *et Franco*, 1994). Pro posouzení vlivu predačního tlaku na sexuální dimorfismus v délce ocasu by bylo ovšem třeba zjistit, jestli na obě pohlaví působí stejně silný predační tlak.

Analýza rozdílů absolutních hodnot v počtu femorálních pórů mezi oběma pohlavími ukázala, že samci z oblasti Šumavy mají větší počet femorálních pórů. Toto potvrdila i analýza kovariance, kde byl zohledněn vliv délky těla. Pro jedince z oblasti Děčínského Sněžníku se nepodařilo prokázat signifikantní rozdíly ani v absolutních hodnotách, ani po zohlednění délky těla v analýze kovariance. Důvod, proč se od sebe tyto dvě oblasti v tomto znaku odlišují, je ovšem neznámý.

Kaliontzopoulou *et al.*, (2005) zkoumal sexuální dimorfismus v početnosti femorálních pórů u *Podarcis bocagei* a *P. carbonelli*. Jako kovariátu použil délku těla. Zjistil, že samci obou druhů mají větší počet pórů než samice. Tento fenomén objevilo i množství dalších autorů (Böhme, 1986; Carretero, 1993; Carretero *et Llorente*, 1993; Salvador, 1997; Carretero *et al.*, 2003). Femorální póry hrají důležitou roli v chemické komunikaci (Gómez *et al.*, 1993). Sekrece femorálních pórů se může podílet na pohlavním rozpoznávání (Cooper *et Vitt*, 1986; Gómez *et al.*, 1993), na značení teritoria

(Aragón *et al.*, 2001a, b; López *et Martín*, 2004) a na kvalitě atraktivity samců pro samice (Martín *et López*, 2000).

Analýza rozdílů absolutních hodnot v počtu lamel na čtvrtém prstu zadní končetiny mezi oběma pohlavími neukázala žádné signifikantní rozdíly u *Zootoca vivipara*, což potvrdila i analýza kovariance, kde byl zohledněn vliv délky těla.

Kaliontzopoulou *et al.*, (2006) naproti tomu zjistil u *Podarcis hispanica* sexuální dimorfismus v počtu lamel na čtvrtém prstu zadní končetiny, kdy větší počet jich je u samců. Větší počet lamel u samců byl zjištěn i u druhu *Podarcis bocagei* a *Podarcis carbonelli* (Kaliontzopoulou *et al.*, 2005). Důvody sexuálního dimorfismu v tomto znaku nejsou ovšem známy.

Většina těchto předpokladů naznačuje, že sexuální dimorfismus v jednotlivých částech těla odráží různé selektivní síly působící na samce a samice, což znamená, že ideální tvar těla je adaptací na různé ekologické, sociální a reprodukční role. (Kratochvíl *et al.*, 2003).

4. 2. Hypsometrická variabilita

U jedinců z oblasti Šumavy se variabilita měřených znaků v závislosti na nadmořské výšce projevila v celkové délce těla, a to jak v absolutních hodnotách, tak i po zohlednění vlivu délky těla, kdy s rostoucí nadmořskou výškou se celková délka jedinců zmenšuje. Signifikantní závislost byla odhalena i v délce ocasu jak v absolutních hodnotách, tak i po zohlednění vlivu délky těla, kdy opět s rostoucí nadmořskou výškou délka ocasu klesá. Dalším znakem, který variuje s měnicí se nadmořskou výškou je délka hlavy. Signifikantní závislost vyšla absolutně i po zohlednění vlivu délky těla, kdy s rostoucí nadmořskou výškou se délka hlavy zkracuje. Šířka hlavy vyšla signifikantně pouze v absolutních hodnotách – s rostoucí nadmořskou výškou šířka hlavy klesá, což je dáno pouze velikostí měřených zvířat, neboť při analýze zohledňující velikost těla jsou tyto rozdíly již statisticky neprůkazné.

U jedinců z oblasti Děčínského Sněžníku se signifikantní závislost na nadmořské výšce projevila pouze v absolutních hodnotách v délce těla, v délce hlavy a v šířce hlavy. Je to dáno pouze velikostí měřených zvířat, neboť při analýze zohledňující velikost těla jsou tyto rozdíly již statisticky neprůkazné. Rozdílná velikost může být dána např. úmrtností samic v nižším věku, protože gravidní samice se více sluní, aby zahřívali snůšku a jsou tak vystaveny větší predaci. Druhým důvodem by mohly být rozdíly v růstové trajektorii u samců a u samic. Zajímavé je, že velikost délky těla, délky a šířky hlavy roste do nadmořské výšky kolem 560 m n. m., na vrcholu Děčínského Sněžníku v nadmořské výšce kolem 723 m n. m. ovšem velikosti všech tří znaků klesají. To může být dáno buď malým vzorkem nebo měnicími se mikroklimatickými podmínkami, kdy do určité nadmořské výšky se podmínky pro *Zootoca vivipara* zlepšují, po dosažení určité nadmořské výšky se ovšem začínají měnit směrem k horšímu.

Mikroklimatické změny souvisící s měnicí se nadmořskou výškou potvrdili i Thorpe *et* Brown (1991) a zjistili závislost délky těla u *Gallotia galloti* na nadmořské výšce, kdy menší jedinci se vyskytovali ve vyšších nadmořských výškách. Thorpe *et* Baez (1987) mimo jiné u tohoto druhu také pozorovali s měnicí se nadmořskou výškou změny v počtu femorálních pórů a počtu dorzálních šupin. U *Lacerta a. boemica* byla také prokázána závislost délky těla na nadmořské výšce – samci jsou větší v nižších nadmořských výškách (Roitberg, 2007). Fokt (2001) porovnával variabilitu *Zootoca vivipara* u jedinců vyskytujících se na Šumavě a zjistil u samců variabilitu v početnosti

ventrálií. Při porovnávání jedinců středních a horských populací v rámci celé České republiky zjistil variabilitu v počtu příčných řad ventrálií jak u samic, tak u samců. Variabilita meristických znaků v závislosti na měnící se nadmořské výšce pro jedince z Šumavy a následně pro jedince z celé České republiky vyšla jako statisticky neprůkazná.

Ve vyšších nadmořských výškách je sezóna kratší, je zde tudíž kratší perioda pro možnost růstu a nalézá se zde také méně potravy. Jedinci vyskytující se ve vyšší nadmořské výšce mohou být menší právě kvůli přírodní selekci v závislosti na těchto podmínkách (Thorpe *et* Brown, 1991). Jistou souvislost může mít i vegetační pokryv, kdy ve vyšších nadmořských výškách vegetace ubývá, popř. nad horní hranicí lesa téměř zcela mizí, nalézá se zde tak menší možnost úkrytu a jedinci jsou tak vystaveni vyšší míře predace.

5. ZÁVĚR

Analýza kovariance (ANCOVA) a analýza absolutních hodnot (ANOVA) pro oblast Šumavy ukázala sexuální dimorfismus, kdy u samců je větší celková délka těla, délka ocasu, délka a šířka hlavy a počet femorálních pórů. U samic je větší počet ventrálií.

Pro oblast Děčínského Sněžníku ukázala analýza kovariance sexuální dimorfismus v celkové délce těla, v délce ocasu, v délce a šířce hlavy, kdy všechny velikosti jsou větší u samců. Počet ventrálií je opět vyšší u samic.

Signifikantní závislost na nadmořské výšce, zkoumaná analýzou kovariance byla zjištěna u jedinců z oblasti Šumavy v celkové délce těla, v délce ocasu a v délce hlavy, kdy hodnoty všech těchto znaků s rostoucí nadmořskou výškou klesají. Šířka hlavy vykazovala závislost pouze v absolutních hodnotách (ANOVA), kdy opět s rostoucí nadmořskou výškou hodnoty klesaly.

U jedinců z oblasti Děčínského Sněžníku se projevila signifikantní závislost na nadmořské výšce pouze v absolutních hodnotách v délce těla, v délce hlavy a v šířce hlavy. Analýza kovariance u těchto znaků byla statisticky neprůkazná.

6. POUŽITÁ LITERATURA

Abouheif, E. *et* Fairbairn, D.J. (1997). A comparative analysis of allometry for sexual size dimorphism: assessing Rensch's rule. *American Naturalist*, 149: 540–562.

Anderson, M. (1994). *Sexual selection*. Princeton: Princeton University Press.

Anderson, R. A. *et* Vitt, L. J. (1990). Sexual selection versus alternative causes of sexual dimorphism in teiid lizards. *Oecologia* (Berlin), 84: 145-157.

Aragón, P., López, P. *et* Martín, J. (2001a). Discrimination of femoral gland secretions from familiar and unfamiliar conspecifics by male Iberian rock-lizards, *Lacerta monticola*. *Journal of Herpetology*, 35: 346-350.

Aragón, P., López, P. *et* Martín, J. (2001b). Effects of conspecific chemical cues on settlement and retreat site selection of male lizards, *Lacerta monticola*. *Journal of Herpetology*, 35: 681-684.

Arnold, E. N. (1988). Caudal autotomy as a defense. In: Gans, C. *et* Huey, R. B. (Eds.) *Biology of the Reptilia*, 16: 235-273. New York, J. Wiley and Sons.

Arnold, E. N., Arribas, O. *et* Carranza, S. (2007). Systematics of the Palearctic and Oriental lizard tribe Lacertini (Squamata: Lacertidae: Lacertinae), with descriptions of eight new genera. *Zootaxa* 1430. Magnolia Press, Auckland (New Zealand). Pp. 86.

Baranov, A.S. *et* Yablokov, A.V. (1976). Abundance and its dynamics in *Prytkaya yashcheritsa* [The Sand Lizard] (Yablokov, A.V., ed.): 303–321. Nauka Publishing House, Moscow.

Barbadillo, L.J., Bauwens, D., Barahona, F., *et* Sánchez-Herráiz, N.J. (1995). Sexual differences in caudal morphology and its relation to tail autotomy in lacertid lizards. *Journal of Zoology* (London), 236: 83–93.

- Barbadillo, L.J., *et* Bauwens, D. (1997). Sexual dimorphism of tail length in lacertid lizards: test of a morphological constraint hypothesis. *Journal of Zoology (London)*, 242: 473–482.
- Baruš, V., Oliva, O. *eds.* (1992). *Fauna ČSFR, Plazi – Reptilia*, Praha. Academia. Pp. 222
- Blanckenhorn, W.U. (2005). Behavioral causes and consequences of sexual size dimorphism. *Ethology*, 111: 977–1016.
- Braña, F. (1996). Sexual dimorphism in lacertid lizards: male head increase vs female abdomen increase? *Oikos*, 75: 511-523.
- Bauwens, D. *et* Verheyen, R. (1985). The timing of reproduction in the lizard *Lacerta vivipara*: differences between individual females. *Journal of Herpetology*, 19: 353-364.
- Bauwens, D., Van Damme, R. *et* Verheyen, R. F. (1989). Synchronisation of spring molting with the onset of mating behavior in male lizards, *Lacerta vivipara*. *Journal of Herpetology*, 23: 89-91.
- Böhme, W. (1986). *Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas*, Bd. 2/II, Echsen, III (*Podarcis*). Aula - Verlag, Wiesbaden.
- Calsbeek, R. *et* Sinervo, B. (2004). Within-clutch variation in offspring sex determined by differences in sire body size: cryptic mate choice in the wild. *Journal of Evolutionary Biology*, 17: 464–470.
- Carothers, J. H. (1984). Sexual selection and sexual dimorphism in some herbivorous lizards. *American Naturalist*, 124: 244-254.
- Carretero, M.A. (1993). *Ecología de los Lacértidos en Arenales Costeros del Noreste Ibérico*. Doctoral Thesis, University of Barcelona.

Carretero, M.A. *et* Llorente, G.A. (1993). Morfometría en una comunidad de lacértidos mediterráneos, y su relación con la ecología. *Historia Animalium*, 2: 77-99.

Carretero, M.A., Barbosa, D., Ribeiro, R., Sá-Sousa, P. *et* Harris, D.J. (2003). Assessing competition by means of fluctuating asymmetry in *Podarcis*. Abstracts of the 12.th Ordinary General Meeting Societas Europaea Herpetologica (SEH), St Petersburg, Russia, pp. 47.

Colwell, R.K. (2000). Rensch's rule crosses the line: convergent allometry of sexual size dimorphism in hummingbirds and flower mites. *American Naturalist*, 156: 495–510.

Congdon, J.D. (1989). Proximate and evolutionary constraints on energy relations of reptiles. *Physiological Zoology*, 62: 356–373.

Cox, R.M., Skelly, S.L., *et* John-Alder, H.B. (2003). A comparative test of adaptive hypotheses for sexual size dimorphism in lizards. *Evolution*, 57: 1653–1669.

Cox, R. M., Butler, M. A. *et* John-Alder, H. B. (2007). The evolution of sexual size dimorphism in reptiles. In: Fairbain, D. J., Blanckenhorn, W. U. *et* Székely, T., Sex, Size and Gender roles – Evolutionary Studies of Sexual Size Dimorphism. Oxford University Press, pp. 38-49.

Cooper, W.E., Jr. *et* Vitt, L.J. (1986). Interspecific odour discrimination by a lizard (*Eumeces laticeps*). *Animal Behaviour*, 34: 367-376.

Dely, O. G. (1981). Über ber die morphologische Variation der Zentral Osteuropäischen Bergeidechse (*Lacerta vivipara* Jacquin). *Vertebrata Hungarica*, 20: 5-54.

Dely, O.G. *et* Böhme, W. (1984). *Lacerta vivipara* - Waldeidechse. In: Böhme, W. (ed.), Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas, Band 2/I., Echsen II (*Lacerta*). Aula-Verlag, Wiesbaden, pp. 362-393.

- Fairbairn, D.J. (1997). Allometry for sexual size dimorphism: pattern and process in the coevolution of body size in males and females. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 28: 659–687.
- Fitch, H.S. (1976). Sexual size differences in the mainland anoles. *University of Kansas Museum of Natural History Occasional Papers*, 50: 1–21.
- Fitch, H.S. (1978). Sexual size differences in the genus *Sceloporus*. *The University of Kansas Science Bulletin*, 51: 441–461.
- Fitch, H.S. (1981). Sexual size differences in reptiles. *University of Kansas Museum of Natural History, Miscellaneous Publications*, 70: 1–72.
- Fokt, M. (2001). Variabilita ještěrky živorodé (*Zootoca vivipara*) na území České republiky a Slovenska. Diplomová práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy. 155 str.
- Gómez, A., Font, E. et Desfilis, E. (1993). Chemoreception in the Lacertidae: exploration and conspecific discrimination in the Spanish wall lizard, *Podarcis hispanica*. Pp. 213-230. In: Valakos, E.D., Böhme, W., Pérez-Mellado, V. et Maragou, P. (eds.), *Lacertids of the Mediterranean Region*. Hellenic Zoological Society, Athens.
- Guillaume, Cl. P., Heulin B., Pavlinov I. Y., Semenov D. V., Bea, A., Vogrin N. et Surget-Groba Y. (2006). Morphological variations in the common lizard, *Lacerta (Zootoca) vivipara*. *Russian Journal of Herpetology*, 13(1): 1-10.
- Gvoždík, L. et Van Damme, R. (2003). Evolutionary maintenance of sexual dimorphism in head size in the lizard *Zootoca vivipara*: a test of two hypotheses. *Journal of Zoology (London)*, 259: 7-13.
- Herrel, A., Van Damme, R. et De Vree, F. (1996). Sexual dimorphism of head size in *Podarcis hispanica atrata*: testing the dietary divergence hypothesis by bite force analysis. *Netherlands Journal of Zoology*, 46: 253-262.

Herrel, A., Spithoven, R., Van Damme, R. *et* De Vree, F. (1999). Sexual dimorphism of head size in *Gallotia galloti*: testing the niche divergence hypothesis by functional analyses. *Functional Ecology*, 13: 289-297.

Herrel, A., Van Damme, R., Vanhooydonck, B., *et* De Vree, F. (2001). The implication of bite performance for diet in two species of lacertid lizards. *Canadian Journal of Zoology*, 79: 662–670.

Hemmerling, J. *et* Obst, F.J. (1967). Einige Amphibien und Reptilien aus dem nördlichen und zentralen Kaukasus. *Zoologische Abhandlungen, Staatliches Museum für Tierkunde, Dresden*, 29 (9): 85–93.

Heulin, B. (1988). Observations sur l'organisation de la reproduction et sur les compartements sexuels et agonistiques chez *Lacerta vivipara*. *Vie Milieu*, 38: 177-187.

Hews, D. K. (1990). Examining hypotheses generated by field measures of sexual selection on male lizards, *Uta palmeri*. *Evolution*, 44: 1956-1966.

Hrabě, S., Oliva, O. *et* Opatrný, E. (1973). Klíč našich ryb, obojživelníků a plazů. Praha: SPN.

Kaliontzopoulou, A., Carretero, M. A. *et* Llorente, G. A. (2005). Differences in the pholidotic patterns of *Podarcis bocagei* and *P. carbonelli* and their implications for species determination. *Revista Española de Herpetología*, 19: 71-86.

Kaliontzopoulou, A., Carretero, M. A., Llorente, G. A., Santos, X. *et* Llorente, C. (2006). Patterns of shape and size sexual dimorphism in a population of *Podarcis hispanica* (Reptilia: Lacertidae) from NE Iberia. Pp. 73-89. In: Corti, C., Lo Cascio, P. *et* Biaggini, M. (2006). Mainland and insular lacertid lizards: a mediterranean perspective. Firenze University Press.

Kratochvíl, L. *et* Frynta, D. (2002). Body size, male combat and the evolution of sexual dimorphism in eublepharid geckos (Squamata: Eublepharidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 76: 303–314.

Kratochvíl, L., Fokt, M., Reháč, I. *et* Frynta, D. (2003). Misinterpretation of character scaling: a tale of sexual dimorphism in body shape of common lizards. *Canadian Journal of Zoology*, 81: 1112-1117.

Kratochvíl, L. *et* Frynta, D. (2007). Phylogenetic analysis of sexual dimorphism in eyelid geckos (Eublepharidae): the effects of male combat, courtship behavior, egg size, and body size. In: Fairbain, D. J., Blanckenhorn, W. U. *et* Székely, T., Sex, Size and Gender roles – Evolutionary Studies of Sexual Size Dimorphism. Oxford University Press, 154-162.

López, P. *et* Martín, J. (2002). Locomotor capacity and dominance in male lizards *Lacerta monticola*: a trade-off between survival and reproductive success? *Biological Journal of the Linnean Society*, 77: 201–209.

López, P. *et* Martín, J. (2004). Sexual selection and chemoreception in lacertid Lizards: 119-138, in: Pérez-Mellado, V., Riera, V. *et* Perera, A. (eds.), The Biology of Lacertid Lizards. Evolutionary and Ecological Perspectives. Institut Menorquí d' Estudis (Recerca), Menorca.

Madsen, T. *et* Shine, R. (1993b). Phenotypic plasticity in body sizes and sexual size dimorphism in European grass snakes. *Evolution*, 47: 321–325.

Martín, J. *et* López, P. (2000). Chemoreception, symmetry and mate choice in lizards. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 267: 1265-1269.

Molina-Borja, M., Padron-Fumero, M. *et* Alfonso-Martin, M. T. (1998). Morphological and behavioural traits affecting the intensity and outcome of male contests in *Gallotia galloti galloti* (family Lacertidae). *Ethology*, 104: 314-322.

Nuland, G. J. *et* Strijbosch, H. (1981). Annual rhythmicity of *Lacerta vivipara* Jacquin and *Lacerta agilis agilis* L. (Sauria, Lacertidae) in the Netherlands. *Amphibian – Reptilia*, 2: 83-95.

- Olsson, M. (1992). Contest success in relation to size and residency in male sand lizards, *Lacerta agilis*. *Animal Behaviour*, 44: 386–388.
- Olsson, M., Shine, R., Wapstra, E., Ujvari, B., et Madsen, T. (2002). Sexual dimorphism in lizard body shape: the roles of sexual selection and fecundity selection. *Evolution*, 56: 1538–1542.
- Pearson, D., Shine, R., et Williams, A. (2002). Geographic variation in sexual size dimorphism within a single snake species (*Morelia spilota*, Pythonidae). *Oecologia*, 131: 418–426.
- Prest, M. R. (1994). Sexual size dimorphism and feeding energetics in *Anolis carolinensis*: why do females take smaller prey than males? *Journal of Herpetology*, 28: 292-298.
- Rahmel, U. et Meyer, S. (1988). Populationsökologische Daten von *Lacerta agilis argus* (Laurenti, 1768) aus Niederösterreich. *Mertensiella*, 1: 220–234.
- Roitberg, E. S. (2007). Variation in sexual size dimorphism within a widespread lizard species. In: Fairbain, D. J., Blanckenhorn, W. U. and Székely, T., *Sex, Size and Gender roles – Evolutionary Studies of Sexual Size Dimorphism*. Oxford University Press, 143-153.
- Schoener, T. W. (1967). The ecological significance of sexual dimorphism in size in the lizard *Anolis conspersus*. *Science*, 155: 474-477.
- Schoener, T.W., Slade, J.B., et Stinson, G.H. (1982). Diet and sexual dimorphism in the very catholic lizard genus *Leiocephalus* of the Bahamas. *Oecologia*, 53: 160–169.
- Stamps, J. A. (1977). The relationship between resource competition, risk and aggression in a tropical territorial lizard. *Ecology*, 58: 349-358.
- Stamps, J.A. et Krishnan, V.V. (1997). Sexual bimaturation and sexual size dimorphism in animals with asymptotic growth after maturity. *Evolutionary Ecology*, 11: 21–39.

StatSoft, Inc. (2009). STATISTICA (data analysis software system), version 9.0.
www.statsoft.com

Strijbosch, H. *et* Creemers, R.C. M. (1988). Comparative demography of sympatric populations of *Lacerta vivipara* and *Lacerta agilis*. *Oecologia*, 76: 20–26.

Šmajda, B. *et* Majláth, I. (1999). Variability of some morphological traits of the common lizard (*Lacerta vivipara*) in Slovakia. *Biologia (Bratislava)*, 54: 585-589.

Thorpe, R. G. *et* Baez, M. (1987). Geographic variation within an island: Univariate and multivariate contouring of scalation, size and shape of the lizard *Gallotia galloti*. *Evolution*, 41: 256-268.

Thorpe, R. G. *et* Brown, R. P. (1991). Microgeographic clines in the size of mature male *Gallotia galloti* (Squamata: Lacertidae) on Tenerife: Causal hypotheses. *Herpetologica*, 47(1): 28-37.

Verbeek, B. (1972). Ethologische Untersuchungen an einigen europäischen Eidechsen. *Bonner Zoologische Beiträge*, 23: 122-151.

Vergner, I. (1995). K ekologii a etologii ještěrky živorodé, *Zootoca vivipara* (Jacquin, 1787). *Chamaeleo*, 5: 33-42.

Vitt, L. J. *et* Cooper, W. E. Jr. (1985). The evolution of sexual dimorphism in the skink *Eumeces laticeps*: an example of sexual selection. *Canadian Journal of Zoology*, 63: 995-1002.

Wermuth, H. (1955). Biometrische Studien an *Lacerta vivipara* Jacquin. *Abhandlungen und Berichte für Naturkunde und Vorgeschichte*, 9: 221-235.

Wikelski, M. *et* Trillmich, F. (1997). Body size and sexual size dimorphism in marine iguanas fluctuate as a result of opposing natural and sexual selection: an island comparison. *Evolution*, 51: 922–936.

Zamudio, K.R. (1998). The evolution of female-biased sexual size dimorphism: a population-level comparative study in horned lizards (*Phrynosoma*). *Evolution*, 52: 1821–1833.