

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zoologie a rybářství



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vliv populační hustoty na vývoj a sklizňové parametry
cvrčků *Acheta domestica***

Diplomová práce

Bc. Petr Vaníček

Zemědělství a rozvoj venkova

Ekologické zemědělství

Ing. Martin Kulma, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv populační hustoty na vývoj a sklizňové parametry cvrčků *Acheta domesticus*" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 19. 4. 2024

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Martinu Kulmovi, Ph.D., za cenné rady, trpělivost a vedení mé práce, a Ing. Michalovi Kurečkovi za pomoc s organizací pokusu a vedení inšpektoria. Děkuji i své rodině za neustálou podporu a pochopení.

Vliv populační hustoty na vývoj a sklizňové parametry cvrčků *Acheta domestica*

Souhrn

Diplomová práce se zaměřuje na zhodnocení chovu cvrčka domácího v různých hustotách populace, zahrnující teoretický rozbor a praktickou část. V teoretické části práce je nejprve definován pojem "Entomofágie" a následně podrobně analyzována biologie cvrčka, reprodukčního cyklu a původu. Jsou zde popsány také faktory ovlivňující jeho životní cyklus.

Další část práce se zabývá technologií chovu cvrčka v průmyslovém měřítku. Jsou zde diskutovány otázky týkající se optimálních podmínek pro chov, jako je velikost a uspořádání chovných prostor, vhodná strava a nutriční požadavky, regulace mikroklimatu a management výživy.

Součástí teoretické části je i popis sklizňových parametrů, jako je hmotnost, velikost a fáze vývoje cvrčků, a jejich vztah k různým podmínkám chovu. Dále je zmíněna i relevantní legislativa a normativní rámec týkající se chovu cvrčků pro využití v potravinářském průmyslu.

V praktické části této práce byl proveden experiment zaměřený na zkoumání vlivu různých hustot populací cvrčka domácího na sklizňové parametry. Experiment zahrnoval čtyři varianty s různými hustotami (0,06; 0,12; 0,16; 0,19 jedinců na cm²) ve třech biologických opakováních. V rámci práce je detailně popsána metodika experimentu, včetně postupů měření a vyhodnocování.

Při vyšší navážce bylo dosaženo největší sklizně cvrčků, ačkoli tato skupina vykazovala vyšší úroveň mortality. To naznačuje, že vyšší hustota populace může zvyšovat celkový výnos, avšak za cenu zvýšené úmrtnosti.

Pokud se zaměříme na teoretickou výtěžnost, tedy kolik gramů sklizených cvrčků lze získat z 1 gramu navážky, je zřejmé, že nejefektivnější je nejnižší testovaná hustota 0,057 ks/cm².

Klíčová slova: chov hmyzu; konverze krmiva; vývoj; alternativní potraviny; Orhoptera

Effect of population density on the development and harvest of *Acheta domesticus*

Summary

The thesis focuses on the evaluation of the domestic cricket rearing in different population densities, including theoretical analysis and application in practice. The theoretical part of the thesis first defines the term "entomophagy" and then analyses in detail the biology of the cricket, reproductive cycle and origin. Factors affecting its life cycle and biological requirements are also described.

The next part of the thesis deals with the technologies of cricket farming on an industrial scale. Issues relating to optimal rearing conditions such as the size and layout of the rearing facilities, appropriate diet and nutritional requirements, microclimate regulation and nutritional management are discussed. Particular attention is paid to aspects relating to maximum yield while maintaining animal health and welfare.

Harvest parameters such as weight, size and developmental stage of crickets and their relationship to different rearing conditions are also investigated. The legislation and regulatory framework related to cricket farming in the agricultural industry is also analyzed.

In the practical part of this work, an experiment was conducted to investigate the effect of different population densities of house cricket on harvest parameters. The experiment included four treatments with different densities (0.06; 0.12; 0.16; 0.19 individuals per cm²) and was repeated three times. The methodology of the experiment, including measurement and evaluation procedures, is described in detail.

Higher weights resulted in the highest cricket harvest, although this group showed higher levels of mortality. This suggests that higher population densities may increase overall yield, but at the cost of increased mortality.

If we focus on theoretical yield, i.e. how many grams of harvested crickets can be obtained from 1 gram of ballast, it is clear that the lowest density tested, 0.057 crickets/cm², is the most efficient.

Keywords: insect rearing; feed conversion; evolution; alternative foods; Orthoptera

Obsah

1	Úvod	8
2	Vědecká hypotéza a cíle práce	9
3	Literární rešerše	10
3.1	Entomofágie	10
3.2	Biologie a ekologie cvrčka domácího	11
3.2.1	Stavba těla	12
3.2.2	Původ	12
3.2.3	Přirozené chování	13
3.2.4	Reprodukce	13
3.2.5	Životní cykly	14
3.3	Technologie chovu	14
3.3.1	Chovný prostor	14
3.3.2	Potrava	15
3.3.3	Mikroklima	16
3.4	Sklizňové parametry	17
3.5	Legislativa chovu	18
3.5.1	Legislativní požadavky na chov	18
4	Metodika	20
4.1	Chov cvrčků	20
4.1.1	Líhnutí	20
4.1.2	Chovné nádrže	21
4.1.3	Krmení	21
4.1.4	Sklizeň	23
4.2	Průběh experimentu	23
4.2.1	Příprava pokusů	23
4.2.2	Průběh chovu	25
4.2.3	Zjištění hmotnosti a počtů jedinců	27
4.2.4	Zjištění hustoty kategorií	28
4.3	Vyhodnocení výsledků	28
5	Výsledky	29
5.1	Hustota populace	29
5.2	Sklizená biomasa	29
5.2.1	Výnosnost	30
5.3	Konverze krmiva	31
5.4	Hmotnost pohlaví v kategoriích	32

5.4.1	Hmotnost samců	33
5.4.2	Hmotnost samic	34
5.4.3	Hmotnost nymf	34
5.5	Mortalita v chovu	35
5.6	Frass.....	36
6	Diskuse	38
7	Závěr	41
8	Literatura	42

1 Úvod

S narůstajícím tlakem na světové zdroje potravy, vyvolaným rychlým nárůstem populace a měnícími se stravovacími návyky, se klade důraz na hledání udržitelných způsobů výroby potravin. Tradiční modely chovu hospodářských zvířat se stávají neudržitelnými z hlediska ekologických dopadů, emisí skleníkových plynů a znečištění vodních zdrojů (Sakadevan & Nguyen, 2016). V této souvislosti se výzkum obrací k inovativním přístupům, a jedním z nich je využití hmyzu.

Od sedmdesátých let 20. století je hmyz zkoumán jako potenciální zdroj bílkovin, buď přímo v lidské stravě, nebo ve formě hmyzí moučky, a jako takový může poskytnout udržitelnější alternativu ke konvenčním zdrojům živočišných bílkovin (Meyer-Rochow, 1975). Hmyz tvoří více než 50 % všech živých organismů na Zemi a hraje klíčovou roli v potravním řetězci pro mnoho živočišných druhů včetně lidí (Huis, 2012).

V kontextu hledání ekologicky šetrných a efektivních způsobů chovu hmyzu jako potravy vzniká koncept hmyzích farem. Tyto farmy nabízejí možnost chovu cvrčka domácího (*Acheta domestica*) v umělém prostředí s cílem vytvořit nový zdroj potravy s nižší ekologickou stopou. Ovšem, abychom efektivně využili kapacity těchto farem, je klíčové porozumět optimálním podmínkám chovu, které maximalizují produkci, aniž by negativně ovlivnily zdraví cvrčků a jejich sklizňové parametry (Pollack & Kim, 2013).

Tato studie se zaměřuje na analýzu vlivu populační hustoty cvrčka domácího chovaného na hmyzích farmách, s důrazem na optimalizaci chovných podmínek. Vyhodnocení těchto faktorů je klíčové pro dosažení udržitelné a efektivní produkce hmyzu jako potravy pro budoucí generace. Jak ukázala studie (Mlcek et al., 2014), optimalizace chovatelských podmínek je zásadní pro dosažení maximálního potenciálu hmyzu jako potravního zdroje. Tato práce se snaží přispět k pochopení těchto faktorů a jejich významu pro rozvoj udržitelnějších forem produkce potravinových zdrojů.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

V této studii předpokládáme, že cvrčci domácí chovaní na hmyzích farmách dosáhnou optimálního růstu, konverze krmiva a minimálního úmrtí při nižší populační hustotě v porovnání s vyšší hustotou. Hypotézuje, že nižší hustota populace povede k lepšímu výsledku ve formě větších přírůstků hmotnosti a efektivnější konverze krmiva.

Naší hlavní snahou je pochopit, jaká populační hustota cvrčka domácího na hmyzích farmách přispívá k optimálním výsledkům v chovu.

Prvním cílem je identifikovat optimální hustotu populace, která podporuje maximální přírůstky hmotnosti cvrčků. Průběžně budeme sledovat vývoj a růst jedinců při různých hustotách populace, abychom získali komplexní pohled na jejich optimální podmínky.

Druhým cílem je zkoumat konverzi krmiva u cvrčků chovaných při různých populačních hustotách. Zaměříme se na to, jak se mění efektivita využití krmiva v závislosti na hustotě populace, abychom lépe porozuměli ekonomické efektivitě chovu.

Dalším cílem je zhodnotit vliv populační hustoty na úmrtnost cvrčků během chovu na hmyzích farmách. Chceme pochopit, zda vyšší hustota populace negativně ovlivňuje zdraví a přežití cvrčků, což má klíčový význam pro udržitelnost chovu.

3 Literární rešerše

Narůstající světová populace klade stále větší nároky na efektivní využívání dostupných zdrojů, jako jsou potraviny, krmiva a suroviny produkované v zemědělství (McCarthy et al., 2017). Jedním z navrhovaných přístupů k optimalizaci využití organických látek z vedlejších a zbytkových toků a jejich přeměnu v potravinu nebo krmivo je chov hmyzu (Huis, 2020). Průmyslový chov hmyzu se v posledním desetiletí stal realitou, přičemž několik společností se věnuje produkci hmyzu pro potravinářské a krmné účely (Huis & Oonincx, 2017). Hlavním cílem tohoto odvětví je efektivně využívat nízko hodnotné organické zdroje a poskytovat ekologičtější alternativy k současným zdrojům bílkovin s nižším dopadem na životní prostředí (Oonincx et al., 2015).

Cvrček domácí, *Acheta domestica* L., má dlouhou historii v chovu jako krmivo pro domácí mazlíčky a v zoologických zahradách v Evropě a Severní Americe, stejně jako potravina v Asii (Halloran et al., 2017; Huis, 2018). Jeho příznivý nutriční profil umožňuje využití v potravinářském průmyslu (Montowska et al., 2019). Avšak masová produkce čelí výzvám, jako je prevence infekce densovirem *Acheta domestica* (AdDV), což může způsobit kolaps kolonií cvrčků (Szelei et al., 2011). Zařízení pro chov cvrčků jsou náchylná k přenosu virů kvůli vysoké stísněnosti, vlhkosti a teplotě, což jsou faktory podporující produkci biomasy (Duffield et al., 2021). Teplota je klíčovým faktorem pro vývoj hmyzu, přičemž optimální teplotní rozmezí je pro cvrčky domácí 28 °C až 30 °C. Odchyly od těchto optimálních podmínek mohou vést k teplotnímu stresu s negativními fyziologickými účinky (Neven, 2000).

Infrastruktura pro vytápění a chlazení chovných zařízení představuje významný náklad, a proto je logické usilovat o co nejvyšší hustotu chovu, aby se zvýšila produktivita na plochu (Kok, 2021). Většina chovatelů používá různé prostředky, jako jsou proložky na vajíčka a papírové ruličky k rozšíření plochy v produkčních jednotkách a poskytnutí cvrčkům úkrytů. Během růstové fáze cvrčků se biomasa zvětšuje, což může vést k přeplněnosti v produkčních jednotkách.

Tento trend v průmyslovém chovu cvrčků ukazuje na potřebu řešení v oblasti infrastruktury, hygieny a optimálních podmínek prostředí, aby bylo možné dosáhnout udržitelné a efektivní produkce hmyzu pro potravinářství a krmiva.

3.1 Entomofágie

Entomofágie neboli konzumace hmyzu, v posledních letech získává na popularitě jako ekologicky udržitelná a nutričně bohatá alternativa tradičního masového stravování. Tato praxe není novinkou, historicky se lidé v mnoha kulturách živili hmyzem. Avšak

moderní entomofágie se rozvíjí jako reakce na rostoucí environmentální a potravinové výzvy i mimo místa svého tradičního výskytu (Belluco et al., 2013).

V mnoha částech světa je konzumace hmyzu běžná a přijímána s pozitivním ohlasem. Například v Asii jsou larvy brouků, kobylky a housenky považovány za lahodné a výživné. V Africe jsou termiti a kobylky oblíbenou pochoutkou (Meyer-Rochow, 1975).

V západních zemích, včetně České republiky, se entomofágie stává objektem zájmu pro ty, kteří hledají alternativy k produkci nebo konzumaci konvenčního masa. Hmyz je považován za dobrý zdroj kvalitních bílkovin, který může snížit ekologický otisk spojený s chovem tradičního dobytka. Produkce hmyzu vyžaduje méně půdy, vody a potravy, což z něj činí udržitelnou volbu v porovnání s tradičními zdroji bílkovin (Skendžić et al., 2021).

I když entomofágie v České republice není běžnou součástí stravovacích návyků, začíná se prosazovat. Několik podniků nabízí produkty z hmyzu, jako jsou sušené larvy, hmyzí tyčinky nebo moučka. Lidé jsou stále více otevření novým stravovacím trendům, a proto je entomofágie předmětem diskusí a experimentů v oblasti gastronomie.

Entomofágie představuje zajímavý trend ve světě stravování, kde se hmyz stává zdrojem potravy s nízkým environmentálním dopadem. Jak se tato praxe vyvíjí, může představovat klíčový prvek budoucnosti potravinové produkce. V České republice si postupně nachází cestu do gastronomie a nabízí nové perspektivy pro udržitelnější stravování.

3.2 Biologie a ekologie cvrčka domácího

Biologie a ekologie cvrčka domácího (*Acheta domesticus* L.) jsou klíčovými aspekty pro porozumění a optimalizaci jeho chovu v kontextu hmyzích farem. Cvrček domácí, již dlouhodobě využívaný jako krmivo pro domácí mazlíčky a zoologické zahrady, přináší závažný potenciál jako alternativní zdroj potravy v potravinářském průmyslu.

Tento druh prochází komplexním životním cyklem, od vajíčka přes nymfální fázi až po dospělce, přičemž každá fáze má své specifické nároky na životní prostředí a podmínky pro optimální růst (Champan, 1998). Zvláštní pozornost je věnována i fyziologii cvrčka, zejména jeho reakci na změny teploty, která má vliv na vývojové procesy a celkový zdravotní stav jedinců (Takacs et al., 2023).

Ekologie cvrčka domácího zahrnuje jeho přirozené prostředí a interakce s okolním ekosystémem. Zvláštní důraz je kladen na vztah cvrčka s teplotou, vlhkostí a dalšími faktory, které ovlivňují jeho chovatelské podmínky. Zároveň jsou zkoumány možnosti chovu cvrčka domácího s ohledem na udržitelnost, efektivitu a minimalizaci environmentálního dopadu.

3.2.1 Stavba těla

Tělo cvrčka domácího se skládá ze tří hlavních částí: hlavy, hrudníku a zadečku, každá tato část má unikátní anatomickou strukturu (Walker, 2014).

Hlava cvrčka nese složené oči, které mu umožňují vnímat svět kolem sebe a reagovat na prostředí. Tykadla, další významná část hlavy, slouží jako smyslové orgány, zprostředkovávající informace o okolním prostředí. Zvláště při nočních aktivitě cvrčci využívají tykadla k navigaci a komunikaci (Walker, 2014).

Cvrčci patří mezi omnivorní druhy hmyzu. Kousací ústrojí v ústní části hlavy umožňuje cvrčkovi konzumovat různé druhy potravy. Jeho schopnost strávit různé druhy organické hmoty dělá cvrčka významným článkem v potravním řetězci, a to nejen v přírodě, ale i v kontextu průmyslového chovu pro lidskou spotřebu (Champan, 1998).

Samci cvrčka domácího vydávají charakteristické zvuky známe jako stridulace. To je klíčovým prvkem pro charakteristické cvrčení, kterým se cvrčci dorozumívají, zejména během období páření. Champan (1998) provedl detailní studie struktury a funkce tohoto zvukového orgánu.

Exoskelet cvrčka, vnější kryt těla, hraje klíčovou roli v ochraně a podpůrné struktuře. Champan (1998) poskytuje podrobné informace o struktuře exoskeletonu, včetně jeho skládání a roli při přizpůsobení cvrčka různým životním podmínkám.

Tyto morfologické adaptace nejsou pouze předmětem vědeckého zkoumání, ale mají také důsledky v průmyslovém chovu cvrčků. Porozumění těmto anatomickým detailům umožňuje efektivní chov a zároveň poskytuje perspektivu pro další výzkum v oblasti entomologie.

3.2.2 Původ

Cvrček domácí, který se nyní vyskytuje kosmopolitně, má své kořeny v evropských a jihozápadních asijských regionech, kde v průběhu času vytvořil specifické přirozené biotopy v teplých a vlhkých prostředích (Walker, 2014). Tato druhová lokalita ukazuje, že cvrček vyvinul schopnost přežít v rozmanitých klimatických podmínkách, což zahrnovalo adaptace na teplotní extrémů a změny ve vegetaci.

Jednou z výrazných vlastností cvrčka domácího je jeho schopnost přizpůsobit se různým ekosystémům, od travnatých oblastí a lesů až po lidská sídla. Tato adaptabilita mu umožňuje hrát klíčovou roli v potravním řetězci a přispívat k biodiverzitě v rámci daného ekosystému (Walker, 2014). Cvrček domácí se tak stal významným článkem v ekologických interakcích v různých prostředích.

Historie šíření cvrčka domácího přesahuje jeho původní regiony v Evropě a Asii, což poukazuje na jeho schopnost kolonizovat nová území a přizpůsobit se různým podmínkám. Tato adaptace zahrnuje genetické změny, které umožnily cvrčkovi úspěšně expandovat a osídlit nové geografické oblasti.

3.2.3 Přirozené chování

Cvrček domácí vykazuje určité sociální vzory, které jsou patrné ve společné struktuře kolonií. V přirozeném prostředí se cvrčci sdružují do kolonií a mohou společně ochraňovat teritorium (Greenfield, 2014). Tato spolupráce umožňuje cvrčkům efektivněji využívat zdroje a zvyšuje jejich šance na přežití.

Přirozené chování cvrčka domácího je taktéž spojeno s jeho reprodukční strategií. Samice cvrčka kladou vajíčka do vhodného substrátu, který poskytuje optimální podmínky pro vývoj vajíček a později nymf. Oplodněná samice může klást opakovaně v průběhu svého života (Walker, 2014).

Ve svém přirozeném prostředí cvrčci vykazují také specifické chování v reakci na okolní podněty. Patří sem například hledání úkrytu před predátory, vyhýbání se extrémním teplotám a komunikace prostřednictvím zvukových signálů, které jsou charakteristické pro cvrkot (Montroy et al., 2016).

V přirozeném prostředí cvrček domácí vykazuje dynamiku populace, která je přizpůsobena dostupnosti zdrojů a podmínkám prostředí. Kolonie cvrčků mají tendenci měnit svou velikost v závislosti na území a kvalitě životního prostředí, což vede k variabilitě ve vzájemných interakcích jednotlivých jedinců (Walker, 2014).

V oblastech s hojným zdrojem potravy a optimálními podmínkami prostředí se mohou kolonie cvrčků rozrůstat, a tím i zvyšovat svou populační hustotu. V situacích s omezenými zdroji naopak může dojít k redukci populace a menšímu počtu jedinců ve skupině (Skendžić et al., 2021).

Tato proměnlivost v populační hustotě odráží adaptabilitu cvrčka domácího na měnící se podmínky prostředí. Společné úsilí v rámci kolonie při hledání potravy a ochraně před predátory může být klíčovým faktorem pro úspěšné přežívání v různorodých ekosystémech (Skendžić et al., 2021).

3.2.4 Reprodukce

Cvrček domácí patří mezi hmyz s nedokonalou proměnou. V tomto typu metamorfózy, nazývané hemimetabolie, probíhá postupný vývoj jedince, přičemž nedospělá stadia, známá jako nymfy, jsou podobná dospělčům (Strambi et al., 1997).

Cvrčci jsou gonochoristé, kde samice jsou oviparní a schopné během 12 týdnů klást 200 až 300 nebo více vajíček. Dospělá stadia se odlišují vyvinutými křídly s krytkami, přičemž samice jsou obvykle větší a mají kladélka. Délka jejich života se pohybuje kolem 2 až 3 měsíců (Champan, 1998).

V rámci evoluční selekce je konkurence mezi samci o spáření samicí klíčovým faktorem. U cvrčků je běžná reprodukční strategie stridulace, tedy vyluzování cvrčivých zvuků třením krytek. Tyto zvuky jsou druhově specifické a slouží k lákání samic a označování teritoria před ostatními samci. Samice vybírají partnery na základě velikosti, schopnosti boje a schopnosti stridulace. Samice klade vajíčka 24 až 48 hodin po páření (Strambi et al., 1997).

Cvrččí vajíčko absorbuje vodu až 120 % své váhy před dokončením vývoje po dobu 14 dní. Nymfy, které se líhnou, jsou velké přibližně 3 mm a procházejí 8 až 10 instary, dokud nedosáhnou stádia dospělce. Vývoj trvá celkově přibližně 45 dní. Samice jsou často kořistí dospělých cvrčků, pokud jsou chováni společně bez dostatečného zdroje potravy. Po dosažení stádia dospělce jsou cvrčci pohlavně aktivní po 24 až 72 hodinách (Halloran et al., 2017).

3.2.5 Životní cykly

Po vylíhnutí z vajíčka se nymfy vyvinou, prochází několika stadii a postupně získávají významné morfologické a reprodukční charakteristiky (Halloran et al., 2017).

Dospělci, kteří vzniknou po nymfální vývoji, jsou klíčoví pro reprodukci. Získávají křídla a pohlavní orgány, což jim umožňuje rozmnožovat se a pokračovat v cyklu. Jejich schopnost klást vajíčka a zahájit nový generativní proces je kritická pro udržení populace (Takacs et al., 2023).

Životní cyklus cvrčka je výrazně ovlivněn prostředím a sezónními změnami. Procesy rozmnožování a aktivit cvrčků jsou často synchronizovány s přírodními cykly a teplotami. To podtrhuje adaptabilitu a citlivost těchto organismů k okolnímu ekosystému (Takacs et al., 2023).

3.3 Technologie chovu

3.3.1 Chovný prostor

Chovný prostor pro cvrčky domácí vyžaduje specifické parametry, aby bylo zajištěno optimální prostředí pro jejich pohodu a reprodukci. Nádrž nebo nádoba pro chov by měla mít hladké stěny, dosahující minimálně výšky 25 cm, a může být vyrobena z odolného materiálu, jako je sklo nebo plast. Při využití speciálně upravených klecí musí být zohledněna potřeba zajistit správnou velikost chovného prostoru.

Pro optimální chov 500 dospělých cvrčků je doporučena velikost nádrže kolem 50 × 20 × 25 cm, což poskytuje dostatek prostoru a umožňuje řízení populační hustoty. Každý chovný box by měl být vybaven přílehlavým víkem, které brání úniku jedinců. Alespoň polovina plochy víka by měla obsahovat otvor pro ventilaci, opatřený drátěným pletivem s průměrem oka 0,5 mm, zajišťujícím optimální vzdušný tok (Oonincx et al., 2015).

Vnitřní zařízení nádrže je rovněž klíčovým prvkem pro úspěšný chov cvrčků. Proložky od vajíček umístěné horizontálně nebo vertikálně vytvářejí úkryty, což napodobuje přirozené prostředí cvrčků. Proložky by měly být rozstříhány na kusy o velikosti 10 × 10 cm, což poskytuje cvrčkům ideální plochu pro pohyb a odpočinek (Huis & Oonincx, 2017).

Vzhledem k potřebám kladiště je důležité zabezpečit dostatečný prostor vně. Kladiště by mělo mít minimální rozměry 8 × 8 × 5 cm a být vyplněno substrátem, jako je písek, rašelina, nebo jejich kombinace. Udržování optimální vlhkosti kladiště je nezbytné pro úspěšný vývoj vajíček (Szelei et al., 2011).

3.3.2 Potrava

Samotné krmení cvrčků v chovu je zásadním faktorem pro jejich zdraví a dobrý vývoj. Je důležité si uvědomit rozdíl mezi suchým a čerstvým (vlhkým) krmivem a vhodně je kombinovat. Mezi vhodné druhy suchého krmiva patří oves, pšeničné klíčky, psí granule a pelety, které jsou určeny pro různé typy zvířat, jako jsou hlodavci, drůbež, morčata a želvy. V experimentálním velkochovu se jako krmná směs často používají směsi navržené pro krmení kuřat. Suché krmivo je nejčastěji podáváno na dno chovné nádrže, zatímco čerstvé krmivo se umísťuje do mělkých misek. Je důležité pravidelně vyčistit a odstranit zbytky krmiva každých 14 dní, aby se zabránilo znečištění a šíření bakterií (Friedrich & Volland, 2004).

Při zahájení chovu je vhodné začít s menším množstvím potravy a postupně jej zvyšovat podle potřeb zvířat. Mezi vhodnou čerstvou stravou patří jablka, mrkve, salát a další sezonní ovoce a zelenina, jako jsou třešně, hroznové víno, pomeranče, pampelišky a jitrocel. Je důležité, aby veškerá čerstvá potrava byla bez chemických postřiků a dalších škodlivých látek. Tuto potravu lze podávat buď denně, nebo každý 2. nebo 3. den (Fernandez-Cassi et al., 2018).

Nevyvážená strava může vést ke kanibalismu mezi cvrčky, proto je důležité dbát na vyváženost potravy a zajistit jim vhodnou stravu, která zajistí optimální výživu a zdraví. Pro správný vývoj a prosperitu cvrčků ve chvatu je klíčové, aby byly dodržovány správné stravovací návyky a výživa (Fernandez-Cassi et al., 2019).

Pokud jsou cvrčci při krmení dostatečně zásobeni čerstvým krmivem, není nezbytné poskytovat jim další zdroj pitné vody. Avšak v případě, že se rozhodneme pro chov bez vlhké složky krmiva, je důležité zajistit jim přístup k vodě. Ideálním řešením je umístit do chovné nádrže mělkou misku vyplněnou pěnovým materiálem, což zabrání cvrčkům v nechtěném utonutí. Je důležité pravidelně měnit zdroj pitné vody, ideálně každý den, aby se zajistilo čerstvé a čisté prostředí pro cvrčky. Alternativou jsou plastové ptačí napáječky, do kterých lze vložit savý materiál, jako je vatová vata, molitan nebo buničina. Tato zařízení umožňují cvrčkům snadný přístup k vodě a zároveň minimalizují riziko utonutí či kontaminace. (Friedrich & Volland, 2004).

3.3.3 Mikroklima

Cvrček domácí je organismus s proměnlivou tělesnou teplotou, což znamená, že potřebuje udržovat stabilní teplotu prostředí v rozmezí 25–30 °C. Při nižších teplotách dochází k poklesu intenzity metabolismu a může dojít k různým biologickým komplikacím, jako je například časný úhyn nebo nevylíhnutí vajíček. Co se týče vlhkosti, ideální rozmezí se pohybuje kolem 50–60 %, avšak nymfy upřednostňují vyšší vlhkost, která by měla být mezi 60–80 % (Friedrich & Volland, 2004). Studie provedená (ARAI et al., 2004) ukázala, že délka světelného období během dne ovlivňuje rychlost vývoje cvrčků. Nymfy se vyvíjejí rychleji při delších světelných dnech, avšak jejich vývoj může být zpomalen při kratším světelném období. Například, při světelném režimu LD 16: 8 se vývoj nymf pohyboval mezi 43–62 dny, zatímco při režimu LD 11: 13 probíhal vývoj ve dvou vlnách, první v rozmezí 45–70 dní a druhé v rozmezí 170–250 dní. Pro úspěšné chovy je proto doporučeno nastavit délku světelného období na LD 12: 12.

Morales-Ramos et al. (2018) provedli srovnání rychlosti růstu a dosažení dospělosti cvrčků při různých teplotách. Zjistili, že při teplotě 27 °C byla nejvyšší hmotnost biomasy dosažena na konci 8. týdne věku cvrčků, zatímco při teplotě 29 °C tento vrchol nastal na konci 6. týdne. Rychlost růstu byla vyšší v raných stádiích růstu při obou teplotách, ale během prvních dvou týdnů byl růst výrazně rychlejší u cvrčků chovaných při teplotě 29 °C. Klesající trend růstu s věkem byl pozorován u obou teplot, avšak pokles byl větší u teploty 29 °C. Nymfy dosáhly dospělosti na konci 6. týdne při teplotě 29 °C a na konci 7. týdne při teplotě 27 °C. Na konci 8. týdne dosáhlo dospělosti pouze 48 % cvrčků při teplotě 27 °C, zatímco při teplotě 29 °C to bylo 59 %. Dospělci, kteří rostli při teplotě 27 °C, měli větší hmotnost ($355,75 \pm 18,6$ mg) než ti, kteří rostli při 29 °C ($276,7 \pm 21$ mg).

Tato studie naznačuje, že cvrčci dosahují dospělosti pomaleji při nižší teplotě, ale dosahují větší velikosti nežli ti, kteří rostou při vyšší teplotě. Zjištění naznačují, že rychlost vývoje cvrčků stoupá s rostoucí teplotou, což může mít významné dopady na produkci hmyzí biomasy, zejména pokud růst cvrčků stagnuje po dosažení dospělosti.

Studie (Morales-Ramos et al., 2018) předpokládá, že optimální doba pro sklizeň cvrčků je na konci 6. týdne při teplotě 29 °C a na konci 8. týdne při teplotě 27 °C.

Dalšími faktory ovlivňujícími rychlost růstu nymf je tzv. "group effect", což znamená, že množství dalších jedinců na omezeném území má vliv na tempo jejich růstu. Tento jev naznačuje, že růst nymf eskaluje s rostoucím počtem jedinců na jednotku plochy. Vyšší hustota jedinců na dané ploše může vést k tomu, že dospělci dosáhnou menší velikosti (Masaki & Walker, 1987).

3.4 Sklizňové parametry

Studie ukazuje, že cvrččí hmyz je bohatý na bílkoviny, esenciální aminokyseliny a další živiny, což ho činí atraktivním pro lidskou spotřebu (Mlček et al., 2014). Pro dosažení konzistentní kvality a výživové hodnoty cvrččího hmyzu je však nezbytné pečlivě zvážit sklizňové parametry. Tyto parametry, zahrnující věk, velikost, hmotnost, krmivo a fázi vývoje cvrčků, mají zásadní vliv na nutriční složení, chuť a celkovou kvalitu cvrččího hmyzu (Mitchoathai et al., 2022).

Optimální věk pro sklizeň cvrčka domácího závisí na jeho biologických vlastnostech a vývojovém cyklu. Mladší nymfy mohou mít vyšší obsah bílkovin a nižší obsah tuků, ale jejich velikost a množství sklizené biomasy mohou být menší. Dospělí cvrčci nabízejí větší porci biomasy, ale mohou mít odlišnou chuť a texturu. Podle studií se většina farem zaměřených na produkci cvrčka domácího sklízí cvrčky ve věku mezi 6 až 8 týdny, kdy dosáhnou optimální velikosti a hmotnosti pro konzumaci (Morales-Ramos et al., 2018).

Kromě bílkovin a tuků má složení krmiva také vliv na obsah dalších živin v těle sarančete. Přidání pšeničných otrub do krmné dávky snižuje obsah vápníku a draslíku, zatímco zvyšuje koncentraci hořčíku a mědi. Naopak přidání mrkve do krmné dávky, obsahující jak jílek, tak otruby, snižuje obsah hořčíku na hodnoty srovnatelné s krmnou dávkou obsahující pouze jílek. Tyto zjištění ukazují, že složení krmiva může mít významný dopad na celkovou nutriční hodnotu a složení sarančete stěhovavého, což je důležité pro optimální využití tohoto zdroje ve výživě (Morales-Ramos et al., 2018).

Sklizňové praktiky mohou být ovlivněny i ekonomickými faktory, jako jsou náklady na chov a zpracování. Optimální věk pro sklizeň cvrčků by měl zohledňovat jak biologické a senzorické faktory, tak i ekonomickou udržitelnost a efektivitu výroby (Morales-Ramos et al., 2018).

Chov cvrčka domácího je citlivý na teplotu prostředí, což má vliv na jeho růstové tempo a dobu sklizně. Při vyšších teplotách je pozorován rychlejší růst cvrčka, a to zejména v prvních čtyřech týdnech jeho vývoje. Nicméně po této fázi růst často stagnuje a ke sklizni dochází obvykle kolem šestého týdne. Naopak při nižších teplotách je pozorován pomalejší růst v raných fázích vývoje cvrčka a tím pádem i prodloužená doba do sklizně,

kteřá se obvykle odehrává až kolem osmého týdne. Je zajímavé, že i přes delší dobu potřebnou k dosažení sklizně při nižší teplotě, je množství sklizené biomasy větší ve srovnání s chovem při vyšší teplotě. Tento faktor je důležitý pro plánování a optimalizaci chovu cvrčka domácího z hlediska získání maximálního výnosu (Morales-Ramos et al., 2018).

3.5 Legislativa chovu

V Evropě se potravina považuje za novou, pokud nebyla široce konzumována před rokem 1997. Pro nové potraviny, včetně těch obsahujících hmyz a jeho části, bylo stanoveno nařízení (EU) 2015/2283, které Evropský parlament a Rada schválily dne 25. listopadu 2015 a začalo platit od 1. ledna 2018. Toto nařízení přesně definuje hmyz, jeho části a produkty jako potraviny nového typu. Před uvedením těchto potravin na trh musí projít schvalovacím procesem Evropské agentury pro bezpečnost potravin (EFSA) v souladu s vnitrostátními předpisy (Gałęckil & Sokoł, 2019).

V České republice Ministerstvo zemědělství vytvořilo příručku nazvanou „Zásady správné zemědělské a výrobní praxe produkce hmyzu určeného pro lidskou spotřebu“. Tato příručka upozorňuje na to, že na trh v České republice lze uvést pouze druhy hmyzu, které jsou schváleny nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/2283. Mezi tyto druhy patří potěmník moučný, potěmník stájový, cvrček domácí, cvrček krátkokřídľý a cvrček banánový.

Dále příručka zdůrazňuje zákaz uvádění na trh hmyzu, který byl chován pro krmení zvířat. V případě kontaminace chovného hmyzu nebo detekce patogenů je nutné ho odstranit a nesmí být používán k lidské spotřebě ani jako krmivo pro zvířata, v souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1069/2009, které stanoví hygienická pravidla pro vedlejší produkty živočišného původu a získané produkty, které nejsou určeny k lidské spotřebě.

Každý chovatel je povinen dodržovat hygienické zásady pro chov, výrobu, výrobní prostory a osobní hygienu. Farmové chovy podléhají také veterinárnímu dozoru. Novela veterinárního zákona č. 368/2019 přistupuje k hmyzu jako k hospodářskému zvířeti a stanovuje pravidla pro jeho chov, zpracování a uvádění hmyzích produktů určených k lidské spotřebě (Ministerstvo zemědělství, 2018).

3.5.1 Legislativní požadavky na chov

Chov hmyzu pro lidskou spotřebu představuje nový a inovativní směr v potravinářství, který si získává stále větší pozornost. Každý chovatel si sice stanovuje svůj vlastní přístup k chovu hmyzu, avšak je klíčové zajistit, že odchovaný hmyz nepředstavuje žádné riziko pro lidské zdraví. Tento aspekt vyžaduje nejen důkladné proškolení personálu, který se o chov stará, ale také důraz na zabránění kontaktu chovaného

hmyzu s nemocným personálem, který by mohl způsobit kontaminaci (Meyer-Rochow, 1975).

Prostory určené pro chov hmyzu musí splňovat specifické požadavky na stavby zemědělské prvovýroby určené pro chov hospodářských zvířat, což zahrnuje i účinné zabezpečení proti úniku hmyzu a ochranu před vniknutím jiných zvířat (Ministerstvo zemědělství, 2018).

Základní podmínky a povinnosti pro chovatele jsou detailně upraveny ve veterinárním zákoně, který stanovuje přísná pravidla pro chov hmyzu. Mezi tyto požadavky patří například zajištění vhodného prostředí pro biologické potřeby a fyziologické funkce chovaného hmyzu. Dále je chovatel povinen pravidelně sledovat zdravotní stav hmyzu a v případě nutnosti aplikovat vhodná léčiva pod dohledem veterinárního lékaře (Ministerstvo zemědělství, 2018).

Kromě toho je zásadní dodržovat hygienické postupy, včetně čištění, dezinfekce, dezinfekce a deratizace prostor, aby se minimalizovala rizika kontaminace. Zvláštní pozornost je třeba věnovat také kvalitě a bezpečnosti krmiv, která musí být vhodná pro hmyz určený k lidské spotřebě. Chovatel musí zajistit oddělené skladování krmiv bez přístupu jiných zvířat a dodržovat předepsané postupy pro jejich skladování a manipulaci (Ministerstvo zemědělství, 2018).

Celkově je tedy chov hmyzu pro lidskou spotřebu podřízen přísným pravidlům a kontrolám, které mají za cíl zaručit bezpečnost a kvalitu výsledných produktů. Je to nejen záležitostí hospodářského zájmu, ale především zdraví spotřebitelů a ochrany životního prostředí (Ministerstvo zemědělství, 2018).

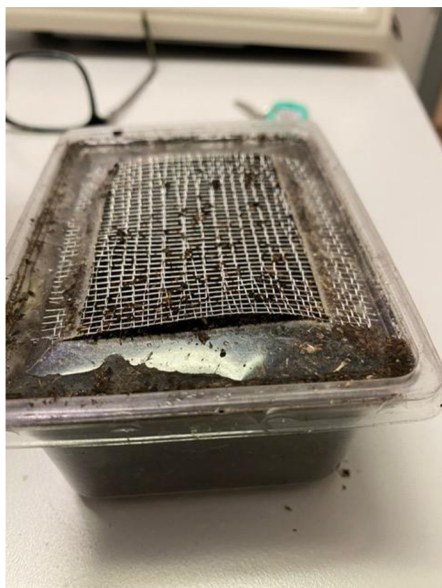
4 Metodika

4.1 Chov cvrčků

Celý pokus probíhal v insektáriu na České zemědělské univerzitě v Praze, kde jsme měli vyhrazený prostor pro tento výzkum. Insektárium poskytovalo kontrolované prostředí, které nám umožnilo sledovat vlhkost a teplotu v místnosti. Monitorované podmínky v insektáriu nám zajistily konzistentní prostředí pro náš experiment a umožnily systematický sběr dat. Tímto způsobem jsme byli schopni pozorovat vývoj cvrčků od vylíhnutí až po dosažení dospělosti.

4.1.1 Líhnutí

Pro náš pokus jsme použili čerstvě vylíhnuté cvrčky, kteří nebyli starší než 24 hodin. Ty se postupně líhli z vajíček předešlé generace, která byla chována taktéž v tomto insektáriu. Samičky nakladou vejíčka do vlhkého kladiště, což je plastová krabice o objemu 250 ml, ve které je vlhký substrát (rašelin), a nahoře na krabici je síťka (viz Obrázek 1), aby cvrčci nemohli substrát rozhrabat, ale zároveň také umožnila samičkám naklást do substrátu. Kladiště se vždy nechá po určitou dobu (cca týden) v boxu s dospělými cvrčky, a poté se krabice s vejíčky přehazují do jiného boxu, kde se inkubují. Kladiště v inkubačním boxu se rosením stále udržují vlhké, až do doby, než se vylíhnou noví jedinci.



Obrázek 1 Kladiště (Foto: autor práce)

4.1.2 Chovné nádrže

Pro chov cvrčků byly využity plastové průhledné boxy umístěné v regálovém chovu v rámci inšpektária na Fakultě agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. Tyto boxy měly objem 45 litrů a rozměry 56 × 39 × 28 cm, což poskytovalo dostatek prostoru pro cvrčky (Obrázek 2). Každá nádrž pro chov cvrčků byla vybavena plastovým víkem, které mělo otvory opatřené jemným pletivem. Tím bylo zajištěno dostatečné proudění vzduchu a zároveň zamezilo úniku cvrčků. Pro zlepšení jejich pohyblivosti byly na dno každého boxu umístěny proložky vyrobené z vybraných slepičích vajec. Tyto proložky sloužily jako podpora a zároveň rozšiřovaly plochu pro aktivní pohyb cvrčků.

Teplota v prostoru byla pečlivě kontrolována a udržována na stabilní úrovni 27 ± 1 °C, s vlhkostí vzduchu RH = 30–40 % a fotoperiodou 12: 12. Cirkulace vzduchu v místnosti byla zajištěna stropním ventilátorem, přičemž pozice chovných boxů byly systematicky měněny každý den tak, aby byla ošetřena případná odchylka způsobená rozdílnou teplotou v rámci místnosti.



Obrázek 2 Chovný box (Foto: autor práce)

4.1.3 Krmení

Pro krmení cvrčků jsme zvolili krmivo BK (Tabulky 1 a 2), což je kompletní krmná směs původně určená pro výkrm brojlerů. Toto krmivo bylo vybráno pro svou vysokou nutriční hodnotu a vhodnou strukturu pro cvrččí potřeby, v chovech cvrčků je běžně používáno.

Cvrčci byli krmeni ad-libitum, což znamená, že měli neomezený přístup k potravě, která byla umístěna ve dvou petriho miskách umístěných v každém boxu. Množství krmiva bylo přidáváno podle potřeby a stejné množství bylo poskytnuto ve všech variantách. Kromě krmiva byly v každém boxu umístěny také dvě petriho misky s hydrogelem, který sloužil jako zdroj vlhkosti a zároveň zabránil utopení cvrčků. Po zahájení pokusu byl pro malé nymfy do každého boxu vložen také kousek kartonu jako přemostění, aby byla zajištěna přístupnost krmiva pro tyto mladé jedince, kteří nemusí být schopni dosáhnout na potravu umístěnou ve vyšších petriho miskách. Tímto způsobem byly zajištěny optimální podmínky pro příjem potravy a vlhkosti cvrčků v průběhu pokusu.

Tabulka 1 Obsah krmné směsi BK

Krmná směs BK	
Suroviny	%
Pšenice	65,9
SEŠ 47,5	26
Olej řepkový	4,1
L-lysin HCL 98	0,13
DL-methionin 99	0,08
Vápenec	1,4
Sůl	0,27
MCP	1,04
Uhlíčan sodný	0,07
BR výkrm	1,0

Tabulka 2 Obsah živin v krmné směsi BK

Obsah živin v 1kg	
Složky	g
MEd	12,703
NL	213,898
Lysin	122,469
Methionin	4,993
Met+Cys	10,232
Threonin	11,499
Tryptofan	2,605
Arginin	12,153
K. linolová	11,994
Vápník	8,849
P nefyt.	4,373
Sodík	1,533
Chlor	2,063

4.1.4 Sklizeň

Po uplynutí 45 dnů chovu bylo dosaženo konce výkrmu a přišel čas na sklizeň odchovaných cvrčků. Den před samotnou sklizní bylo cvrčkům odebráno krmivo, aby došlo k jejich vyhladovění a zajištění čistoty v procesu sklizně. V den sklizně byly cvrčkům odebrány proložky a petriho misky s hydrogelem a byli umístěni do menší krabičky bez přítomnosti nečistot či cizích předmětů. Následně proběhla vážení jak živých cvrčků, tak i zbylého krmiva či substrátu a reziduí chovu, což bylo nezbytné pro zhodnocení výsledků experimentu. Poté byli cvrčci sesypáni do pytlíku a vloženi do mrazáku, čímž bylo zajištěno jejich usmrcení a konzervace pro pozdější analýzu a další zpracování.

4.2 Průběh experimentu

4.2.1 Příprava pokusů

Příprava variant zahrnovala pečlivé zvolení čtyř různých hustot cvrčků, které byly testovány v každé skupině s třemi opakováními, což vytvořilo celkem dvanáct variant. Počáteční navážka byla stanovena na 100, 200, 300 a 400 mg čerstvě vylíhlých cvrčků (Obrázek 4), aby byla zajištěna dostatečná variabilita pro analýzu vlivu hustoty populace na sledované parametry. Před samotným spuštěním experimentu byly vzorky cvrčků o hmotnosti 100 mg naváženy desetkrát. Tento postup byl zvolen za účelem získání dostatečně reprezentativního vzorku a minimalizace chyby měření. Po navážení byl každý vzorek cvrčků pečlivě přenesen na čtverečkovaný papír, kde byla provedena ruční enumerace, aby byl získán přesný počet jedinců v každém vzorku (Obrázek 3). Tato důkladná procedura byla nezbytná pro odhad výchozího počtu cvrčků v každé variantě a zajištění konzistence v experimentálním postupu. Vážení probíhalo na analytických vahách KERN ADB KERN 120 g (Praha, Česká republika).



Obrázek 3 Miska s čerstvě vylíhlými cvrčky (Foto: autor práce)



Obrázek 4 Navažování jednotlivých variant (Foto: autor práce)

Připravené boxy pro chov byly systematicky označeny tak, aby bylo jednoznačně identifikováno každé opakování a každá navážka v rámci experimentu (Obrázek 5). Pro zajištění jasného označení bylo zvoleno jednoduché schéma, kde písmeno představovalo variantu a číslice následující za písmenem označovala pořadí navážky v rámci dané varianty.

Například označení "AI" znamenalo první opakování (A) s první navázkou o hmotnosti 100 mg (I), zatímco označení "CIV" reprezentovalo třetí variantu (C) s čtvrtou navázkou o hmotnosti 400 mg (IV). Tento systém označení umožnil snadnou identifikaci.



Obrázek 5 Rozložení chovných beden v insektáriu (Foto: autor práce)

4.2.2 Průběh chovu

Na začátku experimentu bylo naváženo 1 g krmiva BK a rozděleno na dvě části, které byly umístěny do dvou petriho misek. Tyto misky byly následně umístěny do boxů, kde probíhala chovná část experimentu. Společně s krmivem byla do boxů vložena jedna proložka od vajec, která zajišťovala úkryt pro cvrčky. Současně byl do boxu umístěn hydrogel v petriho misce, který sloužil k udržení vlhkosti a zajištění pitného režimu cvrčků. Pro prevenci utonutí byl do hydrogelu vložen také kousek proložky (Obrázek 6), který umožnil cvrčkům bezpečný přístup k zdroji vody.



Obrázek 6 Přemostění v rané fázi vývoje (Foto: autor práce)

Následně každý den probíhala pečlivá kontrola a doplňování krmiva a hydrogelu, což byl proces náročný z důvodu citlivosti cvrčků na manipulaci a jejich možného zranění při výměně krmiva a hydrogelu. Proto byl zvoleno šetrný přístup, který spočíval v doplňování vody do vysychajícího hydrogelu pomocí injekční stříkačky (Obrázek 7). Tento postup umožňoval udržet stabilní vlhkost prostředí a zároveň minimalizoval riziko úrazu nebo stresu pro cvrčky.



Obrázek 7 Doplnění vody v rané fázi vývoje (Foto: autor práce)

Po sedmi dnech bylo nezkonsumované krmivo pečlivě odebráno z chovných nádrží s cílem jeho zvážení a zaznamenání hmotnosti pro hodnocení pokusu. Tato praxe umožnila sledovat spotřebu krmiva cvrčky v průběhu času. Okamžitě po odebrání krmiva bylo opět doplněno

nové, aby byla zajištěna konstantní dostupnost potravy pro cvrčky a byly minimalizovány možné nepříznivé účinky nedostatku potravy na jejich zdraví a vývoj.

Po uplynutí 12 dnů od začátku experimentu byla provedena další úprava prostředí v chovných nádržích. Z důvodu příznivého růstu cvrčků byla přidána další proložka, čímž byla zvýšena plocha k dispozici v každé nádrži. V 22. dni chovu bylo provedeno další opatření ke zlepšení podmínek pro cvrčky v chovných nádržích a byla přidána další proložka.

Během pokusu se množství krmiva přizpůsobilo podle potřeb rostoucí populace cvrčků. Na začátku experimentu bylo zahájeno s menším množstvím krmiva, což umožnilo pečlivé sledování jejich spotřeby a chování. Jak cvrčci rostli a jejich počet se zvyšoval, množství poskytovaného krmiva se postupně zvyšovalo. Tento postup vyžadoval opakované navyšování množství krmiva až do dosažení 50 gramů na jednu krmnou dávku.

4.2.3 Zjištění hmotnosti a počtů jedinců

Celkem jsme provedli dvojí vážení cvrčků. První vážení proběhlo před zmrazením, kdy byli cvrčci po sklizni zváženi jako celek. Poté byl zvážen i vyprodukovaný *frass* z boxů. Druhé vážení probíhalo již po usmrcení, a zde jsme pozorovali, zda existuje rozdíl ve váze mezi cvrčky před a po zmrazení. Během druhého vážení jsme také počítali jedince podle pohlaví, a pokud nebyli dospělí, byli započtení jako nymfy (Obrázek 8). Další vážení spočívalo ve vybrání 10 samců, 10 samic a 20 nymf, což představovalo reprezentativní vzorek, a tito jedinci byli váženi s přesností na jednotlivé gramy s cílem zjistit individuální hmotnost.



Obrázek 8 Rozložení podle pohlaví a fáze vývoje (Foto: autor práce)

4.2.4 Zjištění hustoty kategorií

Pro každou kategorii bylo vypočítáno, založené na zjištěném počtu jedinců v kategorii, jaká byla přesná hustota jedinců v chovné bedně. Při výpočtu byla vzata v úvahu plocha bedny, která činila 2184 cm². Pohlaví a dospělost nebyly zohledněny. Jedinci byly počítány ručně (Obrázek 9).



Obrázek 9 Rozložení jedinců při počítání (Foto: autor práce)

4.3 Vyhodnocení výsledků

Všechny výsledky byly vyhodnoceny pomocí jednofaktorové analýzy rozptylu (ANOVA) v programu STATISTICA 12. Pro zjištění statisticky významného rozdílu byl použit Sheffeho post-hoc test. Pro stanovení statistické významnosti jsme použili hladinu signifikance 0,05.

5 Výsledky

V naší studii jsme hodnotili několik ukazatelů v každé kategorii chovu. Mezi tyto ukazatele patřila hmotnost biomasy po sklizni, váha reprezentativních jedinců rozdělených podle pohlaví, mortalita, výnosnost a konverze krmiva. Zároveň jsme sledovali případné rozdíly ve vyprodukovaných reziduích v chovu.

5.1 Hustota populace

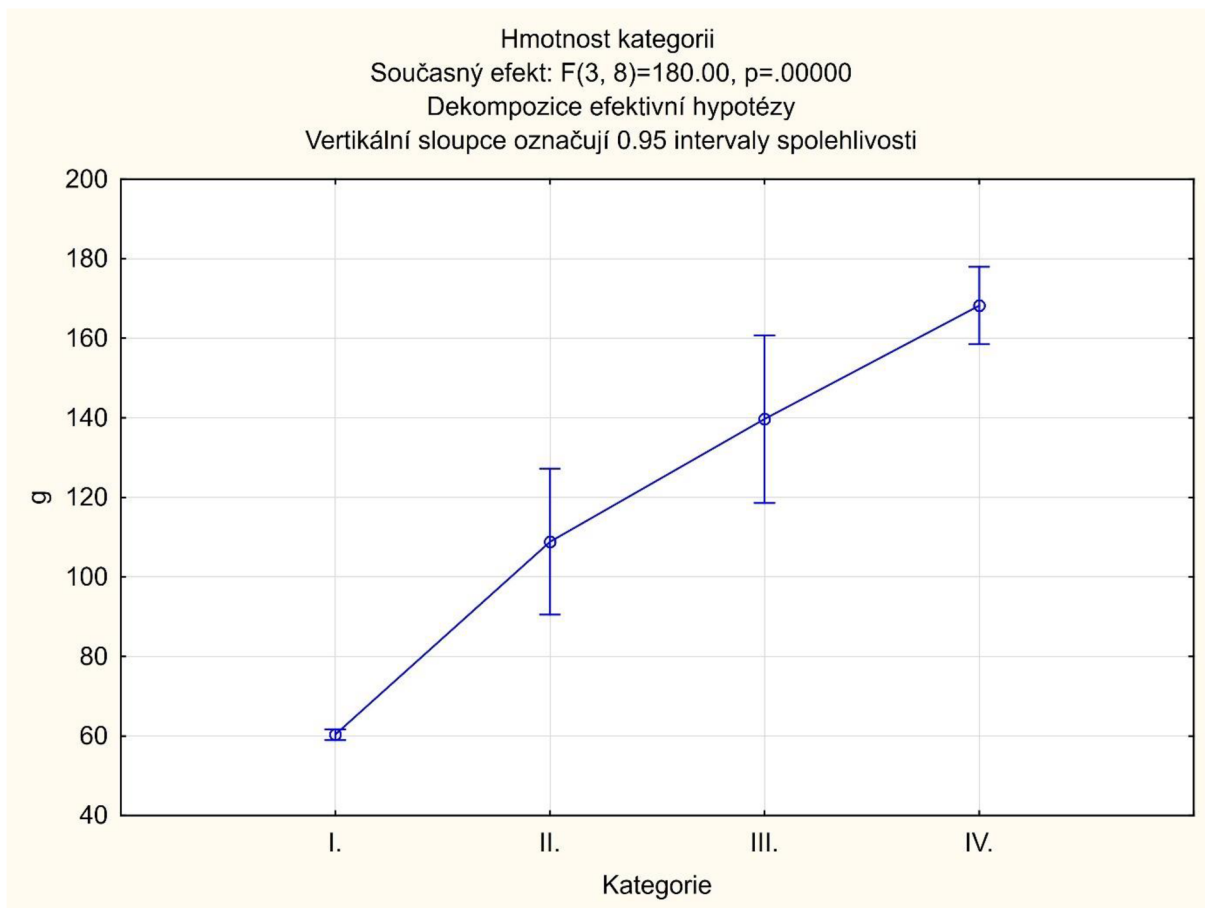
Hustoty jedinců se projeví následovně (Tabulka 3): v kategorii I. dosáhla 0,052 cvrčka/cm², v kategorii II. 0,115 cvrčka/cm², v kategorii III. 0,162 cvrčka/cm² a v kategorii IV. 0,191 cvrčka/cm².

Tabulka 3 Hustota populace v kategorii

Kategorie	Počet jedinců	Hustota populace ks/cm ²
I.	125	0.057
II.	252	0.115
III.	353	0.162
IV.	416	0.191

5.2 Sklizená biomasa

Analýza jednofaktorové ANOVY odhalila statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými hustotami cvrčků ($p < 0,05$). Konkrétně hmotnost biomasy po sklizni se lišila mezi kategorií I. (průměr 60,3 g) oproti ostatním kategoriím a II. (průměr 108,8 g), oproti IV. (průměr 168,2 g). Nejvyšší sklizně tak bylo dosaženo pro skupinu s nejvyšší hustotou (Obrázek 10). Průměrná hmotnost III. kategorie byla 139,6 g.



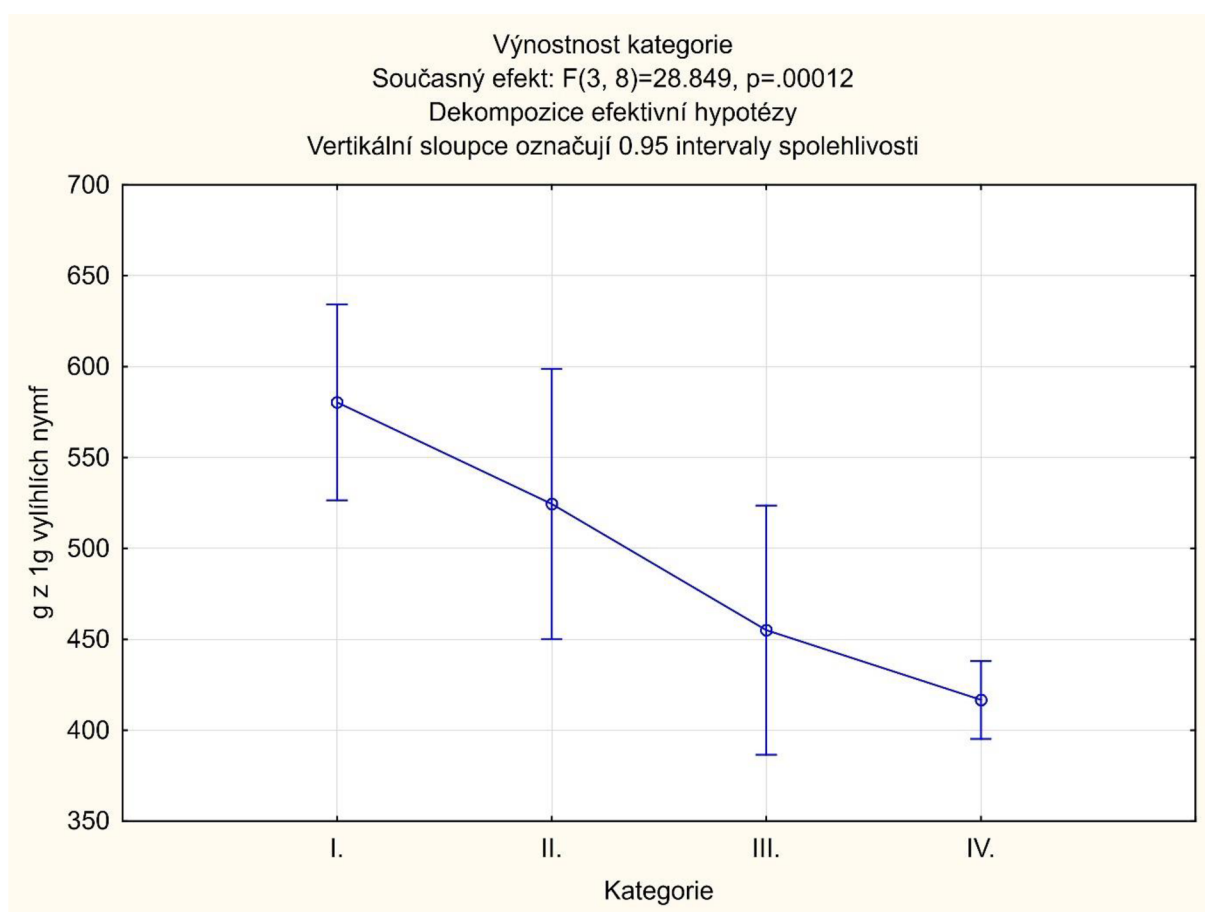
Obrázek 8 Hmotnost kategorií (Zdroj: Výstup Statistika 12)

5.2.1 Výnosnost

Přepočtení hmotnosti kategorií po sklizni na výnosnost poskytuje důležité informace o efektivitě jednotlivých hustot populace cvrčků. Výsledky ukazují, že kategorie I. vykazuje statisticky významný rozdíl ve srovnání s kategoriemi III. a IV. ($p < 0,0014$ a $p < 0,0002$, odpovídající). Podobně i kategorie II. prokazuje statisticky významný rozdíl oproti kategoriím III. a IV. ($p < 0,0422$ a $p < 0,0037$, odpovídající) (Tabulka 4, obrázek 11). Tato analýza naznačuje, že optimální hustota populace pro dosažení maximálního nárůstu biomasy je zastoupena kategorií I., což odpovídá 0,1 g nymf na 45 litrů.

Tabulka 4 Výnosnost kategorií

Výnosnost				
Pravděpodobnosti pro post-hoc testy				
Chyba: meziskup. PČ = 550.71, sv = 8.0000				
Kategorie	{1}	{2}	{3}	{4}
	580.36	524.44	455.04	416.64
I.		0.105762	0.001417	0.000225
II.	0.105762		0.042267	0.003734
III.	0.001417	0.042267		0.328487
IV.	0.000225	0.003734	0.328487	



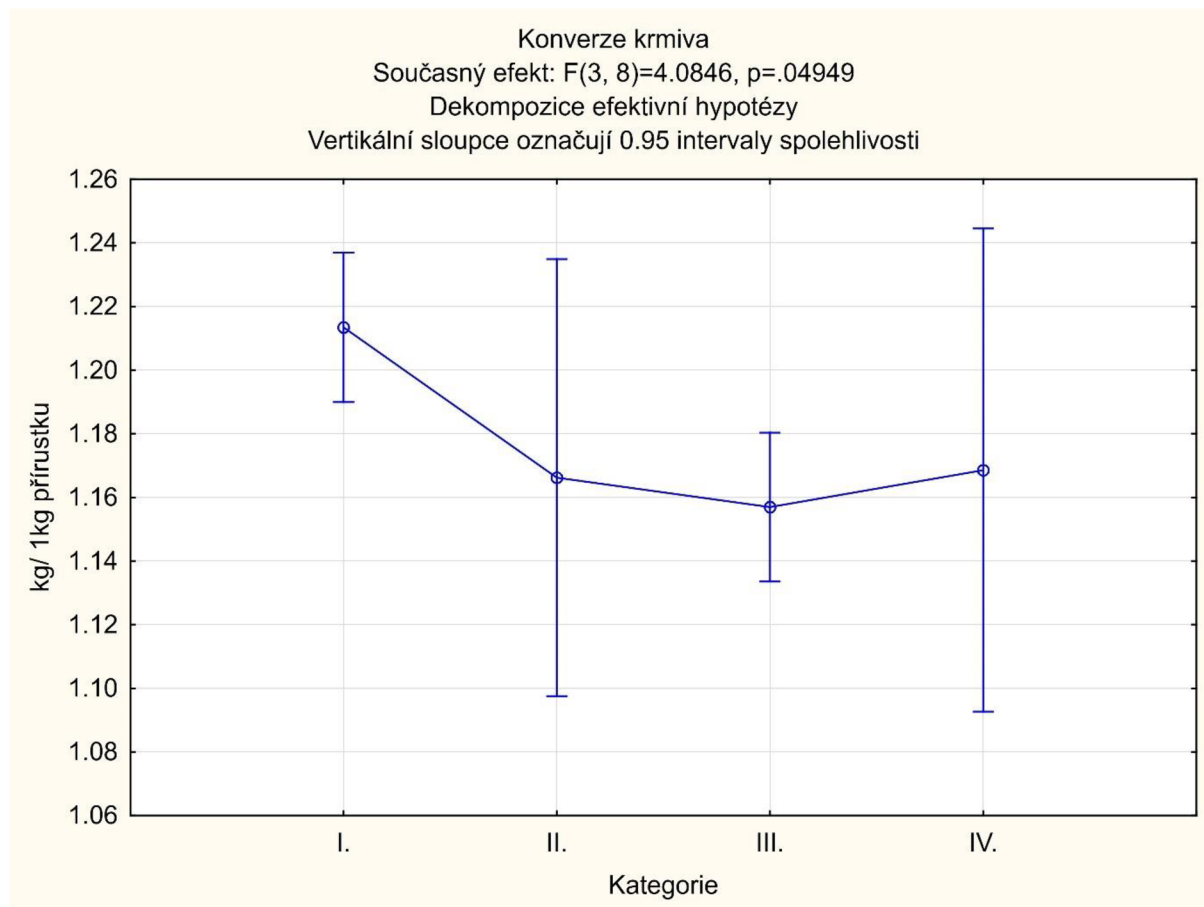
Obrázek 9 Výnosnost kategorie (Zdroj: Výstup Statistika 12)

5.3 Konverze krmiva

U konverze krmiva nebyl zjištěn žádný statisticky významný rozdíl. Nicméně, pokud se zaměříme na průměrné hodnoty, nejvyšší konverzi krmiva dosahuje kategorie I. (1,213), zatímco nejnižší hodnotu má kategorie III. (1,157) (Tabulka 5, obrázek 12). U kategorií II. a IV. byl zaznamenán větší rozptyl v naměřených hodnotách než u I. a III. kategorie.

Tabulka 5 Konverze krmiva

Konverze krmiva				
pravděpodobnosti pro post-hoc testy				
Chyba: meziskup. PČ = .00047, sv = 8.0000				
Kategorie	{1}	{2}	{3}	{4}
	1.2135	1.1662	1.1570	1.1686
I.		0.144956	0.073923	0.172343
II.	0.144956		0.963670	0.999274
III.	0.073923	0.963670		0.931326
IV.	0.172343	0.999274	0.931326	



Obrázek 10 Konverze krmiva (Zdroj: Výstup Statistika 12)

5.4 Hmotnost pohlaví v kategoriích

V každé kategorii byly provedeny vážení reprezentativních vzorků pohlavně dospělých jedinců a nymf, které byly dále podrobeny detailnímu vyhodnocení.

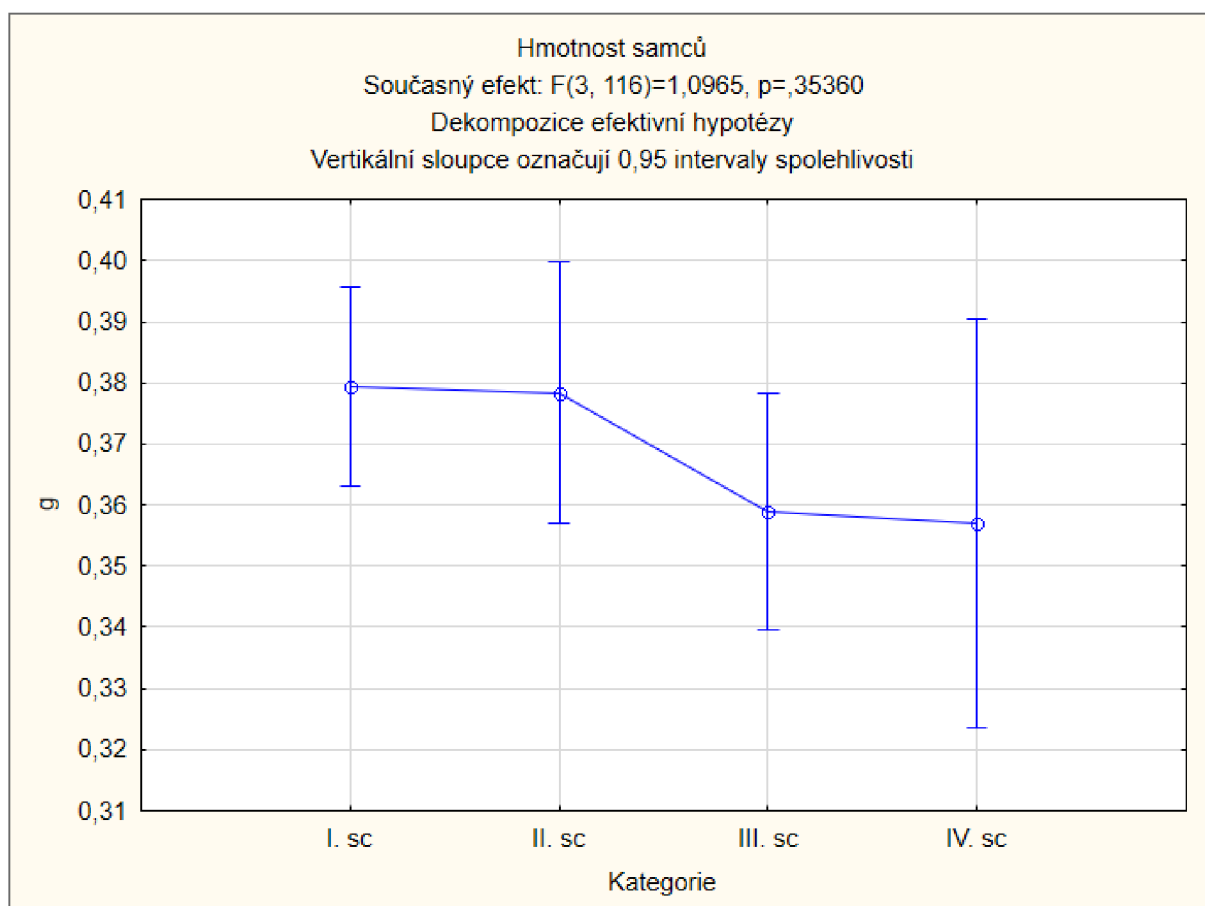
5.4.1 Hmotnost samců

Mezi kategoriemi v ohledu na pohlaví samců nebyl zjištěn žádný statisticky významný rozdíl. Nicméně pozoruje se lehký trend, který ukazuje, že s rostoucí hustotou se zvyšuje variabilita hmotnosti jedinců (Obrázek 13).

Průměrná hmotnost samců v kategorii I. je 0,3793 gramu, zatímco v kategorii IV. dosahuje hodnoty 0,3571 gramu (Tabulka 6).

Tabulka 6 Hmotnost samců

Hmotnost SAMEC				
Pravděpodobnosti pro post-hoc testy				
Chyba: meziskup. PČ = .00398, sv = 116.00				
Kategorie	{1}	{2}	{3}	{4}
I. sc	.37933			
II. sc	0.999938	0.999938	0.666695	0.602071
III. sc	0.666695	0.701068	0.701068	0.999621
IV. sc	0.602071	0.637506	0.999621	0.999621



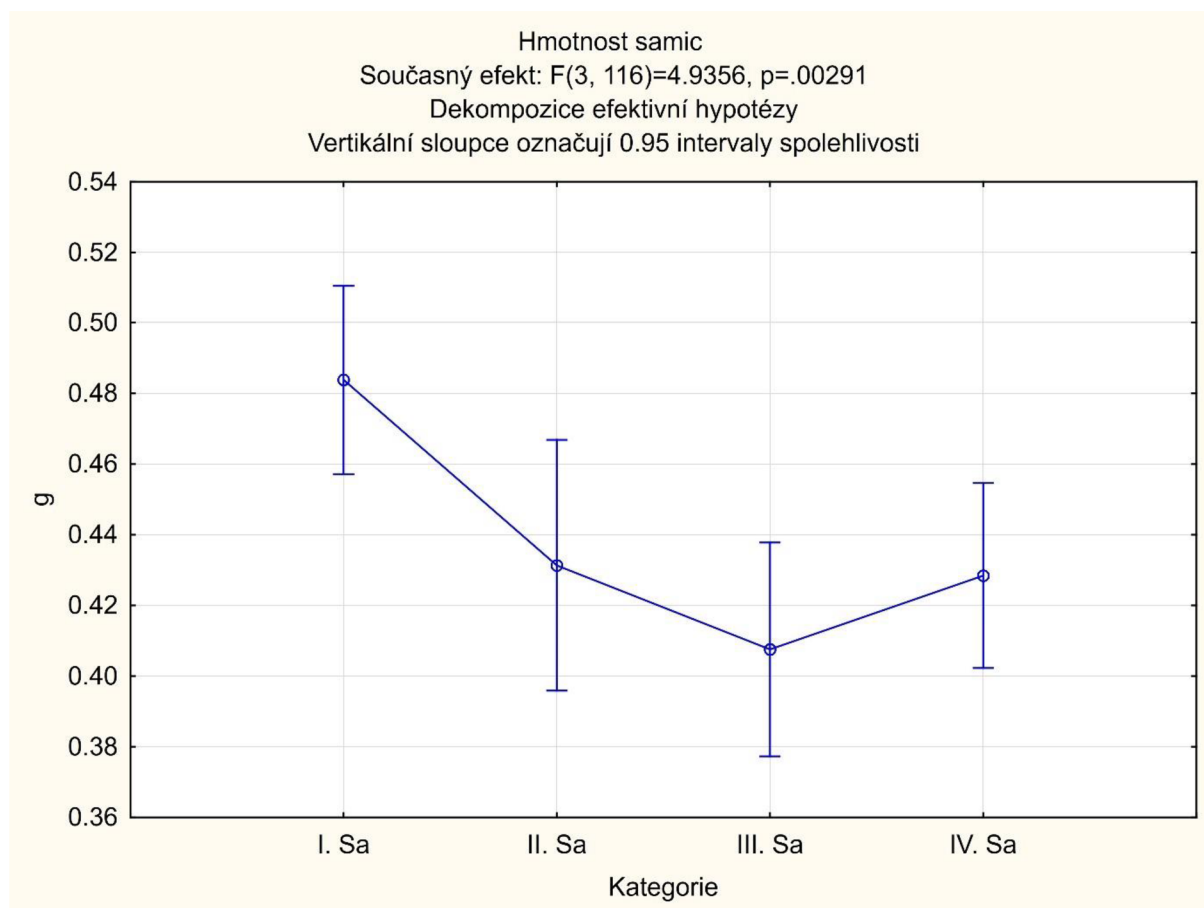
Obrázek 11 Hmotnost samců v g (Zdroj: Výstup Statistika 12)

5.4.2 Hmotnost samic

U samic byl zaznamenán statisticky významný rozdíl mezi kategorií I. a III. ($p < 0,04783$). Průměrná hmotnost samic v kategorii I., dosahující nejvyšší hodnoty 0,4838 gramu, vykazuje také nejnižší rozptyl hodnot ve srovnání s ostatními kategoriemi (Tabulka 7, obrázek 14).

Tabulka 7 Hmotnost samic

Hmotnost SAMICE				
Pravděpodobnosti pro post-hoc testy				
Chyba: meziskup. PČ = .00641, sv = 116.00				
Kategorie	{1}	{2}	{3}	{4}
I. Sa	.48380	.43133	.40753	.42843
II. Sa	0.097889	0.097889	0.723314	0.999265
III. Sa	0.004783	0.723314	0.795748	0.795748
IV. Sa	0.072067	0.999265	0.795748	



Obrázek 12 Hmotnost samic v g (Zdroj: Výstup Statistika 12)

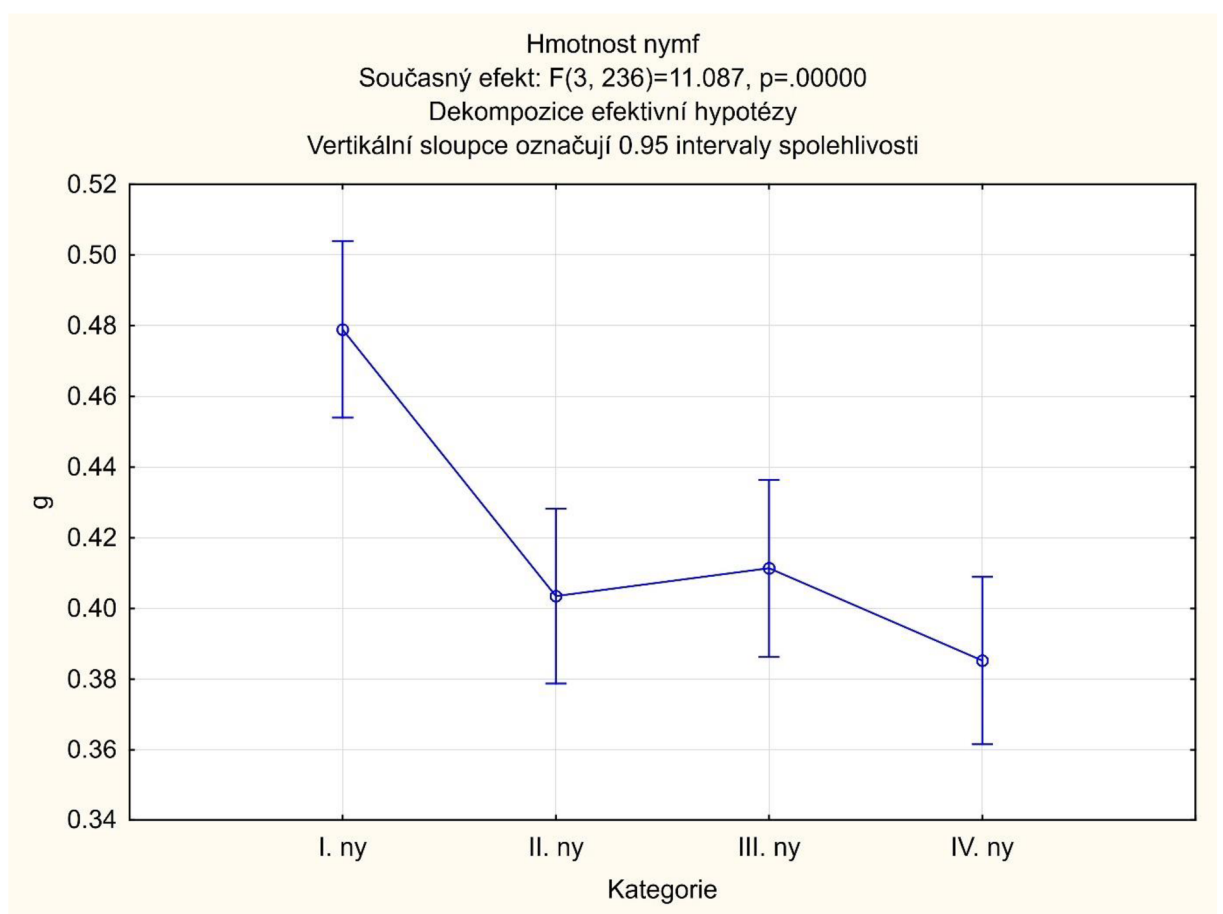
5.4.3 Hmotnost nymf

Ve vážené skupině nymf se nejlépe osvědčila opět kategorie I., která dosáhla váženého průměru 0,4789 g. Tato kategorie vykazovala také statisticky významný rozdíl oproti ostatním

kategoriím. Konkrétně se jednalo o rozdíl oproti kategorii II., kde $p < 0,0004$, oproti kategorii III. s $p < 0,0021$, a oproti kategorii IV. s $p < 0,00001$ (Tabulka 8, obrázek 15).

Tabulka 8 Hmotnost nymf

Hmotnost NYMFA				
Pravděpodobnosti pro post-hoc testy				
Chyba: meziskup. PČ = .00907, sv = 236.00				
Kategorie	{1}	{2}	{3}	{4}
I. ny	.47893	.40352	.41137	.38527
II. ny	0.000410		0.976898	0.776609
III. ny	0.002117	0.976898		0.522497
IV. ny	0.000005	0.776609	0.522497	



Obrázek 13 Hmotnost nymf v g (Zdroj: Výstup Statistika 12)

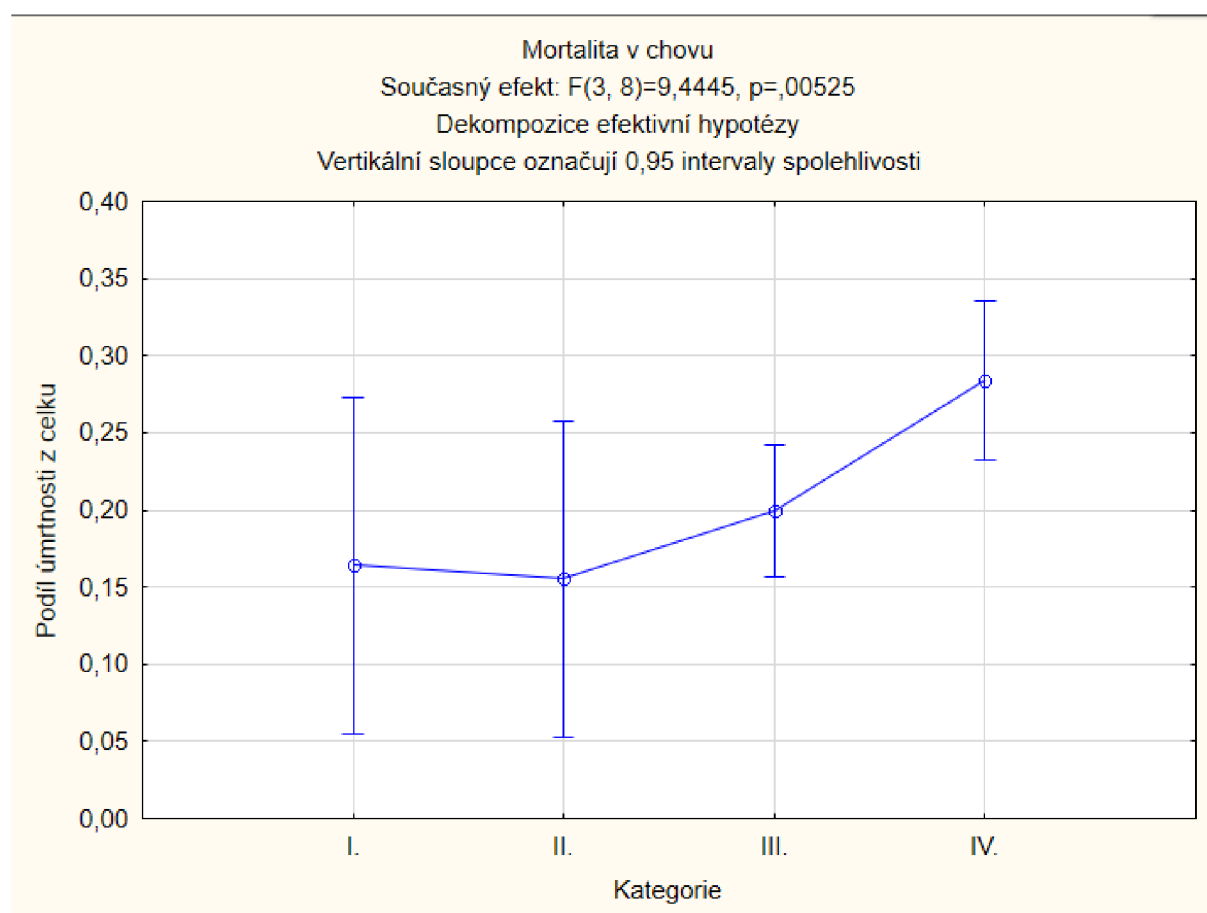
5.5 Mortalita v chovu

Největší průměrná hodnota úhynu (28,36 %) byla zaznamenána u IV. kategorie, zatímco nejmenší hodnoty zaznamenaly kategorie I. a II. (16,42 %; 15,53 %). Statisticky významný rozdíl byl pozorován mezi IV. kategorií a kategoriemi I. a II. ($p < 0,015$ a $p < 0,01$) (Tabulka 9, obrázek

16). Důležité je zdůraznit, že úhyn během chovu mohl nastat zejména během rané fáze nymfálního vývoje, přestože bylo učiněno úsilí tento jev minimalizovat.

Tabulka 9 Mortalita (podíl z celku)

Mortalita				
Pravděpodobnosti pro post-hoc testy				
Chyba: meziskup. PČ = .00109, sv = 8.0000				
Kategorie	{1}	{2}	{3}	{4}
I.	.16427	.15539	.19994	.28364
II.	0.990031		0.641249	0.015059
III.	0.641249	0.476600		0.010077
IV.	0.015059	0.010077	0.082367	



Obrázek 14 Mortalita v chovu (Zdroj: Výstup Statistika 12)

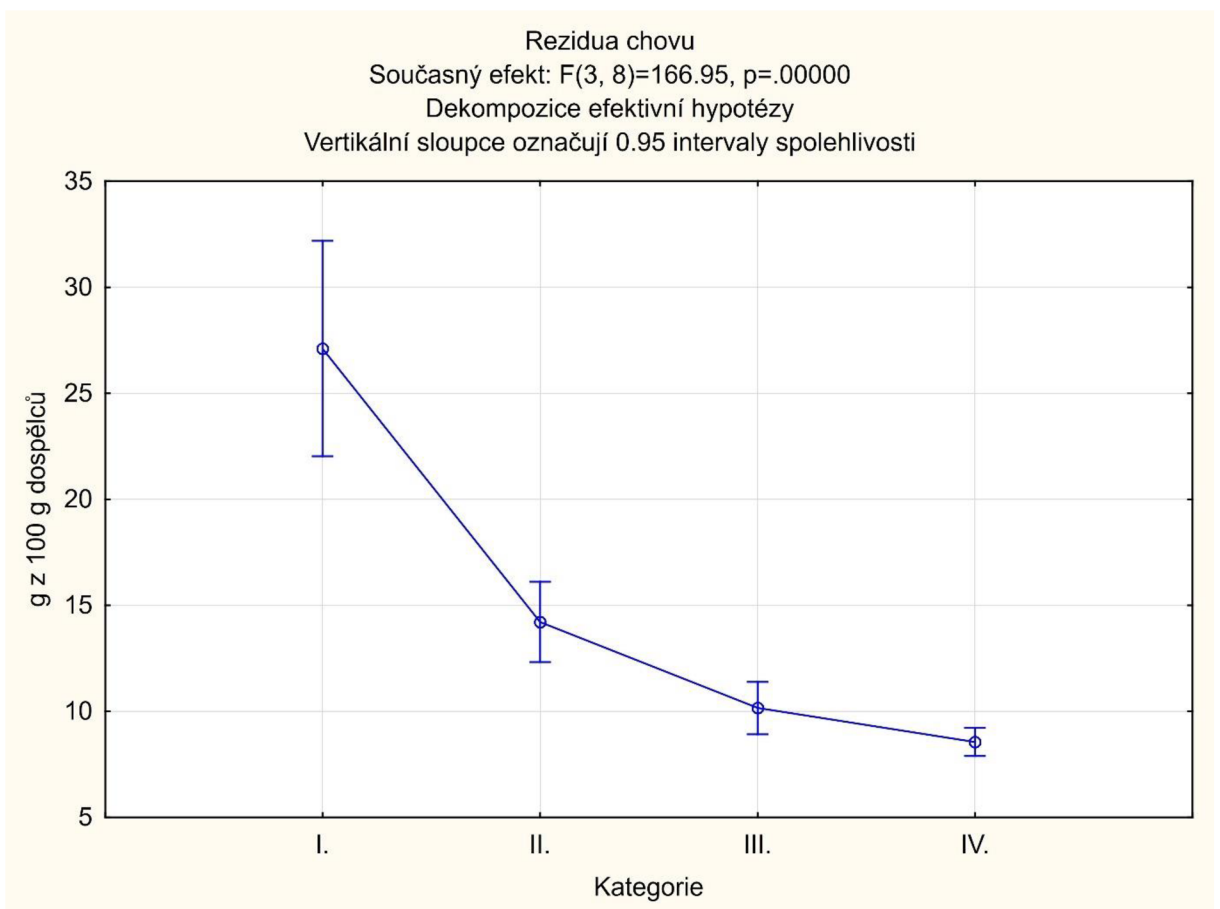
5.6 Frass

Mezi sledované parametry patřilo také množství vzniklého frassu (reziduí chovu). V této oblasti byl zaznamenán významný rozdíl mezi kategorií I. a kategoriemi II., III. a IV. Statisticky významný rozdíl nebyl zaznamenán pouze mezi kategoriemi III. a IV. Vážený průměr reziduí u

kategorie I. činil 27,1 g na 100 g dospělců, zatímco u kategorie IV. dosáhl hodnoty 8,55 g na 100 g dospělců.

Tabulka 10 Rezidua z chovu

Hm. zbylého substrátu				
Pravděpodobnosti pro post-hoc testy				
Chyba: meziskup. PČ = 1.2697, sv = 8.0000				
Kategorie	{1}	{2}	{3}	{4}
	27.100	14.213	10.155	8.5597
I.		0.000006	0.000001	0.000000
II.	0.000006		0.015539	0.002133
III.	0.000001	0.015539		0.440242
IV.	0.000000	0.002133	0.440242	



Obrázek 15 Rezidua chovu (Zdroj: Výstup Statistika 12)

6 Diskuse

Vědecký výzkum podtrhuje význam hmyzu jako cenného zdroje bílkovin, tuků a základních živin (DeFoliart, 1992), (Schabel, 2010) a (Zaelor & Kitthawee, 2018). Potenciál hmyzu jako potravinu se ukazuje jako klíčový pro vyrovnání se s rostoucími potravinovými potřebami. Mezi nejvýznamnější druhy vhodné pro masový chov patří cvrčci, zvláště *Acheta domesticus* (Lundy Mark et al., 2015), (Zaelor & Kitthawee, 2018) a (Francuski & Beukeboom, 2020). *Acheta domesticus* je vzhledem k jeho nízkým nárokům na potravu a výhodnému nutričnímu profilu považován za optimálního kandidáta pro masový chov (Fernandez-Cassi et al., 2019).

Pro dosažení úspěšného masového chovu hmyzu je nezbytné porozumět optimální hustotě populace, která umožní zvýšení velikosti a přežití jedinců, a to za současného omezení výskytu nemocí a stresu. Taková znalost je klíčová pro trvalou udržitelnost a efektivitu chovu hmyzu jako alternativního zdroje potravy.

Diplomová práce byla zaměřena na zkoumání vlivu hustoty populace cvrčka domácího na sklizňové parametry, jako je hmotnost, mortalita, konverze krmiva a rezidua vzniklá při chovu. Během studie byl identifikován vliv hustoty populace na většinu zkoumaných faktorů. Byly prokázány statisticky významné rozdíly v mortalitě, hmotnostech jedinců podle pohlaví, hmotnostech jednotlivých kategorií a výnosnosti biomasy. Naopak, vliv hustoty populace nebyl zaznamenán v případě konverze krmiva.

Z našeho výzkumu vyplývá, že čím vyšší byla hustota populace cvrčka domácího, tím nižší byl celkový počet jedinců, zejména v kategoriích III. a IV. To znamená, že vyšší hustota populace vedla k redukci počtu cvrčků v daném prostoru. Co se týče výnosnosti biomasy, nejlepší výsledky jsme dosáhli při nižší hustotě populace, konkrétně v kategorii I., kde jsme zaznamenali nejvyšší nárůst biomasy. Naopak, při vyšší hustotě populace, jako je tomu v kategorii IV., jsme zaznamenali nižší výtěžnost biomasy. To nám naznačuje, že pro efektivní chov cvrčka domácího je vhodnější udržovat nižší hustotu populace, což přispívá k lepší výnosnosti z dané navážky. Ovšem důležité je brát v potaz i prostor, který by musel být daleko větší, aby bylo dosaženo stejné hmotnosti ve sklizené biomase.

Předchozí výzkumy naznačují, že přehustění populace může vést k zvýšené úmrtnosti a snížení růstu cvrčků. Tyto negativní dopady jsou pravděpodobně způsobeny konkurencí, fyzickými zraněními a stresem spojeným se zvyšující se hustotou populace (Parry et al., 2017). Například studie o hustotě chovu nymf švába amerického ukázala, že se zvyšující se hustotou populace klesá jak přežití, tak růst (Wharton et al., 1967). Podobné trendy byly zjištěny i v dalších studiích, které ukazují variabilitu ve velikosti snížení přežití a růstu mezi různými druhy. Studie Parry et al. (2017) ukázala, že hustota populace významně ovlivňuje přežití a růst, s variabilitou

mezi různými druhy muchniček. Další výzkumy na anglické mšici obilní potvrdily pokles růstu a přežití nymf při zvyšující se hustotě populace (Xing et al., 2021).

Hustota populace je také ovlivněna věkem, přičemž některé druhy jsou odolnější vůči hustotě v pozdějších fázích života. Například u druhu Bzučivka lidožravá (*Cochliomyia hominivorax*) se ukázalo, že hustota dospělých jedinců nemá významný vliv na přežití ani reprodukční vlastnosti (Berkebile et al., 2006). Tyto rozdílné výsledky v literatuře naznačují, že vliv hustoty populace je velmi komplexní a závislý na konkrétním druhu, přičemž některé druhy jsou odolnější vůči negativním účinkům přelidnění než jiné (Xing et al., 2021). Důležité je také brát v úvahu další faktory, které mohou ovlivňovat účinky hustoty populace, jak bylo demonstrováno ve studii na mšici obilní (Xing et al., 2021) Tato variabilita zdůrazňuje potřebu podrobných údajů o dopadech hustoty populace na jednotlivé druhy. Je rovněž pravděpodobné, že výraznější negativní dopady na růst by mohly být pozorovány při ještě vyšších hustotách populace než ty, které byly použity v této studii.

Vliv zvýšené hustoty populace cvrčka na životně důležité znaky byl prokázán, stejně jako změny ve vzájemných vztazích mezi různými pohlavími (Rull et al., 2012); (Parry et al., 2017). Tyto změny mohou vést ke změnám ve fertilním a reprodukčním potenciálu (Rull et al., 2012). Rozdíly mezi pohlavími jsou očekávané, protože samice jsou obvykle větší než samci (Lyn et al., 2012).

Většina studií zjistila, že samičky hmyzu jsou odolnější vůči stresu spojenému s potravou, pravděpodobně kvůli jejich větší velikosti, a tedy i větším zásobám živin. Například (Gaskin et al., 2002) zjistili, že samci *Ceratitis capitata* jsou více negativně ovlivněni zvýšením hustoty populace než samice. Výzkumníci předpokládají, že to může být způsobeno zvýšenou agresivitou na úspěšné páření u samců (Gaskin et al., 2002). Studie provedené na pěti druzích *Glossina morsitans* chovaných v různých hustotách populace ukázaly, že samice přežívají déle než samci u všech zkoumaných druhů (Parry et al., 2017).

Vyšší úmrtnost u samců ve srovnání se samicemi v důsledku kolísání hustoty populace byla pozorována u druhů *Lucilia sericata* (Parry et al., 2017) a *Ceratitis capitata* (Gaskin et al., 2002). Samci druhu *Cochliomyia hominivorax* mají tendenci vykazovat zvýšenou úmrtnost za různých podmínek chovu, včetně vysoké hustoty populace, stravy bohaté na proteiny a vysokých teplot (Berkebile et al., 2006; Pitti et al., 2011).

Zvýšená konkurence a stres spojený s vysokou hustotou populace často snižují produktivitu (Zaelor & Kitthawee, 2018). Naše zjištění naznačují, že optimální hustota při sklizni pro masový chov *A. domesticus* by pravděpodobně měla být rovna a nižší než 0,05 cvrčka/cm², aby se minimalizovala redukce růstu. Navíc, i když je přežívání do dospělosti sníženo při této hustotě, může tato nižší hustota vést ke zvýšení hmotnosti těla a současně snížit stres.

Tyto závěry by měly sloužit jako vodítko pro budoucí snahy o masový chov s cílem optimalizovat produkci a současně snížit mortalitu a další negativní účinky přehušnění. Doporučujeme také, aby se budoucí výzkum zaměřil na rozmanitost koncových ukazatelů, jako je reprodukční výkon a přežití u tohoto druhu, aby bylo možné získat další informace o optimální hustotě chovu. Dále je nutné zkoumat účinky mezi hustotou a dalšími faktory prostředí, jako je teplota, vlhkost atd.

7 Závěr

Závěr této studie nabízí důležité poznatky pro praktické využití chovu cvrčka domácího (*Acheta domestica*) jako potenciálního zdroje potravy a dalších produktů. Hustota populace hraje klíčovou roli v ovlivňování různých aspektů produkce a životního cyklu cvrčků. Vyšší hustota populace často znamená zvýšenou konkurenci a stres, což může vést k negativním dopadům na růst, přežití a dalších životních funkcí tohoto hmyzu.

Na základě našich zjištění lze odvodit, že optimální hustota pro masový chov cvrčka domácího by měla být pečlivě vyvážena. Na jedné straně je důležité minimalizovat hustotu populace, aby se snížila konkurence a stres, což může vést ke zlepšení růstu a přežití jedinců. Na druhé straně je však také nutné zajistit dostatečnou hustotu populace, aby se udržela produkce a efektivita chovu.

Doporučujeme, aby budoucí výzkum pokračoval ve zkoumání optimálních podmínek pro chov cvrčka domácího, včetně vlivu hustoty populace na reprodukční výkonu a další klíčové parametry. Dále je důležité sledovat účinky mezi hustotou populace a dalšími faktory prostředí, jako je teplota, vlhkost a potrava.

8 Literatura

- ARAI, T., LIU, J.-P., HUANG, C.-M., CHENG, X.-Y., Watari, Y., & Takeda, M. (2004). Species specificity in photoperiodic control of nymphal development in four species of cricket from north-west China. *Entomological Science*, 7, 237–244.
<https://doi.org/10.1111/j.1479-8298.2004.00069.x>
- Belluco, S., Losasso, C., Maggioletti, M., Alonzi, C. C., Paoletti, M. G., & Ricci, A. (2013). Edible insects in a food safety and nutritional perspective: A critical review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(3), 296–313.
<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12014>
- Berkebile, D. R., Sagel, A., Skoda, S. R., & Foster, J. E. (2006). Laboratory environment effects on the reproduction and mortality of adult screwworm (Diptera: Calliphoridae). *Neotropical Entomology*, 35(6), 781–786. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2006000600010>
- Champan, R. F. (1998). The insects: structure and function. *Cambridge University Press*.
- DeFoliart, G. R. (1992). Insects as human food: Gene DeFoliart discusses some nutritional and economic aspects. *Crop Protection*, 11(5), 395–399.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0261-2194\(92\)90020-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0261-2194(92)90020-6)
- Duffield, K. R., Hunt, J., Sadd, B. M., Sakaluk, S. K., Oppert, B., Rosario, K., Behle, R. W., & Ramirez, J. L. (2021). Active and Covert Infections of Cricket Iridovirus and *Acheta domesticus* Densovirus in Reared *Gryllodes sigillatus* Crickets. *Frontiers in Microbiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.780796>
- Fernandez-Cassi, X., Supeanu, A., Jansson, A., Boqvist, S., & Vagsholm, I. (2018). Novel foods: A risk profile for the house cricket (*acheta domesticus*). *EFSA Journal*, 16(Special Issue). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.e16082>
- Fernandez-Cassi, X., Supeanu, A., Vaga, M., Jansson, A., Boqvist, S., & Vagsholm, I. (2019). The house cricket (*Acheta domesticus*) as a novel food: A risk profile. *Journal of Insects as Food and Feed*, 5, 1–22. <https://doi.org/10.3920/JIFF2018.0021>
- Francuski, L., & Beukeboom, L. W. (2020). Insects in production – an introduction. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 168(6–7), 422–431.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/eea.12935>
- Friedrich, U., & Volland, W. (2004). Breeding food animals: Live food for Vivarium animals. *Krieger Publishing Company*.
- Gaskin, T., Futerman, P., & Chapman, T. (2002). Increased density and male–male interactions reduce male longevity in the medfly, *Ceratitis capitata*. *Animal Behaviour*, 63(1), 121–129. <https://doi.org/https://doi.org/10.1006/anbe.2001.1896>
- Greenfield, M. D. (2014). *Acoustic Communication in Orthoptera*.
<https://www.researchgate.net/publication/232707162>
- Halloran, A., Hanboonsong, Y., Roos, N., & Bruun, S. (2017). Life cycle assessment of cricket farming in north-eastern Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 156, 83–94.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.017>
- Huis, A. (2012). Potential of Insects as Food and Feed in Assuring Food Security. *Annual Review of Entomology*, 58. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153704>
- Kok, R. (2021). Preliminary project design for insect production: part 4 - facility considerations. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(5), 541–551.
<https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0164>

- Lundy Mark, E. Parrella, & Michael P. (2015). Crickets Are Not a Free Lunch: Protein Capture from Scalable Organic Side-Streams via High-Density Populations of *Acheta domesticus*. *PLOS ONE*, *10*(4), 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118785>
- Lyn, J., Aksenov, V., LeBlanc, Z., & Rollo, C. D. (2012). Life History Features and Aging Rates: Insights from Intra-specific Patterns in the Cricket *Acheta domesticus*. *Evolutionary Biology*, *39*(3), 371–387. <https://doi.org/10.1007/s11692-012-9160-0>
- Masaki, S., & Walker, T. J. (1987). Cricket Life Cycles. *Evolutionary Biology-New York*, *21*, 349–423. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:83376756>
- McCarthy, U., Uysal, I., Badia Melis, R., Mercier, S., Donnell, C. O., & Ktenioudaki, A. (2017). *Global Food Security – Issues, Challenges and Technological solutions*.
- Meyer-Rochow, V. B. (1975). *Can Insects Help To Ease The Problem Of World Food Shortage?*
- Ministerstvo zemědělství. (2018). *ZÁSADY SPRÁVNÉ ZEMĚDĚLSKÉ A VÝROBNÍ PRAXE PRODUKCE HMYZU URČENÉHO PRO LIDSKOU SPOTŘEBU*.
- Mitchaothai, J., Grabowski, N. T., Lertpatarakomol, R., Trairatapiwan, T., Chhay, T., Keo, S., & Lukkananukool, A. (2022). Production Performance and Nutrient Conversion Efficiency of Field Cricket (*Gryllus bimaculatus*) in Mass-Rearing Conditions. *Animals*, *12*(17). <https://doi.org/10.3390/ani12172263>
- Mlcek, J., Rop, O., Borkovcová, M., & Bednářová, M. (2014). A Comprehensive Look at the Possibilities of Edible Insects as Food in Europe – A Review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, *64*. <https://doi.org/10.2478/v10222-012-0099-8>
- Montowska, M., Kowalczewski, P. Ł., Rybicka, I., & Fornal, E. (2019). Nutritional value, protein and peptide composition of edible cricket powders. *Food Chemistry*, *289*, 130–138. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.062>
- Montroy, K., Loranger, M. J., & Bertram, S. M. (2016). Male crickets adjust their aggressive behavior when a female is present. *Behavioural Processes*, *124*, 108–114. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2015.11.003>
- Morales-Ramos, J., Rojas, M. G., & Dossey, A. (2018). Age-dependent food utilisation of *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) in small groups at two temperatures. *Journal of Insects as Food and Feed*, *4*, 51–60. <https://doi.org/10.3920/JIFF2017.0062>
- Neven, L. G. (2000). Physiological responses of insects to heat. *Postharvest Biology and Technology* (Vol. 21). www.elsevier.com/locate/postharvbio
- Oonincx, D. G. A. B., Van Broekhoven, S., Huis, A., & Van Loon, J. J. A. (2015). Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. *PLoS ONE*, *10*(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144601>
- Oonincx, D., & Poel, A. (2011). Effects of Diet on the Chemical Composition of Migratory Locusts (*Locusta migratoria*). *Zoo Biology*, *30*, 9–16. <https://doi.org/10.1002/zoo.20308>
- Parry, N. J., Pieterse, E., & Weldon, C. W. (2017). Longevity, Fertility and Fecundity of Adult Blow Flies (Diptera: Calliphoridae) Held at Varying Densities: Implications for Use in Bioconversion of Waste. *Journal of Economic Entomology*, *110*(6), 2388–2396. <https://doi.org/10.1093/jee/tox251>
- Pitti, A., Skoda, S. R., Kneeland, K. M., Berkebile, D. R., Molina-Ochoa, J., Chaudhury, M. F., Youm, O., & Foster, J. E. (2011). Effect of Adult Screwworm Male Size on Mating Competence. *Southwestern Entomologist*, *36*(1), 47–60. <https://doi.org/10.3958/059.036.0105>
- Pollack, G. S., & Kim, J. S. (2013). Selective phonotaxis to high sound-pulse rate in the cricket *Gryllus assimilis*. *Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural*,

- and Behavioral Physiology*, 199(4), 285–293. <https://doi.org/10.1007/s00359-013-0792-z>
- Rull, J., Birke, A., Ortega, R., Montoya, P., & López, L. (2012). Quantity and safety vs. quality and performance: conflicting interests during mass rearing and transport affect the efficiency of sterile insect technique programs. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 142(1), 78–86. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2011.01196.x>
- Sakadevan, K., & Nguyen, M.-L. (2016). Livestock Production and Its Impact on Nutrient Pollution and Greenhouse Gas Emissions. *Advances in Agronomy*. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2016.10.002>
- Schabel, H. G. (2010). Forest insects as food: A global review. *Forest Insects As Food: Humans Bite Back*.
- Skendžić, S., Zovko, M., Živković, I. P., Lešić, V., & Lemić, D. (2021). The impact of climate change on agricultural insect pests. *Insects* (Vol. 12, Issue 5). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/insects12050440>
- Strambi, A., Strambi, C., & Cayre, M. (1997). Hormonal control of reproduction and reproductive behavior in crickets. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 35(4), 393–404. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1520-6327\(1997\)35:4<393:AID-ARCH4>3.0.CO;2-T](https://doi.org/10.1002/(SICI)1520-6327(1997)35:4<393:AID-ARCH4>3.0.CO;2-T)
- Szelei, J., Woodring, J., Goettel, M. S., Duke, G., Jousset, F. X., Liu, K. Y., Zadori, Z., Li, Y., Styer, E., Boucias, D. G., Kleespies, R. G., Bergoin, M., & Tijssen, P. (2011). Susceptibility of North-American and European crickets to *Acheta domesticus* densovirus (AdDNV) and associated epizootics. *Journal of Invertebrate Pathology*, 106(3), 394–399. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2010.12.009>
- Takacs, J., Bryon, A., Jensen, A. B., van Loon, J. J. A., & Ros, V. I. D. (2023 a). Effects of Temperature and Density on House Cricket Survival and Growth and on the Prevalence of *Acheta domesticus* Densovirus. *Insects*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/insects14070588>
- Takacs, J., Bryon, A., Jensen, A. B., van Loon, J. J. A., & Ros, V. I. D. (2023 b). Effects of Temperature and Density on House Cricket Survival and Growth and on the Prevalence of *Acheta domesticus* Densovirus. *Insects*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/insects14070588>
- Huis, A. (2018). Edible crickets, but which species? *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(2), 91–94. <https://doi.org/10.3920/jiff2020.x001>
- Huis, A. (2020). Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector: A review. *Journal of Insects as Food and Feed* (Vol. 6, Issue 1, pp. 27–44). Wageningen Academic Publishers. <https://doi.org/10.3920/JIFF2019.0017>
- Huis, A., & Oonincx, D. G. A. B. (2017). The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. *Agronomy for Sustainable Development* (Vol. 37, Issue 5). Springer-Verlag France. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0452-8>
- Walker, T. J. (2014). *House Cricket, Acheta domesticus*. <http://www.anapsid.org/crickets.html>
- Wharton, D. R. A., Lola, J. E., & Wharton, M. L. (1967). Population density, survival, growth, and development of the American cockroach. *Journal of Insect Physiology*, 13(5), 699–716. [https://doi.org/10.1016/0022-1910\(67\)90120-5](https://doi.org/10.1016/0022-1910(67)90120-5)

- Xing, K., Sun, D., Zhang, J., & Zhao, F. (2021). Wide Diurnal Temperature Amplitude and High Population Density Can Positively Affect the Life History of *Sitobion avenae* (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Insect Science*, 21(2), 6. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieab011>
- Zaelor, J., & Kitthawee, S. (2018). Growth response to population density in larval stage of darkling beetles (Coleoptera; Tenebrionidae) *Tenebrio molitor* and *Zophobas atratus*. *Agriculture and Natural Resources*, 52(6), 603–606. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.anres.2018.11.004>