

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2024

Ignateva Iuliia

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra ekologie

Potravní ekologie švába argentinského (*Blaptica dubia*) (Blattodea)

**Food ecology of Dubia roach (*Blaptica dubia*)
(Blattodea)**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Pavel Jakubec, Ph.D.

Bakalant: Iuliia Ignateva

2024

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Iuliia Ignateva

Územní technická a správní služba v životním prostředí

Název práce

Potravní ekologie švába argentinského (*Blaptica dubia*) (Blattodea)

Název anglicky

Food ecology of Dubia roach (*Blaptica dubia*) (Blattodea)

Cíle práce

- Zpracovat literární rešerši na téma potravní ekologie u hmyzu se zaměřením na umělý odchov druhů pro lidskou a zvířecí spotřebu.
- Provést laboratorní experiment, který otestuje vliv různých potravních složek na rychlost růstu švába argentinského (*Blaptica dubia*) za konstantních vnějších podmínek (teplota, vlhkost, fotoperioda).
- Statisticky vyhodnotit výsledky experimentu a diskutovat jejich význam pro bližší pochopení ekologie zájmového druhu a jeho případné průmyslové využití.

Metodika

Poznání potravní ekologie nekrobiontního hmyzu nám umožňuje lépe pochopit vazby mezi jednotlivými druhy zapojenými do těchto specializovaných potravních sítí a zároveň i pochopit jejich funkci v rámci těchto ekosystémů. Úkolem studenta je zpracovat literární rešerši shrnující faktory které mohou ovlivňovat růst a vývoj hmyzu se zaměřením na vliv potravy a interakce mezi jejími složkami. Toto bude zkoumáno na druhu *Blaptica dubia*, který patří k jednomu z mnoha druhů, který může sloužit jako potravní zdroj pro zvířecí ale i lidskou spotřebu.

Doporučený rozsah práce

25

Klíčová slova

potravní ekologie; Blattodea; životní strategie; Blaptica dubia;

Doporučené zdroje informací

- Carreon-Martinez, L., & Heath, D. D. (2010). Revolution in food web analysis and trophic ecology: Diet analysis by DNA and stable isotope analysis. *Molecular Ecology*, 19(1), 25–27.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2009.04412.x>
- Cattin, M. F., Bersler, L. F., Banašek-Richter, C., Baltensperger, R., & Gabriel, J. P. (2004). Phylogenetic constraints and adaptation explain food-web structure. *Nature*, 427(6977), 835–839.
<https://doi.org/10.1038/nature02327>
- Farrar, R. R., Barbour, J. D., & Kennedy, G. G. (1989). Quantifying Food Consumption and Growth in Insects. *Annals of the Entomological Society of America*, 82(5), 593–598.
<https://doi.org/10.1093/aesa/82.5.593>
- Chown, Steven., & Nicolson, S. W. (2004). *Insect physiological ecology : mechanisms and patterns*. Oxford University Press.
- Zuha, R. M., Razak, T. A., Ahmad, N. W., & Omar, B. (2012). Interaction effects of temperature and food on the development of forensically important fly, *Megaselia scalaris* (Loew) (Diptera: Phoridae). *Parasitology Research*, 111(5), 2179–2187. <https://doi.org/10.1007/s00436-012-3070-z>
-

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Pavel Jakubec, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Elektronicky schváleno dne 4. 3. 2024

prof. Mgr. Bohumil Mandák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 5. 3. 2024

prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 05. 03. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Potravní ekologie švába argentinského (*Blaptica dubia*) (Blattodea)" vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 28.3.2024

Iuliia Ignateva

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala svým rodičům za to, že mi dali příležitost studovat v zahraničí.

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu Ing. Pavlu Jakubcovi, Ph.D. za podporu, vstřícnost, odborné rady a pomoc při důkladném zpracování mé bakalářské práce.

Také děkuji svým přátelům a všem respondentům za podporu. Velmi si toho vážím.

Abstrakt

Předmětem této bakalářské práce je potravní preference švába argentinského (*Blaptica dubia*, Serville, 1839). Cílem je získat informace o potravním chování tohoto druhu a jeho významu v ekosystému. Práce se zaměřuje na zkoumání potravního spektra, preference potravy a vlivu potravních zdrojů na biologické a ekologické vlastnosti *B. dubia*. *B. dubia* hraje v přírodě zásadní roli tím, že rozkládá organický materiál, jako jsou rostlinné a živočišné zbytky. To pomáhá udržovat rovnováhu v přirozených cyklech živin tím, že přispívá k rychlému rozkladu a recyklaci organických zbytků v ekosystémech. Kromě toho se *B. dubia* běžně používá jako krmivo při chovu zvířat, zejména plazů a obojživelníků. Je vysoce ceněn pro svou snadnost chovu, díky čemuž je ideálním zdrojem potravy pro mnoho druhů zvířat díky vysokému obsahu živin. Nicméně pochopení ekologických sítí a evoluční ekologie silně závisí na stravovacích návycích těchto zvířat. V literární rešerši je představena problematika *B. dubia*, diskutuje jeho taxonomie, morfologie a ekologie. Dále je podrobně diskutována potravní ekologie hmyzu, zejména se zaměřením na umělý chov pro lidskou a zvířecí spotřebu.

Studie se zaměřuje na zkoumání vlivu různých složek potravy na rychlost růstu *B. dubia*. Za účelem dosažení cíle byl proveden experiment, který měl objasnit vliv potravy na růst švábů. Experiment zahrnoval použití 25 krabic ke krmení švábů různými složkami potravy. Během experimentu byly zachovány konzistentní vnější faktory včetně teploty, vlhkosti a fotoperiody. Výsledky experimentu naznačily, že využití granulí pro psy není vhodným zdrojem potravy ve srovnání s jablky, brambory a mrkví v kombinaci s vločkami.

Klíčové slova: potravní ekologie, Blattodea, životní strategie, *Blaptica dubia*

Abstract

The subject of the bachelor's thesis is the nutrition preferences of Dubia roach (*Blaptica dubia*, Serville, 1839). The aim of the study is to gain in-depth knowledge about the nutrition behavior of the species and its significance in the ecosystem. The study focuses on investigating of the dietary spectrum, food preferences, and the influence of food sources on the biological and ecological characteristics of *B. dubia*. *B. dubia* has a crucial role in nature by decomposing organic matter, such as plant materials and waste. It helps to maintain balance in natural nutrient cycles by contributing to the decomposition and recycling of organic residues in ecosystems. Additionally, *B. dubia* is commonly used as a nutrition source in animal husbandry, particularly for reptiles and amphibians. It is highly valued for its nutritional value and ease of rearing, making it an ideal food source for many animal species due to its high nutrient content and relatively slow growth rate. However, understanding of ecological networks and evolutionary ecology heavily relies on the feeding habits of these animals. The literature review introduces the issues related to *B. dubia*, discussing its taxonomy, morphology and ecology. Furthermore, it extensively discusses the feeding ecology of insects, particularly focusing on artificial rearing for human and animal consumption.

The study focused to examine the influence of various food components on the growth rate of *B. dubia*. An experiment was conducted to achieve the aim, an experiment was conducted to clarify the effect of food on the growth of cockroaches. The Experiment involved the use of 25 boxes to feed cockroaches with various components of food. Similar significant external factors such as temperature, humidity and photoperiod have been maintained during the experiment. Experiment results show that combination of apples, potatoes and carrots with flakes are more suitable nutrition for cockroaches than dog granules.

Keywords: feeding ecology, Blattodea, life strategies, *Blaptica dubia*

Obsah

1	ÚVOD	1
1.1	CÍLE PRÁCE	2
2	TAXONOMIE.....	3
3	MORFOLOGIE.....	5
4	EKOLOGIE.....	7
4.1	ROZŠÍŘENÍ A PŘÍROZENÉ PROSTŘEDÍ A BIOTOPY	7
4.2	REPRODUKČNÍ EKOLOGIE	7
5	POTRAVNÍ EKOLOGIE HMYZU.....	9
5.1	STABILNÍ IZOTOPY.....	9
5.2	VIZUÁLNÍ ANALÝZY	10
5.3	MOLEKULÁRNÍ ANALÝZY.....	10
5.4	POTRAVNÍ EKOLOGIE ŠVÁBŮ	11
6	ODCHOV HMYZU ZALOŽENÝ NA UMĚLÝCH METODÁCH	14
6.1	UMĚLÝ ODCHOV HMYZU PRO LIDSKOU A ZVÍŘECÍ SPOTŘEBU	17
6.2	VYUŽITÍ HMYZU NEJEN JAKO POTRAVY, ALE I JAKO LÉČIVA.....	19
7	PRAKTICKÁ ČÁST.....	22
7.1	METODOLOGIE	22
7.1.1	Data	24
7.1.2	Statistická analýza.....	26
7.2	VÝSLEDKY	27
8	DISKUSE.....	29
9	ZÁVĚR	32
	SEZNAM LITERATURY	33
	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	38

1 Úvod

První lidé, kteří pozorovali chování zvířat je pravděpodobně vnímali jako potřebný zdroj potravy a další využití v oděvu a surovin pro nástroje. Nicméně zvědavost o přírodním světě je součástí lidského zážitku od nejranějších dob (Matthews, Matthews, 2009). Evoluce přináší rozmanitost a hmyz je nejrozmanitější skupinou organismů v historii života. Studium hmyzu proto může poskytnout cenné poznatky o evoluci. Podle různých měřítek evoluční úspěšnosti, hmyz překonává všechny ostatní organismy, včetně délky jejich vývojové linie, počtu druhů, rozmanité adaptace, biomasy a ekologického dopadu (Grimaldi, Engel, 2005). Jsme závislí na opylování hmyzem a jeho produktech. Hmyz je nejpočetnější živou populací na planetě (75% všech druhů živočichů) a naše chápání ekologických interakcí na místní nebo globální úrovni závisí na našich znalostech o hmyzu. Vzhledem k současným obavám z biologické rozmanitosti a jejího úbytku je důležité si uvědomit, že hmyz představuje velkou část stávající biologické rozmanitosti. Ke starověkým vyobrazením patří egyptské amulety s posvátným hmyzem, zatímco k současným vyobrazením patří šperky s motýly a psací potřeby se vzory vášek (Resh, Cardé, 2009).

Švábi jsou skrytě žijící, většinou noční, typický pozemní hmyz. Švábi se objevili v době karbonu, přibližně před 359,2 miliony let. Moderní švábi se pravděpodobně objevili v období křídý přibližně před 100 miliony let (Grimaldi, Engel, 2005). Většina druhů švábů se vyskytuje v tropických a subtropických oblastech a odhaduje se, že jich na světě žije asi 4 400 druhů (Roth, 2003). Pouze několik z nich, přibližně 30 druhů, úspěšně proniká do městského prostředí a stává se velmi významnými městskými škůdci (Wu, 2013).

Druh *B. dubia*, běžně známý jako šváb hnědý, byl vybrán jako modelový organismus, protože tento druh z čeledi Blattodea je evolučně významný a široce rozšířený. Předpokládá se, že předek Blattodea se vyvinul na počátku křídý a jeho přítomnost v současnosti byla potvrzena, což naznačuje, že některé znaky přispívají k přežití Blattodea (Phelps, 2022). Tento druh využívají milovníci domácích zvířat jako zdroj potravy pro své mazlíčky. *B. dubia* obsahuje vysoký podíl bílkovin, je snazší na péči a na rozdíl od jiných švábů tolik nezapáchá (Wu, 2013).

1.1 Cíle práce

Cílem této práce je:

- Zpracovat literární rešerši na téma potravní ekologie u hmyzu se zaměřením na umělý odchov druhů pro lidskou a zvířecí spotřebu.
- Provést laboratorní experiment, který otestuje vliv různých potravních složek na rychlost růstu švába argentinského (*B. dubia*) za konstantních vnějších podmínek (teplota, vlhkost, fotoperioda).
- Statisticky vyhodnotit výsledky experimentu a diskutovat jejich význam pro bližší pochopení ekologie zájmového druhu a jeho případné průmyslové využití.

2 Taxonomie

Manktelow (2011) uvádí, že historie taxonomie sahá až k počátku lidských jazyků. Na západě začala vědecká taxonomie v prvních staletích před naším letopočtem v řečtině, kde se dělila na přelínneanskou a postlínneanskou. Jsou zde citovány nejdůležitější práce a popisuje se pokrok v taxonomii (s důrazem na botanickou taxonomii) až do doby švédského botanika Carla Linnéa, který založil moderní taxonomii. Charakteristickým rysem vývoje po Linnéovi bylo, že taxonomie stále více odrážela evoluční paradigma. Používané znaky se rozšířily z morfologických k molekulárním. Nomenklatura pravidla se silně vyvinula během 19. a 20. století.

Řád švábi (Blattodea) je jedním z nejstarších dochovaných řádů hmyzu. Fosilie moderních švábů pocházejí z období křídly (Cover, Bogan, 2015). Řád Blattodea je rozdělen do tří odlišných nadčeledí, jmenovitě Corydioidea, Blaberoidea a Blattoidea. Přesné vztahy mezi těmito nadčeleděmi stále nejsou plně pochopeny, ale existuje možnost, že Blaberoidea a Blattoidea mohou mít úzké spojení. Corydioidea se skládá ze dvou čeledí, Corydiidae a Nocticolidae, zatímco Blaberoidea je tvořena Ectobiidae a Blaberidae. Blattoidea na druhé straně zahrnuje čeleď švábů Blattidae, termity (Isoptera) a několik dalších menších čeledí švábů, jako jsou Anaplectidae, Cryptocercidae, Lamproblattidae a Tryonicidae (Footit, Adler, 2009). Švábi se spolu s Orthoptera (saranče, kobylky), Phasmatodea (strašilky), Mantodea (kudlanky), Plecoptera (pošvatky), Dermaptera (škvoři), Blattodea (termity) a několika dalšími menšími skupinami společně označují jako obecný rovnokřídlý hmyz (Gondhalekar a kol., 2021). Řád Blattodea je domovem velkého množství druhů hmyzu, který se může pochlubit asi 4 400 známými druhy švábů a 3 000 identifikovanými druhy termitů. Až v roce 2008 pokroky v analýze DNA poskytly solidní důkaz potvrzující teorii, že termity pocházejí z předků švábů, čímž se upevnila jejich pozice v rámci řádu Blattodea. Švábi i termity vykazují různé stupně sociálního chování, žijí se rozkládající se organickou hmotou a daří se jim v teplém a vlhkém prostředí. Termiti spolupracují, aby vychovávali své potomky a bránili své kolonie, zatímco švábi jsou spíše samotáři, ale stále vykazují spolupráci v rámci svého vlastního druhu (Boyle a kol., 2021).

Šváb argentinský (*Blaptica dubia*) v systému živočišných říší (Soopramanien a kol., 2019):

Říše: *Animalia* - živočichové

Kmen: *Arthropoda* - členovci

Třída: *Insecta* - hmyz

Řád: *Blattodea* - švábi

Čeleď: *Blaberidae* - šváboviti

Rod: *Blaptica* - šváb

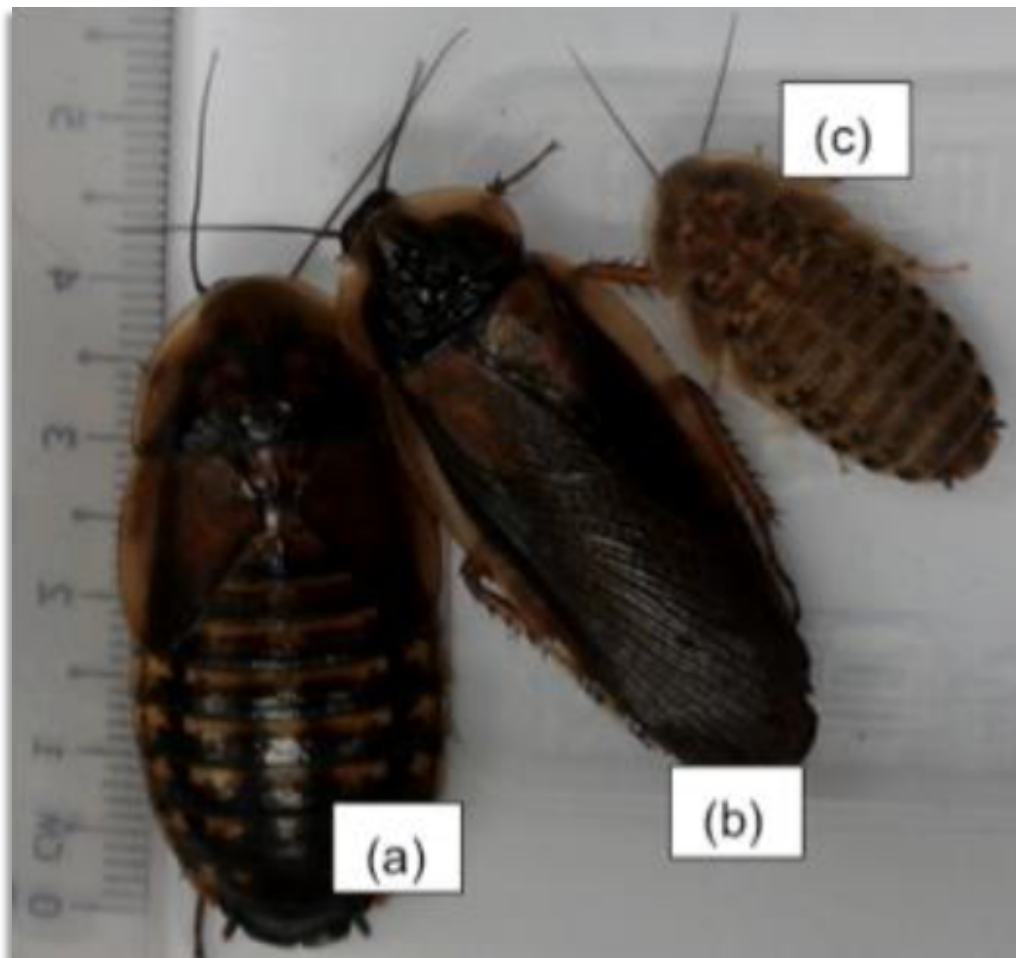
Druh: *Blaptica dubia* – šváb argentinský.

3 Morfologie

Řád Blattodea je unikátní skupina hmyzu, která se morfologicky i ekologicky výrazně liší od ostatního rovnokřídlého hmyzu. Prvním důležitým rozdílem je, že švábi mají typicky tvar těla, který připomíná široký ovál s plochou strukturou. Jejich hlava je často skryta pod pronotem. Dalším rozdílem je, že křídla švábů se mohou ve vývoji lišit, od zcela vyvinutých až po zcela chybějící nebo někde mezi. Pokud jsou přítomna, přední křídla jsou obvykle pevná a kožovitá, zatímco zadní křídla jsou průhledná. Různorodá škála struktur křídel u švábů hraje zásadní roli v jejich odlišení od jiných druhů hmyzu. Jejich nohy jsou určeny především k běhání, ale lze je využít i pro hrabání. Pokud jde o barvu, švábi mohou vykazovat spektrum hnědých odstínů, složité vzory nebo poutavé směsi černé, bílé a žluté. Zatímco nymfy připomínají dospělé šváby, nemají ještě vyvinutá křídla. Velikost švábů se může výrazně lišit, od méně než 3 mm až po 78 mm (Footitt, Adler, 2009).

B. dubia je středně velký šváb (30 - 50 mm dlouhý). Mezi samci a samicemi je zřetelný rozdíl v pohlaví. Zatímco samečci mají plně vyvinutý pár předních i zadních křídel s funkční příčně pruhovanou svalovinou, teoreticky schopnou letu a odpovídající pigmentovanou svalovinou pro let, samičky jsou vybaveny pouze základními předními křídly a postrádají svaly potřebné pro let (Kesel a kol., 2009). Základní morfologie *B. dubia* je podobná ostatním švábům (viz obrázek 1), má šest nohou a dvě tykadla. Tělo se dělí na hlavu, hrud' a zadeček, přičemž zadeček je největší. Mladí argentiniští švábi vykazují světle hnědý odstín zdobený hnědými skvrnami, které probíhají podél jejich těla. Když však dospívají v dospěléce, pouze samci si zachovávají viditelné skvrny, i když tyto znaky jsou často zakryty jejich křídly. Na druhé straně dospělé samice vykazují mnohem tmavší hnědou barvu se řadami světle hnědých skvrn, které se táhnou od zadní části hrudníku. Navzdory své počáteční podobnosti s jinými druhy švábů má *B. dubia* několik charakteristických vlastností. Za prvé, tento druh se může pochlubit relativně krátkými tykadly, přičemž samci mají o něco delší tykadla než samice. Ve skutečnosti jsou tyto antény kratší než polovina délky těla. Další pozoruhodný rozdíl spočívá v jejich nohách. Zatímco většina švábů má na nohou strukturu allium, která jim umožňuje procházet hladkými povrchy, *B. dubia* tuto schopnost postrádá. V důsledku toho jejich neschopnost chodit

po svislých plochách přispěla k jejich popularitě jako možnosti krmení mezi majiteli exotických zvířat (Allred, 2022).



Obrázek 1. Vzhled *Blaptica dubia*: (a) dospělá samice, (b) dospělý samec, (c) nymfa (zdroj: Yee a kol., 2018)

4 Ekologie

4.1 Rozšíření a přirozené prostředí a biotopy

Švábi obývají téměř všechna prostředí, včetně tropických a lesů mírného pásma, pastvin, vřesovišť, stepí, slaných bažin, pobřežních oblastí a pouští. Jsou aktivní na všech površích suchozemského prostředí, od vrcholků lesních korun až po zem, a žijí v jeskyních, tunelech, dutých stromech, norách a dutinách pod kůrou. Žijí také ve spadaném listí, rozkládajících se kmenech stromů, na březích potoků a řek, v korunách stromů, v hnízdech společenského hmyzu, hlodavců, plazů a ptáků a v lidských stavbách, jako jsou obydlí, lodě a letadla (Roth, Willis, 1960). Existuje značné množství důkazů, které naznačují, že lesní, pouštní a jeskynní švábi mají tendenci vybírat si konkrétní mikrohabitaty na základě svých jemných environmentálních preferencí. To je zvláště patrné u vejcorodých samic, které si pečlivě vybírají vhodné substráty pro vývoj vajíček. Proces selekce a pohybu mezi těmito mikrostanovišti je úzce spojen s každodenními výkyvy mikroklimatických podmínek, rizikem predace, stravovacími návyky a potřebou lepší sexuální komunikace (Schal a kol., 1984). Většina druhů švábů se vyskytuje v tropickém prostředí Starého i Nového světa. Švábi hrají důležitou roli v suchozemském rozkladu, recyklují odumřelé rostliny, živočichy, a výkaly a uvolňují živiny zpět do půdy (Bell a kol., 2007).

B. dubia je suchozemský druh a vyskytuje se v lesnatých oblastech Paraguaye, Uruguaye a Argentiny. Větší rozmanitost historických prostředí a biotopů naznačuje, že *B. dubia* může být přizpůsobena přežití při vyšších teplotách (Goode, 2013). *B. dubia* preferuje vysokou vlhkost a potřebuje udržovat teplotu mezi 25° a 35 °C (Friedrich, Volland, 1998).

4.2 Reprodukční ekologie

Švábi mají tři stádia: vajíčko, nymfa a dospělý jedinec. Nymfy jsou obecně podobné dospělcům, až na jejich velikost a absenci vyvinutých křídel a pohlavních orgánů. Vajíčka švábů jsou kladená ve shlucích a jsou pokrytá více či méně tvrdou ochrannou skořápkou. Celá tato struktura se nazývá ootéka. Ootéka je vytvořena samičkou a po dokončení je umístěna na vhodné místo, nesena vně samičky (u vejcorodých druhů) nebo nesena uvnitř těla samičky (u živorodých druhů) (Roth, Willis, 1954). Živorodé druhy mají tendenci produkovat pružné ootéky s tenkou

stěnou, ve kterých chybí kýl nebo je rudimentární. Vejcorodé druhy produkují ootéky, které jsou úplné a v mnoha případech jsou dost odolné vůči vysoušení. Druhy, které kladou své ootéky v přirozených venkovních podmínkách, mohou připravit otvory v půdě, shnilém dřevu nebo jiných substrátech pro přijetí ootéky. Po uložení ootéky obvykle samička otvor nějakým vhodným materiálem zakryje. Nicméně v domácích situacích, kde jsou použitelné substráty omezené, dochází obvykle k volnému kladení nebo přichycení ootéky na povrch. Z těchto vajíčkových schránek se vylíhnou volně žijící a aktivní nymfy. Ty rostou prostřednictvím série instarů a svlékání, než dosáhnou dospělého stádia (Cochran, 1999). Rozmnožování je důležitým aspektem biologie hmyzích druhů. Rozmnožovací stadia v biologii švábů zdůrazňují rozmanitost chování, které se u této relativně staré skupiny vyvinulo. U většiny z více než 3500 druhů švábů stále neznámé reprodukční zvyklosti. Intenzivně bylo zkoumáno méně než půl desítky druhů a většina našeho porozumění chování této skupiny pochází právě z těchto druhů, které jsou nejbližší spojeny s člověkem. Nyní máme dostatek dalších informací o méně běžných druzích, které nám umožňují shrnout rozmnožování švábů s velmi odlišným chováním (Roth, Willis, 1954).

B. dubia je živorodý šváb, který nese ootéku v břišním vaku po dobu téměř dvou měsíců, dokud nejsou vajíčka připravena k vylihnutí. Každá ootéka obsahuje 20-35 vajec a uvnitř samice se líhnou nymfy. Při stresu může samice ootéku uvolnit dříve (Friedrich, Volland, 1998). Vejce *B. dubia* jsou viditelná pro lidské oko. Při narození jsou larvy švábů průsvitně bílé s měkkou vnější kůstrou. Jak nymfy rostou, svlékají se a obnovují svůj exoskelet. Tento proces pokračuje, dokud nedosáhnou dospělosti. Jakmile dosáhnou dospělosti, už se nesvlékají (Allred, 2022). Doba růstu *B. dubia* od prvního stádia po dospělce je přibližně 4-6 měsíců při 30°C (Wu a kol., 2017). Ideální teplotní rozmezí pro jeho rozmnožování je 24-35°C (Adamo a kol., 2014).

5 Potravní ekologie hmyzu

Potravní ekologie je vědní obor, který zahrnuje studium toho, jak organismy interagují se svým prostředím ve vztahu ke spotřebě potravy. Pochopení toho, jak se energie pohybuje ekosystémy, je primárním cílem ekologie a studium vztahů mezi různými organismy a dynamikou potravních sítí je zásadní pro určení toku energie v ekosystému (Carreon-Martinez, Heath, 2009). Výzkum v oblasti nutriční ekologie zkoumá, jak hmyz metabolizuje a využívá sekundární sloučeniny rostlin pro své přežití. Zásadní roli v tomto procesu hraje trávicí systém, který slouží jako primární rozhraní mezi hmyzem a jeho okolím. Hluboké porozumění fyziologii střev je proto nezbytné pro navržení účinných kontrolních strategií pro řízení populací hmyzu (Chown, Nicolson, 2004). Výzkumníci v této oblasti využívají řadu technik, včetně analýzy stabilních izotopů, vizuální analýzy a molekulární analýzy, aby získali vhled do důležitosti potravinových interakcí při utváření ekologických systémů (Sher, Molles, 2022).

5.1 Stabilní izotopy

Stabilní izotopy se přirozeně vyskytují v našem prostředí a slouží jako cenné nástroje pro studium a sledování různých přírodních procesů. Na rozdíl od radioaktivních izotopů jsou stabilní izotopy bezpečné a nepodléhají rozkladu. Existují dvě primární metody pro začlenění stabilních izotopů do ekologického výzkumu. Jeden přístup zahrnuje pozorování přirozených variací v izotopovém složení v různých složkách ekosystému za účelem sledování různých biologických procesů. Naproti tomu jiná metoda zahrnuje zavedení uměle obohacených sloučenin s vyššími koncentracemi specifických izotopů do prostředí a následné sledování jejich pohybu a interakcí v rámci systému. Studie o přirozených výskytech se zaměřují na rozdíly v izotopových stopách, které jsou způsobeny měnicími se reakčními rychlostmi na enzymatické úrovni, což vede k mírným odchylkám v izotopovém složení v přírodě. Studie obohacování na druhou stranu zahrnují použití speciálně upravených sloučenin s vyššími koncentracemi určitých izotopů, které se v přírodě běžně nevyskytují. Tyto sloučeniny se zavádějí do systému, aby analyzovaly chování zvířat, preference krmení a zdroje energie. Je důležité si uvědomit, že oba přístupy mají odlišné charakteristiky, včetně různých předpokladů a terminologie. V posledních dvou desetiletích došlo ke znatelnému poklesu jak nákladů, tak složitosti spojené s analýzou stabilních izotopů..

Odesílání vzorků k analýze se stalo pohodlnější a bezpečnější, což vedlo ke vzniku mnoha laboratoří, které poskytují služby izotopové analýzy za rozumné ceny, obvykle v rozmezí od 5 do 80 USD za vzorek v závislosti na faktorech, jako jsou tržní podmínky a konkrétní analyzovaný izotop. Frekvence méně běžné izotopové formy vyskytující se přirozeně je často vyjádřena jako procento všech izotopových variací konkrétního prvku (Hood-Nowotny, Knols, 2007).

5.2 Vizuální analýzy

Běžně používaná metoda pro studium stravovacích návyků zvířat zahrnuje pečlivé sledování jejich potravního chování v jejich přirozeném prostředí nebo analýzu obsahu jejich žaludku nebo střev. Vědci tak mohou rychle určit rozsah potravin, které konzumují. Aby však bylo možné získat přesné údaje, může být nutné zvíře obětovat a prozkoumat jeho žaludek. Ačkoli je tato technika levnější než analýza DNA, má své nevýhody, zejména při studiu větších zvířat, která pokrývají rozsáhlá území. Data shromážděná tímto přístupem mohou představovat pouze malou část celé oblasti a nabídnout pohled na omezený počet jednotlivců (Pineda-munoz, Alroy, 2014). Při použití této metody je důležité si uvědomit, že zahrnuje více než jen identifikaci viditelných známek zkažených potravin nebo zbytků tekutin. Vyžaduje hlubší porozumění rozpoznávání jak zjevných, tak jemných indikátorů úpadku, které nemusí být snadno rozpoznatelné (Bennett, Hobson, 2009). Vizuální analýza je technika, kterou lze použít k přiblížení složení potravy a slouží jako cenný nástroj pro studium dynamiky a interakcí mezi predátory a jejich kořistí (Birkhofer a kol., 2017)

5.3 Molekulární analýzy

Existuje další běžně používaná metoda ke stanovení složení potravy zvířat, která zahrnuje molekulární analýzu látek přítomných v jejich trávicím systému. Na rozdíl od přímé vizuální techniky vyžaduje tento přístup složitější postupy odběru vzorků a pečlivé techniky uchovávání, aby byla zaručena integrita vzorků. Přesto poskytuje přesnější pochopení složení potravy provedením analýzy DNA na zbytcích zkonsumované potravy (Vall, 2013). Sekvencování DNA má významnou výhodu ve své schopnosti detekovat a určit kořist s minimální velikostí vzorku. Toho je dosaženo využitím polymerázové řetězové reakce (PCR), což je technika, která amplifikuje požadovaný segment DNA, což vede k replikaci nukleové kyseliny. Pro analýzu obsahu žaludku nebo stolice se odebírají vzorky a podrobují se této analýze založené

na PCR (Bowser a kol., 2013) Jednou nevýhodou použití tohoto přístupu je jeho výhradní spoléhání se na současné okolnosti a zavedené zvyky, aby bylo možné zjistit budoucí potravní preference. Jeho účinnost navíc vyžaduje neustálý sběr dat (Carroll a kol., 2019) Dalším důležitým faktorem, který je třeba vzít v úvahu, je účinná údržba vzorků před jejich analýzou. V kontextu analýzy DNA je nezbytné zaručit maximální kvalitu vzorků. To však může často představovat problémy, zejména při výzkumu zaměřeném například na půdní zvířata (Straube, Juen, 2013)

5.4 Potravní ekologie švábů

Švábi jsou zpravidla všežraví. Švábi pozorovaní v tropických deštných lesích se až na výjimky vyznačují třemi způsoby výživy. První z nich spočívá v tom, že nymfy většiny druhů jsou aktivní za soumraku a začínají se živit spadlým listím na lesní půdě. Lze je pozorovat, jak jedí mokré odumřelé listy a zanechávají za sebou tvrdé listové žilky a podobné tkáně. Obsah střev tvoří převážně úlomky listů a listová drť, ale vyskytují se i hlístice, houby a larvy hmyzu. Druhým způsobem je, že dospělci vylézají z otvorů v kůře stromů, z opadaného listí a jiných úkrytů a začínají vertikální migraci směrem až do koruny stromů. Dosažená výška se u jednotlivých druhů liší a pravděpodobně souvisí s potravními preferencemi. Když dospělci dosáhnou „vhodné“ výšky, přesunou se na listy a začnou se živit materiály, které spadly nebo rostou na listech. Třetím způsobem je, že některé druhy se uchylují do stočených odumřelých listů ve výšce 1,5 až 2 m. V noci tyto švábi přelétávají po listech v koruně, olizují řasy a další mikrovegetaci z povrchu listů. Tyto druhy se neživí na preferované výšce. Další strategie vyhledávání potravy zahrnují krmení kůrou a epifyty rozkládajících se kmenů a krmení v rozkládajícím se dřevě. Jednotlivě označení švábi v deštném lese obvykle nacházejí potravu prostřednictvím průzkumu a olfaktorických signálů, někdy se k potravním zbytkům dostanou z poměrně dlouhých vzdáleností (Schal, Bell, 1986). Jakmile jsou poblíž potravy, šváb použije své tykadla a palpy k prozkoumání zdroje; získané informace jsou poté použity jako základ pro rozhodnutí, zda má následovat začátek trávení. Měštští švábi, například *Blattella germanica*, hledají potravu samostatně a autonomně. Potravu si neodnášejí zpět do svého úkrytu, ale konzumují ji tam, kde ji najdou (Durier, Rivault, 2001). U nejméně dvou skupin švábů se místo, kde je potrava získávána, liší od místa, kde je využívána. Získání a využití potravy jsou tak odděleny v čase a prostoru, a ten kdo potravu získal a konečný konzument nejsou nutně totožní jedinci (Zunino, 1991). Současné důkazy naznačují, že chování samečků

při hledání potravy a výběru potravy se liší od chování samic; obecně samečci švábů méně jedí a jsou závislí na menší rozmanitosti potravy. V deštném lese na území Kostariky mají samečci švábů (*Periplaneta fuliginosa*) po obvyklém nočním hledání potravy vždy v žaludku méně potravy než samice. *P. fuliginosa* mají tendenci mít užší stravovací návyky než samice, což může souviset s nutričními požadavky na oogenezi (Bell a kol., 2007).

Makro a mikroživiny jsou klíčové pro distribuci, růst a reprodukci všech živých organismů. Rostliny pěstované na půdě s obsahem dusíku, draslíku a fosforu, obvykle mají tendenci mít vyšší produktivitu. Jakožto extrémní generalisté si švábi skládají svůj jídelníček z potravy, která se významně liší v její nutriční hodnotě. Důležitým aspektem je také dusíkový protein, který ovlivňuje reprodukci hmyzích druhů, včetně švábů. Nadměrný dusík může být prospěšné až do určité míry, nadměrné množství dusíku může negativně ovlivnit některé druhy. Například velké množství dusíku vedlo k hromadění močové kyseliny, což mělo za následek předčasnou mortalitu, nízkou míru kopulace a zpožděné páření u amerických švábů (Adams, Pennings, 2022). V laboratorní studii krmení samečci madagaskarští švábi (*Gromphadorhina portentosa*) volili dietu s nízkým obsahem bílkovin a vysokým obsahem sacharidů, zatímco samičky volily dietu s vysokým obsahem bílkovin (Carrel, Tanner, 2002). Nedávný výzkum ukázal, že němečtí švábi (*Blattella germanica*) se vyhýbají konzumaci směsí toxikantů kvůli averzi k d-glukóze v potravě, spíše než k toxikantu. Tato averze k cukru se zdá být dědičná a může být ovlivněna geneticky (Adams, Pennings, 2022).

Stejně jako ostatní švábi, *B. dubia* je všežravý. Živí se především hniјícím ovocem, listy a rostlinami, ale neodmítá ani jiné druhy potravy. Adams a Pennings (2022) provedli experiment testující jeden z možných mechanismů, který by mohl vysvětlit koexistenci *B. dubia* na poli v přítomnosti proteinu a sodíku. Kombinace těchto živin zlepšuje růst a reprodukci jedince. Během růstového období měli samci pouze sodík a samice pouze bílkoviny. Nicméně efekty stravy se lišily v závislosti na období růstu. Středně velké nymfy si někdy vedly lépe, když byly krmeny stravou s vysokým obsahem bílkovin a sodíku, což naznačuje nezávislé omezení. Naproti tomu rané a pozdní nymfy si vedly lépe, když byly krmeny dietou s nízkým obsahem bílkovin a vysokým obsahem sodíku, což naznačuje jednoduché omezení sodíku. To je v souladu s obecným paradigmatem, že zvířata vyžadují vyšší množství bílkovin a sodíku během raného růstu, ale mají tendenci akumulovat tělesnou hmotu na bázi

uhlíku později ve vývoji (Boswell a kol., 2008). Strava bohatá na bílkoviny a sodík zlepšila reprodukci *B. dubia*, s důkazy nezávislého omezení bílkovin a sodíku na váze potomstva. Interakce těchto dvou živin pro zlepšení růstu a reprodukce *B. dubia* naznačuje určitá omezení (Adams, Pennings, 2022). Chovaná *B. dubia* může jíst téměř cokoli. Nevadí jim, když je ovoce trochu přezrálé nebo že je zelenina po datu spotřeby. Další možnosti krmení kolonie *B. dubia* zahrnují jak suché, tak mokré krmivo pro domácí zvířata, například granule nebo konzervované jídlo. Pokud jde o výživu švábů, nejdůležitější je si zapamatovat, že potřebují alespoň jeden zdroj vlhkosti - ať už pochází z jejich potravy, nebo ze zvlhčovače (Allred, 2022).

6 Odchov hmyzu založený na umělých metodách

V minulosti nebyl chov hmyzu široce uznáván, ale jak došlo k urbanizaci a změnám životního prostředí, jeho popularita roste. Tradičně se hmyz sklízel z volné přírody v Africe a Asii. S nárůstem využívání zemědělské půdy, desertifikací a urbanizací však shromažďování divokého hmyzu klesá (Looy a kol., 2014). Naopak, praxe chovatelství jedlého hmyzu se dostává do popředí zájmu jako životaschopná a k životnímu prostředí šetrná náhrada za konvenční způsob jeho sběru z volné přírody. Je pozoruhodné, že dokonce i národy, které se historicky nezabývaly sběrem hmyzu, jako je Evropa a Spojené státy, v současnosti projevují vášnivou fascinaci chovem hmyzu, což vede k významnému růstu trhu s produkty na bázi hmyzu. Chov hmyzu v podstatě přináší řadu výhod zahrnujících ekonomickou prosperitu a produkci potravy pro lidi i zvířata, čímž může způsobit revoluci ve stravovacích vzorcích komunit napříč spektrem rozvinutých a rozvojových zemí (Cadinu a kol., 2020).

Jedním z nejstarších vztahů s hmyzem je využívání hmyzu jako zdroje potravy (obecně známé jako "entomofágie"). Definice entomofágie je konzumace hmyzu jakýmkoli živým organismem, ale obvykle se vztahuje konkrétně na konzumaci hmyzu člověkem. Termín entomofágie je odvozen z řeckých slov "entomon", což znamená hmyz a "fág", což znamená potrava (Dossey a kol., 2016). Lidské pojídání hmyzu je historicky i geograficky staré a rozšířené. Od nejstarších čínských kronik přes mexické rukopisy, kroniky přírodovědců a cestovatelů až po starověké papyry ze starého Egypta existují záznamy o tom, že lidé jedli hmyz. V současné době 3.071 etnických skupin ve 130 zemích používá hmyz jako základní prvky své stravy (Ramos-Elorduj, 2009). Využití hmyzu jako udržitelného a bezpečného zdroje živočišných potravin pro lidskou stravu v posledních letech stále roste. Existuje několik vlastností hmyzu, které ho činí přitažlivým jako potenciální zdroj potravy, ale nebyly plně prozkoumány. Ve srovnání s konvenčními hospodářskými zvířaty je hmyz považován za slibný zdroj bílkovin kvůli své schopnosti rychle se rozmnožovat, nutričním výhodám, minimálním nárokům na vodu a půdu, účinné konverzi krmiva, schopnosti konzumovat odpadní produkty a udržitelnosti ve výrobě. (Oonincx, 2015).

Hlavním cílem chovu hmyzu je zajistit stálý a cenově výhodný přísun vysoce kvalitního hmyzu pro různé důležité účely. V dnešní době je možné chovat širokou škálu druhů hmyzu pro více generací i konkrétní fáze jejich životního cyklu. Hlavní

výzvou v chovu hmyzu je však poskytování čerstvého hostitelského materiálu nebo vývoj nutričně kompletní stravy, která podporuje krmnou aktivitu, zejména u predátorů nebo parazitoidů. Je důležité zavést opatření, která zahrnují zahájení procesu chovu s dostatečným počtem čistých jedinců a jejich udržení s minimální úmrtností, aby se zabránilo genetickým bariérám, kontaminaci a nemocem. Jak se zvyšuje úroveň produkce a druhová rozmanitost, je nutné organizovat chov hmyzu do samostatných systémů nebo činností. Tyto operace zahrnují péči o každou fázi životního cyklu hmyzu, pořizování a údržbu nezbytných zásob a vybavení a výstavbu zařízení navržených pro účinné zadržování hmyzu za specifických podmínek. Zanedbání procedurálních detailů nebo chybná kontrola prostředí může vést k problémům v zavedených systémech chovu hmyzu (Leppla, 2009).

Úspěch hmyzích farem při dosahování účinné konverze krmiva do značné míry závisí na podmínkách prostředí, ve kterých je hmyz chován. Správná klimatizace je klíčová z různých důvodů. Dokonce i malé teplotní rozdíly o několik stupňů mohou výrazně ovlivnit růst a reprodukční cykly hmyzu. Kromě toho hraje klimatisační systém klíčovou roli při řízení spotřeby energie, zejména v oblastech s proměnlivým klimatem, které vyžadují vytápění v zimě a chlazení v létě. Pro řešení těchto problémů byl vyvinut nový systém, který umožňuje přesnější řízení klimatu v jednotlivých klecích. Na rozdíl od savců si hmyz nemůže regulovat svou vlastní tělesnou teplotu, takže je nezbytné zajistit mu správnou teplotu a vlhkost pro optimální růst. Tyto požadavky se liší v závislosti na druhu a vývojovém stádiu hmyzu, typicky spadají do rozmezí 20-35°C a 55-75% vlhkosti (Halloran a kol., 2018). Je také důležité udržovat pravidelnou cirkulaci vzduchu, aby se zabránilo problémům, jako je stratifikace, šíření škodlivých mikroorganismů, jako jsou houby, bakterie a viry, a hromadění CO² a dalších škodlivých plynů, které by mohly negativně ovlivnit zdraví hmyzích kolonií a pracovníků (Cadinu a kol., 2020). V chovných prostorech je dospělý hmyz umístěn v klecích, které mají k dispozici potravu a vodu. Krabice používané pro larvy a dospělý hmyz jsou obecně podobné, s výjimkou hmyzu, který má schopnost létat nebo skákat vertikálně. V těchto případech lze přidat speciální opatření, jako jsou přepážky nebo jiné konstrukční prvky, aby se optimalizovalo využití prostoru, podobně jako u cvrčků. U hmyzu, který má schopnost šplhat vertikálně, lze podniknout kroky k zajištění vyšších břehů nebo hladkých povrchů, aby vyhovovaly jeho potřebám. Létající hmyz vyžaduje uzavřené klece. Bez ohledu na konkrétní druh hmyzu je důležité určit v

chovných klecích specifické oblasti pro účely kladení vajec, aby se usnadnil sběr vajec. Například malé boxy, které jsou utěsněny pro udržení vlhkosti, mohou být použity jako preferovaná místa snášky pro samice. Navíc, v závislosti na typu hmyzu, mohou být také použity organické materiály, jako je rozkládající se vodou nasycené obilí, rašelina nebo kokosové vlákno (Dossey a kol., 2016). Zařízení určená pro chov hmyzu musí mít vyhrazený prostor pro zpracování a skladování krmiva. Stejně jako u jiných procesů výroby krmiv, jako je výroba rybí moučky, musí být hmyz chovaný na farmách správně zpracován a skladován, aby byla zachována kvalita a zajištěna jeho bezpečnost pro spotřebu. Špatná hygiena během zpracování může vést ke kontaminaci a potenciálním zdravotním rizikům pro zvířata konzumující hmyzí moučku. Biologická rizika, jako jsou bakterie, paraziti, viry nebo plísňe, mohou pocházet ze samotného hmyzu, chovného substrátu nebo z vnějších zdrojů během zpracování. Vědci zkoumají jak tradiční, tak inovativní technologie pro zpracování hmyzu s cílem zlepšit celkovou kvalitu a bezpečnost krmiv na bázi hmyzu (Melgar-Lalanne a kol., 2019).

Pro produkci hmyzu lze použít různé metody, včetně sušení na slunci, sušení mrazem, sušení v mikrovlnné troubě, sušení kouřem a sušení v troubě. Kromě toho se používají techniky ke zvýšení složení makroživin v krmivu pro hmyz, jako je snížení obsahu lipidů nebo chitinu a extrakce olejů a proteinových prášků. Tyto přístupy pomáhají zlepšovat strategie řízení rizik. Je důležité si uvědomit, že kvalita krmiva může být značně ovlivněna zpracováním potravin, a proto je důležité pečlivě volit metody zpracování. Jedním z příkladů, jak může zpracování ovlivnit kvalitu krmiva, je použití vysokých teplot, které mohou vést k denaturaci bílkovin a oxidaci lipidů. Proto je nutné vybrat vhodné podmínky, které vyhovují konkrétním druhům hmyzu, protože to může zvýšit antimikrobiální aktivitu a zároveň minimalizovat potenciální ztrátu kvality. Kromě toho může mít zpracování také vliv na přijatelnost moučky z hmyzu změnou její chuti, vůně, textury, barvy a dalších vlastností (Halloran a kol., 2018). Poptávka po potravinách a krmivech v celosvětovém měřítku neustále roste, což vede k rozmachu zemědělství a chovu zvířat, což má z dlouhodobého hlediska negativní dopady na životní prostředí. V reakci na to se chov hmyzu stává přitažlivější možností pro udržitelnou produkci potravin a krmiv. Hmyz nabízí bohatý a organický zdroj potravy, který lze chovat pomocí vedlejších produktů, čímž podporuje udržitelnost a snižuje nedostatek potravin. Hmyz je vysoce výživný, produkuje

minimální emise skleníkových plynů, vyžaduje méně půdy než tradiční způsoby hospodaření a je účinný při přeměně potravy na krmivo. V důsledku toho má hmyz potenciál částečně nahradit proteinové složky v krmných směsích pro hospodářská zvířata a akvakulturu (Cadinu a kol., 2020).

Pokroky v automatizaci a technologii mají potenciál způsobit revoluci v chovu hmyzu, což zase může výrazně prospět oběhovému hospodářství. Hmyz má jedinečnou schopnost účinně přeměňovat organickou hmotu na bílkoviny, čímž snižuje zatížení přírodních zdrojů. Začleněním hmyzu do nových obchodních modelů můžeme zlepšit udržitelnost zemědělsko-potravinářského průmyslu recyklací organického odpadu a snížením závislosti na rybí moučce v akvakultuře (Cadinu a kol., 2020). Ekonomické faktory hrají zásadní roli při zajišťování udržitelnosti chovu hmyzu. Aby toto odvětví prosperovalo a zůstalo konkurenceschopné, je nezbytné zaměřit se na aspekty, jako je hromadná výroba, nákladová efektivita a spolehlivá výroba (Gahukar, 2016). Bohužel v současné době nenabízí chov hmyzu významné ekonomické výhody, zejména pro malochovy. Hlavní překážka spočívá ve výdajích vynaložených na suroviny potřebné k výživě hmyzu, které jsou poměrně drahé. V důsledku toho se začlenění hmyzí moučky do stravy zvířat, včetně rybolovu, často neprokáže jako ekonomicky výhodné pro zemědělce. Je to dáno především tím, že hmyzí moučka cenami převyšuje konvenční krmiva (Arru a kol., 2019).

6.1 Umělý odchov hmyzu pro lidskou a zvířecí spotřebu

Hmyz představuje hlavního soupeře lidstva o dominanci na naší planetě. Škůdci ničí plodiny, které byly pečlivě vypěstovány člověkem (Wigglesworth, 1976). Hmyz navíc svou činností ovlivňuje globální ekonomiku, takže ochrana těchto organismů a jejich rozmanitosti je globálním tématem světového zájmu (Franco a kol., 2022). Kromě své role přirozených regulátorů škůdců a hlavních opylovačů většiny ovoce a dalších zemědělských plodin hraje hmyz důležitou roli jako biologický indikátor změny klimatu, hospodaření s plodinami, kvality vody a pozemního prostředí a působí jako důležitý ukazatel životního prostředí (Mauricio da Rocha a kol., 2010). Jejich biokonverzní procesy pracují se širokou škálou krmných substrátů, od rostlin po živočišnou hmotu. To je jedna z nejlepších vlastností, které činí tento hmyz tak užitečným a udržitelným. Mezi biokonvertujícím hmyzem jsou některé druhy považovány za zvláště zajímavé pro krmení a potenciálně i pro potraviny. Ačkoli chov

hmyzu pro potravu je stále ve svých raných fázích, některé druhy byly úspěšně chovány ve středním až velkém měřítku. Skutečně, podle evropských nařízení 873/2017 a 2021/1372 je totiž sedm druhů hmyzu (*Hermetia illucens*, *Musca domestica*, *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, *Acheta domesticus*, *Gryllodes sigillatus* a *Gryllus assimilis*) povoleno pro akvakulturu, chov drůbeže a prasat, pokud jsou chovány na substrátech z agropotravinářského sektoru (Franco a kol., 2022).

Hlad a podvýživa představují významnou výzvu v neustále se rozšiřující globální populaci. S rychlým nárůstem počtu lidí na Zemi je klíčové, aby produkce potravin udržela tempo, ne-li překročila tento růst. To vedlo k neustálému úsilí o zkoumání a využívání nových zdrojů potravy, včetně objevování a pěstování tradičních etnických potravin (Van Huis a kol., 2013). Hmyz je nejen dobrým zdrojem tuků, vitamínů a minerálů, jako je železo a zinek, ale tato nutriční hodnota také přispívá k rostoucí oblibě hmyzu jako zdroje potravy. Vzhledem k tomu, že lidé konzumují více než 1 900 různých druhů hmyzu a více než 2 miliardy lidí začleňují hmyz do své každodenní stravy, je jasné, že konzumace hmyzu je velmi rozšířená. V určitých oblastech tvoří hmyz významnou část živočišných bílkovin spotřebovaných hmyzožravci (De Foliart, 1989). V mnoha rozvojových zemích a různých kulturách po celém světě zůstává hmyz významnou a oblíbenou volbou potravin, protože poskytuje klíčové bílkoviny, tuky, minerály a vitamíny. Některý jedlý hmyz nabízí nutriční výhody podobné masu a rybám, zatímco jiný se může pochlubit vyšší hladinou bílkovin, tuků a energie. To je zvláště důležité kvůli rychlé urbanizaci v rozvojových zemích a posunům v globálních potravinových preferencích, které vytvořily rostoucí poptávku po alternativních zdrojích bílkovin (Bernard, Womeni, 2017).

Chov hmyzu pro krmení zvířat je relativně nová činnost, která se však rychle rozšiřuje jak mezi vědci, tak mezi komerčními producenty. V minulosti lidé často zavěšovali mršiny do okolí rybníků, aby přilákali mouchy, které sem kladly svá vajíčka. Během líhnutí larvy padaly do vody a stávaly se potravou pro ryby. Jiné druhy byly chovány jako způsob krmení plazů a jiných zvířat chovaných jako domácí mazlíčci nebo v zoologických zahradách (Dossey a kol., 2016).

Očekává se, že do roku 2050 dojde ke 60-70% nárůstu spotřeby živočišných produktů. Tento nárůst spotřeby bude vyžadovat obrovské zdroje, ale nejnáročnějším problémem je krmivo, a to kvůli omezené dostupnosti přírodních zdrojů, probíhající změně klimatu a konkurenci mezi potravinami, krmivy a palivy. Náklady na

konvenční zdroje krmiv, jako je sójový šrot a rybí moučka, jsou velmi vysoké, a navíc jejich dostupnost v budoucnosti bude omezená. Chov hmyzu by mohl být jedním z řešení. I když některé studie zkoumaly hodnocení hmyzu, larvy hmyzu nebo hmyzí krmivo jako součást stravy některých druhů zvířat, tato oblast je teprve na začátku. Obsah hrubého proteinu v těchto alternativních zdrojích je vysoký, pohybuje se v rozmezí 42-63%, a stejně tak obsah tuku (až 36% oleje), což by mohlo být využito pro různé aplikace, včetně výroby biodieselu. Tato alternativní krmiva zvířatům chutnají a mohou nahradit 25-100% sójové moučky a rybí moučky, v závislosti na druhu zvířat. Většina hmyzích krmiv je chudá na vápník a je také potřeba jeho doplnění ve stravě. Obsah vápníku a mastných kyselin v hmyzí moučce lze zvýšit manipulací se substrátem, ve kterém je hmyz chován (Makkar a kol., 2014).

6.2 Využití hmyzu nejen jako potravy, ale i jako léčiva

Podle Dossey a kol. (2016), různé kultury po celém světě tradičně využívají četné druhy hmyzu pro léčebné účely. Zatímco jen několik vyvolených, jako americký šváb (*Periplaneta americana*), bylo rozsáhle studováno pro své léčivé vlastnosti, hmyz, jako jsou včely a blechy, se ukázal jako slibný při léčbě zánětu, bolesti, astmatu a dokonce šíření protilátek k naočkování jedinců. Jedna obzvláště zajímavá aplikace hmyzu v medicíně zahrnuje použití bakulovirů jako nosičů k výrobě vakcín a dalších prospěšných proteinů. Potenciál hmyzu v medicíně sahá ještě dále, s jeho schopností produkovat antibakteriální a protiplísňové peptidy, inzulín, enzymy konvertující a antioxidační enzymy.

V průběhu historie lidé využívali hmyz a jeho vedlejší produkty k léčebným účelům. Ať už byl hmyz požit, injekčně nebo zvenčí aplikován, byl použit při léčbě různých onemocnění, včetně respiračních, gastrointestinálních, srdečních, neuromuskulárních a infekčních onemocnění. I v moderní době je léčba na bázi hmyzu stále běžně předepisována po celém světě. Mezi nejoblíbenější léčby zahrnující hmyz patří ty, které využívají léčivé žížaly a včelí jed. Zejména terapie včelím jedem zahrnuje použití včelího žihadla (jedu) a také propolisu, mateří kašičky, včelího vosku a medu. Tato forma léčby, také známá jako apiterapie, byla účinně využívána při léčbě stavů, jako je revmatoidní a psoriatická artritida, roztroušená skleróza, fibromyalgie a sklerodermie. Terapeutické výhody včelího jedu lze přičíst jeho bohatému složení polypeptidů, enzymů a biologicky aktivních aminů (Sherman, 2009).

Periplaneta americana, běžně známá jako americký šváb, je velký hmyz z rodu *Periplaneta*, který je známý tím, že je pro lidi celosvětově na obtíž. Primárně šíří nemoci postihující trávicí systém a je uznáván pro svou schopnost přenášet nemoci fyzickým kontaktem, přičemž závažné případy někdy vedou k úmrtím (Wilson, Edwards, 1986). Šváb americký (*P. americana*) slouží významnému účelu v oblasti medicíny, využívá se jak v prášku tradiční čínské medicíny, tak jako extrakt. Tento druh hraje klíčovou roli při léčbě různých onemocnění a nabízí pozoruhodné výhody, jako jsou antibakteriální, antivirové a protinádorové účinky, které účinně posilují funkčnost imunitního systému (Gao a kol., 2016). Existují dva základní způsoby aplikace léku: požití ve formě polévky z práškového hmyzu nebo přímá aplikace na ránu pacienta pomocí obkladu. Vědci učinili pozoruhodný objev, že extrakcí organických molekul z drogy mohou dosáhnout stejných léčebných výhod a zároveň eliminovat jakékoli škodlivé nebo neúčinné látky. Tento průlom v extrakčních technikách umožnil vědcům přesně určit alergenní proteiny nalezené v původních surových extraktech, což je činí vhodnějšími pro klinické použití (Thangam Sudha a kol., 2007).

V současné čínské medicíně se ukázalo, že extrakty z amerického švába (*P. americana*) mají významný potenciál při léčbě různých onemocnění spojených s regenerací tkání a dokonce i život ohrožujících stavů, jako je rakovina. Prostřednictvím bioasistovaných purifikačních technik a klinických studií zahrnujících chemoterapii bylo navrženo, že tyto extrakty mohou v budoucnu nabídnout životaschopnou alternativu nebo doplněk k tradiční léčbě (Wang a kol., 2011). Výzkumy také ukázaly, že má protinádorové vlastnosti, o čemž svědčí jeho schopnost potlačovat růst nádorových buněk, spouštět jejich programovanou buněčnou smrt, mařit tvorbu nových krevních cév k nádorům, posilovat imunitní odpověď těla proti rakovině a působit proti nádorům (Zhao a kol., 2017).

Využití hmyzu jako nového zdroje lipidů je velmi zajímavé jak z ekologického, tak z ekonomického hlediska. Kromě jejich využití ve formě krmiv a energie lze lipidy využít také při výrobě produktů. Kosmetický průmysl neustále hledá nové suroviny pro novátorské formulace produktů. Procesy využívající biotransformační druhy hmyzu, jako je *Hermetia illucens*, jsou skutečně výhodné, protože umožňují výrobu produktů s vysokou komerční hodnotou ze substrátů s nízkou ekonomickou a biologickou hodnotou (například zbytky zemědělských potravin, zootechnické,

stravovací a jiné odpady). Složení hmyzích lipidů závisí na krmném substrátu a druhu hmyzu, takže pro každou aplikaci v oblasti osobní péče lze nalézt nejvhodnější výchozí podmínky. Tento přehled shrnuje hmyzí lipidy, proces extrakce a použití hmyzích lipidů v kosmetice a oblasti osobní péči. Složení hmyzích lipidů se liší v závislosti na druhu hmyzu i na substrátu, na kterém je hmyz chován, takže výrobci kosmetických výrobků musí tyto vlastnosti zohlednit při výběru výrobků obsahujících hmyz jako výchozí bod. Nejhojněji zjištěné mastné kyseliny u *Hermetia illucens* jsou laurová, myristová, palmitová a olejová kyselina, bez ohledu na krmivový substrát; složení jeho mastných kyselin je vhodné pro složení mýdla, zatímco jejich deriváty jsou používány pro detergenty a šampony (Tomberlin a kol., 2002).

7 Praktická část

7.1 Metodologie

K provedení této studie jsem jako vybrané experimentální zvíře použila *B. dubia*. Vlastní odchov *B. dubia* trval 110 dnů (od 15.6.2023 do 3.10.2023). Proces vlastního odchovu *B. dubia* zahrnoval podmínky, které byly pečlivě stanoveny a udržovány po celou dobu trvání odchovu:

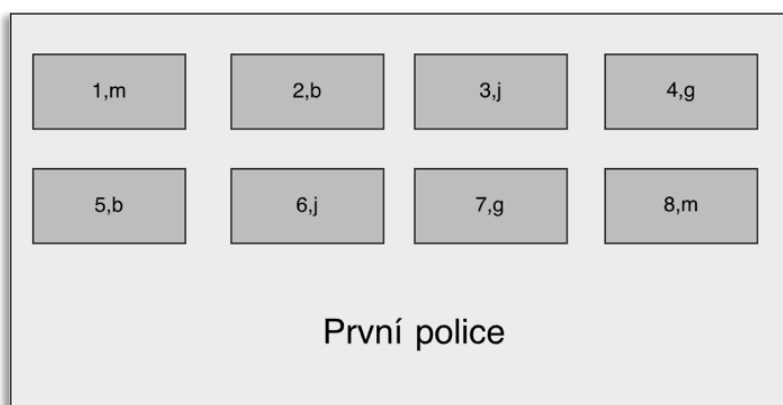
- Prostředí: *B. dubia* byla umístěna do uzavřené krabičky s otvory pro vzduchovou cirkulaci.
- Teplota a vlhkost: Teplota v chovné oblasti byla udržována na 25°C a relativní vlhkost byla kolem 60%.
- Krmení: *B. dubia* byla krmena granulemi pro psy, jablky, mrkvi, pomeranči každé dva dny.
- Osvětlení: Chovný prostor neměl žádné světlo.
- Čistota: Důsledně jsem odstraňovala veškeré zbytky jídla a odpad z chovného prostředí každé dva týdny.

Na konci vlastního odchovu dosáhl počet *B. dubia* 63 jedinců. Pouze 25 z nich dosáhlo fáze těsně před dospělostí, která byla relativní pro účely mého výzkumu. Během vlastního odchovu *B. dubia* bylo pozorováno, že tento druh nevykazoval vysoké úrovně reprodukce. Bohužel během vlastního odchovu nebyli juvenilní jedinci *B. dubia* přístupné, což vedlo k omezenému výběru pouze 25 těsně před dospělostí jedinců pro výzkumnou část práce.

Odchovná fáze experimentu trvala celkem 30 dní. Podle Goode (2013) má *B. dubia* schopnost prospívat ve vyšších teplotách. Tomuto druhu se daří v prostředí s vysokou vlhkostí a pro optimální přežití vyžaduje stálý teplotní rozsah 25°C až 35°C (Friedrich, Volland, 1998). Wu (2013) prováděl experiment, ve kterém zjistil závislost vývoje *B. dubia* na teplotě. Výsledky ukázaly, že optimální teplota pro tento druh švábů je 20-30°C. Na základě této informací byla vybrána a stabilně udržována optimální teplota 25°C. Vzhledem k tomu, že švábi jsou tvorové, kteří jsou aktivní během noci, podmínky pro tento experiment zahrnovaly úplnou absenci světla po dobu 24 hodin. Byla využita populace 25 *B. dubia*, která byla následně rozdělena do individuálních boxů a dvou klimaboxů. V každém klimaboxu byly využity 2

police(viz obrázky 1 a 2). Výběr uspořádání boxu v klimaboxu byl proveden se záměrem zachovat jednotné podmínky pro každého švába, a tím zaručit konzistentní úroveň teploty a vlhkosti. Uvnitř každého klimaboxu bylo celkem 16 a 9 jednotlivých boxů. Každá police měla prostor pro 8 krabic, přičemž poslední police obsahovala pouze jednu krabici, což vedlo k celkovému počtu 25 krabic. Potrava byla umístěna stejně, jako v prvním klimaboxu. Na každém boxu bylo napsané pořadí (od 1 do 25) a název potravy (m – mrkev, b – brambory, j – jablko, g – granule pro psy). Hlavní motivací pro výběr konkrétních substrátů byla snaha poskytnout švábům vyváženou stravu, která by zahrnovala všechny základní složky potravy s ohledem na jejich všežravou povahu. V důsledku toho byl každý typ substrátu pečlivě vybrán tak, aby obsahoval rostlinnou, ovocnou, obilnou a živočišnou složku (mrkev, jablko, granule pro psy v kombinaci s vločkami). Brambory byly speciálně vybrány pro tento experiment kvůli jejich vysokému obsahu škrobu. Výzkum byl prováděn v laboratoři České zemědělské univerzity.

Na začátku experimentu jsem jednotlivě zvážila každého jedince pomocí laboratorních vah a zapsala jsem výsledky do tabulky v MS Excel (viz tabulka 1) a na boxech. Během této doby byla pečlivě připravena potrava pro experiment, aby vzorky měly ideálně identickou velikost, stejnou plochu (1cm x 1cm) a váhu. Tato uniformita byla zachována nejen v rámci stejného druhu potravy, ale také mezi různými druhy. Příprava těchto vzorků byla provedena s velkou pečlivostí a pozorností s ohledem na potenciální vliv vnějších faktorů. Aby se minimalizoval jakýkoli vliv, byly vzorky připraveny a skladovány v kontrolovaném laboratorním prostředí. Dvakrát týdně jsem měnila kousky potravy u každého jedince za čerstvé. Na konci experimentu jsem znova jednotlivě zvážila každého jedince, zapsala jsem výsledky do tabulky v MS Excel (viz tabulka 1), abych zjistila rozdíl mezi začátkem a koncem tohoto experimentu. Mortalita švábů také byla zaznamenávána v tabulce.



Obrázek 2. Umístění boxů na první polici v klimaboxu



Obrázek 3. Umístění boxů na druhou polici v klimaboxu

7.1.1 Data

Data použitá v analýze byla získána z experimentu, který zahrnoval krmení švábů různými druhy potravy a měření jejich počáteční a konečné hmotnosti. Před provedením analýzy byla vytvořena nová proměnná – rozdíl, který zaznamenává počáteční a koncovou váhou každého švába.

Klíčové proměnné:

Váha_start – kvalitativní proměnná, nezávislá. Tato proměnná představuje počáteční hmotnost každého švába.

Potrava – kategoriální proměnná, nezávislá. Tato proměnná klasifikuje názvy potravy, použitých v experimentu.

Váha_konec – kvalitativní proměnná, závislá. Tato proměnná představuje konečnou váhu každého švába.

Rozdíl – kvalitativní proměnná, závislá. Tato proměnná ukazuje rozdíl mezi počáteční a koncovou váhou švábů.

Tabulka 1. Váha jedinců, potrava, teplota, klimabox a počet dní.

Jedinec	Váha start(mg)	Váha konec(mg)	Potrava	Teplota(°C)	Klimabox	Počet dní
1	1,296	1,443	Mrkev	25	1	30
2	1,122	1,135	Brambory	25	1	30
3	1,108	1,23	Jablko	25	1	30
4	1,152	1,156	Granule	25	1	30
5	1,212	1,218	Brambory	25	1	30
6	1,329	1,422	Jablko	25	1	30
7	1,044	1,049	Granule	25	1	30
8	1,283	1,449	Mrkev	25	1	30
9	0,83	0,89	Jablko	25	1	30
10	0,763	0,77	Granule	25	1	30
11	0,119	0,122	Mrkev	25	1	30
12	0,631	0,679	Brambory	25	1	30
13	0,262	NA*	Granule	25	1	30
14	0,556	0,603	Mrkev	25	1	30
15	0,519	0,523	Brambory	25	1	30
16	0,689	0,699	Jablko	25	1	30
17	0,712	0,753	Mrkev	25	2	30
18	1,127	1,322	Brambory	25	2	30
19	0,64	0,714	Jablko	25	2	30
20	1,394	1,436	Granule	25	2	30
21	0,657	0,701	Brambory	25	2	30
22	0,797	0,875	Jablko	25	2	30
23	0,859	0,893	Granule	25	2	30
24	0,201	0,243	Mrkev	25	2	30
25	0,526	0,644	Jablko	25	2	30

NA* = Zemřel

7.1.2 Statistická analýza

V této kapitole se zaměřím především na analýzu vlivu různých druhů potravin na změnu hmotnosti švábů. Důvodem pro studium těchto vlivů jsou biologické rozdíly mezi různými zdroji potravy, protože hraje klíčovou roli v pochopení chování švábů a pomáhá při kontrole a řízení populace. Všechny analýzy byly provedeny pomocí programu R-Studio (verze 2023.03.0+386) a zaznamenány do tabulky Excel. Hladina významnosti byla stanovena na 5 %.

K provedení testu ANOVA je nutné použít test na normální rozdělení a na homogenitu rozptylu. Na začátku statistické analýzy byly stanoveny následující hypotézy:

1. Hypotézy o normálním rozdělení:
 - H0: Hmotnost švábů na začátku a na konci výzkumu mají normální rozdělení.
 - H1: Hmotnost švábů na začátku a na konci výzkumu nemají normální rozdělení.
2. Hypotézy o homogenitě rozptylu
 - H0: Změny hmotnosti švábů ve všech skupinách potravy mají homogenní rozptyly.
 - H1: Změny hmotnosti švábů ve všech skupinách potravy nemají homogenní rozptyly.
3. Testování hypotéz:
 - H0: Neexistuje žádný významný rozdíl v průměrné změně hmotnosti švábu v závislosti na potravě.
 - H1: Existuje významný rozdíl v průměrné změně váhy švábu v závislosti na potravě.

7.2 Výsledky

ANOVA ukazuje potenciální rozdíly mezi testovanými typy potravy, s p-hodnotou 0.06725 a f-hodnotou 2.6635. Tukeyho test podporuje toto zjištění a odhaluje významný rozdíl konkrétně mezi jablečnou a granulovou potravou s p-hodnotou 0.061997 (viz tabulka 2). Obrázek 4 znázorňuje rozdíly v průměrné vazě v závislosti na typu konzumované potravy. Výsledky navíc ukazují, že kombinace granulí a vloček vede k pomalejšímu růstu než jiné typy potravy. I když test ANOVA neukázal žádné statisticky významné výsledky na hladině významnosti 5%, je nezbytné zvážit praktický význam a kontext, ve kterém experiment probíhal. Stojí za zmínku, že omezená velikost vzorku použitá v analýze mohla ovlivnit statistickou sílu testu. Proto je třeba při interpretaci výsledků postupovat opatrně. Rozšíření studie o větší velikost vzorku by mohlo vést ke spolehlivějším a robustnějším zjištěním, která by měla širší použitelnost.

Při analýze lineárního modelu byly identifikovány faktory ovlivňující změnu hmotnosti *B. dubia* na základě jejich potravy (viz tabulka 3). Odhadovaná hodnota pro první kategorii potravy, psí granule, byla vypočtena na 0.01840. Tato hodnota je spojena se standardní chybou 0.03333 a t-hodnotou 0.552. Dále byla p-hodnota vypočtena na 0.5852, což naznačuje, že výsledek není statisticky významný při hladině významnosti 0.05. Z toho lze vyvodit, že nárůst hmotnosti švába krmeného psími granulami s vločkami se statisticky neliší od nuly. Výsledky ukázaly žádný přírůstek hmotnosti v rámci jednoho měsíce. Kromě toho údaje naznačují, že existuje významný rozdíl ve změně hmotnosti mezi šváby, kteří byli krmeni jablky, ve srovnání s těmi, kteří byli krmeni psími granulami, s p-hodnotou 0.0137. To naznačuje, že průměrná změna hmotnosti u švábů, kteří konzumovali jablka, byla vyšší. Naopak u švábů krmených bramborami (p-hodnota 0.1708) nebo mrkví (p-hodnota 0.3542) nebyl pozorován žádný významný vliv na změnu hmotnosti.

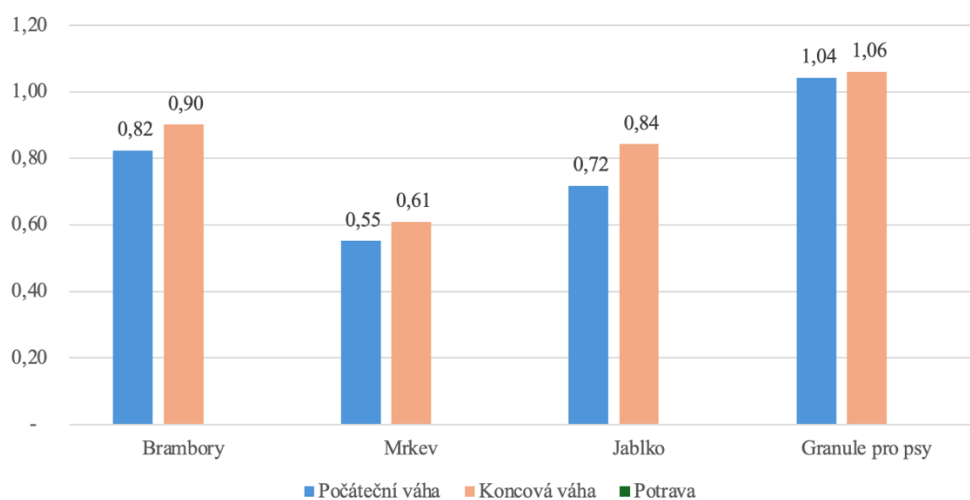
Tabulka 2. Analytické výsledky Tukeyho HSD testu.

Potrava	Rozdíl	Dolní hranice	Horní hranice	P-hodnota
Brambory – Granule	0.05972500	-0.056264208	0.17571421	0.5062886
Jablko – Granule	0.10740000	-0.004038827	0.21883883	0.0619970

Mrkev	–	0.03915556	-0.074328191	0.15263930	0.7826399
Granule					
Jablko	–	0.04767500	-0.048833855	0.14418385	0.5407895
Brambory					
Mrkev	–	-0.02056944	-0.119432520	0.07829363	0.9407333
Brambory					
Mrkev	–	-0.06824444	0.161727188	0.02523830	0.2145912
Jablko					

Tabulka 3. Analytické výsledky lineárního modelu

	Odhad	Standardní chyba	T - hodnota	P - hodnota
Granule	0.01840	0.03333	0.552	0.5852
Brambory	0.05972	0.04248	1.406	0.1708
Jablko	0.10740	0.04082	2.631	0.0137*
Mrkev	0.03916	0.04156	0.942	0.3542



Obrázek 4. Grafické znázornění změn průměru hmotnosti v závislosti na potravě.

8 Diskuse

V předložené práci se zkoumá potravní ekologie švába argentinského (*B. dubia*) s důrazem na umělý odchov hmyzu pro lidskou a zvířecí spotřebu. Dále se v této práci snažím zkoumat vliv různých druhů potravy na tělesnou hmotnost *B. dubia*.

Provedený výzkum poskytl užitečné informace o vlivu různých typů potravy na rychlost růstu *B. dubia*. Po analýze dat byly zjištěny rozdíly mezi jednotlivými druhy potravy. Zvláště se zdá, že kombinace granulí a vložek zpomaluje růst ve srovnání s kombinací vložek s jablky, mrkví a bramborami.

Tato práce se hlavně zaměřila na zkoumání dopadu různých typů potravy na růst *B. dubia* a výsledky této analýzy odhalují zajímavé souvislosti s výzkumem provedeným Chownem a Nicolsonem (2004). Zvířata si vybírají potravu k optimalizaci přísunu živin a dosažení maximálního růstu. V mém experimentu neměli švábi na výběr různé druhy potravy, ale měli jen jeden typ potravy v kombinaci s vložkami. Z výsledku lze usuzovat, že složení stravy může mít významný dopad na růst *B. dubia*. Tyto výsledky podporují názor, že zvířata upravují svou spotřebu potravy dle svých požadavků a prostředků, což nakonec přináší optimální výsledky ve formě růstu. Nicméně je důležité zmínit, že mé zjištění se liší od předchozích výzkumů.

Výsledky z mého experimentu, který zkoumal vliv potravy na vývoj *B. dubia*, naznačují, že psi granule nejsou pro tento druh hmyzu vhodnou dietní variantou. Tento závěr se liší od výzkumu provedeného Wu a kol. (2017), kde výsledky ukázaly, že granule pro psy by mohly sloužit jako výživný zdroj potravy pro *B. dubia* při optimálních podmínkách. Mezi zjištěními mého experimentu a výzkumem prováděným Wu a kol. (2017) existují důvody, které by je mohly vysvětlit. Pravděpodobné je, že odlišnost spočívá ve složení granulí použitých v experimentech a je možné, že granule pro psy použité v mém studiu obsahovaly prvky, které byly buď nevhodné, nebo nevyvážené pro nutriční potřeby *B. dubia*, což vedlo k nepříznivým reakcím nebo dokonce k úplnému odmítnutí konzumace potravy. Důležitým faktorem je, že Wu a kol. (2017) používali jenom jeden typ potravy, který srovnávali mezi sebou, zatímco já jsem měla kombinace dvou potrav. To také může vést k rozdílu mezi výsledky.

Podobná situace byla pozorována i u výzkumu, který provedla Šišková (2012). Výsledky mého experimentu naznačují potenciální rozdíl mezi skupinou konzumující kombinace vloček a granulí pro psy a kombinace vloček a jablky. Významný rozdíl mezi naší výsledky je reakce švábů na různé druhy potravy. Zatímco Šišková pozorovala u *B. dubia* nárůst hmotnosti při krmení granulí pro psy (o 54, 31%) a mírný pokles hmotnosti při krmení jablky (o 1,52%), mé výsledky ukázaly, že *B. dubia* měla nárůst hmotnosti při krmení jablky v kombinaci s vločkami, zatímco při krmení granulí pro psy v kombinaci s vločkami podstatný nárůst nebyl. Je možné, že rozdíly v našich přístupech ovlivnily tyto odlišné výsledky. V mém experimentu byl každý šváb umístěn do samostatného boxu, zatímco experiment, který prováděla Šišková (2012) zahrnoval tři samice a sedm samic, kteří sdíleli box. Je důležité si uvědomit omezení mého výzkumu, především malou velikostí použitého vzorku kvůli tomu, že ve vlastním odchovu *B. dubia* se nerozmnožovala a nebyli k dispozici juvenilní jedinci. Stejně jako i Wu a kol. (2017), Šišková (2012) využívala jeden typ potravy, který srovnávala mezi sebou.

Toto zkoumání odhalilo důležité poznatky o potravní ekologii švába argentinského (*B. dubia*), což otevírá nové perspektivy pro chovatele, vědce a hmyzí průmysl. Pochopení potravních preferencí tohoto hmyzu může výrazně zlepšit postupy chovu a výrobu krmiv pro různé živočišné druhy. Vzhledem k tomu, že psí granule obvykle poskytují široké spektrum nezbytných živin, lze předpokládat, že jejich podávání zajistí dostatečný přísun pro optimální růst švábů. Jak uvádějí Yee a kol. (2018), *B. dubia* je známá svou schopností se rychle množit a snadno se chovat v zajetí, díky čemuž je oblíbenou volbou mezi chovateli. Tato studie rozšiřuje naše znalosti o tom, jak konzumace potravy ovlivňuje růst a vývoj tohoto hmyzu, což je nezbytné pro úspěšný chov a využití. Klíčovým zjištěním tohoto výzkumu je významný vliv, které mají specifické složky potravy na růst *B. dubia*. Je však důležité zvážit jak výhody, tak i nevýhody rozšíření chovu *B. dubia*. Zvýšení produkce tohoto druhu hmyzu by mohlo snížit tlak na přirozené populace jiných druhů. Na druhou stranu by mohlo vést k negativním dopadům na životní prostředí a zdraví, jako jsou například úniky z farem a kontaminace. Aby se minimalizovaly negativní důsledky, musí být použití *B. dubia* v potravinářství přísně regulováno. To zahrnuje pečlivé monitorování farem, řádnou likvidaci odpadu a prevenci jakéhokoli úniku do volné přírody. Tato zjištění mají praktické důsledky pro chovatele, kteří mohou využít poznatky z této studie ke

zlepšení kvality potravy pro své populace švábů. To by mohlo vést ke zlepšení chovatelských a reprodukčních výsledků. Kromě toho získané poznatky mohou sloužit jako základ pro budoucí výzkum v oblasti potravní ekologii různých druhů hmyzu a jejich využití v oblastech jako je biotechnologie, farmakologie a ekologie.

Aby se zvýšila důvěryhodnost závěrů, je nezbytné provést další studie se zvětšeným vzorkem, což zvýší statistickou významnost. Dále je třeba provést další experimenty, které potvrdí nebo zpochybní aktuální zjištění. Následující výzkum by mohl také zkoumat dopad různých faktorů, jako jsou teplota a vlhkost, na potravní preference švábů. Studie Beebe a kol. (2019) zkoumala odolnost *B. dubia* vůči chladu. Bylo zjištěno, že *B. dubia* má lepší odolnost vůči nízkým teplotám než *P. americana*. Konkrétně bylo zjištěno, že *B. dubia* dokáže obnovit svou normální fyziologickou funkci i po delším vystavení teplotě 0 °C. To naznačuje, že *B. dubia* jsou do jisté míry adaptovány ke chladným podmínkám. I když studie nezjistila přesný mechanismus této adaptace, otevírá cestu pro další výzkum v této oblasti. V dalším experimentu, který provedl Wu (2013), byl zkoumán vliv teploty na vývoj *B. dubia*. Bylo pozorováno, že vysoká teplota 40 °C vedla ke 100% úmrtnosti po čtyřech dnech, zatímco nižší teploty, jako je 35 °C, vedly k úhynu nymf ve třetím a čtvrtém instaru. Naopak při teplotách 20°C, 25°C a 30°C se nymfy vyvíjely normálně a dosáhly dospělosti. Můj osobní zájem o toto téma vede k myšlence provést nový výzkum, který by se zaměřoval na vliv teploty na růst *B. dubia*. Tento experiment by mohl poskytnout hlubší pochopení fyziologických aspektů tohoto hmyzu a jeho schopnosti ke kolísání teplot.

Zkoumání toho, jak faktory prostředí ovlivňují výběr potravy, může poskytnout podrobnější pochopení potravní ekologii hmyzu. Výzkum zaměřený na potravní ekologii *B. dubia* má potenciál nabídnout cenné poznatky o interakcích mezi hmyzem a jeho zdrojem potravy, s důsledky pro ekologické procesy a praktické aplikace v oborech jako je zemědělství. Proto je nezbytné pokračovat v tomto výzkumu a dále rozvíjet naše znalosti v této oblasti.

9 Závěr

Tato bakalářská práce se snažila ponořit do existujícího výzkumu s cílem odhalit potravní ekologii hmyzu a prozkoumat způsoby chovu hmyzu pro konzumaci lidmi i zvířaty. Kromě toho se tato práce hluboce ponoří do konkrétního druhu švábů, *B. dubia*, a jeho stravovacích návyků.

Úvodní část výzkumu se zabývá vývojem klasifikace *B. dubia* a její integrací do systematického rámce živočišné říše. Následně je provedeno důkladné prozkoumání morfologie tohoto druhu, které nabízí základní pohledy na jeho fyzickou strukturu a celkový vzhled. Ekologická část studie pak zkoumá přirozené prostředí a ekosystém *B. dubia* se zaměřením na její reprodukční návyky a potravní ekologii. V této části jsou také rozvedeny různé faktory ovlivňující životní cyklus a chování tohoto hmyzu, zejména jejich stravovací návyky.

Experimentální část výzkumu se ponoří do studie zaměřené na zkoumání stravovacího chování *B. dubia*. Během přípravné fáze byly pečlivě vybrány různé druhy potravin, jako je mrkev, brambory, jablka, psí granule v kombinaci s ovesnými vločkami. U každého druhu potravy byl posouzen jejich nutriční obsah a vzorky byly pečlivě standardizovány z hlediska hmotnosti a velikosti. V průběhu 30 dnů byly pozorně sledovány kolísání hmotnosti švábů a na shromážděných datech byly provedeny statistické analýzy ANOVA a lineární model. Tato studie jako celek nabízí všezahrnující zkoumání stravovacích návyků a ekologických interakcí *B. dubia*.

Dále závěrečné kapitoly této bakalářské práce stručně shrnují klíčové poznatky a vyzdvihují jejich význam ve vztahu k širší ekologii *B. dubia*. Pečlivost a důkladnost rozsahu studie je cenným příspěvkem k dosavadním poznatkům v oblasti chovu hmyzu pro lidskou i zvířecí spotřebu. Pevný základ vytvořený tímto výzkumem navíc slouží jako základní odrazový můstek pro budoucí výzkumy v této oblasti.

Seznam literatury

ADAMO, M., COTELLESA, G., MATÈ, D., TREMATERRA, P., 2014: *Blaptica dubia* Serville (Blattodea, Blaberidae) a biodeteriorating agent of photographic materials, 734–743.

ADAMS, T., PENNINGS, S.C., 2022: Dietary protein and sodium co-limit cockroach growth and reproduction, *Ecological Entomology*, 831-841.

ARRU, B., FURESI, R., GASCO, L., MADAU, F.A., PULINA, P., 2019: The Introduction of Insect Meal into Fish Diet: The First Economic Analysis on European Sea Bass Farming. *Sustainability*, 11, 1697.

BEEBE, R.M., LINDSAY, L.M., OWENS, J.K., 2019: Testing the Cold Exposure Response and Recovery Rate of *Blaptica dubia* Nymphs at 0°C. Thermal Tolerance of *Blaptica dubia*.

BELL, W.J., ROTH, L.M., NALEPA, C.A., 2007: Cockroaches ecology, behavior and natural history. The John Hopkins University Press, Baltimore, MD., 37-61

BENNETT, P.M., HOBSON, K.A., 2009: Trophic Structure of a Boreal Forest Arthropod Community Revealed by Stable Isotope ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) Analyses. *Entomological Science*, 17-24.

BERNARD, T., WOMENI, H.M., 2017: Entomophagy: Insects as Food.

BOSWELL, A.W., PROVIN, T., BEHMER, S.T., 2008: The relationship between body mass and elemental composition in nymphs of the grasshopper *Schistocerca americana*. *Journal of Orthoptera Research*, 17, 307–313.

BOYLE, N., SKVARLA, M., MCNEIL, D.J., REAGLE, N., 2021: Introduction to Insects.

BIRKHOFFER, K., BYLUND, H., DALIN, P., FERLIAN, O., GAGIC, V., HAMBÄCK, P.A., KLAPWIIJK, M., 2017: Methods to Identify the Prey of Invertebrate Predators in Terrestrial Field Studies. *Ecology and Evolution*, 7(6): 1942 – 53.

BOWSER, A.K., DIAMOND, A.W., ADDISON, J.A., 2013: From Puffins to Plankton: A DNA-Based Analyses of a Seabird Food Chain in the Northern Gulf of Maine, 8(12): 1-16.

- CADINU, L.A., BARRA, P., TORRE, F., DELOGU, F., MADAU, F.A., 2020: Insect Rearing: Potential, Challenges, and Circularity, 12(11), 4567.
- CARREL, J., TANNER, E., 2002: Sex-specific food preferences in the Madagascar hissing cockroach *Gromphadorhina portentosa*. *Journal of Insect Behavior*. 15 (5): 707-714.
- CARREON-MARTINEZ, L., HEATH, D.D., 2009: Revolution in food web analysis and trophic ecology: diet analysis by DNA and stable isotope analysis.
- CARROLL, E.L., GALLEGU, R., SEWELL, M.A., ZELDIS, J., RANJARD, L., ROSS, H.A., TOOMAN, L.K., RORKE, R.O., NEWCOMB, R.D., CONSTANTINE, R., 2019: Multi-Locus DNA Metabarcoding of Zooplankton Communities and Scat Reveal Trophic Interactions of a Generalist Predator. *Scientific Report*, 1-14.
- CHOWN, S.L., NICOLSON, S.W., 2004: *Insect Physiological Ecology: Mechanisms and Patterns*. Oxford University Press, 14 - 48.
- COCHRAN, D.G., 1999: Cockroaches. Their biology, distribution and control, 6 - 7.
- COVER, M.R., BOGDAN, M.T., 2015: Thorp and Covich's *Freshwater Invertebrates* (Fourth Edition), 1059-1072.
- DE FOLIART, G.R., 1989: The human used of insects as food and feed. *Bull. Entomol. Soc. Am.* (35):22–35.
- DOSSEY, A.T., MORALES-RAMOS, J.A., ROJAS, M.G., 2016: *Insects as Sustainable Food Ingredients: Production, Processing and Food Applications*.
- DURIER, V., RIVAULT, C., 2001: Effects of spatial knowledge and feeding experience on foraging choices in German cockroaches. *Animal Behaviour*, 62:681–688.
- FOOTTIT, R.G., ADLER, P.H., 2009: *Insect Biodiversity: Science and Society*.
- FRIEDRICH, U., VOLLAND, W., 1998: *Futtertierzucht*. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer, 187.
- FRANCO, A., SALVIA, R., SCIEUZO, C., SCHMITT, E., RUSSO, A., FALABELLA, P., 2022: Lipids from Insects in Cosmetics and for Personal Care Products, 13(1).

- GAHUKAR, R., 2016: Edible insects farming: Efficiency and impact on family livelihood, food security, and environment compared with livestock and crops. In *Insects as Sustainable Food Ingredients: Production, Processing and Food Applications*, 85–111.
- GAO, J. Y., JIANG, Y. L., NIU, L. L., LI, H. D., YIN, W. P., 2016: Novel isoflavone from the cockroach *Periplaneta americana*. *Chem. Nat. Compd.* (52): 413–416.
- GONDHALEKAR, A.D., APPEL, A.G., THOMAS, G.M., ROMERO, A., 2021: A Review of Alternative Management Tactics Employed for the Control of Various Cockroach Species (Order: Blattodea) in the USA.
- GOODE, L.M., 2013: Effects Of Thermal Acclimation On The Critical Thermal Maxima Of The Tropical Cockroaches: *Blattella Dubia*, *Eublaberus Posticus* And *Blattella Discoidealis* (blattellidae), 1-6.
- GRIMALDI, D., ENGEL, M.S., 2005: *Evolution of the Insect*. Cambridge University Press, USA.
- HALLORAN, A., FLORE, R., VANTOMME, P., ROOS, N., 2018: *Edible Insects in Sustainable Food Systems*; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 239–471.
- HOOD-NOWOTNY, R., KNOLS, B.G.J., 2007: Stable isotope methods in biological and ecological studies of arthropods, 3-16.
- KESEL, A.B., MARTIN, A., HOFFMANN, F., 2009: Quantifying the Landing Reaction of Cockroaches. Final Report
- LEPPLA, N.C., 2009: *Encyclopedia of Insects* (Second Edition), 866-869.
- LOOY, H., DUNKEL, F.V., WOOD, J.R., 2014: How then shall we eat? Insect-eating attitudes and sustainable foodways, 31, 131–141.
- MAKKAR, H.P.S., TRAN, G., HEUZÉ, V., ANKERS, P., 2014: *Animal Feed Science and Technology*, 1-33.
- MANKTELOW, M., 2011: *History of Taxonomy*.
- MATTHEWS, R.W., MATTHEWS J.R., 2009: The History and Scope of Insect Behavior, 6-9.

- MAURICIO DA ROCHA, J.R., DE ALMEIDA, J.R., LINS, G.A., DURVAL, A., 2010: Insects As Indicators of Environmental Changing and Pollution: A Review of Appropriate Species and Their Monitoring. *Holos Environ.*, (10): 250.
- MELGAR-LALANNE, G., HERNÁNDEZ-ÁLVAREZ, A.J., SALINAS-CASTRO, A., 2019: Edible Insects Processing: Traditional and Innovative Technologies. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 18, 1166–1191.
- OONINCX, D.G.A.B., 2015: Insects as Food and Feed: Nutrient Composition and Environmental Impact. Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.
- PHELPS, A., 2022: The Effectiveness of Lithium Chloride in Eliciting a Taste Aversion Response in *Blaptica dubia*, Spring Valley High School, Columbia, SC , Junior Academy Research Article (95-101).
- PINEDA-MUNOZ, S., ALROY, J., 2014: Dietary Characterization of Terrestrial Mammals.
- RAMOS-ELORDUJ, J., 2009: Anthro-entomophagy: cultures, evolution and sustainability.
- RESH, V.H., CARDÉ, R.T., 2009: Encyclopedia of insect.
- ROTH, L. M., 2003: Systematics and phylogeny of cockroaches (Dictyoptera: Blattaria). *Oriental Insects.* (37): 1–186.
- ROTH, L.M., WILLIS, E.R., 1960: The biotic associations of cockroaches. *Smithsonian Miscellaneous Collections.* 141:1–470.
- ROTH, L.M., WILLIS, E.R., 1954: THE REPRODUCTION OF COCKROACHES, 122: 1-2
- SHERMAN, R.A., 2009: Encyclopedia of Insects (Second Edition), 618-620.
- SCHAL, C., BELL, W.J., 1986: Vertical community structure and resource utilization in neotropical forest cockroaches. *Ecological Entomology*, 11:411–423.
- SCHAL, C., GAUTIER, J-Y., BELL, W.J., 1984: BEHAVIOURAL ECOLOGY OF COCKROACHES.
- SHER, A.A., MOLLES, M.C., 2022: Ecology: Concept & Applications, 1-7
- SOOPRAMANIEN, M., MUNGROO, M.R., SAGATHEVAN, K.A., KHAN, N.A.,

- STRAUBE, D., JUEN, A., 2013: European Journal of Soil Biology Storage and Shipping of Tissue Samples for DNA Analyses: A Case Study on Earthworms Q., 13-18.
- ŠIŠKOVA, Ž., 2012: Vliv potravy na úspěšnost vývoje vybraných druhů švábů, 27-37.
- THANGAM SUDHA, V., ARORA, N., SRIDHARA, S., GAUR, S. N., SINGH, B. P., 2007: Biopotency and identification of allergenic proteins in *Periplaneta americana* extract for clinical applications. *Biologicals*. (35): 131–137.
- TOMBERLIN, J.K., SHEPPARD, D.C., JOYCE, J.A., 2002: Selected life-history traits of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) reared on three artificial diets. *Annal. Entomol. Soc. Am.*, (95): 379–386.
- VALL, C., 2013: A Pragmatic Approach to the Analysis of Diets of Generalist Predators: The Use of next-Generation Sequencing with No Blocking Probes.
- VAN HUIS, A., VAN ITTERBEECK, J., KLUNDER, H., MERTENS, E., HALLORAN, A., MUIR, G., VANTOMME, P., 2013: Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed Security, 1-201.
- WANG, X. Y., HE, Z. C., SONG, L. Y., SPENCER, S., YANG, L. X., PENG, F., LIU, G. M., HU, M. H., LI, H. B., WU, X. M., 2011: Chemotherapeutic effects of bioassay-guided extracts of the American cockroach, *Periplaneta americana*. *Integr. Cancer Ther.* (10): 12–23.
- WIGGLESWORTH, V.B., 1976: *Insect and the Life of Man*.
- WILSON, K., EDWARDS, J., 1986: The effects of parasitic infection on the behaviour of an intermediate host, the American cockroach, *Periplaneta americana*, infected with the Acanthocephalan, *Moniliiformis*. *Anim. Behav.* (34): 942–944.
- WU, H., 2013: Biology of *Blattica dubia* (Blattodea: Blaberidae), 1-2.
- WU, H., HU, X.P., APPEL, A.G., 2017: Temperature-dependent development and thermal sensitivity of *Blattica dubia* (Blattodea: Blaberidae). *Journal of Economic Entomology* 110, 546–551

YEE, L.P., ABDUL, N.S., THEVAN, K., RAO, P.V., MUHAMED, W.Z.W., 2018: Journal of Tropical Resources and Sustainable Science. Nutrient composition of *Blattella dubia* (Order: Blattodea) as an alternative protein source, 88-92.

ZHAO, Y., YANG, A., TU, P., HU, Z., 2017: Anti-tumor effects of the American cockroach, *Periplaneta americana*. Chin. Med. (12): 26.

ZUNINO, M., 1991: Food relocation behavior: a multivalent strategy of Coleoptera. In Advances in Coleopterology. M.

Webové stránky:

ALLRED, B., 2022: Dubia cockroach. *Blattella dubia*, AZAnimals (online) [cit. 2023.08.02], dostupné z: < <https://a-z-animals.com/animals/dubia-cockroach/> >

Seznam obrázků a tabulek

OBRÁZEK 1. VZHLED <i>BLATELLA DUBIA</i> : (A) DOSPĚLÁ SAMICE, (B) DOSPĚLÝ SAMEC, (C) NYMFA (ZDROJ: YEE A KOL., 2018)	6
OBRÁZEK 2. UMÍSTĚNÍ BOXŮ NA PRVNÍ POLICI V KLIMABOXU.....	24
OBRÁZEK 3. UMÍSTĚNÍ BOXŮ NA DRUHOU POLICI V KLIMABOXU	24
OBRÁZEK 4. GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ ZMĚN PRŮMĚRU HMOTNOSTI V ZÁVISLOSTI NA POTRAVĚ.....	28
TABULKA 1. VÁHA JEDINCŮ, POTRAVA, TEPLOTA, KLIMABOX A POČET DNŮ.	25
TABULKA 2. ANALYTICKÉ VÝSLEDKY TUKEYHO HSD TESTU.....	27
TABULKA 3. ANALYTICKÉ VÝSLEDKY LINEÁRNÍHO MODELU.....	28