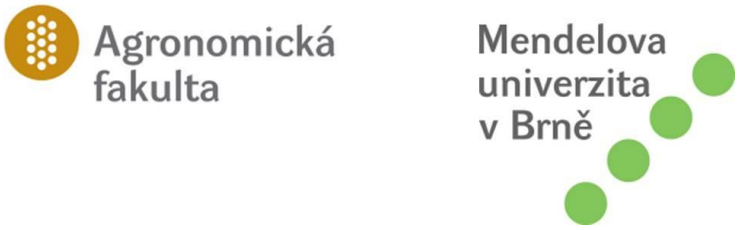
Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústavzoologie, rybářství, hydrobiologie a včelařství



Produkce skleníkových plynů u vybraných druhů jedlého hmyzu

Diplomová práce

Vedoucí práce:
doc. Ing. Marie Borkovcová, Ph.D.

Vypracoval:
Bc. Petr Kouřil

Brno 2016

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Produkce skleníkových plynů u vybraných druhů jedlého hmyzu vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb.,o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.*

Jsem si vědom že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:……..

……..

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucí diplomové práce doc. Ing. Marii Borkovcové, Ph.D. za odborné vedení, poskytnutí cenných rad a informací. Dále paní Dr. Ing. Heleně Fišerové za pomoc s laboratorním měřením a panu Ing. Vladimíru Fišerovi za pomoc při statistickém zpracování dat.

ABSTRAKT

Název diplomové práce: Produkce skleníkových plynů u vybraných druhů jedlého hmyzu

Autor: Bc. Petr Kouřil

Cílem této diplomové práce bylo shromáždit dostupné informace týkající se produkce skleníkových plynů u jedlého hmyzu a vlivu těchto plynů na živé organismy a životní prostředí.

Praktickou částí této práce bylo měření produkce skleníkových plynů u vybraných druhů jedlého hmyzu. Během tohoto měření bylo zjištěno, že produkce skleníkových plynů u jedlého hmyzu je v porovnání s hospodářskými zvířaty téměř srovnatelná.

Další částí pokusu bylo porovnání této produkce mezi hmyzem sytým a hladovým. Při tomto srovnání byly u některých skupin zjištěny statisticky průkazné rozdíly. Tyto informace jsou důležité při hladovění jedlého hmyzu před kuchyňskou úpravou.

Na základě zjištěných hodnot lze velkochov jedlého hmyzu doporučit.

Klíčová slova: jedlý hmyz, skleníkové plyny, oxid uhličitý, cvrčci, potemníci

ABSTRACT

Title: Production of greenhouse gases for selected species of edible insects

Author: Bc. Petr Kouřil

The aim of this diploma thesis was to gather available information relating to the production of greenhouse gases from edible insects, and impact of these gases on living organisms and the environment.

The practical part of this study was to measure the production of greenhouse gases for selected species of edible insects. During this measurement, it was found that the production of greenhouse gases in the edible insects compared with livestock almost comparable.

Another part of the experiment was to compare the production between the rich and the hungry insects. In this comparison, some groups found statistically significant differences. This information is important for starvation of edible insects in front of kitchen preparation. Based on the obtained values can recommend a factory farm edible insects.

Keywords: edible insects, greenhouse gases, carbon dioxide, crickets, beetles

OBSAH

ABSTRAKT 4

ABSTRACT 4

OBSAH 5

1 ÚVOD 7

2 CÍL PRÁCE 8

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED 9

3.1 DEFINICE POJMŮ 9

3.1.1 Skleníkové plyny *9*

3.1.2 Jedlý hmyz *9*

3.2 SKLENÍKOVÉ PLYNY 9

3.2.1 Oxid uhličitý (CO_2) *9*

3.2.2 Metan (CH_4) *10*

3.2.3 Oxid dusný (N_2O) *10*

3.2.4 Potenciál globálního oteplování (GWP – global warming potencial) *11*

3.3 SKLENÍKOVÝ EFEKT 11

3.4 PRODUKCE SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ V ŽIVOČIŠNÉ VÝROBĚ 11

3.4.1 Produkce skleníkových plynů v jednotlivých odvětvích živočišné výroby *12*

3.4.1.1 Chov skotu 12

3.4.1.2 Chov prasat 12

3.4.1.3 Chov drůbeže 13

3.4.1.4 Chov ovcí a koz 13

3.4.1.5 Pěstování rýže 13

3.5 JEDLÝ HMYZ CHOVANÝ V ČESKÉ REPUBLICE 14

3.5.1 Potemník brazilský - Zophobas morio Kraatz, 1880 ..... *14*

3.5.2 Potemník moučný Tenebrio molitor L., 1758 ..... *14*

3.5.3 Saranče stěhovavá Locusta migratoria L., 1758 ..... *14*

3.5.4 Saranče pustinná Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) *15*

3.5.5 Cvrček stepní Gryllus assimilis (Fabricius, 1775) *15*

3.5.6 Cvrček domácí Acheta domestica L., 1758 ..... *15*

3.6 METODIKA POUŽITÁ V PŘEDCHÁZEJÍCÍCH VÝZKUMECH 16
3.6.1 Nádrže pro měření skleníkových plynů 16
3.6.2 Potrava během měření 16
3.6.3 Postup měření 16
3.6.4 Metodika vyhodnocování výsledků 17
4 METODIKA 18
5 VÝSLEDKY 19
5.1 VÝSLEDKY PŘEPOČTENÉ NA EKVIVALENT OXIDU UHLIČITÉHO 29
5.1.1 Výpočet 29
5.1.2 Výsledky v ekvivalentu oxidu uhličitého 29
5.2 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ 31
6 DISKUZE 42
7 ZÁVĚR 45
8 POUŽITÁ LITERATURA 46
9 SEZNAM TABULEK A GRAFŮ 50
9.1 SEZNAM TABULEK 50
9.2 SEZNAM GRAFŮ 52
10 PŘÍLOHY 53
10.1 SEZNAM PŘÍLOH 53

1 ÚVOD

Téma „Produkce skleníkových plynů u vybraných druhů jedlého hmyzu“, bylo zvoleno především z důvodu schválení hmyzu jako potraviny, k čemuž došlo v rámci evropské unie. Vzhledem k tomu, že práce zabývající se tímto tématem jsou velmi vzácné, považuji za nutné se touto problematikou zabývat.

Dalším důvodem pro zpracování tohoto tématu byla rozšiřující se popularita jedlého hmyzu mezi konzumenty a s tím související rozšiřování jednotlivých chovů jedlého hmyzu.

V současné době nejsou známé dopady velkochovu jedlého hmyzu na životní prostředí spojené s produkcí skleníkových plynů. Z tohoto důvodu se tato diplomová práce snaží porovnat produkci skleníkových plynů produkovaných jedlým hmyzem a hospodářskými zvířaty a zjistit zda je chov jedlého hmyzu opravdu šetrnější k životnímu prostředí.

2 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce bylo zpracování dostupných informací k dané problematice. V praktické části je cílem založit pokus z 2 – 3 druhů jedlého hmyzu pro měření produkce skleníkových plynů. Dále tyto výsledky statisticky zpracovat a porovnat s produkcí skleníkových plynů u hospodářských zvířat.

Na základě těchto srovnání stanovit, zda je chov jedlého hmyzu šetrnější k životnímu prostředí než chov hospodářských zvířat. Další částí práce je porovnání produkce skleníkových plynů mezi sytými a hladovými skupinami jedlého hmyzu.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Definice pojmů

3.1.1 Skleníkové plyny

Dle rámcové úmluvy Organizace spojených národů o změně klimatu jsou skleníkové plyny definovány jako plynné složky atmosféry, které pohlcují a opětovně vyzařují infračervené záření a jejichž původ může být jak antropogenní tak přirozený.

Další definice uvádí, že se jedná o všechny plyny, které jsou složeny ze dvou a více atomů, musí umožňovat průchod krátkovlnné části slunečního záření a zachycovat dlouhovlnné tepelné záření, které je odraženo od Zemského povrchu (NOVÉ UNIVERSUM, 2003).

3.1.2 Jedlý hmyz

Pro účely této práce je možné jedlý hmyz definovat jako všechny druhy hmyzu, jejichž konzumace nezpůsobuje negativní ovlivnění zdravotního stavu konzumenta.
Nejčastěji se jedná o druhy hmyzu, které jsou na daném místě hojně rozšířené, a jejich sběr popřípadě chov není nijak náročný (BORKOVCOVÁ a kol., 2009).

3.2 Skleníkové plyny

Z pohledu produkce živými organismy jsou nejdůležitějšími skleníkovými plyny oxid uhličitý, metan a oxid dusný (OONINCX, 2010).

3.2.1 Oxid uhličitý (CO_2)

Z chemického hlediska se jedná o sloučeninu kyslíku s uhlíkem, která je dobře rozpustná ve vodě a snadno zkapalnitelná. Má typický nakyslý zápach (KAMENÍČEK a kol., 2009).
Jedná se o sloučeninu, která se do atmosféry dostává především spalováním fosilních paliv a přírodními procesy při rozkladu organické hmoty. Producenty tohoto plynu jsou také všechny živé organismy (SOLOMON, 2007). Jeho obsah v atmosféře činí 0,03 obj. %, vydechovaný vzduch obsahuje 3,5% oxidu uhličitého a v plicních alveolech je jeho

koncentrace 5 – 6%. Pro živé organismy není přímo toxický, ale ovlivňuje regulaci dýchání. Při nižších koncentracích dochází ke stimulaci dýchacího centra v prodloužené míše, což vede ke zrychlenému a prohloubenému dýchání. Při vysokých koncentracích dochází naopak k útlumu. Pro člověka je nebezpečný již od koncentrace 3 obj. %, což se projevuje ospalostí, bolestí hlavy nebo svalovou slabostí. Koncentrace 7 – 10 obj. % může vést k bezvědomí a zástavě dechu bez známek dušení. Smrtelná je koncentrace vyšší než 30 obj. % (TÁBORSKÁ, SLÁMA, 2005). U rostlin způsobuje zvýšená koncentrace oxidu uhličitého zrychlení fotosyntézy. Při dlouhodobém působení zvýšené koncentrace oxidu uhličitého dochází k postupnému snížení tohoto zrychlení až na původní hodnoty (HRSTKA, 2004).

3.2.2 Metan (CH_4)

Jedná se o organický plyn, který vzniká anaerobním rozkladem organické hmoty za pomoci mikroorganismů. Množství produkovaného metanu je závislé na množství vlákniny obsažené v potravě (PHILIPPE, 2015).

3.2.3 Oxid dusný (N_2O)

Jedná se o skleníkový plyn s významným vlivem na životní prostředí. Oteplovací potenciál tohoto plynu je cca 320 krát vyšší než u oxidu uhličitého. Doba rozpadu tohoto plynu v atmosféře je přibližně 120 let. Vysoký vliv na životní prostředí je způsoben především jeho reakcí s atomovým kyslíkem za vzniku oxidu dusnatého. Vzniklý oxid dusnatý způsobuje rozpad stratosférického ozonu (WRAGE a kol., 2001). V současné době je jeho koncentrace v atmosféře 16% (STEINFELD a kol., 2006). Jeho vyšší koncentrace způsobují záchvaty smíchu a dobrou náladu. V lékařství je využíván jako anestetikum. V současné době nebyly prokázány žádné přímé negativní vlivy na lidský organismu (BALNAR, 2008).

3.2.4 Potenciál globálního oteplování (GWP – global warming potencial)

Jedná se o hodnotu, která vyjadřuje určitý potenciál daného skleníkového plynu pohlcovat a následně vyzařovat infračervené záření. Jako základ se nejčastěji používá hodnota pro oxid uhličitý.

V takovém případě u ostatních plynů tento potenciál vyjadřujeme násobkem hodnoty GWP u oxidu uhličitého (OONINCX, 2010).

Plyn	**Chemický vzorec**	**Doba rozpadu v atmosféře**	**Global Warming Potential (Časový horizont)**		
			20 let	**100 let**	**500 let**
CO_2	CO_2	variable	1	1	1
Methane	CH_4	12±3	56	21	6.5
Nitrous oxide	N_2O	120	280	310	170

Zdroj: http://unfccc.int/ghg_data/items/3825.php

3.3 Skleníkový efekt

Jedná se o postupné zvyšování teploty Země způsobené stále rostoucí koncentrací skleníkových plynů v atmosféře. Tyto plyny mají schopnost pohlcovat dlouhovlnné infračervené záření vyzářené povrchem zemským povrchem a vracet ho zpět. Skleníkový efekt byl nezbytný pro vznik života na Zemi. V případě, že by atmosféra neobsahovala žádné skleníkové plyny, pohybovala by se průměrná teplota země na hodnotě cca -18°C (NÁTR, 2000).

3.4 Produkce skleníkových plynů v živočišné výrobě

Živočišná výroba představuje jednoho z největších producentů skleníkových plynů. Celková produkce těchto plynů představuje 7,1 gigatun ekvivalentu CO_2 ročně, což je 14,5 % všech antropogenních emisí skleníkových plynů. Nejvíce produkovaným plynem v tomto odvětví je metan, který představuje 44% emisí skleníkových plynů v živočišné výrobě. V ekvivalentu CO_2 to je 3,1 gigatun ročně. Dalšími plyny jsou oxid uhličitý, jehož produkce je 2 gigatuny ročně, což představuje 5% antropogenních emisí oxidu uhličitého. Posledním je oxid dusný, jehož produkce je 2 gigatuny ročně, což je 53% antropogenních emisí N_2O (GERBER a kol., 2013).

3.4.1 Produkce skleníkových plynů v jednotlivých odvětvích živočišné výroby

3.4.1.1 Chov skotu

Chov skotu představuje největšího producenta skleníkových plynů v sektoru živočišné výroby. Produkce plynů činí 4,6 gigatun ekvivalentu oxidu uhličitého. Při rozdělení chovu skotu na chov s tržní produkcí mléka a na chov bez tržní produkce mléka byla produkce skleníkových plynů pro tyto dva segmenty chovu stanovena následovně: Pro chov na mléko činí produkce skleníkových plynů 1,4 gigatun skleníkových plynů ročně, což představuje 20 % celkové produkce chovu skotu. Chov na maso produkuje 2,9 gigatun skleníkových plynů ročně. Tato hodnota činí 46% celkových emisí v chovu skotu. Po přepočtení na produkci mléka činí emise skleníkových plynů 2,8 kg plynů na kilogram tuku a bílkoviny upraveného mléka, zatímco na produkci 1 kg jatečně upraveného těla činí emise skleníkových plynů 46,2 kg ekvivalentu oxidu uhličitého.

U skotu jsou hlavními zdroji emisí skleníkových plynů enterická fermentace a používání dusíkatých hnojiv. Skleníkové plyny produkované enterickou fermentací činí 1,1 gigatuny, což je 46% při chovu na mléko a 43% při chovu na maso (GERBER a kol., 2013). Hlavním skleníkovým plynem produkovaným enterickou fermentací je metan. Hodnoty emisí metanu byly zjištěny u skotu chovaného na mléko 15,69 milionů tun za rok a u skotu chovaného na maso 50,16 milionů tun za rok. Množství oxidu uhličitého vyprodukovaného dýcháním skotu je následující. U skotu byla zjištěna hodnota 1 906 milionů tun oxidu uhličitého. Emise oxidu dusného byly zjišťovány u skladované chlévské mrvy. U skotu chovaného na mléko bylo zjištěno množství 0,41 milionů tun ročně a u skotu chovaného na maso 1,64 milionů tun za rok (STEINFELD a kol., 2006).

3.4.1.2 Chov prasat

Celkové emise skleníkových plynů v chovu prasat činí 668 milionů tun ekvivalentu oxidu uhličitého, což je 9% celkových emisí v živočišné výrobě. V těchto hodnotách jsou zahrnuty i emise skleníkových plynů vznikajících při výrobě krmiv, používání hnojiv a dalších nezbytných činností spojených s chovem prasat (GERBER a kol., 2013). Zastoupení emisí jednotlivých skleníkových plynů bylo zjištěno následující: Emise oxidu uhličitého činí 590 milionů tun za rok a metanu z enterické fermentace 1,11 milionů tun za rok. Z uskladněné chlévské mrvy byly zjišťovány emise oxidu dusného, které činily 0,44 milionů tun ročně (STEINFELD a kol., 2006).

3.4.1.3 Chov drůbeže

Celková produkce skleníkových plynů v chovu drůbeže činí 606 milionů tun ekvivalentu oxidu uhličitého, což je 8% z celkových emisí v odvětví živočišné výroby. Tato hodnota obsahuje emise ze všech činností spojených s chovem drůbeže (GERBER a kol., 2013). Emise jednotlivých plynů byly následující: Oxidu uhličitého produkovaného dýcháním chovaných zvířat bylo naměřeno 61 milionů tun ročně. Metan a oxid dusný byly měřeny pouze u skladované chlévské mrvy, kde byla zjištěna hodnota 0,97 milionů tun za rok pro metan a 0,36 milionů tun za rok pro oxid dusný (STEINFELD a kol., 2006).

3.4.1.4 Chov ovcí a koz

Malý přežvýkavci vyprodukují ročně 475 milionů tun ekvivalentu oxidu uhličitého, což představuje 6,5% z celkových emisí skleníkových plynů v odvětví živočišné výroby. Na produkci masa z tohoto množství připadá 299 milionů tun ekvivalentu CO_2 a na produkci mléka 130 milionů tun ekvivalentu CO_2 (GERBER a kol., 2013). Pokud produkci skleníkových plynů rozdělíme dle druhu malého přežvýkavce, získáme následující hodnoty. Na chov ovcí připadá produkce 254,5 milionů tun ekvivalentu oxidu uhličitého a na chov koz 174,5 milionů tun ekvivalentu CO_2. Průměrná intenzita produkce skleníkových plynů činí u malých přežvýkavců 6,5 kg ekvivalentu CO_2/kg mléka, což představuje 5,2 kg ekvivalentu CO_2/kg kozího mléka a 8,4kg ekvivalentu CO_2/kg ovčího mléka. U chovu na maso je průměrná intenzita produkce skleníkových plynů 23,8 kg ekvivalentu CO_2/ kg jatečně upraveného těla, což činí 24 kg ekvivalentu CO_2/ kg jatečně upraveného těla u ovčího masa a 23,5 kg ekvivalentu CO_2/kg jatečně upraveného těla u koz. Produkce metanu ze střevní fermentace činí 57% všech skleníkových plynů z mléčné produkce a 55% z masné produkce malých přežvýkavců. Oxid dusný se podílí na celkové produkci skleníkových plynů 27% při chovu na mléko a 28% při chovu na maso (OPIO a kol., 2013).

3.4.1.5 Pěstování rýže

Rýžová pole jsou považována, v rámci rostlinné výroby, za největšího producenta skleníkových plynů. Rýžová pole produkují 30% veškerého metanu produkovaného v zemědělské výrobě a 11% veškerého oxidu dusného. Celkové emise skleníkových plynů z rýžových polí jsou různé dle použitého hnojení. Bez použití jakýchkoli hnojiv

činí emise skleníkových plynů z rýžových polí 1979 kg ekvivalentu CO_2/ha za rok (LIU a kol., 2016).

3.5 Jedlý hmyz chovaný v České republice

Pro účely diplomové práce jsou dále popisovány především druhy jedlého hmyzu, které byly použity při měření produkce skleníkových plynů.

3.5.1 Potemník brazilský - *Zophobas morio* Kraatz, 1880

Jedná se o matně černého brouka velikosti 30 – 35 mm. Zadeček je protáhlého tvaru, který se zužuje do špičky. Hruď je oválného tvaru. Hlava je zřetelně oddělena od hrudi. Růžencovitá tykadla jsou dlouhá 7 - 8 mm. Nejčastěji využívané stádium k entomofágii je stádium larvy, popřípadě kukly. Jedná se cca o 40 mm dlouhé červy. Barva těchto červů je obilně žlutá, hlava a poslední 2 články těla jsou tmavě hnědé. Ostatní články na sobě mají jen hnědý pruh (BRUINS, 2005). Tělo těchto larev je kryto silnou chitinovou pokožkou. Při konzumaci většího množství může být špatně stravitelná. Vývojový cyklus tohoto brouka trvá cca 4 – 6 měsíců (ŠKRABALOVÁ, 2011).
Domovinou tohoto potemníka je Střední a Jižní Amerika (BRUINS, 2005).

3.5.2 Potemník moučný *Tenebrio molitor* L., 1758

Dospělec má tmavohnědou až černou barvu a jeho tělo je 14 – 18 mm dlouhé. Lesklé krovky mají podélné žebrování. Stejně jako u potemníka brazilského se k jídlu využívají larvy – mouční červy. Velikost těchto larev je cca 30 mm. Barva je zlatohnědá s tmavší hlavou a posledními články těla (BRUINS, 2005).
V přirozeném prostředí probíhá vývoj v drti vykotlaných stromů a tlejícím dřevě (RIETSCHEL, 2004). Celý vývojový cyklus probíhá cca 2 – 3 měsíce v závislosti na teplotě. (ŠKRABALOVÁ, 2011)
Tento brouk se vyskytuje po celém světě. Dospělce je možné v přírodě nalézt po celý rok (RIETSCHEL, 2004).

3.5.3 Saranče stěhovavá *Locusta migratoria* L., 1758

Jedná se o saranče, které má v dospělosti nejčastěji žlutohnědou barvu. Poslední pár končetin je přeměněn ve skákací nohy, díky kterým může překonat větší vzdálenost. Hlava je těsně přiléhající k hrudi s dobře viditelnýma velkýma očima a krátkými nitko-

vitými tykadly. Dorůstá velikosti 30 – 60 mm. Nymfy jsou černo - oranžového zbarvení (BRUINS, 2005). Jedná se o výhradně býložravý druh. Samice klade 40 – 400 vajíček. Doba inkubace vajíček je cca 2 týdny (ŠKRABALOVÁ, 2009).
Rozšíření tohoto sarančete je v celém středomoří a Malé Asii. Dospělce je možné v přírodě pozorovat od července do září (RIETSCHEL, 2004).

3.5.4 Saranče pustinná *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)

Samci i samice jsou růžovohnědého zbarvení s hnědými nebo černými znaky na těle a křídlech. Na hlavě jsou krátká nitkovitá tykadla a oči se svislými černými pruhy. Nymfy od dospělců lze rozlišit dle zbarvení, které je žlutozelené s černými znaky. Dospělci dorůstají velikosti 60 – 80 mm, přičemž samečci jsou menší. Vyskytuje se na Sahaře, v severní Africe a střední Asii. Klade 40 – 140 vajíček, jejichž doba inkubace je v závislosti na teplotě od 10 dnů do 3 měsíců (BRUINS, 2005).

3.5.5 Cvrček stepní *Gryllus assimilis* (Fabricius, 1775)

Zbarvení tohoto druhu cvrčka je světle hnědé s tmavě hnědými znaky. Na hlavě jsou velké oči a dlouhá nitkovitá tykadla. Nymfální stádia se od dospělců liší jak zbarvením, které je šedé s černými znaky, tak přítomností křídel u dospělců. Velikost dospělých jedinců je až 35 mm. Dospělí samci na rozdíl od samců cvrčka domácího téměř necvrkají (BRUINS, 2005). Líhnutí mláďat probíhá již 2 týdny po nakladení vajíček. Stravitelnost těchto cvrčků je v porovnání s potemníky mnohem lepší z důvodu nižšího obsahu chitinu (ŠKRABALOVÁ, 2010).

3.5.6 Cvrček domácí *Acheta domestica* L., 1758

Jedná se o cvrčka světle hnědé barvy. Jeho základním poznávacím znakem je tmavá skvrna mezi očima a nitkovitá tykadla, která mohou být dlouhá až 30mm. Skákavé nohy jsou dobře vyvinuté. Obě pohlaví umí létat, ale létají jen zřídka. Nymfy mají světle hnědou barvu s tmavými znaky. Velikost dospělců se pohybuje mezi 16 – 21 mm (BRUINS, 2005). Přední křídla jsou zkrácená a zadní podélně stočená. Sameček má na zadečku pár dlouhých cerků a samička ještě kladélko. Jedná se o všežravý druh, který je vázán na lidská obydlí. Dospělci se vyskytují celoročně (RIETSCHEL, 2004).

3.6 Metodika použitá v předcházejících výzkumech

Výzkum byl prováděn na následujících třech druzích jedlého hmyzu. Jsou to *Tenebrio molitor, Acheta domestica* a *Locusta migratoria.* Měření probíhalo po dobu 3 dní a bylo provedeno 3 – 6 opakování u každého druhu.

3.6.1 Nádrže pro měření skleníkových plynů

Jednotlivé druhy byly rozděleny do jednotlivých nádrží. Potemník moučný byl umístěn do plastové nádrže o rozměrech 50 x 30 x 8,7 cm. Cvrček domácí a saranče stěhovavá byly umístěny do kovových klecí o rozměrech 45 x 37,5 x 41 cm a velikostí ok 1 mm. Tyto nádrže byly umístěny do měřících komor o velikosti 80 x 50 x 45 cm a celkovém objemu 265 litrů.

3.6.2 Potrava během měření

Potrava byla každému druhu podávána na začátku jednotlivých opakování. Pro potemníka moučného byl použit substrát, který se skládal ze směsi pšenice, pšeničných otrub, ovsa, sóji, žita a kukuřice, doplněný o pivní kvasinky a na kousky nakrájenou mrkev. Cvrček domácí byl krmen kuřecí kaší s kousky mrkve. Saranče stěhovavá byla krmena při každém opakování pšeničnými otrubami a denně jílkem vytrvalým.

3.6.3 Postup měření

Ve výzkumech předešlých autorů byl postup měření prováděn následovně. Koncentrace CO_2 a CH_4 byly měřeny každých 9 minut. Hodnoty byly měřeny jak u vzduchu přiváděného do měřící komory, tak u vzduchu z této komory vystupujícího. Celkovou produkci těchto plynů představoval rozdíl těchto dvou hodnot. Tato celková produkce byla složena z plynů produkujících hmyzem, potravou a substrátem. K měření autor použil následující přístroje. Pro přesné měření množství vzduchu byl použit kalibrovaný suchý plynoměr Schlumberger G1.6 korigovaný pro teplotu a tlak měřeného vzduchu. Koncentrace oxidu uhličitého a metanu byly stanovovány ve vysoušeném plynu. Plyn byl vysoušen chladičem při teplotě 2°C rosného bodu. K měření koncentrace těchto plynů byly použity nedisperzivní infračervené analyzátory. Konkrétně se jednalo o typ Uras 3G pro oxid uhličitý a Uras 10E pro metan. Větrání v měřících komorách bylo nastaveno tak, aby hladina oxidu uhličitého nepřekročila hodnotu 1%. Pro stanovení produkce oxidu dusného byly odebírány vzorky pomocí injekční stříkačky o objemu 60ml. Vzor-

ky byly odebírány po 24, 48 a 72 hodinách. Vzorky byly v injekčních stříkačkách utěsněny a skladovány při teplotě 20°C po dobu 48 hodin. Analýza vzorků byla prováděna plynovým chromatografem za pomoci Haysep Q 80 – 100 mesh 2m x 1/8 inch column při konstantní teplotě 60°C. Detekce oxidu dusného probíhala za pomoci elektronového detektoru na vzorku o objemu 5ml v pevné smyčce.

3.6.4 Metodika vyhodnocování výsledků

Pro statistické vyhodnocení výsledků produkce N_2O byla použita obousměrná analýza rozptylu. Tato analýza byla provedena pro každý zkoumaný druh a dobu odběru, aby se zjistilo, zda má doba odběru vzorku vliv na výslednou produkci. Pro vyhodnocení produkce metanu a oxidu uhličitého byla požita jednosměrná analýza rozptylu a Tukey post hoc test.

4 METODIKA

Z důvodu produkce na hranici měřitelnosti oxidu dusného a metanu byly v pokusu stanovovány etan a etylen. K porovnání s výsledky ostatních autorů byly naměřené hodnoty přepočteny na ekvivalent oxidu uhličitého.

Etan a etylén byl stanoven v 1 ml sledovaného ovzduší odebraného tuberkulinovou stříkačkou na plynovém chromatografu firmy FISSONS INSTRUMENT s kapilární 24 m dlouhou kolonou HP-PLOT/Al2O3. Teplota detektoru byla 200°C, nástřiku 230°C a kolony 40°C (FIŠEROVÁ, HRADILIK. 1994, FIŠEROVÁ et al., 2001, FIŠEROVÁ et al., 2008). Obsah oxidu uhličitého byl stanoven na plynovém chromatografu CHROM 5 s katharometrem s 1,5 m dlouhou náplňovou kolonou plněnou PORAPAKem Q (PROKEŠ a kol. 2006).

Statistické hodnocení bylo provedeno po přepočtu na standard etylénu a oxidu uhličitého v 1 m ovzduší z prostoru, z kterého byl nástřik odebrán (koncentrace v infuzní lahvi), pro produkci plynů hmyzem byla koncentrace plynů přepočtena na hmotnost živočišného materiálu. Výsledky byly po statistickém zhodnocení zpracovány graficky. Data byla zpracována statistickým programem STATISTICA v.12 firmy StatSoft. Vzhledem k omezenému počtu vzorků byly použity robustní neparametrické metody. Porovnávání dvou nezávislých skupin bylo prováděno Mann-Whitney testem, pro porovnání více nezávislých skupin byla využita analýza variance Kruskal-Wallis.

5 VÝSLEDKY

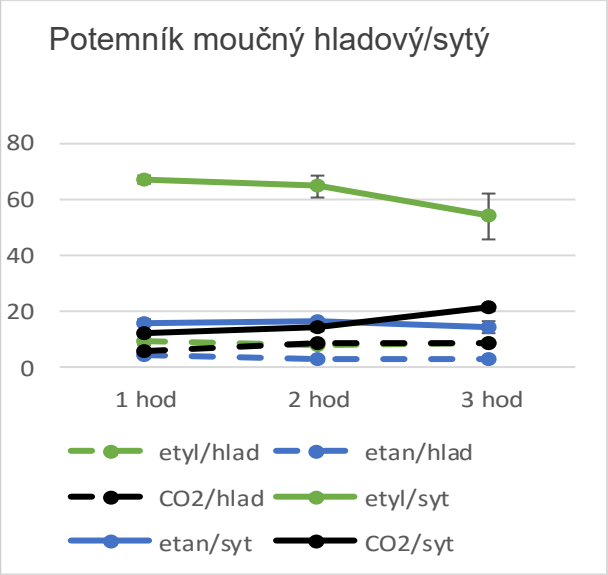
Na základě výsledků měření produkce skleníkových plynů předešlých autorů, bylo zjištěno, že produkce některých skleníkových plynů u jedlého hmyzu je prakticky zanedbatelná. Konkrétně se jednalo o produkci metanu a oxidu dusného. Díky tomuto zjištění jsme pro stanovení plynů vybraly následující plyny. Oxid uhličitý, etan a etylen. Poslední dva jmenované plyny nejsou přímo zařazovány mezi skleníkové, ale jejich nepřímí potenciál globálního oteplování není zanedbatelný a dosahuje hodnot 8,4 pro etan a 6,3 pro etylén. Měření probíhala po dobu 3 hodin v intervalu 60 minut. Produkce skleníkových plynů byla sledována u dvou skupin a to u hladových a sytých zvířat.

U sledovaných druhů jedlého hmyzu byly naměřeny následující hodnoty produkce skleníkových plynů. U potemníka moučného byly naměřeny následující hodnoty produkce u skupiny hladových pro CO_2 po 1 hodině 5,59 μg/g, po 2 hodinách 8,33 μg/g a po 3 hodinách 8,87 μg/g. Pro produkci etanu byly naměřeny hodnoty po 1 hodině 4,02 μg/g, po 2 hodinách 2,77 μg/g a po 3 hodinách 2,96 μg/g. U produkce etylu byly naměřeny hodnoty po 1 hodině 9,6 μg/g, po 2 hodinách 7,92 μg/g a po 3 hodinách 8,25 μg/g ŽV. Pro skupinu sytých byly naměřeny následující hodnoty. Pro CO_2 po 1 hodině 12,5 μg/g, po 2 hodinách 14,26 μg/g a po 3 hodinách 21, 27 μg/g. U etanu byly naměřeny hodnoty po 1 hodině 15,93 μg/g, po 2 hodinách 16,1 μg/g a po 3 hodinách 14,36 μg/g. U produkce etylu by naměřeny hodnoty po 1 hodině 66,91 μg/g, po 2 hodinách 64,62 μg/g a po 3 hodinách 53,85 μg/g.

Přehled naměřených hodnot je zanesen v tabulce č. 1. Průběh produkce skleníkových plynů pro obě skupiny je znázorněn v grafu č. 1.

Potemník moučný			
	1 hod	2 hod	3 hod
etyl/hlad	9,6	7,92	8,25
Sm. odchylka	1,76	0,69	0,39
etan/hlad	4,02	2,77	2,96
Sm. odchylka	0,74	0,71	0,54
CO2/hlad	5,59	8,33	8,87
Sm. odchylka	0,11	0,29	0,38
etyl/syt	66,91	64,62	53,85
Sm. odchylka	1,35	3,94	8,35
etan/syt	15,93	16,1	14,36
Sm. odchylka	0,98	1,27	2,26
CO2/syt	12,5	14,26	21,27
Sm. odchylka	0,29	1,12	1,03

Tabulka č. 1 Naměřené hodnoty skleníkových plynů u potemníka moučného – hladoví/sytí



Graf č. 1 Porovnání skleníkových plynů u potemníka moučného – hladoví/sytí

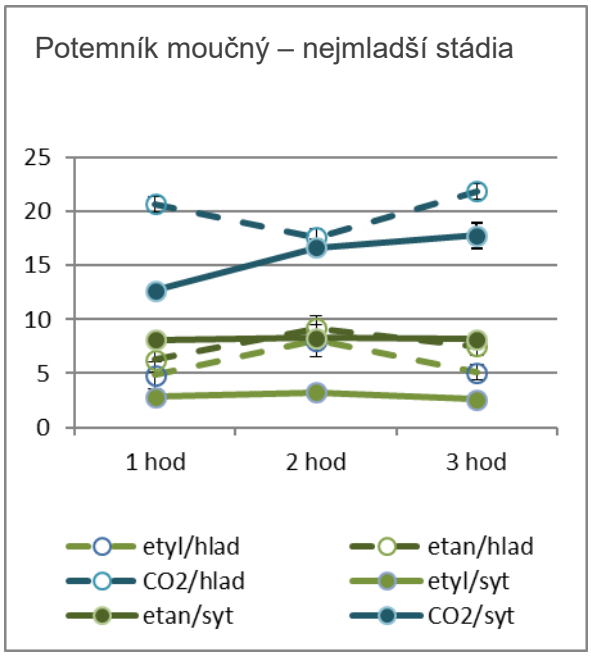
Druhou sledovanou skupinou byla u potemníka moučného skupina nejmladších vývojových stádií. U této skupiny byly naměřeny následující hodnoty. U hladových jedinců byly pro oxid uhličitý naměřeny hodnoty po 1 hodině 20,72 µg/g, po 2 hodinách došlo k poklesu na 17,6 µg/g a po 3 hodinách k opětovnému nárůstu produkce na 21,89ug/g. Produkce etanu byla následující. Po 1 hodině 6,28 µg/g, po 2 hodinách produkce vzrostla na 9,2 µg/g a po 3 hodinách došlo k mírnému poklesu na hodnotu 7,53 µg/g. Hodnoty produkce etylenu byly naměřeny po 1 hodině 4,82 µg/g, po 2 hodinách došlo k prudkému nárůstu na hodnotu 8,07 µg/g a po 3 hodinách došlo k poklesu na 5,11 µg/g.

U skupiny sytých potemníků byly naměřeny hodnoty pro produkci oxidu uhličitého po 1 hodině 12,67 µg/g, po 2 hodinách produkce vzrostla na 16,69 µg/g a po 3 hodinách došlo k dalšímu mírnému nárůstu na 17,8 µg/g. Pro produkci etanu byly naměřeny hodnoty. Po 1 hodině 8,09 µg/g, po 2 hodinách 8,27 µg/g a po 3 hodinách 8,16 µg/g. U produkce etylenu byly naměřeny následující hodnoty. Po 1 hodině 2,84 µg/g, po 2 hodinách došlo k mírnému nárůstu na 3,24 µg/g a po 3 hodinách došlo k opětovnému poklesu na 2,58 µg/g.

Přehled naměřených hodnot a graficky znázorněný průběh produkce skleníkových plynů je uveden v tabulce a grafu č. 2.

Potemník moučný - nejmladší stádia			
	1 hod	2 hod	3 hod
etyl/hlad	4,83	8,07	5,11
Sm. odchylka	1,29	1,47	0,7
etan/hlad	6,28	9,2	7,53
Sm. odchylka	1,22	1,16	0,83
CO2/hlad	20,72	17,6	21,89
Sm. odchylka	0,7	0,83	0,71
etyl/syt	2,84	3,24	2,58
Sm. odchylka	0,45	0,4	0,59
etan/syt	8,09	8,27	8,16
Sm. odchylka	1,42	0,02	0,72
CO2/syt	12,67	16,69	17,8
Sm. odchylka	0,45	0,72	1,19

Tabulka č.2 Naměřené hodnoty skleníkových plynů u potemníka moučného



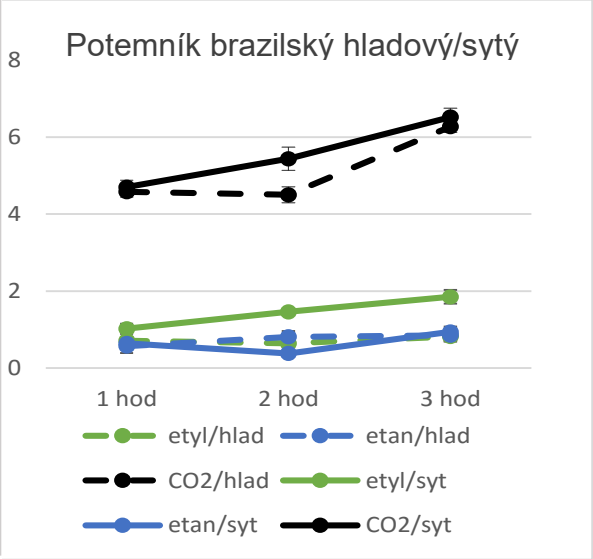
Graf č. 2 Porovnání skleníkových plynů u potemníka moučného – nejmladší vývojová stádia sytí/hladoví

Dalším sledovaným druhem jedlého hmyzu byl potemník brazilský. U tohoto druhu byly naměřeny následující hodnoty produkce skleníkových plynů. Pro skupinu hladových byly naměřeny následující hodnoty oxidu uhličitého: Po 1 hodině 4,58 µg/g, po 2 hodinách 4,5 µg/g a po 3 hodinách 6,27 µg/g. U produkce etanu byly naměřeny hodnoty po 1 hodině 0,57 µg/g, po 2 hodinách 0,81 µg/g a po 3 hodinách 0,85 µg/g. A pro produkci etylu byly naměřeny hodnoty po 1 hodině 0,71 µg/g, po 2 hodinách 0,64 µg/g a po 3 hodinách 0,82 µg/g. U skupiny sytých byly naměřeny následující hodnoty. Pro produkci CO_2 byly naměřeny hodnoty po 1 hodině 4,7 µg/g, po 2 hodinách 5,44 µg/g a po 3 hodinách 6,52 µg/g. U produkce etanu byly naměřeny hodnoty po 1 hodině 0,64 µg/g, po 2 hodinách 0,38 µg/g a po 3 hodinách 0,94 µg/g. Pro produkce etylu byly stanoveny hodnoty po 1 hodině 1,02 µg/g, po 2 hodinách 1,46 µg/g a po 3 hodinách 1,85 µg/g.

Přehled naměřených hodnot a graficky znázorněný průběh produkce jsou uvedeny v tabulce a grafu č. 3.

Potemník brazilský			
	1 hod	2 hod	3 hod
etyl/hlad	0,71	0,64	0,82
Sm. odchylka	0,23	0,08	0,13
etan/hlad	0,57	0,81	0,85
Sm. odchylka	0,18	0,15	0,15
CO2/hlad	4,58	4,5	6,27
Sm. odchylka	0,14	0,21	0,15
etyl/syt	1,02	1,46	1,85
Sm. odchylka	0,13	0,07	0,18
etan/syt	0,64	0,38	0,94
Sm. odchylka	0,13	0,04	0,14
CO2/syt	4,7	5,44	6,52
Sm. odchylka	0,18	0,3	0,23

Tabulka č. 3 Naměřené hodnoty skleníkových plynů u potemníka brazilského



Graf č. 3 Porovnání skleníkových plynů u potemníka brazilského – sytí/hladoví

Posledním sledovaným druhem hmyzu byl cvrček stepní. Tento druh byl pro sledování rozdělen do několika skupin. Konkrétně byly vytvořeny skupiny nedospělých a dospělých jedinců. Dospělí jedinci byly dále rozděleni dle pohlaví na samce a samice. Poslední skupinu tvořily vykladené a nevykladené samice. Všechny skupiny byly opět rozděleny na hladové a syté.

Skupina nedospělých

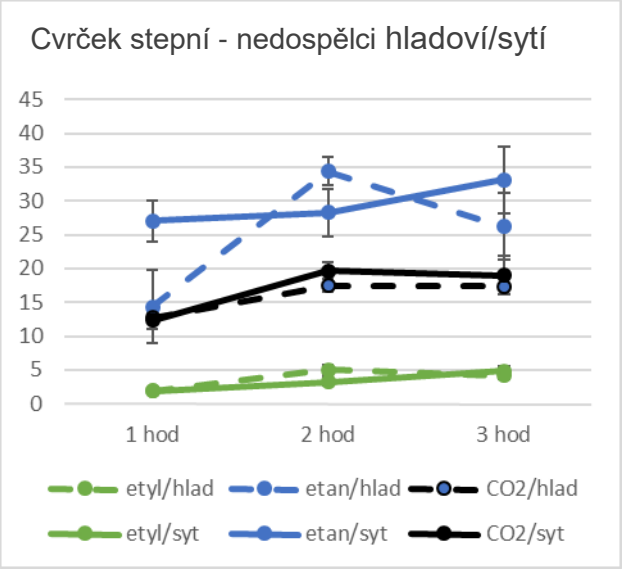
U této skupiny cvrčků byly naměřeny následující hodnoty produkce skleníkových plynů. U hladových byly pro oxid uhličitý naměřeny hodnoty po 1 hodině 12,74 µg/g, po 2 hodinách 17,5 µg/g a po 3 hodinách 17,32 µg/g. Pro produkci etanu byly naměřeny hodnoty po 1 hodině 14,32 µg/g, po 2 hodinách 34,38 µg/g a po 3 hodinách 26,2 µg/g. U etylu byly naměřeny hodnoty po 1 hodině 1,86 µg/g, po 2 hodinách 4,99 µg/g a po 3 hodinách 4,19 µg/g.

U skupiny sytých byly produkce pro oxid uhličitý následující. Po 1 hodině 12,3 µg/g, po 2 hodinách 19,69 µg/g a po 3 hodinách 19,017 µg/g. U etanu by naměřeny hodnoty po 1 hodině 27,06 µg/g, po 2 hodinách 28,31 µg/g a po 3 hodinách 33,13 µg/g. A pro produkci etylu byly naměřeny hodnoty po 1 hodině 1,84 µg/g, po 2 hodinách 3,24 µg/g a po 3 hodinách 4,86 µg/g.

Přehled naměřených hodnot a graficky znázorněný průběh produkce je uveden v tabulce a grafu č. 4.

Cvrček stepní - nedospělí			
	1 hod	2 hod	3 hod
etyl/hlad	1,86	4,99	4,19
Sm. odchylka	0,24	0,71	0,46
etan/hlad	14,32	34,38	26,2
Sm. odchylka	5,43	2,08	4,97
CO2/hlad	12,74	17,5	17,32
Sm. odchylka	0,19	1,02	0,13
etyl/syt	1,84	3,24	4,86
Sm. odchylka	0,29	0,54	0,62
etan/syt	27,06	28,31	33,13
Sm. odchylka	3,06	3,51	4,98
CO2/syt	12,3	19,69	19,017
Sm. odchylka	1,23	1,31	2,85

Tabulka č. 4 Naměřené hodnoty skleníkových plynů u cvrčka stepního – nedospělci hladoví/sytí



Graf č. 4Porovnání skleníkových plynů – nedospělci hladoví/sytí

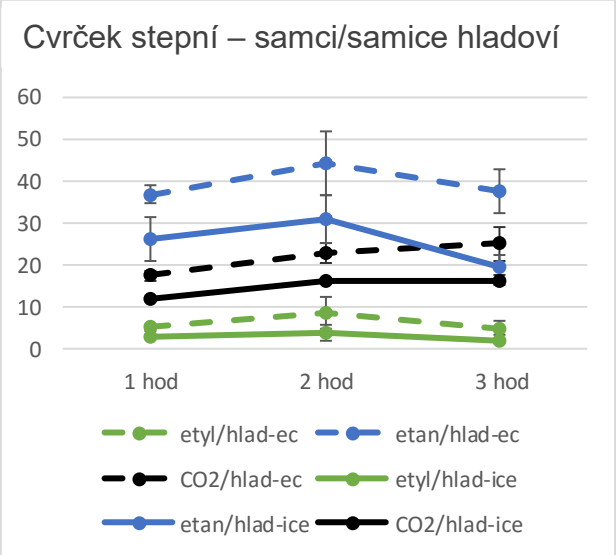
Další sledovanou skupinou byly hladoví samci a samice. Pro produkci sledovaných plynů u samců byly naměřeny následující hodnoty. Pro oxid uhličitý po 1 hodině 17,5 µg/g, po 2 hodinách 22,76 µg/g a po 3 hodinách 25,16 µg/g. U etanu byly naměřeny hodnoty po 1 hodině 36,9 µg/g, po 2 hodinách 44,33 µg/g a po 3 hodinách 37,54 µg/g. Pro etyl byly naměřeny hodnoty po 1 hodině 5,16 µg/g, po 2 hodinách 8,5 µg/g a po 3 hodinách 4,89 µg/g.

U skupiny samic byly naměřeny následující hodnoty. Pro produkci oxidu uhličitého po 1 hodině 11,9 µg/g, po 2 hodinách 16,28 µg/g a po 3 hodinách 16,4 µg/g. U produkce etanu byly hodnoty po 1 hodině 26,14 µg/g, po 2 hodinách 31,02 µg/g a po 3 hodinách 19,48 µg/g. Pro produkce etylu byly zjištěny hodnoty po 1 hodině 2,74 µg/g, po 2 hodinách 4,00 µg/g a po 3 hodinách 2,08 µg/g.

Přehled naměřených hodnot je uveden v tabulce č. 5. Graficky znázorněný průběh produkce a porovnání obou pohlaví je zobrazen v grafu č. 5.

Cvrček stepní - hladoví - pohlaví			
	1 hod	2 hod	3 hod
etyl/hlad samec	5,16	8,5	4,89
Sm. odchylka	0,74	3,92	1,61
etan/hlad samec	36,9	44,33	37,54
Sm. odchylka	1,97	7,79	5,15
CO2/hlad samec	17,5	22,76	25,16
Sm. odchylka	1,26	2,42	3,97
etyl/hlad samice	2,74	4	2,08
Sm. odchylka	0,41	1,85	0,44
etan/hlad samice	26,14	31,02	19,48
Sm. odchylka	5,23	5,56	3,08
CO2/hlad samice	11,9	16,28	16,4
Sm. odchylka	0,32	0,33	1

Tabulka č. 5 Naměřené hodnoty skleníkových plynů u cvrčka stepního – samci/samice hladoví



Graf č. 5Porovnání skleníkových plynů – samci/samice hladoví

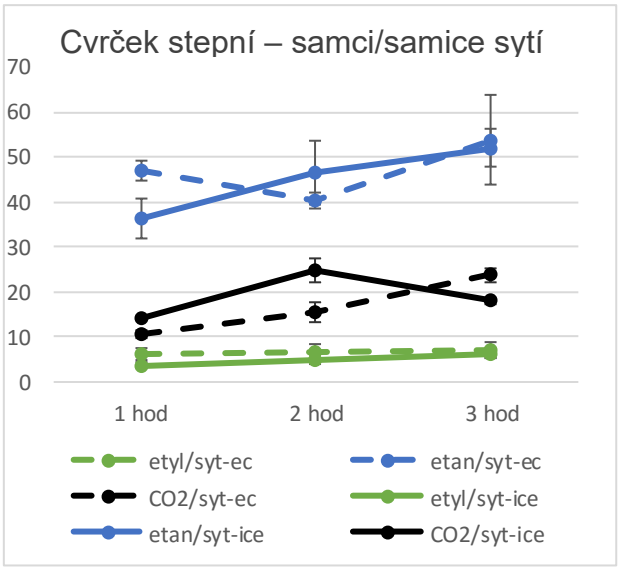
Předposlední sledovanou skupinou byly sytí samci a samice. Produkce skleníkových plynů pro skupinu samců byla naměřena následovně. Pro oxid uhličitý byla zjištěna produkce po 1 hodině 10,43 µg/g, po 2 hodinách 15,28 µg/g a po 3 hodinách 23,69 µg/g. U etanu byly naměřeny hodnoty po 1 hodině 46,9 µg/g, po 2 hodinách 40,49 µg/g a po 3 hodinách 53,81 µg/g. Pro produkci etylu byly naměřeny hodnoty po 1 hodině 5,97 µg/g, po 2 hodinách 6,35 a po 3 hodinách 6,79 µg/g.

U skupiny samic byly naměřeny následující hodnoty produkce skleníkových plynů. Pro oxid uhličitý byly naměřeny hodnoty po 1 hodině 14,07 µg/g, po 2 hodinách 24,77 µg/g a po 3 hodinách 17,98 µg/g. U etanu byly naměřeny hodnoty po 1 hodině 36,33 µg/g, po 2 hodinách 46,58 µg/g a po 3 hodinách 52,12 µg/g. A pro produkci etylu byly naměřeny hodnoty po 1 hodině 3,55 µg/g, po 2 hodinách 4,5 µg/g a po 3 hodinách 6,1 µg/g.

Přehled naměřených hodnot je uveden v tabulce č. 6. Graf č. 6 znázorňuje průběh produkce a její srovnání mezi oběma pohlavími.

Cvrček stepní - sytí-pohlaví			
	1 hod	2 hod	3 hod
etyl/syt samec	5,97	6,35	6,79
Sm. odchylka	1,26	1,95	1,78
etan/syt samec	46,9	40,49	53,81
Sm. odchylka	2,27	1,84	10,08
CO2/syt samec	10,43	15,28	23,69
Sm. odchylka	0,83	2,25	1,48
etyl/syt samice	3,55	4,5	6,1
Sm. odchylka	0,64	0,54	1,1
etan/syt samice	36,33	46,58	52,12
Sm. odchylka	4,65	7,17	4,34
CO2/syt samice	14,07	24,77	17,98
Sm. odchylka	0,45	2,49	0,72

Tabulka č. 6 Neměřené hodnoty skleníkových plynů u cvrčka stepního – dospělci sytí/hladoví



Graf č. 6 Porovnání skleníkových plynů – samci/samice sytí

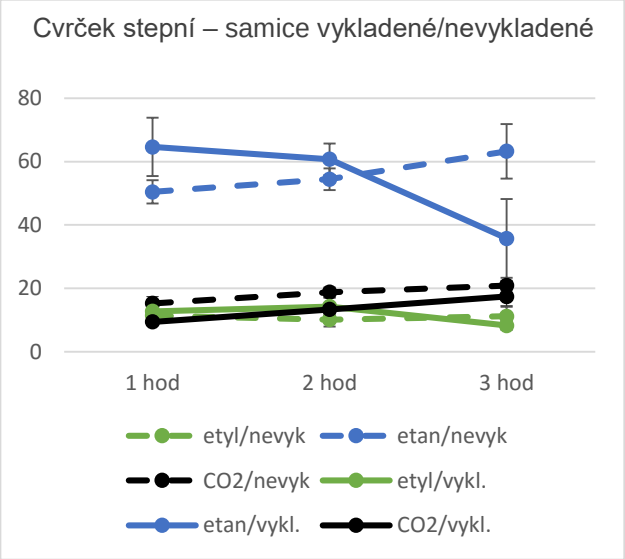
Poslední sledovanou skupinou byly nevykladené a vykladené samice. U skupiny nevykladených samic byly naměřeny následující hodnoty. Pro produkci oxidu uhličitého bylo naměřeno po 1 hodině 15,25 µg/g, po 2 hodinách 18,74 µg/g a po 3 hodinách 20,85 µg/g. U produkce etanu byly naměřeny hodnoty po 1 hodině 50,43 µg/g, po 2 hodinách 54,46 µg/g a po 3 hodinách 63,24 µg/g. Produkce etylenu byly naměřena po 1 hodině 11,4 µg/g, po 2 hodinách 10,1 µg/g a po 3 hodinách 11,17 µg/g.

Hodnoty produkce skleníkových plynů u skupiny vykladených samic byly následující. Produkce oxidu uhličitého po 1 hodině byla 9,4 µg/g, po 2 hodinách 13,34 µg/g a po 3 hodinách 17,39 µg/g. U etanu byly hodnoty po 1 hodině 64,65 µg/g, po 2 hodinách 60,74 µg/g a po 3 hodinách 35,72 µg/g. Pro etyl byly naměřeny hodnoty po 1 hodině 12,74 µg/g, po 2 hodinách 14,24 µg/g a po 3 hodinách 8,22 µg/g.

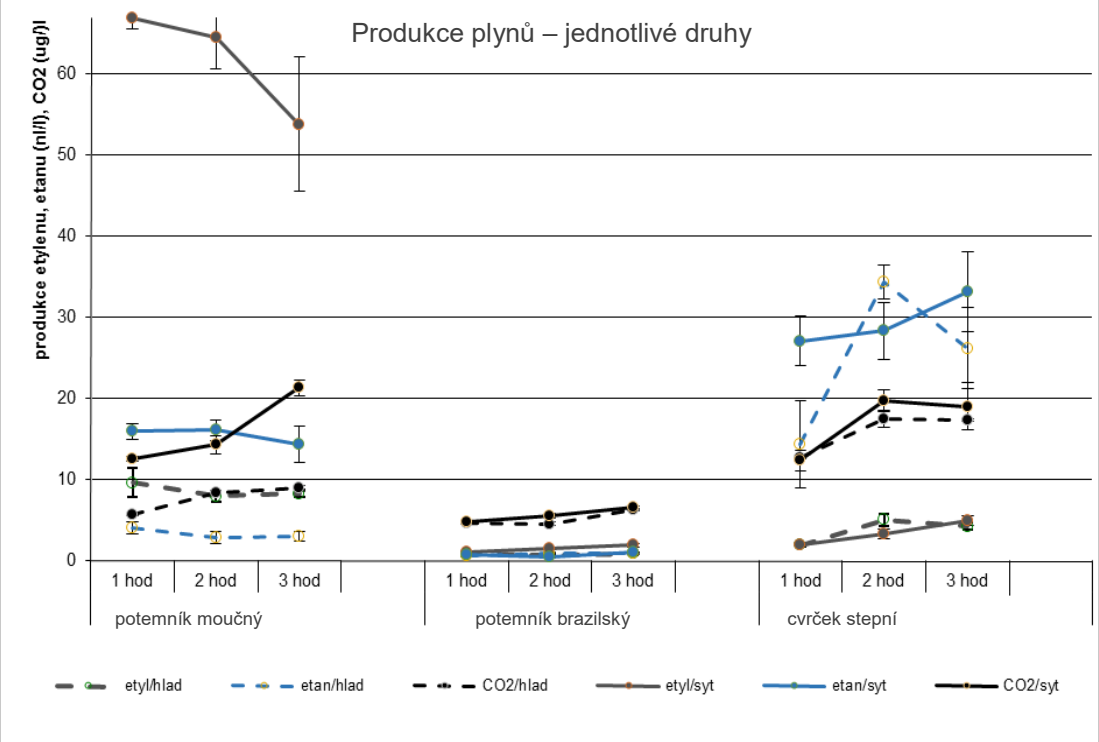
V tabulce č. 7 je uveden přehled naměřených hodnot a graf č. 7 znázorňuje porovnání obou skupin.

Cvrček stepní nevykladené/vykladené samice			
	1 hod	2 hod	3 hod
etyl/nevykl.	11,4	10,1	11,17
Sm. odchylka	1,06	2,19	2,96
etan/nevykl.	50,43	54,46	63,26
Sm. odchylka	3,65	3,41	8,61
CO2/nevykl.	15,25	18,74	20,85
Sm. odchylka	2,13	1,7	1,7
etyl/vykl.	12,74	14,24	8,22
Sm. odchylka	2,82	2,73	1,36
etan/vykl.	64,65	60,74	35,72
Sm. odchylka	9,26	4,96	12,44
CO2/vykl.	9,4	13,34	17,39
Sm. odchylka	0,32	1,81	2,96

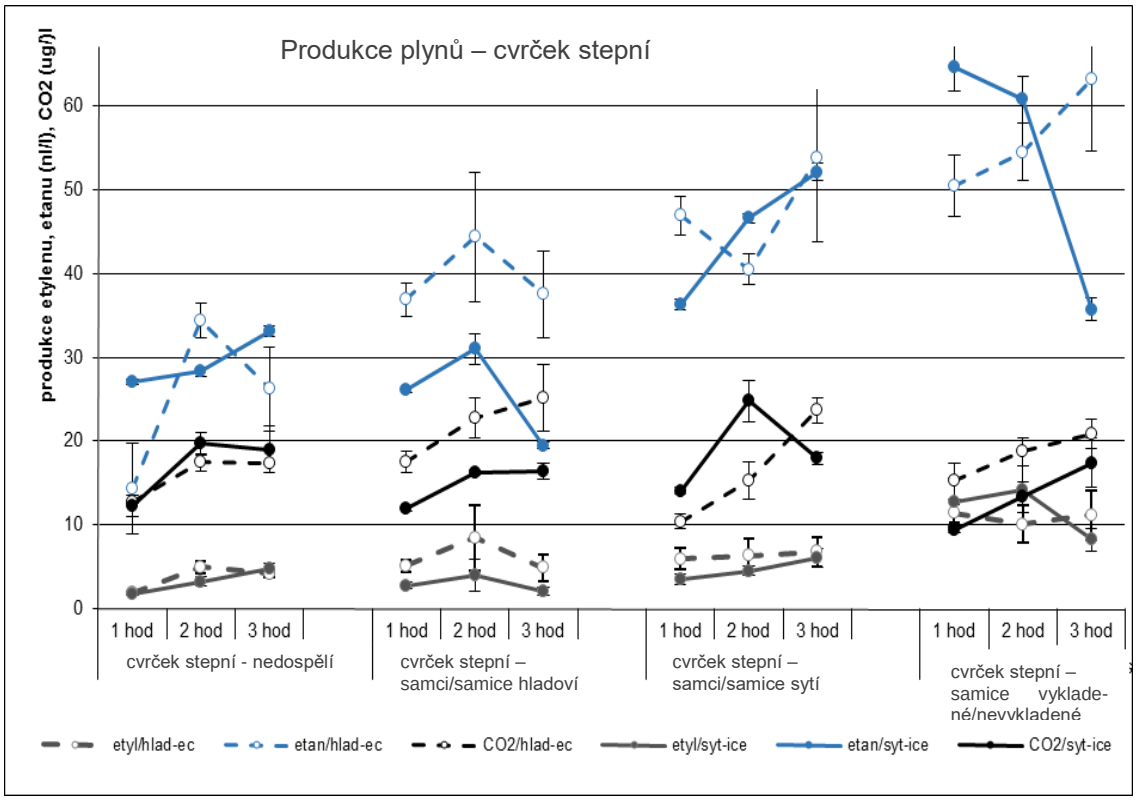
Tabulka č. 7 Naměřené hodnoty skleníkových plynů u cvrčka stepního – samice vykladené/nevykladené



Graf č. 7Porovnání skleníkových plynů - samice vykladené a nevykladené



Graf č. 8 Porovnání produkce skleníkových plynů u sledovaných druhů jedlého hmyzu.



Graf č. 9 Porovnání produkce plynů u jednotlivých skupin cvrčka stepního

Naměřené hodnoty byly přepočteny na 1g živočišného materiálu a udáván v jednotkách µg/l, což znamená, že 1g živočišného materiálu vyprodukoval x µg sledovaného plynu v jednom litru ovzduší.

	potemník moučný				potemník brazilský				cvrček stepní			
	1 hod	2 hod	3 hod	průměr	1 hod	2 hod	3 hod	průměr	1 hod	2 hod	3 hod	průměr
etyl/hlad	0,0096	0,00792	0,00825	0,00859	0,00071	0,00064	0,00082	0,00072	0,00186	0,00499	0,00419	0,00368
etan/hlad	0,00402	0,00277	0,00296	0,00325	0,00057	0,00081	0,00085	0,00074	0,01432	0,03438	0,0262	0,02497
CO2/hlad	0,00559	0,00833	0,00887	0,0076	0,00458	0,0045	0,00627	0,00512	0,01274	0,0175	0,01732	0,01585
etyl/syt	0,06691	0,06462	0,05385	0,06179	0,00102	0,00146	0,00185	0,00144	0,00184	0,00324	0,00486	0,00331
etan/syt	0,01593	0,0161	0,01436	0,01546	0,00064	0,00038	0,00094	0,00065	0,02706	0,02831	0,03313	0,0295
CO2/syt	0,0125	0,01426	0,02127	0,01601	0,0047	0,00544	0,00652	0,00555	0,0123	0,01969	0,01902	0,017

Tabulka č. 8 Přehled naměřených hodnot u jednotlivých druhů jedlého hmyzu sledovaných v této diplomové práci převedené na g/kg živé váhy

5.1 Výsledky přepočtené na ekvivalent oxidu uhličitého

5.1.1 Výpočet

Výpočet se provádí na základě hodnot GWP jednotlivých skleníkových plynů. To znamená, že obecný postup pro výpočet je následující: produkce sledovaného skleníkového plynu vynásobená příslušnou hodnotou GWP. Pro výpočet celkové produkce skleníkových plynů byl v našem případě použit následující vzorec. Produkce GHG (green house gases) = (produkce CO_2*1) + (produkce etanu*8,4) + (produkce etylenu*6,3).

5.1.2 Výsledky v ekvivalentu oxidu uhličitého

Pro celkovou produkci skleníkových plynů u hladového potemníka moučného byla zjištěna hodnota 0,089 g CO_2-eq /kg za hodinu. U sytého se jednalo o hodnotu 0,535 g CO_2-eq /kg za hodinu. Podrobné výsledky pro potemníka moučného jsou uvedeny v tabulce č. 9.

	Potemník moučný				
	1 hod	2 hod	3 hod	průměr	celkem
etyl/hlad	0,06048	0,0499	0,05198	0,054117	
etan/hlad	0,03377	0,02327	0,02486	0,0273	
CO2/hlad	0,00559	0,00833	0,00887	0,00759667	0,08901
etyl/syt	0,42153	0,40711	0,33926	0,389298	
etan/syt	0,10036	0,10143	0,09047	0,097419	
CO2/syt	0,07875	0,08984	0,134	0,100863	0,58758

Tabulka č. 9 Naměřené hodnoty produkce skleníkových plynů u potemníka moučného převedené na CO_2-eq

Pro celkovou produkci skleníkových plynů u potemníka brazilského byla vypočtena hodnota 0,0159 g CO2-eq /kg za hodinu u hladové skupiny a 0,0201 g CO2-eq /kg za hodinu u syté skupiny. Kompletní výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 10.

	Potemník brazilský				
	1 hod	2 hod	3 hod	průměr	celkem
etyl/hlad	0,004473	0,004032	0,005166	0,004557	
etan/hlad	0,004788	0,006804	0,00714	0,006244	
CO2/hlad	0,00458	0,0045	0,00627	0,0051167	0,015918
etyl/syt	0,006426	0,009198	0,011655	0,009093	
etan/syt	0,005376	0,003192	0,007896	0,005488	
CO2/syt	0,0047	0,00544	0,00652	0,0055533	0,020134

Tabulka č. 10 Naměřené hodnoty produkce skleníkových plynů u potemníka brazilského převedené na CO2-eq

Celková produkce skleníkových plynů u skupiny nedospělých cvrčků stepních byla změřena 0,249 g CO2-eq /kg za hodinu u hladových. Pro syté byla vypočtena hodnota 0,286 g CO2-eq /kg za hodinu. Podrobné výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 11.

	Cvrček stepní				
	1 hod	2 hod	3 hod	průměr	celkem
etyl/hlad	0,011718	0,031437	0,026397	0,023184	
etan/hlad	0,120288	0,288792	0,22008	0,20972	
CO2/hlad	0,01274	0,0175	0,01732	0,0158533	0,248757
etyl/syt	0,011592	0,020412	0,030618	0,020874	
etan/syt	0,227304	0,237804	0,278292	0,2478	
CO2/syt	0,0123	0,01969	0,01902	0,0170033	0,285677

Tabulka č. 11 Naměřené hodnoty produkce skleníkových plynů u cvrčka stepního - nedospělci převedené na CO2-eq

Pro produkci skleníkových plynů u dospělých cvrčků byly naměřeny následující hodnoty. Pro hladové samce 0,393 g CO2-eq /kg za hodinu a pro hladové samice 0,248 g CO2-eq /kg za hodinu. U skupiny sytých samců byly naměřeny hodnoty 0,452 g CO2-eq /kg za hodinu a u sytých samic byla vypočtena hodnota 0,427 g CO2-eq /kg za hodinu. Kompletní výsledky pro obě pohlaví jsou uvedeny v tabulkách č. 12 a 13.

Cvrček stepní hladový - pohlaví					
	1 hod	2 hod	3 hod	průměr	celkem
etyl/hlad samec	0,032508	0,05355	0,030807	0,038955	
etan/hlad samec	0,30996	0,372372	0,315336	0,332556	
CO2/hlad samec	0,0175	0,02276	0,02516	0,021807	0,393318
etyl/hlad samice	0,017262	0,0252	0,013104	0,018522	
etan/hlad samice	0,219576	0,260568	0,163632	0,214592	
CO2/hlad samice	0,0119	0,01628	0,0164	0,01486	0,247974

Tabulka č. 12 Naměřené hodnoty produkce skleníkových plynů u cvrčka stepního – samci/samice hladoví převedené na CO2-eq

Cvrček stepní sytý - pohlaví					
	1 hod	2 hod	3 hod	průměr	celkem
etyl/syt samec	0,037611	0,040005	0,042777	0,040131	
etan/syt samec	0,39396	0,340116	0,452004	0,39536	
CO2/syt samec	0,01043	0,01528	0,02369	0,016467	0,451958
etyl/syt samice	0,022365	0,02835	0,03843	0,029715	
etan/syt samice	0,305172	0,391272	0,437808	0,378084	
CO2/syt samice	0,01407	0,02477	0,01798	0,01894	0,426739

Tabulka č. 13 Naměřené hodnoty produkce skleníkových plynů u cvrčka stepního – samci/samice sytí převedené na CO2-eq

Poslední sledovanou skupinou byly vykladené a nevykladené samice cvrčka stepního. U této skupiny byly vypočteny hodnoty produkce skleníkových plynů pro nevykladené 0,558 g CO2-eq /kg za hodinu a pro vykladené 0,538 g CO2-eq /kg za hodinu. Podrobné výsledky pro jednotlivé plyny jsou uvedeny v tabulce č. 14.

Cvrček stepní nevykladené/vykladené samice					
	1 hod	2 hod	3 hod	průměr	celkem
etyl/nevykl.	0,07182	0,06363	0,070371	0,068607	
etan/nevykl.	0,423612	0,457464	0,531384	0,47082	
CO2/nevykl.	0,01525	0,01874	0,02085	0,01828	0,557707
etyl/vykl.	0,080262	0,089712	0,051786	0,07392	
etan/vykl.	0,54306	0,510216	0,300048	0,451108	
CO2/vykl.	0,0094	0,01334	0,01739	0,013377	0,538405

Tabulka č. 14 Naměřené hodnoty produkce skleníkových plynů u cvrčka stepního – vykladené/nevykladené samice převedené na CO2-eq

5.2 Statistické vyhodnocení výsledků

Data byla zpracována statistickým programem STATISTICA v.12 firmy StatSoft. Vzhledem k omezenému počtu vzorků byly použity robustní neparametrické metody. Porovnávání dvou nezávislých skupin bylo prováděno Mann-Whitney testem, pro porovnání více nezávislých skupin byla využita analýza variance Kruskal-Wallis.

Pro statistické porovnání byly data rozděleny do skupin dle druhu, u cvrčka stepního byly dále vytvořeny skupiny nedospělých jedinců a dospělých, kteří byly dále rozděleni dle pohlaví. U všech skupin bylo prováděno srovnání produkce skleníkových plynů mezi sytými a hladovými.

U druhu potemníka moučného byl zjištěn statisticky významný rozdíl v produkci u všech tří sledovaných skleníkových plynů. Hodnoty p byly následující. Pro produkci oxidu uhličitého byly hodnota p 0,012186, pro etan p=0,012186 a pro etyl p=0,012186.

Kompletní výsledky Mann-Whitneyova U testu pro potemníka moučného a jednotlivé skleníkové plyny jsou uvedeny v tabulce č. 15a – 17b.

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) (Sheet1 v potemník-1hod) Dle proměn. hmyz Označené testy jsou významné na hladině p <,05000 Sčt poř. Potemník-hladový	Sčt poř. Potemník-nažraný	U	Z	p-hodn.	Z upravené
C02	15,00000	40,00000	0,00	-2,50672	0,012186	-2,51435

Tabulka č. 15a Výsledky Mann-Whitneyova U testu u Tenebrio mollitor pro produkci CO_2 část a

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) (Sheet1 v potemník-1hod) Dle proměn. hmyz Označené testy jsou významné na hladině p <,05000 p-hodn.	N platn. Potemník-hladový	N platn. Potemník-nažraný	2*1str. přesné p
C02	0,011926	5	5	0,007937

Tabulka č. 15b Výsledky Mann-Whitneyova U testu u Tenebrio mollitor pro produkci CO_2 část b

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) (Sheet1 v potemník-1hod) Dle proměn. hmyz Označené testy jsou významné na hladině p <,05000 Sčt poř. Potemník-hladový	Sčt poř. Potemník-nažraný	U	Z	p-hodn.	Z upravené
etan	15,00000	40,00000	0,00	-2,50672	0,012186	-2,50672

Tabulka č. 16a Výsledky Mann-Whitneyova U testu u Tenebrio mollitor pro produkci etanu část a

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) (Sheet1 v potemník-1hod) Dle proměn. hmyz Označené testy jsou významné na hladině p <,05000 p-hodn.	N platn. Potemník-hladový	N platn. Potemník-nažraný	2*1str. přesné p
etan	0,012186	5	5	0,007937

Tabulka č. 16b Výsledky Mann-Whitneyova U testu u Tenebrio mollitor pro produkci etanu část b

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) (Sheet1 v potemník-1hod) Dle proměn. hmyz Označené testy jsou významné na hladině p <,05000 Sčt poř. Potemník-hladový	Sčt poř. Potemník-nažraný	U	Z	p-hodn.	Z upravené
etylen	15,00000	40,00000	0,00	-2,50672	0,012186	-2,50672

Tabulka č. 17a Výsledky Mann-Whitneyova U testu u Tenebrio mollitor pro produkci etylenu část a

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) (Sheet1 v potemník-1hod) Dle proměn. hmyz Označené testy jsou významné na hladině p <,05000 p-hodn.	N platn. Potemník-hladový	N platn. Potemník-nažraný	2*1str. přesné p
etylen	0,012186	5	5	0,007937

Tabulka č. 17b Výsledky Mann-Whitneyova U testu u Tenebrio mollitor pro produkci etylenu část b

Pro skupinu nejmladších vývojových stádií potemníka moučného byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl pouze mezi produkcí oxidu uhličitého. Zde byla zjištěna *p* hodnota 0,012186. Pro ostatní plyny byly zjištěny následující p hodnoty. Pro etan 0,403396 a pro etylen 0,403396. Kompletní výsledky statistické analýzy jsou uvedeny v tabulkách č. 18a – 20b.

	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) (Tabulka1) Dle proměn. Hmyz Označené testy jsou významné na hladině p <,05000					
Proměnná	Sčt poř. Potemník - sytý	Sčt poř. Potemník - hladoví	U	Z	p-hodn.	Z upravené
CO2	15,00000	40,00000	0,00	-2,50672	0,012186	-2,50672

Tabulka č. 18a Výsledky Mann-Whitneyova U testu u nejmladších vývojových stádií Tenebrio molitor pro produkci CO2 část a

	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) (Tabulka1) Dle proměn. Hmyz Označené testy jsou významné na hladině p <,05000			
Proměnná	p-hodn.	N platn. Potemník - sytý	N platn. Potemník - hladoví	2*1str. přesné p
CO2	0,012186	5	5	0,007937

Tabulka č. 18b Výsledky Mann-Whitneyova U testu u nejmladších vývojových stádií Tenebrio molitor pro produkci CO2 část b

	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) (Tabulka1) Dle proměn. Hmyz Označené testy jsou významné na hladině p <,05000				
Proměnná	Sčt poř. Potemník - sytý	Sčt poř. Potemník - hladoví	U	Z	p-hodn.
Etan	32,00000	23,00000	8,000000	0,835573	0,403396

Tabulka č. 19a Výsledky Mann-Whitneyova U testu u nejmladších vývojových stádií Tenebrio molitor pro produkci etanu část a

	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) (Tabulka1) Dle proměn. Hmyz Označené testy jsou významné na hladině p <,05000				
Proměnná	Z upravené	p-hodn.	N platn. Potemník - sytý	N platn. Potemník - hladoví	2*1str. přesné p
Etan	0,835573	0,403396	5	5	0,420635

Tabulka č. 19b Výsledky Mann-Whitneyova U testu u nejmladších vývojových stádií Tenebrio molitor pro produkci etanu část b

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) (Tabulka1) Dle proměn. Hmyz Označené testy jsou významné na hladině p <,05000 Sčt poř. Potemník - sytý	Sčt poř. Potemník - hladoví	U	Z	p-hodn.
Etylen	23,00000	32,00000	8,000000	-0,835573	0,403396

Tabulka č. 20a Výsledky Mann-Whitneyova U testu u nejmladších vývojových stádií Tenebrio molitor pro produkci etylenu část a

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) (Tabulka1) Dle proměn. Hmyz Označené testy jsou významné na hladině p <,05000 Z upravené	p-hodn.	N platn. Potemník - sytý	N platn. Potemník - hladoví	2*1str. přesné p
Etylen	-0,835573	0,403396	5	5	0,420635

Tabulka č. 20b Výsledky Mann-Whitneyova U testu u nejmladších vývojových stádií Tenebrio molitor pro produkci etylenu část b

Pro druh potemníka brazilského nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi skupinami hladových a sytých. Hodnoty *p* pro jednotlivé skleníkové plyny byly následující. Pro oxid uhličitý 1,00, pro etan 0,601508 a pro etylen 0,296271.

Kompletní výsledky statistické analýzy pro druh potemníka brazilského jsou uvedeny v tabulce č. 21a – 23b.

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) (Tabulka1) Dle proměn. Hmyz Označené testy jsou významné na hladině p <,05000 Sčt poř. zophobas - hladový	Sčt poř. zophobas - nažraný	U	Z	p-hodn.
CO2	27,00000	28,00000	12,00000	0,00	1,000000

Tabulka č. 21a Výsledky Mann-Whitneyova U testu u Zophobas morio pro produkci oxidu uhličitého část a

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) (Tabulka1) Dle proměn. Hmyz Označené testy jsou významné na hladině p <,05000 Z upravené	p-hodn.	N platn. zophobas - hladový	N platn. zophobas - nažraný	2*1str. přesné p
CO2	0,00	1,000000	5	5	1,000000

Tabulka č. 21b Výsledky Mann-Whitneyova U testu u Zophobas morio pro produkci oxidu uhličitého část b

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) (Tabulka1) Dle proměn. Hmyz Označené testy jsou významné na hladině p <,05000 Sčt poř. zophobas - hladový	Sčt poř. zophobas - nažraný	U	Z	p-hodn.
etan	24,50000	30,50000	9,500000	-0,522233	0,601508

Tabulka č. 22a Výsledky Mann-Whitneyova U testu u Zophobas morio pro produkci etan část a

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) (Tabulka1) Dle proměn. Hmyz Označené testy jsou významné na hladině p <,05000				
	Z upravené	p-hodn.	N platn. zophobas - hladový	N platn. zophobas - nažraný	2*1str. přesné p
etan	-0,523823	0,600402	5	5	0,547619

Tabulka č. 22b Výsledky Mann-Whitneyova U testu u Zophobas morio pro produkci etan část b

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) (Tabulka1) Dle proměn. Hmyz Označené testy jsou významné na hladině p <,05000				
	Sčt poř. zophobas - hladový	Sčt poř. zophobas - nažraný	U	Z	p-hodn.
etylen	22,00000	33,00000	7,000000	-1,04447	0,296271

Tabulka č. 23a Výsledky Mann-Whitneyova U testu u Zophobas morio pro produkci etylen část a

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) (Tabulka1) Dle proměn. Hmyz Označené testy jsou významné na hladině p <,05000				
	Z upravené	p-hodn.	N platn. zophobas - hladový	N platn. zophobas - nažraný	2*1str. přesné p
etylen	-1,04447	0,296271	5	5	0,309524

Tabulka č. 23b Výsledky Mann-Whitneyova U testu u Zophobas morio pro produkci etylen část b

Statistická analýza u druhu cvrčka stepního byla provedena v několika skupinách. První skupinou byla směs nedospělých jedinců různých vývojových stádií. Analýzou bylo zjištěno, že u žádného stanovovaného skleníkového plynu není statisticky významný rozdíl v produkci mezi hladovými a sytými. Zjištěné *p* hodnoty byly následující: Pro oxid uhličitý 1,00, pro etan 0,080857 a pro etylen 1,00.

Souhrn výsledků pro skupinu nedospělých cvrčků je uveden v tabulkách č. 24a – 26b.

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) (Tabulka1) Dle proměn. Hmyz Označené testy jsou významné na hladině p <,05000					
	Sčt poř. Cvrčci nažraní	Sčt poř. Cvrčci hladoví	U	Z	p-hodn.	Z upravené
CO2	11,00000	10,00000	4,000000	0,00	1,000000	0,00

Tabulka č. 24a Výsledky Mann-Whitneyova U testu u nedospělých Gryllus assimillis pro produkci CO2 část a

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) (Tabulka1) Dle proměn. Hmyz Označené testy jsou významné na hladině p <,05000			
	p-hodn.	N platn. Cvrčci nažraní	N platn. Cvrčci hladoví	2*1str. přesné p
CO2	1,000000	3	3	1,000000

Tabulka č. 24b Výsledky Mann-Whitneyova U testu u nedospělých Gryllus assimillis pro produkci CO2 část b

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) (Tabulka1) Dle proměn. Hmyz Označené testy jsou významné na hladině p <,05000					
	Sčt poř. Cvrčci nažraní	Sčt poř. Cvrčci hladoví	U	Z	p-hodn.	Z upravené
Etan	15,00000	6,000000	0,00	1,745743	0,080857	1,745743

Tabulka č. 25a Výsledky Mann-Whitneyova U testu u nedospělých Gryllus assimillis pro produkci etanu část a

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) (Tabulka1) Dle proměn. Hmyz Označené testy jsou významné na hladině p <,05000			
	p-hodn.	N platn. Cvrčci nažraní	N platn. Cvrčci hladoví	2*1str. přesné p
Etan	0,080857	3	3	0,100000

Tabulka č. 25b Výsledky Mann-Whitneyova U testu u nedospělých Gryllus assimillis pro produkci etanu část b

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) (Tabulka1) Dle proměn. Hmyz Označené testy jsou významné na hladině p <,05000					
	Sčt poř. Cvrčci nažraní	Sčt poř. Cvrčci hladoví	U	Z	p-hodn.	Z upravené
Etylen	10,00000	11,00000	4,000000	0,00	1,000000	0,00

Tabulka č. 26a Výsledky Mann-Whitneyova U testu u nedospělých Gryllus assimillis pro produkci etylenu část a

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) (Tabulka1) Dle proměn. Hmyz Označené testy jsou významné na hladině p <,05000			
	p-hodn.	N platn. Cvrčci nažraní	N platn. Cvrčci hladoví	2*1str. přesné p
Etylen	1,000000	3	3	1,000000

Tabulka č. 26b Výsledky Mann-Whitneyova U testu u nedospělých Gryllus assimillis pro produkci etylenu část b

Další testovanou skupinou byla skupina dospělých cvrčků stepních. U této skupiny opět nebyly zjištěny žádné statisticky významné rozdíly u žádného ze sledovaných skleníkových plynů. Byly zjištěny následující *p* hodnoty. U oxidu uhličitého 1,00 pro srovnání hladových samců a hladových samic, 1,00 u srovnání hladových samců a sytých samic, 0,846190 pro srovnání hladových samců a sytých samců, 1,00 při srovnání hladových a sytých samic, 1,00 pro srovnání hladových samic a sytých samců a 1,00 pro syté samce a samice.

U produkce etanu byly zjištěny následující *p* hodnoty. Pro porovnání hladových samců a hladových samic 1,00, pro hladové samce a syté samice 1,00, pro hladové samce a syté samce 0,846190, pro hladové a syté samice 1,00, pro hladové samice a syté samce 0,104503 a pro syté samce a syté samice 1,00.

Při statistické analýze produkce etylenu byly zjištěny následující *p* hodnoty. 0,370357 pro hladové samce a samice, 1,00 pro hladové samce a syté samice, 1,00 pro hladové a syté samce, 1,00 pro hladové a syté samice, 0,370357 pro hladové samice a syté samce a 1,00 pro syté samce a samice.

Kompletní přehled výsledků statistické analýzy pro skupinu dospělých cvrčků stepních je uveden v tabulkách č. 27 – 29.

	Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); CO2 (Sheet1 v cvrčci-pohlaví) Nezávislá (grupovací) proměnná : cvrčci Kruskal-Wallisův test: H (3, N= 12) =2,794872 p =,4243			
Závislá: CO2	Samci-hladoví R:8,6667	Samice-hladové R:5,3333	Samice-nažrané R:7,6667	Samci-nažraní R:4,3333
Samci-hladoví		1,000000	1,000000	0,846190
Samice-hladové	1,000000		1,000000	1,000000
Samice-nažrané	1,000000	1,000000		1,000000
Samci-nažraní	0,846190	1,000000	1,000000	

Tabulka č. 27 Výsledky Kruskal-Wallisova testu u samců a samic Gryllus assimillis pro oxid uhličitý

	Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); etan (Sheet1 v cvrčci-pohlaví) Nezávislá (grupovací) proměnná : cvrčci Kruskal-Wallisův test: H (3, N= 12) =5,769231 p =,1234			
Závislá: etan	Samci-hladoví R:6,0000	Samice-hladové R:3,3333	Samice-nažrané R:6,3333	Samci-nažraní R:10,333
Samci-hladoví		1,000000	1,000000	0,846190
Samice-hladové	1,000000		1,000000	0,104503
Samice-nažrané	1,000000	1,000000		1,000000
Samci-nažraní	0,846190	0,104503	1,000000	

Tabulka č. 28 Výsledky Kruskal-Wallisova testu u samců a samic Gryllus assimillis pro etan

Závislá: etylen	Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); etylen (Sheet1 v cvrčci-pohlaví) Nezávislá (grupovací) proměnná : cvrčci Kruskal-Wallisův test: H (3, N= 12) =5,364912 p =,1469			
	Samci-hladoví R:8,8333	Samice-hladové R:3,3333	Samice-nažrané R:5,0000	Samci-nažraní R:8,8333
Samci-hladoví		0,370357	1,000000	1,000000
Samice-hladové	0,370357		1,000000	0,370357
Samice-nažrané	1,000000	1,000000		1,000000
Samci-nažraní	1,000000	0,370357	1,000000	

Tabulka č. 29 Výsledky Kruskal-Wallisova testu u samců a samic Gryllus assimillis pro etylen

Další statistické porovnání bylo provedeno mezi nedospělými cvrčky, samci a samicemi. V této analýze byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl pouze v produkci etanu mezi sytými samci a hladovými nedospělci. U produkcí ostatních plynů nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl. U zjištěného rozdílu byla vypočtena *p* hodnota 0,025748.

Všechny *p* hodnoty jednotlivých porovnání mezi vývojovými stádii jsou uvedeny v tabulkách č. 30 - 32.

Závislá: CO2	Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); CO2 (Tabulka1) Nezávislá (grupovací) proměnná : Hmyz Kruskal-Wallisův test: H (5, N= 18) =3,713450 p =,5914		
	Cvrčci nažraní R:10,000	Cvrčci hladoví R:9,6667	cvrčci samci hladoví R:13,000
Cvrčci nažraní		1,000000	1,000000
Cvrčci hladoví	1,000000		1,000000
cvrčci samci hladoví	1,000000	1,000000	
cvrčci samci sytí	1,000000	1,000000	1,000000
Cvrčci samice hladové	1,000000	1,000000	1,000000
Cvrčci samice syté	1,000000	1,000000	1,000000

Tabulka č. 30 Výsledky Kruskal-Wallisova testu u jednotlivých vývojových stádií Gryllus assimillis pro oxid uhličitý

Závislá: Etan	Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); Etan (Tabulka1) Nezávislá (grupovací) proměnná : Hmyz Kruskal-Wallisův test: H (5, N= 18) =11,80702 p =,0375		
	Cvrčci nažraní R:7,3333	Cvrčci hladoví R:2,6667	cvrčci samci hladoví R:11,667
Cvrčci nažraní		1,000000	1,000000
Cvrčci hladoví	1,000000		0,584212
cvrčci samci hladoví	1,000000	0,584212	
cvrčci samci sytí	0,584212	*0,025748*	1,000000
Cvrčci samice hladové	1,000000	1,000000	1,000000
Cvrčci samice syté	1,000000	0,584212	1,000000

Tabulka č. 31 Výsledky Kruskal-Wallisova testu u jednotlivých vývojových stádií Gryllus assimillis pro etan

Závislá: Etylen	Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); Etylen (Tabulka1) Nezávislá (grupovací) proměnná : Hmyz Kruskal-Wallisův test: H (5, N= 18) =12,46901 p =,0289		
	Cvrčci nažraní R:4,0000	Cvrčci hladoví R:4,3333	cvrčci samci hladoví R:14,833
Cvrčci nažraní		1,000000	0,194143
Cvrčci hladoví	1,000000		0,240033
cvrčci samci hladoví	0,194143	0,240033	
cvrčci samci sytí	0,194143	0,240033	1,000000
Cvrčci samice hladové	1,000000	1,000000	1,000000
Cvrčci samice syté	1,000000	1,000000	1,000000

Tabulka č. 32 Výsledky Kruskal-Wallisova testu u jednotlivých vývojových stádií Gryllus assimillis pro etylen

Předposlední sledovanou skupinou byly vykladené a nevykladené samice. U této skupiny nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl v produkci skleníkových plynů. Jednotlivé *p* hodnoty pro jednotlivé skleníkové plyny v této skupině byly následující. Pro oxid uhličitý 0,662521, pro etan 0,382734 a pro etylen 0,662521.

Kompletní výsledky statistické analýzy jsou uvedeny v tabulkách č. 33a – 35b.

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) (Tabulka1) Dle proměn. Hmyz Označené testy jsou významné na hladině p <,05000				
	Sčt poř. Cvrček - vykladený	Sčt poř. Cvrček - nevykladený	U	Z	p-hodn.
CO2	9,000000	12,00000	3,000000	-0,436436	0,662521

Tabulka č. 33a Výsledky Mann-Whitneyova U testu u vykladených a nevykladených Gryllus assimillis pro produkci CO2 část a

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) (Tabulka1) Dle proměn. Hmyz Označené testy jsou významné na hladině p <,05000				
	Z upravené	p-hodn.	N platn. Cvrček - vykladený	N platn. Cvrček - nevykladený	2*1str. přesné p
CO2	-0,436436	0,662521	3	3	0,700000

Tabulka č. 33b Výsledky Mann-Whitneyova U testu u u vykladených a nevykladených Gryllus assimillis pro produkci CO2 část b

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) (Tabulka1) Dle proměn. Hmyz Označené testy jsou významné na hladině p <,05000				
	Sčt poř. Cvrček - vykladený	Sčt poř. Cvrček - nevykladený	U	Z	p-hodn.
etan	13,00000	8,000000	2,000000	0,872872	0,382734

Tabulka č. 34a Výsledky Mann-Whitneyova U testu u vykladených a nevykladených Gryllus assimillis pro produkci etanu část a

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) (Tabulka1) Dle proměn. Hmyz Označené testy jsou významné na hladině p <,05000				
	Z upravené	p-hodn.	N platn. Cvrček - vykladený	N platn. Cvrček - nevykladený	2*1str. přesné p
etan	0,872872	0,382734	3	3	0,400000

Tabulka č. 34b Výsledky Mann-Whitneyova U testu u vykladených a nevykladených Gryllus assimillis pro produkci etanu část b

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) (Tabulka1) Dle proměn. Hmyz Označené testy jsou významné na hladině p <,05000				
	Sčt poř. Cvrček - vykladený	Sčt poř. Cvrček - nevykladený	U	Z	p-hodn.
etylen	12,00000	9,000000	3,000000	0,436436	0,662521

Tabulka č. 35a Výsledky Mann-Whitneyova U testu u vykladených a nevykladených Gryllus assimillis pro produkci etylenu část a

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) (Tabulka1) Dle proměn. Hmyz Označené testy jsou významné na hladině p <,05000				
	Z upravené	p-hodn.	N platn. Cvrček - vykladený	N platn. Cvrček - nevykladený	2*1str. přesné p
etylen	0,436436	0,662521	3	3	0,700000

Tabulka č. 35b Výsledky Mann-Whitneyova U testu u vykladených a nevykladených Gryllus assimillis pro produkci etylenu část b

Poslední statistická analýza se týkala porovnání všech sledovaných druhů jedlého hmyzu mezi sebou. V tomto srovnání byl zjištěn statisticky významný rozdíl v produkci oxidu uhličitého mezi druhy potemník moučný a potemník brazilský a mezi potemníkem brazilským a cvrčkem stepním. V těchto případech byly stanoveny následující *p* hodnoty. Pro potemníka moučného a potemníka brazilského 0,013663 a pro srovnání potemníka moučného a cvrčka stepního 0,025082. V produkci etanu byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl mezi potemníkem moučným a potemníkem brazilským. Zde byla stanovena *p* hodnota 0,001395. U produkce etylenu byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi potemníkem moučným a potemníkem brazilským. Hodnota *p* v tomto případu byla stanovena 0,001963.

Podrobné výsledky statistické analýzy mezi jednotlivými druhy jedlého hmyzu jsou uvedeny v tabulkách č. 36- 38.

Závislá: CO2	Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); CO2 (Sheet1 v hmyz-druhy) Nezávislá (grupovací) proměnná : hmyz Kruskal-Wallisův test: H (2, N= 16) =11,34706 p =,0034		
	Potemník-nažraný R:12,200	cvrčci R:13,000	zophobas R:4,5000
Potemník-nažraný		1,000000	*0,013663*
cvrčci	1,000000		*0,025082*
zophobas	*0,013663*	*0,025082*	

Tabulka č. 36 Výsledky Kruskal-Wallisova testu u jednotlivých druhů jedlého hmyzu pro produkci oxidu uhličitého

Závislá: etan	Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); etan (Sheet1 v hmyz-druhy) Nezávislá (grupovací) proměnná : hmyz Kruskal-Wallisův test: H (2, N= 16) =12,63623 p =,0018		
	Potemník-nažraný R:14,000	cvrčci R:10,000	zophobas R:4,5000
Potemník-nažraný		0,749879	*0,001395*
cvrčci	0,749879		0,263807
zophobas	*0,001395*	0,263807	

Tabulka č. 37 Výsledky Kruskal-Wallisova testu u jednotlivých druhů jedlého hmyzu pro produkci etanu

Závislá: etylen	Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); etylen (Sheet1 v hmyz-druhy) Nezávislá (grupovací) proměnná : hmyz Kruskal-Wallisův test: H (2, N= 16) =11,72794 p =,0028		
	Potemník-nažraný R:14,000	cvrčci R:9,3333	zophobas R:4,7500
Potemník-nažraný		0,538604	*0,001963*
cvrčci	0,538604		0,465086
zophobas	*0,001963*	0,465086	

Tabulka č. 38 Výsledky Kruskal-Wallisova testu u jednotlivých druhů jedlého hmyzu pro produkci etylenu

6 DISKUZE

Oonincx (2010) ve své studii uvádí, že produkce oxidu uhličitého závisí na druhu a vývojovém stádiu jedlého hmyzu. Hodnoty naměřené v tomto pokusu byly u jednotlivých druhů několika násobně nižší (cvrček stepní – 0,0171g/kg ŽV; potemník moučný – 0,0160 g/kg ŽV a potemník brazilský – 0,0056 g/kg ŽV), než udává studie Oonincx (2010) (cvrček domácí – 1,464 g/kg ŽV, potemník moučný – 1,031 g/kg ŽV). Tyto markantní rozdíly jsou dle mého názoru způsobené tím, že měření produkce oxidu uhličitého v tomto pokusu probíhalo bez přítomnosti krmného substrátu, kdežto u studie Oonincx (2010) je měření prováděno za jeho přítomnosti. V tom případě je pravděpodobné, že značnou část skleníkových plynů produkovaly mikroorganismy vyskytující se v krmném substrátu. Rumpold a Schlüter (2013) ve své práci uvádějí, že v chovech jedlého hmyzu se nacházejí následující mikroorganismy: *Escherichia coli* a *Klebsiella aerogenes* u čerstvých a *Staphylococus* sp. u tepelně upravených larev druhu *Rhynchophorus phoenicis.* Ze střeva a povrchu těla larev mouchy domácí byly izolovány patogenní mikroorganismy *Staphylococcus aureus, Pseudomonas aeruginosa, Aspergillus tamarii* a *Bacillus cereus* a nepatogenní mikroorganismy *Bacillus subtilis* a *Stroplococcus faecalis*. Stejné mikroorganismy byly zjištěny i u druhu *Oryctes monocerus*. U čerstvých jedinců druhu *Acheta domestica* byla zjištěna vysoká úroveň výskytu mikroorganismů a to především sporogenních bakterií a enterobakterií, což je typické pro čerstvé potraviny získávané z půdy. Dle studie Němcové, Kalhotky a Fišerové (2011) produkují některé z těchto mikroorganismů značné množství plynů, především oxidu uhličitého. *Escherichia coli* produkuje při teplotě 25°C cca 158,673 μg oxidu uhličitého za hodinu a při teplotě 30°C již 270,76 μg CO_2 za hodinu v závislosti na substrátu a množství přítomných mikroorganismů. Právě z důvodu možného výskytu některých patogenních mikroorganismů, je nezbytné jedlý hmyz před konzumací alespoň pasterovat, popřípadě sterilizovat při teplotě 110 – 150 °C. Co se týče vlivu vývojového stádia, tak toto tvrzení nemohu potvrdit, protože u cvrčka stepního nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl v produkci oxidu uhličitého mezi sledovanými vývojovými stádii.

Oonincxs (2010) dále ve své práci uvádí, že produkce oxidu uhličitého je u sytého *T. molitor* 5 – 10 vyšší než u hladového. Toto tvrzení se nám podařilo vyvrátit. V pokusu k této diplomové práci jsme zjišťovali produkci CO_2 jak pro skupinu sytých, tak hladových *T. molitor* a bylo zjištěno, že produkce oxidu uhličitého je u sytých vyšší, ale pouze 2,107 krát.

Phelippe a Nicks (2014) ve své studii uvádějí produkci oxidu uhličitého u vykrmovaných prasat dle živé hmotnosti. Prase o živé hmotnosti 70 kg vyprodukuje 1,55 kg CO_2 za den. Po přepočtu produkce na kg živé hmotnosti za hodinu to odpovídá hodnotě 0,923 g/kg. V porovnání s produkcí oxidu uhličitého u druhů jedlého hmyzu sledovaných v této diplomové práci (Tabulka č.8) se jedná o hodnotu velmi vysokou. Za předpokladu, že při porovnání zohledníme výtěžnost a výživové hodnoty vepřového masa, tak dle našeho názoru, musíme dojít k závěru, že jedlý hmyz je vyprodukuje na kg požitelné hmoty podstatně méně oxidu uhličitého než prase na kg svaloviny.

Henn a kol. (2015) ve svém výzkumu zjišťoval mimo jiné i produkci oxidu uhličitého u brojlerových kuřat Cob 500 a C44. V jeho práci jsou hodnoty udávány na 2 kg ŽV za dobu 42 dní a rozděleny dle pohlaví a sledovaného hybrida. Hodnoty pro Cob 500 jsou 1794,3 g pro samce a 2016,5 g pro samice. U brojlerů C44 jsou hodnoty pro samce 2617,7g a pro samice 3092,3g. Po přepočtení těchto hodnot na produkci oxidu uhličitého na 1 kg ŽV za hodinu. Byly zjištěny následující hodnoty. Samci Cob 500 0,89g CO_2/kg ŽV/h, samice Cob 500 1,00g CO_2/kg ŽV/h. Pro brojlery C44 byly zjištěny hodnoty 1,298g CO_2/kg ŽV/h pro samce a 1,534g CO_2/kg ŽV/h. Po srovnání s hodnotami naměřenými u sledovaných druhů jedlého hmyzu bylo zjištěno, že se jedná o hodnoty, které jsou 10 – 100 krát vyšší v závislosti na druhu a vývojovém stádiu jedlého hmyzu.

Hristov a kol. (2015) ve svém výzkumu uvádí průměrnou produkci oxidu uhličitého u telat 639,57 g/kg ŽH za den, což po přepočtení na g/kg ŽH za hodinu, činí 26,649 g. Tato hodnota v porovnání s výsledky uvedenými v této diplomové práci je 1000 – 10000 krát vyšší v závislosti na druhu jedlého hmyzu.

Dále je vhodné porovnat celkovou produkci všech skleníkových plynů přímo produkovaných sledovanými zvířaty.

Podkówka a kol. (2015) ve své práci uvádí produkci metanu pro Českou republiku 114,95 kg metanu/ks skotu za rok a produkci oxidu dusného 0,7 kg/ks skotu za rok při živé hmotnosti 585 kg. Po přepočtení na produkci v g CO_2-eq/kg za hodinu získáme pro metan hodnotu 0,4704 g CO_2-eq a pro oxid dusný hodnotu 0,0423g CO_2-eq/kg/h. Produkci oxidu uhličitého v práci neuvádí. Z těchto hodnot vyplývá, že celková produkce je 0,5127g CO_2-eq/kg za hodinu. Při srovnání s produkcí u jedlého hmyzu lze zjistit, že v produkci není nikterak výrazný rozdíl především v porovnání s dospělci cvrčka stepního. Výrazný rozdíl je pouze v porovnání s potemníkem brazilským a hladovým po-

temníkem moučným. Tento malý rozdíl dle mého názoru může být způsobený tím, že v produkci skleníkových plynů není počítáno s produkcí oxidu uhličitého.

Brouček a Čermáková (2015) ve své práci uvádějí u brojlerů produkci metanu 82,636mg/kg za hodinu, oxidu dusného 0,409 mg/kg za hodinu a oxidu uhličitého 73,11 kg/ks za rok, což po přepočtu činí 4,347 g/kg za hodinu. Celková produkce skleníkových plynů v chovu brojlerů je 6,209g CO_2-eq/kg za hodinu. Při porovnání s jedlým hmyzem dojdeme k závěru, že produkce skleníkových plynů je u hmyzu cca o 5 – 5,5 g nižší než u brojlerů. Tento rozdíl je dle mého názoru způsoben vyšší intenzitou metabolismu u drůbeže.

Zervas a Tsiplakou (2011) ve své práci uvádějí roční produkci skleníkových plynů u malých přežvýkavců na hodnotách 10,87 kg/ kg živé váhy pro oxid uhličitý a 0,207 kg/ kg živé váhy pro metan. Po přepočtení na produkci v g/ kg za hodinu a ekvivalent oxidu uhličitého získáme následující hodnoty. Pro CO_2 1,241 g/kg za hodinu a pro metan 0,496 g CO_2-eq/kg za hodinu. Hodnoty emisí oxidu dusného produkovaných přímo zvířaty autor neuvádí. Celková produkce tedy činí 1,737g CO_2-eq/kg za hodinu. Pokud tyto hodnoty porovnáme s hodnotami naměřenými u jedlého hmyzu, dojdeme k závěru, že produkce skleníkových plynů u sledovaných druhů jedlého hmyzu je nižší cca o 1 – 1,5 g CO_2-eq/ kg za hodinu. Tento fakt je dle mého názoru způsoben tím, že do produkce skleníkových plynů u malých přežvýkavců je započtena i produkce metanu ze skladování chlévské mrvy.

Zervas a Tsiplakou (2011) dále uvádějí produkce skleníkových plynů u prasat. Konkrétně udávají hodnoty 6,36 kg CO_2/kg živé váhy za rok a 0,102 kg CH_4/kg živé váhy za rok. Po přepočtení těchto hodnot na g CO_2-eq/kg za hodinu získáme hodnoty 0,726 g pro oxid uhličitý a 0,245 g CO_2-eq/ kg za hodinu pro metan. Hodnoty produkce oxidu dusného autor opět neuvádí. Celková produkce tedy činí 0,971g CO_2-eq/kg za hodinu. Ta to hodnota je v porovnání se sledovanými druhy jedlého hmyzu vyšší. Tento fakt je dle mého názoru opět způsoben započítáním emisí metanu ze skladování chlévské mrvy.

7 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo zjistit produkci skleníkových plynů u vybraných druhů jedlého hmyzu a tuto produkci porovnat s ostatními hospodářskými zvířaty. Dílčí částí práce byly porovnání produkce skleníkových plynů mezi jednotlivými druhy jedlého hmyzu, které byly rozděleny na skupiny sytých a hladových.

Během statistické analýzy byl zjištěn průkazný rozdíl mezi skupinami sytých a hladových u druhu *Tenebrio molitor* a to u všech tří měřených plynů, dále u *Gryllus assimilis* v produkci etanu mezi sytými samci a hladovými nedospělci. Při porovnání všech sledovaných druhů byl zjištěn statisticky významný rozdíl v produkci CO_2 mezi potemníkem moučným a potemníkem brazilským a mezi potemníkem brazilským a cvrčkem stepním. Poslední statisticky významný rozdíl byl v produkci etanu a etylenu mezi potemníkem moučným a potemníkem brazilským.

Při porovnávání sledovaných druhů jedlého hmyzu a hospodářských zvířat bylo zjištěno, že jedlý hmyz produkuje řádově 100 – 1000 krát méně oxidu uhličitého než hospodářská zvířata. Tento rozdíl je dle Quinlan a Gibbs (2006) způsoben fyziologií dýchání hmyzu a to především nesouvislým výdejem oxidu uhličitého z organismu, což má za úkol snížit výdej vody z těla hmyzu.

Při porovnávání celkových produkcí skleníkových plynů mezi jedlým hmyzem a hospodářskými zvířaty udávaných v ekvivalentu oxidu uhličitého bylo zjištěno, že rozdíly nejsou tak markantní, jak by se mohlo zdát. Tyto rozdíly se pohybují v rozmezí 0,5 – 1,5 g CO_2-eq/kg.

Vezmeme-li v úvahu výživové hodnoty jedlého hmyzu, tak lze jeho velkochov doporučit, protože pro zajištění denní potřeby živin je potřeba menší množství hmyzu než masa hospodářských zvířat.

Jelikož je tato diplomová práce jednou z mála prací zabývajících se touto problematikou, je bezesporu jasné, že před jasným rozhodnutím zda je chov jedlého hmyzu šetrnější k životnímu prostředí než chov hospodářských zvířat či nikoli, bude zapotřebí ještě mnoho výzkumů.

8 POUŽITÁ LITERATURA

1. BALNAR, Antonín. *Příčiny a důsledky vlivu člověka na životní prostředí z fyzikálního hlediska*. Vyd. 1. Ostrava: Wichterlovo gymnázium, 2008, 55 s. ISBN 978-80-87058-06-0.
2. BROUČEK, Jan a Bohuslav ČERMÁK. Emission of Harmful Gases from Poultry Farms and Possibilities of Their Reduction. Ekologia [online]. 2015-01-1, 34(1), - [cit. 2016-04-24]. DOI: 10.1515/eko-2015-0010. ISSN 1337-947x. Dostupné z: http://www.degruyter.com/view/j/eko.2015.34.issue-1/eko-2015-0010/eko-2015-0010.xml
3. BRUINS, Eugene. Teraristika: encyklopedie. 2. vyd. Čestlice: Rebo, 2005. Encyklopedie (Rebo). ISBN 80-723-4477-3.
4. FISEROVA, H., KULA. E., KLEMS, M., REINôHL, V, 2001. Phytohormones as indicators of the degree of damage in birch. Biológia, 56/4: 405-409.
5. FISEROVA, H., MIKUSOVA, Z., KLEMS, M. (2008). Estimation of ethylene production and 1aminocyclopropane-1-carboxylic acid content in plants by means. Plant, Soil and Environment. Sv. 54, č. (2), s. 55-60. ISSN 1214–1178.
6. FIŠEROVÁ, H., HRADILIK, J., 1994. Produkce etylénu a etanu při tvorbě adventivních kořenů na stonkových segmentech révy vinné. (Ethylene and ethane production during adventitious root formation on vine stem segments) Rostlinná vyroba, 40: 755 – 762.
7. HENN, J. D., L. BOCKOR, R. BORILLE, A. COLDEBELLA, A. M. L. RIBEIRO a A. M. KESSLER. Determination of the equation parameters of carbon flow curves and estimated carbon flow and CO 2 emissions from broiler production. *Poultry Science* [online]. 2015, **94**(9), 2303-2312 [cit. 2016-02-22]. DOI: 10.3382/ps/pev178. ISSN 0032-5791. Dostupné z: http://ps.oxfordjournals.org/lookup/doi/10.3382/ps/pev178
8. HRISTOV, Alexander N., Joonpyo OH, Fabio GIALLONGO, et al. The Use of an Automated System (GreenFeed) to Monitor Enteric Methane and Carbon Dioxide Emissions from Ruminant Animals. *Journal of Visualized Experiments* [online]. 2015, (103), - [cit. 2016-02-22]. DOI: 10.3791/52904. ISSN 1940-087x. Dostupné z: http://www.jove.com/video/52904/the-use-an-automated-system-greenfeed-to-monitor-enteric-methane

9. HRSTKA, M. Dlouhodobý účinek zvýšené koncentrace oxidu uhličitého na aktivitu enzymu ribulosa-1,5-bisfosfátkyrboxylasy/oxygenasy u smrku ztepilého. Disertační práce VUT, Brno 2004.
10. KAMENÍČEK, Jiří a kol. *Anorganická chemie*. 4. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009. ISBN 978-802-4423-876.
11. LIU, Wei, Saddam HUSSAIN, Lishu WU, et al. Greenhouse gas emissions, soil quality, and crop productivity from a mono-rice cultivation system as influenced by fallow season straw management. *Environmental Science and Pollution Research* [online]. 2016, **23**(1), 315-328 [cit. 2016-04-19]. DOI: 10.1007/s11356-015-5227-7. ISSN 0944-1344. Dostupné z: http://link.springer.com/10.1007/s11356-015-5227-7
12. Marie Borkovcová a kol. *Kuchyně hmyzem zpestřená*. Brno: Lynx, 2009. ISBN 978-808-6787-374.
13. NÁTR, Lubomír. *Koncentrace CO2 a rostliny*. Praha : ISV nakladatelství, 2000. 257 s. ISBN 80-85866-65-5.
14. NĚMCOVÁ, Michaela, Libor KALHOTKA a Helena FIŠEROVÁ. Mlékařské listy: METABOLICKÁ AKTIVITA VYBRANÝCH MIKROORGANISMŮ V KRAVSKÉM A KOZÍM MLÉCE [online]. 2011, (125) [cit. 2016-03-29]. ISSN 1212-950X.
15. *Nové universum: všeobecná encyklopedie A-Ž*. 1. vyd. V Praze: Knižní klub, 2003, 1303 s. ISBN 80-242-1069-X.
16. OONINCX, Dennis G. A. B., Joost VAN ITTERBEECK, Marcel J. W. HEETKAMP, Henry VAN DEN BRAND, Joop J. A. VAN LOON, Arnold VAN HUIS a Immo A. HANSEN. An Exploration on Greenhouse Gas and Ammonia Production by Insect Species Suitable for Animal or Human Consumption. *PLoS ONE* [online]. 2010-12-29, vol. 5, issue 12, e14445- [cit. 2015-02-06]. DOI: 10.1371/journal.pone.0014445. Dostupné z: http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0014445
17. Opio, C., Gerber, P., Mottet, A., Falcucci, A., Tempio, G., MacLeod, M., Vellinga, T., Henderson, B. & Steinfeld, H. 2013. Greenhouse gas emissions from ruminant supply chains – A global life cycle assessment. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

18. P. J. GERBER a kol. *Tackling climate change through livestock a global assessment of emissions and mitigation opportunities* [online]. Rome: FAO, 2013 [cit. 2015-11-11]. ISBN 978-925-1079-218.
19. PHILIPPE, F.-X. a B. NICKS. Review on greenhouse gas emissions from pig houses: Production of carbon dioxide, methane and nitrous oxide by animals and manure. *Agriculture, Ecosystems & Environment* [online]. 2015, vol. 199, s. 10-25 [cit. 2015-03-10]. DOI: 10.1016/j.agee.2014.08.015
20. PODKÓWKA, Zbigniew, Bohuslav ČERMÁK, Witold PODKÓWKA a Jan BROUČEK. Greenhouse Gas Emissions From Cattle. *Ekologia* [online]. 2015-01-1, **34**(1), - [cit. 2016-04-24]. DOI: 10.1515/eko-2015-0009. ISSN 1337-947x. Dostupné z: http://www.degruyter.com/view/j/eko.2015.34.issue-1/eko-2015-0009/eko-2015-0009.xml
21. PROKEŠ, J. FIŠEROVÁ, H., HELÁNOVÁ, A. HARTMANN, J.: Význam oxidu uhličitého a ethylenu v procesu sladování. Kvas. Prům., 52, 2006, 11-12, 349
22. QUINLAN, Michael C. a Allen G. GIBBS. Discontinuous gas exchange in insects. Respiratory Physiology [online]. 2006, 154(1-2), 18-29 [cit. 2016-04-26]. DOI: 10.1016/j.resp.2006.04.004. ISSN 15699048. Dostupné z: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1569904806001406
23. RIETSCHEL, Siegfried. Hmyz: klíč ke spolehlivému určování - 3 znaky. 1. vyd. Čestlice: Rebo, 2004. Průvodce přírodou (Rebo). ISBN 80-7234-294-0.
24. RUMPOLD, Birgit A. a Oliver K. SCHLÜTER. Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* [online]. 2013, **17**, 1-11 [cit. 2016-03-29]. DOI: 10.1016/j.ifset.2012.11.005. ISSN 14668564. Dostupné z: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1466856412001452
25. SOLOMON, Susan. *Climate change 2007: the physical science basis : contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. New York: Cambridge University Press, 2007, viii, 996 p. ISBN 0521705967.
26. STEINFELD, Henning, Pierre GERBER, T WASSENAAR, Vincent CASTEL, Rosales M., Mauricio. ROSALES M., MAURICIO. a Cees de HAAN. *Livestock's long shadow: environmental issues and options*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006, xxiv, 390 p. ISBN 92-510-5571-8.

27. ŠKRABALOVÁ, B. Jak na hmyz [online]. 2011 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: http://www.jaknahmyz.cz/
28. TÁBORSKÁ, Eva a Jaromír SLÁMA. *Lékařská chemie*. 2. přeprac. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2005, 155 s. ISBN 978-80-210-3790-8.
29. WRAGE, N, G.L VELTHOF, M.L van BEUSICHEM a O OENEMA. Role of nitrifier denitrification in the production of nitrous oxide. *Soil Biology and Biochemistry* [online]. 2001, vol. 33, 12-13, s. 1723-1732 [cit. 2015-03-10]. DOI: 10.1016/s0038-0717(01)00096-7.
30. ZERVAS, G. a E. TSIPLAKOU. An assessment of GHG emissions from small ruminants in comparison with GHG emissions from large ruminants and monogastric livestock. *Atmospheric Environment* [online]. 2012, **49**, 13-23 [cit. 2016-04-26]. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2011.11.039. ISSN 13522310. Dostupné z: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1352231011012258

9 SEZNAM TABULEK A GRAFŮ

9.1 Seznam tabulek

Tabulka č. 1 Naměřené hodnoty skleníkových plynů u potemníka moučného – hladoví/sytí 20
Tabulka č.2 Naměřené hodnoty skleníkových plynů u potemníka moučného 21
Tabulka č. 3 Naměřené hodnoty skleníkových plynů u potemníka brazilského 22
Tabulka č. 4 Naměřené hodnoty skleníkových plynů u cvrčka stepního – nedospělci hladoví/sytí 23
Tabulka č. 5 Naměřené hodnoty skleníkových plynů u cvrčka stepního – samci/samice hladoví 24
Tabulka č. 6 Neměřené hodnoty skleníkových plynů u cvrčka stepního – dospělci sytí/hladoví 25
Tabulka č. 7 Naměřené hodnoty skleníkových plynů u cvrčka stepního – samice vykladené/nevykladené 26
Tabulka č. 8 Přehled naměřených hodnot u jednotlivých druhů jedlého hmyzu sledovaných v této diplomové práci převedené na g/kg živé váhy 28
Tabulka č. 9 Naměřené hodnoty produkce skleníkových plynů u potemníka moučného převedené na CO_2-eq 29
Tabulka č. 10 Naměřené hodnoty produkce skleníkových plynů u potemníka brazilského převedené na CO2-eq 29
Tabulka č. 11 Naměřené hodnoty produkce skleníkových plynů u cvrčka stepního - nedospělci převedené na CO2-eq 30
Tabulka č. 12 Naměřené hodnoty produkce skleníkových plynů u cvrčka stepního – samci/samice hladoví převedené na CO2-eq 30
Tabulka č. 13 Naměřené hodnoty produkce skleníkových plynů u cvrčka stepního – samci/samice sytí převedené na CO2-eq 30
Tabulka č. 14 Naměřené hodnoty produkce skleníkových plynů u cvrčka stepního – vykladené/nevykladené samice převedené na CO2-eq 31
Tabulka č. 15(a,b) Výsledky Mann-Whitneyova U testu u Tenebrio mollitor pro produkci CO_2 část a,b 32
Tabulka č. 16(a,b) Výsledky Mann-Whitneyova U testu u Tenebrio mollitor pro produkci etanu část a,b 32

Tabulka č. 17(a,b) Výsledky Mann-Whitneyova U testu u Tenebrio mollitor pro produkci etylenu část a,b 32
Tabulka č. 18(a,b) Výsledky Mann-Whitneyova U testu u nejmladších vývojových stádií Tenebrio molitor pro produkci CO2 část a,b 33
Tabulka č. 19(a,b) Výsledky Mann-Whitneyova U testu u nejmladších vývojových stádií Tenebrio molitor pro produkci etanu část a,b 33
Tabulka č. 20(a,b) Výsledky Mann-Whitneyova U testu u nejmladších vývojových stádií Tenebrio molitor pro produkci etylenu část a,b 34
Tabulka č. 21(a,b) Výsledky Mann-Whitneyova U testu u Zophobas morio pro produkci oxidu uhličitého část a,b 34
Tabulka č. 22(a,b) Výsledky Mann-Whitneyova U testu u Zophobas morio pro produkci etan část a,b 34
Tabulka č. 23(a,b) Výsledky Mann-Whitneyova U testu u Zophobas morio pro produkci etylen část a,b 35
Tabulka č. 24(a,b) Výsledky Mann-Whitneyova U testu u nedospělých Gryllus assimillis pro produkci CO2 část a,b 35
Tabulka č. 25(a,b) Výsledky Mann-Whitneyova U testu u nedospělých Gryllus assimillis pro produkci etanu část a,b 36
Tabulka č. 26(a,b) Výsledky Mann-Whitneyova U testu u nedospělých Gryllus assimillis pro produkci etylenu část a,b 36
Tabulka č. 27 Výsledky Kruskal-Wallisova testu u samců a samic Gryllus assimillis pro oxid uhličitý 37
Tabulka č. 28 Výsledky Kruskal-Wallisova testu u samců a samic Gryllus assimillis pro etan 37
Tabulka č. 29 Výsledky Kruskal-Wallisova testu u samců a samic Gryllus assimillis pro etylen 38
Tabulka č. 30 Výsledky Kruskal-Wallisova testu u jednotlivých vývojových stádií Gryllus assimillis pro oxid uhličitý 38
Tabulka č. 31 Výsledky Kruskal-Wallisova testu u jednotlivých vývojových stádií Gryllus assimillis pro etan 38
Tabulka č. 32 Výsledky Kruskal-Wallisova testu u jednotlivých vývojových stádií Gryllus assimillis pro etylen 39

Tabulka č. 33(a,b) Výsledky Mann-Whitneyova U testu u vykladených a nevykladených Gryllus assimillis pro produkci CO2 část a,b 39
Tabulka č. 34(a,b) Výsledky Mann-Whitneyova U testu u vykladených a nevykladených Gryllus assimillis pro produkci etanu část a,b 39
Tabulka č. 35(a,b) Výsledky Mann-Whitneyova U testu u vykladených a nevykladených Gryllus assimillis pro produkci etylenu část a,b 40
Tabulka č. 36 Výsledky Kruskal-Wallisova testu u jednotlivých druhů jedlého hmyzu pro produkci oxidu uhličitého 41
Tabulka č. 37 Výsledky Kruskal-Wallisova testu u jednotlivých druhů jedlého hmyzu pro produkci etanu 41
Tabulka č. 38 Výsledky Kruskal-Wallisova testu u jednotlivých druhů jedlého hmyzu pro produkci etylenu 41

9.2 Seznam grafů

Graf č. 1 Porovnání skleníkových plynů u potemníka moučného – hladoví/sytí 20
Graf č. 2 Porovnání skleníkových plynů u potemníka moučného – nejmladší vývojová stádia sytí/hladoví 21
Graf č. 3 Porovnání skleníkových plynů u potemníka brazilského – sytí/hladoví 22
Graf č. 4Porovnání skleníkových plynů – nedospělci hladoví/sytí 23
Graf č. 5Porovnání skleníkových plynů – samci/samice hladoví 24
Graf č. 6 Porovnání skleníkových plynů – samci/samice sytí 25
Graf č. 7Porovnání skleníkových plynů - samice vykla- dené a nevykladené 26
Graf č. 8 Porovnání produkce skleníkových plynů u sledovaných druhů jedlého hmyzu. 26
Graf č. 9 Porovnání produkce plynů u jednotlivých skupin cvrčka stepního 27

10 PŘÍLOHY

10.1 Seznam příloh

Obrázek 1 Zophobas morio – dospělec (Foto Kouřil 2016) 54
Obrázek 2 Zophobas morio (Foto Kouřil 2013) 54
Obrázek 3 Tenebrio molitor - dospělec (Foto Krejčík, zdroj:
http://www.meloidae.com/cs/obrazky/33459/)..... 55
Obrázek 4 Tenebrio molitor (Foto Kouřil 2013) 55
Obrázek 5 Acheta domestica – samec (Foto Kouřil 2013)..... 56
Obrázek 6 Gryllus assimilis – samice (Foto Kouřil 2013) 56
Obrázek 7 Gryllus assimilis – samec (Foto Kouřil 2013) 57
Obrázek 8 Gryllus assimilis – nymfa (Foto Kouřil 2013) 57
Obrázek 9 Locusta migratoria - dospělec (Foto Kořínek 2010) 58
Obrázek 10 Schistocerca gregaria - nymfa (Foto Kouřil 2013)..... 58
Obrázek 11 Nádoba z níž probíhaly odběry pro měření (Foto Kouřil 2016) 59

Obrázek 1 Zophobas morio – dospělec (Foto Kouřil 2016)

Obrázek 2 Zophobas morio (Foto Kouřil 2013)

Obrázek 3 Tenebrio molitor - dospělec (Foto Krejčík, zdroj: http://www.meloidae.com/cs/obrazky/33459/)

Obrázek 4 Tenebrio molitor (Foto Kouřil 2013)

Obrázek 5 Acheta domestica – samec (Foto Kouřil 2013)

Obrázek 6 Gryllus assimilis – samice (Foto Kouřil 2013)

Obrázek 7 Gryllus assimilis – samec (Foto Kouřil 2013)

Obrázek 8 Gryllus assimilis – nymfa (Foto Kouřil 2013)

Obrázek 9 Locusta migratoria - dospělec (Foto Kořínek 2010)

Obrázek 10 Schistocerca gregaria - nymfa (Foto Kouřil 2013)

Obrázek 11 Nádoba z níž probíhaly odběry pro měření (Foto Kouřil 2016)