

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin



**Vliv výluhů z vermikompostu na kvantitativní parametry
plodin**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Zuzana Sejbalová

Obor studia: Produkční zahradnictví

Vedoucí práce: doc. Ing. Aleš Hanč, Ph.D.

Konzultantka: Ing. et Ing. Markéta Drešlová

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Vliv výluhů z vermikompostu na kvantitativní parametry plodin“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 13. 4. 2017

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala slečně doktorandce Ing. *et* Ing. Markétě Drešlové za pomoc s praktickou částí pokusu a trpělivé rady při vypracování mé práce. Také bych ráda poděkovala panu docentovi Ing. Alešovi Hančovi, Ph.D. za uskutečnění pokusu a pomoc při vypracování této práce. Dále bych ráda poděkovala Katedře agroenvironmentální chemie a výživy rostlin za poskytnutí materiálu a umožnění provedení pokusu. V neposlední řadě bych ráda poděkovala své rodině a přátelům za trpělivost a podporu.

Vliv výluhů z vermikompostu na kvantitativní parametry plodin

Souhrn

Je známo, že jsou vermikomposty (VC) i digestáty cennými organickými hnojivy, která podporují růst plodin. Oba materiály obsahují vysoké množství živin, ale i látek zlepšujících růst a zdraví rostlin. V této práci byly použity vermikomposty ze tří různých surovin (matolína, jablečné výlisky a koňský hnůj). Tyto VC byly dále vyluhovány ve vodě. Na počátku vyluhování byl přidán fugát (tekutá část digestátu). Výsledné výluhy byly použity pro hnojení rajčat v jednom termínu a ředkviček ve dvou termínech v následujících variantách: 1) kontrola (demineralizovaná voda); 2) samotný výluh VC; 3) výluh VC + 100 ml fugátu; 4) výluh VC + 500 ml fugátu. Veškeré varianty byly provedeny ve třech opakováních. Byl předpokládán pozitivní vliv výluhů a zvyšujícího se přídatku fugátu na kvantitativní parametry rajčat a ředkviček. Dalším předpokladem bylo, že jednotlivé výluhy budou mít odlišný vliv na nadzemní a podzemní biomasu sledovaných plodin.

U rajčat, pro která byly použity výluhy VC pouze z jablečných výlisků, docházelo ke statisticky průkaznému nárůstu většiny sledovaných kvantitativní parametrů s použitím výluhů. K dalšímu nárůstu docházelo s přibývajícím množstvím fugátu. Mezi kontrolou a čistým výluhem byly rozdíly méně výrazné, než při použití výluhu s fugátem. Slabší závislost byla nalezena v případě suché hmotnosti podzemní biomasy.

U ředkviček v 1. termínu pěstování, kde byly použity výluhy VC ze všech tří typů surovin, byly nevhodně nastaveny podmínky pěstování, proto se příliš nevyvinuly bulvy. Závislost měřených kvantitativních parametrů na způsobech hnojení zde nebyla příliš průkazná. Byl zde však nalezen rozdíl mezi použitými surovinami pro vermikompostování. Nejvyšší hodnoty měřených parametrů přinášely výluhy VC z matoliny, nejnižší naopak z jablečných výlisků. Ředkvičky ve 2. termínu pěstování byly plně vyvinuté. Použití výluhů z vermikompostů zde pozitivně ovlivňovalo měřené parametry. Rostoucí dávka fugátu zesílila příznivé účinky výluhů. Méně silná závislost byla zjištěna u hmotnosti suché podzemní biomasy. Kombinaci výluhů z vermikompostu s fugátem lze tedy doporučit pro částečné až úplné nahrazení minerálních hnojiv.

Klíčová slova: vermikompost; rajče; ředkvička; výluh; fugát

Effect of extracts from vermicompost on the quantitative parameters of crops

Summary

It is well established that vermicomposts (VC) and biogas slurries are valuable organic fertilisers. These can support plant growth. Both materials contain large quantities of plant nutrients, growth stimulators and can encourage plant health. This study used three different materials for vermicomposting (grape marc, apple pomace and horse manure). From these VCs were made aqueous extracts. In the beginning of brewing was added fugate (the liquid fraction of bioslurry). Resultant extracts were applied to tomatoes (in one season) and radishes (in two seasons) in following treatments (each in three replications): 1) control (demineralised water); 2) aqueous extract of VC; 3) aq. extract + 100 ml of fugate; 4) aq. extract + 500 ml of fugate. It was hypothesised that aq. extracts of VC and addition of fugate would promote growth of tomatoes and radishes. Another hypothesis was that different extracts will affect aboveground and belowground biomass differently.

In the experiment with tomatoes (only apple pomace VC used) was observed significant increase in majority of measured quantitative parameters when applied aq. extract of VC. The moreover increase was observed when added increasing quantity of fugate. The differences were less pronounced between control and aq. extract, than aq. extracts with fugate. Dry belowground weight showed minor differences.

Radishes in the first season (all three materials used) were grown under insufficient conditions so the tuber was not developed. Correlation between quantitative parameters and the mode of fertilising wasn't significant in most cases. But differences in materials used for VC were observed. The highest values were found in treatment using grape marc, lowest values using apple pomace. Radishes in the second season were fully developed. Aq. extracts had positive effects on measured parameters. Increasing quantity of added fugate even intensified plant growth. Belowground biomass was affected by fertilising in the less extent. We can recommend the combination of aq. extracts of VCs with fugate for partly or fully replacing synthetic fertilisers.

Keywords: vermicompost; tomato; radishes; aqueous extract; fugate

Obsah

1	Úvod	1
2	Vědecká hypotéza a cíle práce	3
3	Literární rešerše	4
3.1	Kompostování	4
3.1.1	Rozdíly kompostování vs. vermikompostování	6
3.2	Vermikompostování	8
3.2.1	Žížaly	9
3.2.2	Metody vermikompostování	11
3.2.3	Podmínky při vermikompostování	12
3.2.4	Použití vermikompostu	13
3.2.5	Vlastnosti vermikompostu	14
3.2.6	Vliv vermikompostů na růst a kvalitu rostlin	17
3.2.7	Vliv vermikompostu na ochranu před chorobami a škůdci	18
3.3	Vodné výluhy z kompostů a vermikompostů	19
3.3.1	Způsoby vyluhování („brewing“)	19
3.3.2	Použití výluhů vermikompostů	22
3.3.3	Vlastnosti výluhů z vermikompostů	23
3.3.4	Vliv výluhů na růst a kvalitu rostlin	25
3.3.5	Výluhy jako „biopesticidy“	26
3.4	Suroviny pro výrobu vermikompostu	28
3.4.1	Nevhodné suroviny	31
3.4.2	Jablečné výlisky	31
3.4.3	Koňský hnůj	32
3.4.4	Matolína	33
3.5	Fugát	35
3.5.1	Vlastnosti digestátu resp. fugátu a vliv na plodiny	36
3.5.2	Skladování a způsob aplikace digestátu resp. fugátu	38
3.5.3	Rizika při aplikaci digestátu	39
3.6	Plodiny	40
1.1.1	Rajčata	40
1.1.2	Ředkvičky	42
4	Materiály a metody	44
4.1	Produkce vermikompostů	44
4.2	Výroba výluhů, vyluhovatelnost	45
4.3	Schéma pokusu	47
4.4	Pěstování ředkviček a rajčat	49

4.5	Aplikace výluhu	51
4.6	Sklizeň a analýza biomasy.....	52
4.7	Statistické vyhodnocení.....	53
5	Výsledky	54
5.1	Vybrané vlastnosti výluhů	54
5.2	Výsledky hnojení rajčat výluhem vermikompostu z jablečných výlisků ..	54
5.2.1	Výška rostlin rajčat	54
5.2.2	Počet a hmotnost plodů rajčat	56
5.2.3	Biomasa rostlin rajčat	58
5.2.4	Procentuální nárůst parametrů rajčat	59
5.3	Výsledky hnojení ředkviček 1 výluhem vermikompostů z více surovin....	60
5.3.1	Biomasa částí rostlin a výška rostlin ředkviček 1	60
5.3.2	Rozdíl mezi výluhy z odlišných surovin u ředkviček 1	63
5.3.3	Procentuální nárůst parametrů ředkviček 1	64
5.4	Výsledky hnojení ředkviček 2 výluhem vermikompostů z více surovin....	65
5.4.1	Biomasa částí rostlin ředkviček 2	65
5.4.2	Výška rostlin ředkviček 2	68
5.4.3	Rozdíl mezi surovinami u ředkviček 2	70
5.4.4	Procentuální nárůst parametrů ředkviček 2	71
6	Diskuze	72
6.1	Rajčata.....	72
6.2	Ředkvičky 1. termín	73
6.3	Ředkvičky 2. termín	74
7	Závěr	75
8	Seznam zkratk.....	76
9	Seznam tabulek, obrázků a grafů	77
10	Seznam literatury	79
10.1	Odborné články	79
10.2	Vědecké práce.....	91
10.3	Internetové zdroje, příručky.....	92
10.4	Knižní zdroje	93
10.5	Legislativní dokumenty	94
10.6	Použité programy	94
11	Samostatné přílohy	i

1 Úvod

Dnešní svět se stále více potýká s environmentálními problémy, mezi které patří i vyplavování hnojiv z polí a eutrofizace vod, nežádoucí účinky pesticidů, produkce skleníkových plynů, a také přebytek odpadů, které se hromadí a znečišťují prostředí (Domínguez et al., 1997; Ndegwa et Thompson, 2001; Chaudhary et al., 2004). Velikost lidské populace navíc neustále narůstá a současně se zvyšuje životní úroveň a nároky jednotlivců. Intenzivní zemědělství se svými vysokými vstupy energie, vody a surovin napomáhá k vyčerpávání nerostných zdrojů, zdrojů pitné vody a navíc znečišťuje okolní prostředí (Newell, 2016). Obrovská množství chemických pesticidů a hnojiv jsou aplikována na zemědělskou půdu, a tím ovlivňují také okolní přírodu a necílové organismy včetně zdraví lidí (Sinha et al., 2010; Márquez-Quiroz et al., 2014). Dlouhodobá úrodnost zemědělské půdy použitím těchto přípravků klesá, dochází k její degradaci (Chaudhary et al., 2004). Také žízy a celkové oživení v půdě jsou negativně ovlivněny špatnými zemědělskými praktikami (Datta et al., 2016). Mezi využíváním a obnovováním půdy by pro udržitelné hospodaření měla být rovnováha (Chaudhary et al., 2004). Je potřeba navracet do půdy zpět živiny a organickou hmotu a podpořit tak půdní „život“ (Begum, 2011). Z nezdravé půdy totiž nemůžeme sklízet výnosné a kvalitní plodiny. Organická hmota v půdě zlepšuje fyzikální, agrochemické a biologické vlastnosti půdy, má příznivý vliv na vsakování a zadržování vláhy v půdě, poutá na sebe živiny, zlepšuje strukturu a pórovitost půdy, čímž podporuje půdní život, úrodnost a produktivitu (Chaudhary et al., 2004; Geetharani et Parthiban, 2014). Návratem organické hmoty a živin do půdy se uzavírá koloběh živin a energie na Zemi (Arthurson, 2009). Proto je žádoucí vyvíjet možné způsoby opětovného využití odpadů, a také udržitelného a efektivního hospodaření s půdou a celým životním prostředím (Newell, 2016).

Kompostování se jeví jako velmi slibná možnost, protože kromě částečného řešení problému likvidace odpadů dodává půdě množství humusu, živin ve formě vhodné pro rostliny a dalších látek podporujících růst rostlin (Paul et Metzger, 2005). Kompost má také schopnost potlačovat některé významné choroby, škůdce a plevely rostlin (Hashemimajd et al., 2004; Kalina, 2004; Edwards et al., 2007; Begum, 2011). Při použití kompostu jako organického hnojiva, je možné snížit až úplně redukovat aplikace minerálních hnojiv do půdy (Chaudhary et al., 2004). Při zpracování materiálu pomocí žížal má výsledný vermikompost ještě lepší vlastnosti oproti klasickému kompostu (Chaudhary et al., 2004; Sharma et al.,

2005; Hanč et Plíva, 2013b). Použití vermikompostu příznivě ovlivňuje výnosy a kvalitu plodin (Chaudhary et al., 2004). Z kompostů lze také extrahovat účinné látky. Při vyluhování kompostu nebo vermikompostu ve vodě se do výsledného „čaje“ dostávají cenné látky, které podporují půdní úrodnost a růst rostlin (Edwards et al., 2007). Tento výluh se snadno aplikuje společně se závlahou nebo postřikem přímo na rostliny. Další odpadní surovinou, která zvyšuje půdní úrodnost, je digestát nebo jeho tekutá frakce fugát. Digestát vzniká jako vedlejší produkt při výrobě bioplynu v bioplynové stanici. Používá se přímo na půdu nebo se přidává jako vstupní surovina do kompostu (Marada et al., 2008).

Tato práce se zabývá vlivem výluhů vermikompostu s různým množstvím přidaného fugátu na růst ředkviček a rajčat. Budou porovnány účinky výluhů vermikompostů pocházejících z různých surovin (tj. matoliny, jablečné výlisky a koňský hnůj).

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem práce je zjistit, zda aplikace výluhů z vermikompostu obohacených o fugát ovlivní kvantitativní parametry rajčat a ředkviček.

Hlavní hypotézy:

- 1) Výnosy rostlin budou úměrné přídatku fugátu do připravovaného vodného výluhu.
- 2) Jednotlivé výluhy budou mít odlišný vliv na nadzemní a podzemní biomasu sledovaných plodin.

3 Literární rešerše

3.1 Kompostování

Půda je živý systém skládající se z minerálních látek, živé i neživé organické hmoty, vody a vzduchu. Pokud jí chceme živiny odebírat ve formě rostlinné produkce, je nutné je zpět doplňovat. Možností je minerální nebo organické hnojení, popřípadě jejich kombinace. Obzvláště v zahradnické výrobě je vysoká potřeba organického hnojení (Vaněk et al., 2012). Mezi organické způsoby hnojení (tzv. statková hnojiva) se řadí zelené hnojení, stájová hnojiva, zapravení posklizňových zbytků nebo také komposty a digestáty (Bartoš et al., 2000; Vaněk et al., 2012). Organická hnojiva nedodávají pouze živiny, ale i rozložitelnou organickou hmotu, která je důležitou potravou pro půdní organismy a pro udržení půdní úrodnosti (Kalina, 2004). Kromě toho obsahují stabilizované organické látky, které se mohou přeměňovat v humus, dále mikroorganismy a látky stimulační, růstové a hormonální (Sulzberger, 2007). Humus zlepšuje strukturu půdy, tvorbu agregátů a organo-minerálních komplexů, podporuje mikrobiální aktivitu v půdě, zlepšuje vodní kapacitu a pórovitost, zadržuje živiny, které následně postupně uvolňuje rostlinám, snižuje výkyvy pH a může vychytávat škodlivé kontaminanty z půdy (Bartoš et al., 2000; Kalina, 2004; Arthurson, 2009; Kolář et al., 2010b; Vaněk et al., 2012). Hnojivý účinek organických hnojiv je tak pozvolný a dlouhodobější (Bartoš et al., 2000; Sinha et al., 2010). Použití organických hnojiv umožňuje snížit potřebu minerálního hnojení a zlepšuje využití živin rostlinami (Vaněk et al., 2012).

Kompostování je jeden ze způsobů využití odpadní organické hmoty (jako jsou posklizňové zbytky, některé vedlejší produkty živočišné produkce, bioodpady z domácností a ze zahrad apod.) pro vytvoření cenného produktu, který napomáhá zvýšit půdní úrodnost a podporuje růst rostlin (Domínguez et al., 1997; Hashemimajd et al., 2004; Kalina, 2004). Kompostování tak pomáhá uzavřít cyklus živin a organické hmoty v agroekosystému. Dochází při něm k mineralizaci a stabilizaci organické hmoty (Domínguez et al., 1997). Kompost obsahuje velké množství živin ve formě vhodné pro rostliny, kvalitního humusu a dalších látek podporující růst rostlin (např. enzymy, regulátory růstu, antimikrobiální látky) (Kalina, 2004). Jeho aplikace do půdy má pozitivní vliv na půdní strukturu, pórovitost, nasákavost pro vodu, iontovýměnnou kapacitu, a tím i na mikrobiální aktivitu a další „půdní život“ (Sulzberger, 2007; Vaněk et al., 2012). Kompostování má také schopnost rozkládat některé jedovaté látky, jako jsou zbytky pesticidů a antibiotik (Kalina, 2004). Kompost do

půdy dodává rozložitelnou i stabilizovanou organickou hmotu i živiny, čímž zvyšuje její úrodnost (Kalina, 2004; Vaněk et al., 2012). Po aplikaci do půdy se dále rozkládá a pozvolně uvolňuje živiny (Vaněk et al., 2012). Stejně jako u dalších hnojiv platí limity rizikových látek, poměru C : N a dalších parametrů, které je nutno dodržet pro použití na zemědělské půdě (Zákon č. 156/1998 Sb. „zákon o hnojivech.“).

Kompost je materiál vzniklý aerobní mikrobiální přeměnou (tlením, biofermentací, biooxidací) organických materiálů. Tyto přirozené půdní mikroorganismy, kterými jsou zejména některé druhy bakterií, hub, kvasinek a aktinomycét, ke své činnosti vyžadují přístup vzduchu, přiměřené množství vláhy a určité rozmezí teplot (Kalina, 2004). Při klasickém způsobu kompostování dochází v první fázi (termofilní fáze, nebo také fáze rozkladu, mineralizace) k bouřlivému rozkladu snadno rozložitelných látek v materiálu, při kterém teplota narůstá až na 50 až 70 °C (Edwards et al., 2007). Pokud takto vysoké teploty trvají alespoň 72 hodin, způsobují hygienizaci kompostu a zneškodnění většiny lidských a zvířecích patogenů, patogenů a škůdců rostlin a také semen plevelů (Kalina, 2004; Bartoš et al., 2000). Po zhruba jednom měsíci první fáze následuje fáze přeměny, kdy jsou již teploty nižší a mění se složení mikrobiální populace. V této fázi se již začíná vytvářet humusový komplex a drobtovitá struktura. Většina živin je mineralizovaná a v pohodové formě pro rostliny – hnojivý účinek je v této fázi největší. Od druhého až třetího měsíce nastává fáze dozrávání (maturační fáze, fáze syntézy), kdy se organické látky dále mineralizují a živiny se vážejí pevněji do jílovito-humusového komplexu. Během procesu kompostování dochází k přeměně látek, část uhlíku je metabolizována na oxid uhličitý, který uniká do ovzduší, část dusíku uniká ve formě čpavku. Většina dusíku je však v kompostu dobře vázána a uvolňována postupně, proto nedochází k jeho nežádoucímu vyplavování do okolního prostředí (Sulzberger, 2007). Postupně dochází k redukci hmoty a mineralizaci organických sloučenin, a tak se výsledný kompost relativně obohacuje o živiny (Kalina, 2004; Hanč et al., 2013a). Obsah organických látek se během kompostování sníží asi o 40 % (Vaněk et al., 2012).

Kompostování vychází z přirozeného procesu tlení, ovšem za kontrolovaných podmínek (Kalina, 2004). Pro jeho správný průběh je potřeba správně kombinovat vstupní materiály kvůli vyrovnaní poměru C : N (optimální poměr C : N ve výchozím materiálu je 1 : 20–35), udržovat přiměřenou (ale ne nadměrnou) vlhkost, tmu, kontrolovat teplotu a jednou za 1–2 měsíce materiál přehodit a promíchat, aby nedocházelo ke slehávání a následně nežádoucímu anaerobnímu rozkladu – hnití, při kterém pracují jiné druhy mikroorganismů a vznikají nežádoucí látky (např. čpavek a sirovodík) (Domínguez et al.,

1997; Kalina, 2004; Vaněk et al., 2012; Hanč et Plíva, 2013a). Dobré je kombinovat vlhké a suché, zelené (obsah N) a hnědé (obsah C) materiály a přidávat strukturní materiály, které napomáhají pronikání vzduchu (Kalina, 2004; www.kompostuj.cz). Nejčastěji se kompostuje na hromádách nebo v různých speciálních boxech. Ve velkých uzavřených systémech dochází ke kontrole a úpravě podmínek automaticky (Domínguez et al., 1997; Hanč et Plíva, 2013a). Speciálním způsobem kompostování je vermikompostování, kdy se využívá určitých druhů žížal k přeměně organické hmoty na vermikompost (viz kap. 3.2).

3.1.1 Rozdíly kompostování vs. vermikompostování

Vermikompostování je tedy metoda kompostování, při které se využívá interakce žížal a mikroorganismů pro rozklad organického materiálu. Žížaly potřebují přístup vzduchu, přiměřené množství vláhy, tmu a určité rozmezí teplot (Hanč et Plíva, 2013b). Avšak nesmí dojít k termofilní fázi, která by žížaly usmrtila (Domínguez et al., 1997). Při vermikompostování by teploty neměly přesahovat 35 °C (Ndegwa et Thompson, 2001). Klasický kompost je potřeba promíchávat, u vermikompostu za nás tuto práci převezmou žížaly, které materiál homogenizují, promíchávají, provzdušňují, fragmentují, natravují a obohacují o mikroorganismy pocházejícími z jejich útroby (Edwards et al., 2004). Žížaly tak urychlují dekompozici fragmentací materiálu a obohacením o mikroorganismy (Ndegwa et Thompson, 2001; Gómez-Brandón et al., 2011). Vermikompost má proto homogennější a jemnější strukturu než klasický kompost, a proto má lepší agrochemické vlastnosti než hrubší struktura (Ndegwa et Thompson, 2001; Hanč et Drešlová, 2016). Množství mikroorganismů a jejich celková biomasa jsou vyšší při vermikompostování oproti běžnému kompostování (Edwards et Fletcher, 1988; Chaudhary et al., 2004). Kompostování se žížalami také může snižovat emise skleníkových plynů (Lim et al., 2016).

V klasickém kompostu se ničí škodlivé organismy a semena plevelů vysokými teplotami a inhibičními až antimikrobiálními látkami (Kalina, 2004; Vaněk et al., 2012). Žížaly však mají také určitou schopnost tyto organismy potlačovat pomocí enzymů v jejich útrobach (Domínguez et al., 1997), jejich zneškodnění však nemusí být tolik účinné (Hanč et Plíva, 2013a). Kromě toho umí znepřístupňovat i část těžkých kovů (Domínguez et al., 1997) a škodlivých perzistentních organických sloučenin (Contreras-Ramos et al., 2008). Vermikompost obsahuje oproti běžnému kompostu více látek podobných rostlinným růstovým hormonům, které mají za následek zlepšení růstu rostlin (Domínguez et al., 1997).

V mnoha studiích vyšlo, že vermikompost obsahuje více dostupných živin, humusu a má lepší vliv na růst rostlin než běžný kompost (např. Domínguez et al., 1997; Gajalakshmi et Abbasi, 2004; Hashemimajd et al., 2004; Sinha et al., 2010; Tognetti et al., 2013; Hanč et Chadimová, 2014). Výsledná kvalita vermikompostu však velmi záleží na vstupních surovinách a použité technologii, a tak nelze zobecňovat jeho nadřazenost oproti běžnému kompostu (Tognetti et al., 2013). Vermikompostování tedy často přináší lepší výsledky, ovšem jeho nevýhodou je vyšší časová náročnost. Jeden cyklus běžného způsobu kompostování v pásových hromadách trvá kolem 90 dní, zatímco jeden cyklus vermikompostování zabere dobu 3,3× delší (tedy zhruba 300 dní) (Hanč et Plíva, 2013b). Běžný způsob kompostování se tedy spíše hodí pro rychlé zpracování velkého množství odpadu (Domínguez et al., 1997), zatímco vermikompostér je možné mít i v domácnosti (Hanč et Plíva, 2013b).

Každý způsob má své výhody a nedostatky, proto je nejvýhodnější je zkombinovat a využít tak výhod obou metod (Domínguez et al., 1997; Ndegwa et Thompson, 2001). Termofilní kompost obsahuje méně patogenních organismů, vermikompost je oproti tomu vhodnějším hnojivem. Kombinace těchto metod urychluje proces stabilizace organického materiálu, tvorbu humusového komplexu, výsledný kompost obsahuje méně rychle rozpustných živin a je homogennější (Frederickson et al., 1997; Ndegwa et Thompson, 2001). Vhodnější je v pořadí nejprve termické kompostování a následné nasazení žížal. Při opačném pořadí už nemusí docházet k dostatečnému zahřátí pro eliminaci patogenních organismů (Ndegwa et Thompson, 2001). Pro tento účel byl vynalezen speciální dvoumodulový vermireaktor, který se skládá ze dvou komor, v první se materiál termicky předkompostuje a ve druhé se kompostuje pomocí žížal (Hanč et Plíva, 2013b). Pro potlačení škodlivých organismů podle studie s kuchyňským bioodpadem stačí 9 dnů termického předkompostování, při kterém se také sníží objem materiálu, a následně je možné nasadit žížaly a vermikompostovat po dobu 2,5 měsíce (Nair et al., 2006). Porovnání obou typů kompostů je shrnuto v tabulkách (viz Tabulka 1, Tabulka 2). Oba typy kompostů lze využít v tuhém stavu i jako výluhy (viz kap. 3.3) (Dearborn, 2011).

Tabulka 1. Shrnutí rozdílů kompostování a vermikompostování. *Zdroj: souhrn více autorů – viz text.*

	Klasický kompost	Vermikompost
Termická fáze	ano	ne
Provzdušňování	promícháváním	činností žížal
Potlačení škodlivých organismů a látek	účinnější – vysoké teploty, antimikrobiální látky	útroby žížal, enzymatické látky
Trvání jednoho cyklu	90 dní	300 dní (3,3× déle)
Kvalita kompostu	nižší	podstatně vyšší
Obsah živin a dalších látek	nižší obsah živin, huminových kyselin, enzymů, růstových hormonů	vyšší obsah živin, huminových kyselin, enzymů, růstových hormonů
Vliv na půdu a růst rostlin	dobrý	výborný

Tabulka 2. Porovnání obsahu živin v kompostu a vermikompostu (% sušiny). *Zdroj: Sulzberger, 1998**

	Klasický kompost	Vermikompost
Celkový N	0,5–1,5	1,0–3,0
Celkový P (P₂O₅)	0,1–0,8	0,2–3,0
Celkový K (K₂O)	0,3–0,8	0,3–2,0
CaO	1–12	1–12
MgO	0,2–3,3	0,3–3,3
Organická hmota	20–40	30–55
Poměr C : N	12–30 : 1	8–15 : 1
Hodnota pH	6,5–8	6,5–8

3.2 Vermikompostování

Jak již bylo řečeno (viz kap. 3.1.1) při vermikompostování se využívá přirozené schopnosti žížal společně s mikroorganismy rozkládat a stabilizovat organickou hmotu (Paul et Metzger, 2005; Arancon et al., 2007a; Edwards et al., 2007; Hanč et Plíva, 2012). Zatímco žížaly organický materiál fragmentují, provzdušňují a mísí ho s anorganickou hmotou (zemínou), čímž podporují mikrobiální aktivitu, mikroorganismy v jejich střevech a půdě organickou hmotu rozkládají a přeměňují živiny (hlavně N, K, P, Ca) v přístupnější formy

(Domínguez et al., 1997; Ndegwa et Thompson, 2001; Nogales et al., 2005). Žížaly tak urychlují mineralizaci a stupeň stabilizace organického materiálu a humifikace (Albanell et al., 1988; Vincelas-Akpa et Loquet, 1997), zpřístupňují špatně rozpustné živiny a mikroprvky (Kalina, 2004) a mohou také snižovat množství kontaminantů (Ndegwa et Thompson, 2001; Sharma et al., 2005). Při vermikompostování dochází k fyzikálním, chemickým i biologickým změnám materiálu (Chatterjee et al., 2013). Vermikompost jsou tedy výměšky žížal, které dále podléhají přeměně (Sharma et al., 2005). Na rozdíl od klasického způsobu kompostování je vermikompostování mezofilní proces, při kterém by teplota neměla přesáhnout 35 °C (Edwards et al., 2007).

Vermikompost je výborné organické hnojivo a částečně také „biopesticid“ (Sharma et al., 2005). Vermikompost nezapáchá, je stabilní, homogenní a má strukturu podobnou rašelině, je porézní, dobře zadržuje vodu, obsahuje mnoho živin, mikroorganismů a jejich metabolitů, které fungují jako regulátory rostlinného růstu (Domínguez et al., 1997; Paul et Metzger, 2005; Sharma et al., 2005). Výsledný produkt má lepší vlastnosti a vliv na půdní úrodnost a růst rostlin oproti klasickému kompostu (Albanell et al., 1988; Ndegwa et Thompson, 2001; Hanč et Plíva, 2013b).

3.2.1 Žížaly

Žížaly se řadí mezi bezobratlé živočichy do kmene kroužkovic (Annelida). Jsou to hermafroditi a k jejich rozmnožování slouží opasek (clitellum) obsahující vajíčka, který při reprodukci vytvoří lepkavý kokon (Sharma et al., 2005). Žížaly se přirozeně vyskytují v zemědělské půdě a organické hmotě, kterou rozrývají, fragmentují a kypří (Eevera, 2008). Tím zvyšují povrchovou plochu půdních částic, čímž stimulují mikrobiální rozklad (Pižl, 2015). Tvorbou chodeb a sekrecí mukusu také podporují aerobní bakterie poutající vzdušný dusík (Chaudhary et al., 2004; Pižl, 2015). Pomáhají také šířit prospěšné mykorrhizní houby (Gange, 1993).

Žížaly se řadí mezi saprofágy. Jejich potravou jsou různé organické materiály, mikroorganismy, a také rozkládající se těla živočichů (Pižl, 2015). Tyto materiály požírají společně se zeminou, promíchávají tak minerální složku s organickou a půdu homogenizují (Kalina, 2004; Sharma et al., 2005; Pižl, 2015). Jsou schopné požít velké množství půdy a organické hmoty, z nichž jen část využijí pro svůj metabolismus a většinu vylučují ve formě výměšek obohacených o mnoho mikroorganismů, minerálních živin, enzymů, hormonů

pocházející z jejich trávicího ústrojí, a proto po vyloučení dále dochází k jejich přeměně na biohumus (Edwards et Fletcher, 1988; Sharma et al., 2005; Eevera, 2008; Hanč et Plíva, 2013a; Pižl, 2015). Žížalí výměšky stmelují půdní částice a obsahují oproti okolní půdě více amonného a nitrátového dusíku, dihydrogenfosforečnanů, draselných, vápenatých a hořečnatých iontů a dalších výměnných iontů, hormonální látky (auxiny, gibbereliny, cytokininy) a volné aminokyseliny, které stimulují růst rostlin (Pižl, 2015). Půdu tím zúrodnují, zlepšují její strukturu, provzdušnění, jímavost vláhy a vytváří jílovito-humusový komplex (Chaudhary et al., 2004; Kalina, 2004; Pižl, 2015).

Existuje přes pět tisíc známých druhů žížal z podřádu Lumbricina, ve střední Evropě jich žije kolem sta druhů, v České republice asi padesát (Pižl, 2015; www.kompostuj.cz). U nás se setkáváme nejčastěji s žížalou obecnou (*Lumbricus terrestris*) a žížalou hnojní (*Eisenia fetida*, syn. *E. foetida*). Každý druh má jiné ekologické nároky, produktivitu a životní cykly, a proto pro vermikompostování nejsou vhodné všechny druhy žížal (Sharma et al., 2005; www.kompostuj.cz). Žížaly se dělí na druhy epigeické, endogeické a anektické nebo také detritofágní a geofágní (Pižl, 2015). Pro vermikompostování se využívají druhy detritovorní – epigeické (např. rod *Eisenia*), které žijí na půdním povrchu a v nejsvrchnějších půdních horizontech a živí se odumřelou rostlinou hmotou, exkrementy živočichů a drobnými půdními organismy (houby, řasy, prvoci, hlístice, chvostoskoci), popřípadě anektické, které hloubí vertikální chodby, ale živí se také organickou potravou na povrchu (např. *Lumbricus terrestris*) (Nogales et al., 2005; Sharma et al., 2005; Pižl, 2015).

Pro vermikompostování jsou vhodné druhy, které se rychle a snadno množí (jsou to r-stratégové), vyhovuje jim většina typů organických surovin a snáší širší rozmezí podmínek (jak teplotních, tak množství vlhkosti) (Gajalakshmi et Abbasi, 2004; Sharma et al., 2005). Nejčastěji se pro vermikompostování používá druh *Eisenia fetida*, který žije běžně v kompostech a vyhovují mu teploty mezi 18 až 25 °C (ale v extrémech vydrží až 5 °C nebo naopak 42 °C), a je proto vhodný i pro domácí vermikompostéry (Gajalakshmi et Abbasi, 2004; Kalina, 2004; Sharma et al., 2005). Tento druh však nesnáší mráz, žížalám nevyhovuje ani sluneční světlo a sucho (Kalina, 2004; Edwards et al., 2007; www.kompostuj.cz). Pro účel vermikompostování byly speciálně vyšlechtěny tzv. kalifornské žížaly (*Eisenia andrei*), které se rychle reprodukuje a efektivně přeměňují organický materiál ve vermikompost (Hanč et Plíva, 2013b; www.kompostuj.cz). Tento hybridní druh je vhodný jak pro domácí vermikompostéry, tak i pro venkovní způsoby vermikompostování. Kromě těchto druhů se

s menším významem používají k vermikompostování i jiné druhy žížal (např. Pattnaik et Reddy, 2010; Seenappa, 2012).

3.2.2 Metody vermikompostování

Pro výrobu vermikompostu se používají různé systémy od otevřených hromad na volné ploše po uzavřené plně automatizované systémy ve specializovaných vermireaktorech (Edwards et al., 2007; Edwards, 2010a; Edwards, 2010b). Pro účel vermikompostování se na počátku nakoupí násada speciálních žížal, která se při správných podmínkách dále reprodukuje a používá k inokulaci nových materiálů a vydrží tak po mnoho let (Kalina, 2004). V domácnostech, kancelářích a dalších vyhřívaných prostorách se používají domácí vermikompostéry, které se vyrábějí nejčastěji z plastu nebo dřeva a skládají z několika pater a víka (Begum, 2011; Hanč et Plíva, 2013b). Každé patro je na dně perforované, aby mohl hotový vermikompost propadávat do spodního patra a žížaly mohly snadno prolézat do vyšších pater za novou potravou. Tyto nádoby mívají dno o ploše kolem 40 x 40 cm a výšku patra kolem 15 cm. V takto velké nádobě lze přeměnit asi 1 kg surovin za týden. Půl kilogramu žížal je schopno přeměnit kolem 250 g bioodpadů z domácnosti denně (Kalina, 2004; Hanč et Plíva, 2013b). Žížaly jsou krmeny postupně menším množstvím materiálu do horního patra (Kalina, 2004). Materiál by se měl přidávat postupně v menších vrstvách například každé 1–3 dny, aby byly zachovány aerobní a mezofilní podmínky (NOSB, 2006). Objem materiálu se postupným zpracováváním snižuje (na 25–33 % původního objemu) a propadává do nižších pater, odkud je možné ho zhruba po třech měsících odebrat a dále využívat ke hnojení rostlin. V nejspodnější nádobě se zachytává přebytečná tekutina (tzv. vermivash), která je také kvalitním hnojivem, avšak pro použití na rostliny je vhodnější ji naředit s vodou v poměru 1 : 9 (Hanč et Plíva, 2013b).

Ve velkém se využívají různé systémy pásových hromad na volné ploše pod širým nebem nebo pod přístřeškem (Domínguez et al., 1997). Důležité je stále udržovat dostatečný obsah kyslíku (Kalina, 2004; Seenappa, 2012). Také je potřeba udržovat dostatečnou vlhkost například občasnou zálivkou. Existují také uzavřené systémy se souvislým procesem a řízenými podmínkami, které umožňují optimální průběh vermikompostování. Pro výhodnou kombinaci termického předkompostování a následného použití žížal byl vynalezen dvoumodulový vermireaktor, který lze využít obzvláště pro kuchyňský odpad, který má při větším množství tendenci se rychlým rozkladem zahřívat (Hanč et Plíva, 2013b). Ve

venkovních hromadách trvá vermikompostování asi 12 měsíců, ve vermikompostérech kolem 4 měsíců a v kontinuálních vermireaktorech pouze 2 měsíce (NOSB, 2006).

3.2.3 Podmínky při vermikompostování

Rychlost růstu a reprodukci žížal ovlivňuje mnoho faktorů. Mezi nejdůležitější patří teplota, vlhkost, typ a množství potravy, hodnota pH, přístup vzduchu, světlo a zasolení (Gajalakshmi et Abbasi, 2004; Hanč et Plíva, 2013a). Žížaly nesnáší obsah solí nad 0,5 %, měrná vodivost by se měla pohybovat do 10–15 mS/cm (Munroe, 2007; Fernández-Gómez et al., 2010; Hanč et Plíva, 2013b). Také obsah amonné formy dusíku vyšší než 200 ppm, který může být problematický u kalů z ČOV, snižuje životaschopnost žížal (Hanč et Plíva, 2012). Teplota má zásadní vliv na rychlost respirace, metabolismus, růst a rozmnožování žížal (Gajalakshmi et Abbasi, 2004). Optimální teploty jsou kolem 20 °C. Nevhodné jsou teploty pod bodem mrazu a nad 35 °C, ale pro dobrý rozvoj populace žížal by teploty neměly přesahovat 25 °C (Hanč et Plíva, 2013b). Důležité je zajištění aerobních podmínek dostatečným větráním místnosti, ve které probíhá vermikompostování. Čerstvý materiál by se měl doplňovat postupně, aby se rychle nezahřival. Při zvýšených teplotách dochází k urychlení mikrobiálních procesů, které spotřebovávají velké množství kyslíku, kterého se pak nedostává žížalám (Dominguez et Edwards, 2010).

Většina druhů žížal preferuje neutrální hodnoty pH, kyselá reakce (pod hodnotou pH = 6) snižuje aktivitu žížal (Gajalakshmi et Abbasi, 2004). Pro přežívání žížal by měla být hodnota pH substrátu mezi 5 a 9, nejlépe však 6–8 (Dominguez et Edwards, 2010; Freixas et Landa, 2012; Vaněk et al., 2012). Je potřeba zajistit optimální vlhkost prostředí, substrát by neměl být ani příliš suchý, ani přemokřený, což může způsobit až anaerobní podmínky (Kalina, 2004; Nath et Singh, 2011). Optimální vlhkost substrátu se pohybuje mezi 40 % a 85 % (Ndegwa et Thompson, 2001; Nogales et al., 2005; Sharma et al., 2005; Begum, 2011). Podle jiných zdrojů by neměla vlhkost substrátu klesnout pod 50 %, ideálně by měla být mezi 70–90 % (NOSB, 2006; Munroe, 2007; Dominguez et Edwards, 2010). Při snížené vlhkosti je dobré substrát zavlažovat. Vermikompostér je potřeba chránit před přímým sluncem, kde dochází k přílišnému odparu vody. Žížaly jsou citlivé na světlo. Při nevhodných podmínkách žížaly migrují do vhodnějších míst nebo zastavují svoji reprodukci a postupně vymírají (Gajalakshmi et Abbasi, 2004). Proto je vhodné tyto parametry sledovat a případně podle potřeby upravovat.

Množství a typ potravy také velmi ovlivňují růst žížal a rychlost přeměny materiálu. Suroviny s vysokým obsahem dusíku urychlují růst populace žížal. Naopak vysoký poměr C : N způsobuje nedostatečný přísun dusíku pro tvorbu tkání žížal. Vermikomposty je potřeba chránit před predátory žížal, kterými jsou různé hmyzožravci, potkani, ptáci, obojživelníci, plazi apod. (Gajalakshmi et Abbasi, 2004).

3.2.4 Použití vermikompostu

Vermikompost lze aplikovat podobnými způsoby jako další organická hnojiva. Používá se jako doplněk do substrátů v nádobách nebo se aplikuje přímo na půdu. Jako u všech způsobů hnojení je vhodné odhadnout dávkování podle obsahu živin v hnojivu a v půdě, podle potřeb plodiny, předpokládaného výnosu, vlastností půdy, osevnického postupu a klimatických podmínek (Marada et al., 2008; Groot et Bogdanski, 2013). Komposty by se měly používat v době růstu rostlin, aby z nich byly živiny optimálně využity a nevyplavovaly se do podzemních a povrchových vod (Kalina, 2004). Při použití v nádobách není vhodné pěstovat rostliny ve 100% vermikompostu kvůli vysokému obsahu solí, nýbrž je vhodnější ho smíchat s pískem, zeminou nebo jiným substrátem (Atiyeh et al., 2000; Kalina, 2004). V literatuře jsou uváděny různé optimální poměry pro namíchání substrátu. Nejefektivnější se jeví nahrazení 20 až 40 % růstového substrátu vermikompostem. Vyšší dávky naopak růst zhoršují (Atiyeh et al., 2000; Hidalgo et Harkess, 2002; Hashemimajd et al., 2004; Arancon et al., 2005; Paul et Metzger, 2005; Edwards et al., 2007). Pro předpěstování sadby stačí nahradit 15–25 % (Kalina, 2004). Pro aplikaci přímo na zemědělskou půdu se nejčastěji používá dávkování mezi 1–30 t/ha (Arancon et al., 2003a; Arancon et al., 2003b; Edwards et al., 2007; Nath et Singh, 2011; Seenappa, 2012). Nejefektivnější se zdá být dávkování mezi 4–20 t/ha (Begum, 2011; Chatterjee et al., 2013). Při zakládání trvalé výsadby lze však použít až 100 t/ha (Kalina, 2004). Vermikompost lze kombinovat s minerálními hnojivy. Chatterjee et al. (2013) vyšla jako nejvýhodnější kombinace 75 % doporučené dávky minerálních hnojiv s 25 % dávky hnojiv ve formě vermikompostu. Pro výsadbu náročnější zeleniny je dobré přidat 100–250 g vermikompostu do každé jamky, pro výsadbu mladých stromků 3 kg vermikompostu do výsadbové jámy (Kalina, 2004; Reddy et al., 2012). Možnost aplikace kompostů ve formě výluhů bude probrána dále (viz kap. 3.3).

3.2.5 Vlastnosti vermikompostu

Konkrétní vlastnosti vermikompostu jsou velmi závislé na typu vstupní suroviny (Hanč et Drešlová, 2016). Vermikompost je nezapáchající stabilizovaný materiál s jemnou homogenní strukturou podobný rašelině (Domínguez et al., 1997; Edwards et al., 2004). Obsahuje velmi kvalitní humus (Hanč et Plíva, 2012; Hanč et Plíva, 2013b). Po aplikaci do půdy ji kypří, zvyšuje její pórovitost a provzdušnění. Podporuje tak vsakování vody a předchází tvorbě „škraloupů“ a erozi půdy. Má schopnost zadržovat velké množství vody a živin, které postupně podle potřeby uvolňuje rostlinám (Domínguez et al., 1997; Kalina, 2004). Svou vysokou celkovou plochou povrchu tvoří mnoho habitatů pro mikroorganismy, kterým také poskytuje bohatou výživu (Sharma et al., 2005). Na těchto plochách se váží některé živiny, a proto je vermikompost vhodným organickým hnojivem, které uvolňuje živiny postupně a po jeho aplikaci se živiny zbytečně nevyplavují do okolního prostředí (Ndegwa et Thompson, 2001; Lazcano et al., 2008).

Ve vermikompostu je mnoho různých mikroorganismů, které ho dále přetvářejí a produkují některé látky, které stimulují růst rostlin a mohou poskytovat určitou ochranu před škůdci a chorobami (Hanč et Plíva, 2012). Amonný dusík se kumuluje v tělech žížal a v jejich výměšcích dále dochází k nitrifikaci, kdy se dusík přeměňuje z amonných forem do nitrátových (Domínguez et al., 1997; Hanč et Plíva, 2013b; Hanč et Chadimová, 2014). Snižuje se tak fytoxicita vysokého množství amoniaku v původních surovinách, která zhoršuje růst hlavně v nejčasnějších fázích klíčení a vzcházení rostlin (Domínguez et al., 1997; García-Sánchez et al., 2017). Vermikompost obsahuje rostlinné růstové hormony a jim podobné látky, které podporují růst rostlin, jako jsou auxiny, gibereliny, cytokininy, huminové látky a další organické kyseliny (Muscolo et al., 1999; Sharma et al., 2005; Arancon et al., 2006; Romero et al., 2007; Nath et Singh, 2011; Zhang et al., 2015). Žížaly produkují tyto huminové sloučeniny, a tím podporují tvorbu humusového komplexu (Muscolo et al., 1999). Huminové kyseliny ve vermikompostu podporují růst kořenů, kořenového vlášení a výnos plodin (Atiyeh et al., 2002; Canellas et al., 2002). Také ve své složité struktuře zadržují růstové hormony auxiny, které postupně uvolňují rostlinám. Auxiny ovlivňují aktivitu protonových pump (H^+ -ATPázy) v cytoplazmatické membráně buněk kořenů, čímž mohou podporovat příjem živin buňkami a jejich růst (Canellas et al., 2002). Výměšky žížal také obsahují velké množství mikroorganismů (bakterií, aktinomycét, hub, mikroeukaryot), které produkují různé enzymatické látky, které podporují mineralizaci a zpřístupňování živin v půdě (Edwards et Fletcher, 1988; Edwards et al., 2007; Pižl, 2015).

Některé bakterie umí fixovat vzdušný dusík, jiné zpřístupňují fosfáty (Kalina, 2004; Edwards et al., 2007). V trávicím ústrojí žížal je substrát obohacován o enzymy (např. proteázy, amylázy, lipázy, celulázy, chitinázy) (Sharma et al., 2005; Hanč et Plíva, 2013b). Fosfor je pomocí fosfatáz přeměňován z organické formy do rozpustné minerální, která je lépe přístupná rostlinám (Ghosh et al., 1999; Begum, 2011; Hanč et Chadimová, 2014). Fosfor a také draslík je díky organickým kyselinám produkovaným mikroorganismy lépe dostupný (Kaviraj et Sharma, 2003). Rostliny v substrátu obsahujícím vermikompost proto často lépe klíčí, vzhází, rostou a přináší lepší výnosy (viz kap. 3.2.6). Aplikace přiměřené dávky vermikompostu zlepšuje mnoho parametrů růstu rostlin, a to i když mají všechny rostliny dostatek živin, což naznačuje, že není pozitivní účinek způsoben pouze obsahem živin, ale také látkami stimulujícími růst rostlin (Edwards et Fletcher, 1988; Atiyeh et al., 2000; Edwards et al., 2004).

Vermikompost má relativně nízký poměr C : N (nejčastěji 10–15 : 1, do 20 : 1), který je vhodný pro agronomické použití (Edwards et al., 2007; Suthar, 2010a; Suthar, 2010b; Yadav et Garg, 2011). Během vermikompostování dochází k úbytku uhlíku, který je prodáván a využit organismy, čímž se vermikompost relativně obohacuje o ostatní prvky (Garg et al., 2006; Suthar, 2010a; Hanč et Plíva, 2012; Hanč et Chadimová, 2014). Obsahuje velké množství živin, makroprvků i mikroprvků ve formách vhodných pro růst rostlin a zabezpečuje jejich vyrovnaný pozvolný přísun (Edwards et Fletcher, 1988; Domínguez et al., 1997; Paul et Metzger, 2005; Begum, 2011; Nath et Singh, 2011; Hanč et Plíva, 2013b; Chatterjee et al., 2013). Ve vermikompostu je zvýšené množství nebo alespoň zvýšená biodostupnost dusíku, fosforu, vápníku, hořčíku, železa a dalších prvků (Orozco et al., 1996; Elvira et al., 1998; Edwards et al., 2007; Suthar, 2010a; Suthar, 2010b; Yadav et Garg, 2011; Hanč et Plíva, 2013a). Zvýšení obsahu živin je způsobeno snížením celkové hmotnosti materiálu, a také rozkladem a mineralizací v tělech žížal, proto bývá ve vermikompostu vyšší podíl živin než v kompostech bez žížal (Hanč et Chadimová, 2014).

Podle Hanč et Plíva (2012) během vermikompostování klesl obsah amonné formy dusíku, naproti tomu obsah nitrátové formy dusíku vzrostl. V některých studiích zjistili pokles obsahu draslíku po vermikompostování (např. Orozco et al., 1996; Garg et al., 2009), zatímco v jiných jeho obsah ve vermikompostu vzrostl (např. Garg et al., 2006; Edwards et al., 2007; Gupta et Garg, 2008; Suthar, 2010a). Elvira et al. (1998) naměřili ve vermikompostu z odpadů papírenského a mléčného průmyslu nízkou měrnou elektrickou vodivost související s nižším obsahem rozpustných solí. Garg et al. (2009) také naměřili pokles vodivosti během

vermikompostování odpadů z textilního průmyslu a koňského hnoje. Podle Hanč et Plíva (2012) však elektrická vodivost během vermikompostování směsi čistírenských kalů a zahradního odpadu a podle (Yadav et Garg, 2011) ve vermikompostu z hnoje a potravinářských odpadů vzrostla. Během vermikompostování dochází ke ztrátám objemu materiálu a rozkladu a mineralizaci organické hmoty, proto může docházet ke zvýšení obsahu solí (Garg et al., 2006; Hanč et Plíva, 2013b). Pokles vodivosti a obsahu draslíku může být vysvětlen vymýváním solí během vermikompostování. Vzrůst vodivosti a obsahu draslíku byl obvykle naměřen v pracích, kde byl výtok z vermikompostéru vracen zpět (Nogales et al., 2005). Výtok z vermikompostéru totiž obsahuje mnoho solí a draslíku (Benitez et al., 1996). Přílišná salinita není vhodná k použití na zemědělské půdě (Lazcano et al., 2008), příliš nízká salinita však naopak snižuje dostupnost živin (Hanč et al., 2016).

Hodnota pH vermikompostu záleží na typu vstupních surovin, ale většinou bývá v neutrálních až mírně zásaditých hodnotách (Garg et al., 2006; Hanč et Plíva, 2012). Hanč et Plíva (2012) a Begum (2011) například naměřili v kalech z ČOV v různých směsích hodnotu pH 6,9–7,5. U surovin s vysokým pH (např. digestát, kaly z ČOV) dochází během vermikompostování k poklesu pH, zatímco u surovin s nízkým pH (např. městský a zahradní bioodpad, štěpka) se hodnota pH zvýšila (Suthar, 2010a; Suthar, 2010b; Hanč et Plíva, 2013b).

Z výchozích materiálů se do vermikompostu mohou dostávat nepříznivé látky a organismy. U živočišných odpadů hrozí riziko kontaminace lidskými patogeny (koliformní bakterie, viry a vajíčka parazitů) (Edwards et al., 2006). Tyto patogeny eliminuje termofilní kompostování při teplotách minimálně 55 °C trvajících alespoň 72 hodin nebo vermikompostování alespoň 50 dní (Arancon et al., 2007a). Obsah fekálních koliformních bakterií po dvou měsících vermikompostování dosáhl minimálních až nulových hodnot splňujících limity pro použití na zemědělské půdě (Domínguez et al., 1997). Přesto je lepší vyvarovat se aplikaci na jedlé části plodin, obzvláště blízko před jejich sklizní (Edwards et al., 2006; NOSB, 2006). Celkový obsah těžkých kovů (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Zn) se sice snížením obsahu uhlíku zvýšil, avšak jejich biodostupnost (toxicita) byla činností žížal a humifikací snížena (Domínguez et al., 1997; Sharma et al., 2005; Maňáková et al., 2014). Huminové kyseliny a jim podobné látky totiž zadržují některé kovy (např. železo, hliník a měď) ve svých komplexech (Chaudhary et al., 2004; Sharma et al., 2005). Ani vermikomposty z rizikových surovin, kterými jsou například kaly z ČOV, neobsahovaly podle Begum (2011) nadlimitní obsahy těžkých kovů. Některé odpady mohou být také

zatíženy organickými polutanty, jako jsou zbytky pesticidů, léků, PAU, PCB apod. (Kalina, 2004).

3.2.6 Vliv vermikompostů na růst a kvalitu rostlin

Použitím vermikompostu je půdě dodána organická hmota, množství živin a dalších podpůrných látek (Sharma et al., 2005). Zlepšuje také drobtovitou strukturu, úrodnost a vodní režim půdy. Vermikompost v půdě snižuje její objemovou hmotnost a zvyšuje její porozitu (Chaudhary et al., 2004). Aplikace vermikompostu dlouhodobě podporuje množství mikroorganismů v půdě. I dva měsíce po sklizni rýže byl celkový obsah mikroorganismů, bakterií fixujících vzdušný dusík a mykorhizních symbiontů vyšší než po aplikaci chemických hnojiv nebo hnoje (Kale et al., 1992). Sterilizací vermikompostu se silně ztrácí jeho růstové účinky (Buckerfield et al., 1999). Při aplikaci vermikompostu společně s minerálními hnojivy je zefektivněn jejich účinek (Rani et Srivastava, 1997). Použití vermikompostu zlepšuje klíčení, vzcházení, růst, kvetení, plození, výnos a kvalitu mnoha zahradních i okrasných rostlin (Domínguez et al., 1997; Atiyeh et al., 2000; Arancon et al., 2003a; Edwards et al., 2004; Arancon et al., 2006; Edwards et al., 2007; Arancon et al., 2008; Nath et Singh, 2011; Chatterjee et al., 2013; Haghghi et al., 2016). Růstové regulátory ve vermikompostu podporují růst kořenů a vývoj rostlin. Také stimulují tvorbu plodnic žampionů (Tomati et al., 1988).

Aplikace vermikompostu podle Gajalakshmi et Abbasi (2004) zlepšila různé kvantitativní i kvalitativní parametry rajčat, lilku a krosandry lépe než aplikace tradičního kompostu. Huminové kyseliny extrahované z vermikompostu podpořily růst rajčat a dalších plodin (Arancon et al., 2003c). Míra klíčení a růst mladých rostlin ředkviček byl negativně ovlivněn vyššími dávkami vermikompostu, avšak výnos rostl úměrně aplikaci vermikompostu v pozdějších stádiích růstu (Buckerfield et al., 1999). Přidáním vermikompostu do pěstebního substrátu se podle Paul et Metzger (2005) urychlil růst sadby rajčat, lilku a paprik. Avšak sadba rajčat byla více vytáhlá, méně kvalitní a méně uniformní. Rychlý růst byl zřejmě ovlivněn vyšším obsahem nitrátové formy dusíku ve vermikompostu (Paul et Metzger, 2005). Při nahrazení 25–50 % substrátu vermikompostem se zvýšil výnos a kvalita rajčat a tymiánu, který obsahoval více esenciálních olejů (Gutiérrez-Miceli et al., 2007; Amooaghaie et Golmohammadi, 2017). Přídavek vermikompostu také zvýšil trvanlivost plodů rajčat (Chatterjee et al., 2013). Aplikace vermikompostu také zvýšila efektivitu fotosyntézy

a aktivitu různých enzymů, čímž ovlivnila metabolismus a antioxidační schopnosti rostlin stévie (Bidabadi et al., 2016).

3.2.7 Vliv vermikompostu na ochranu před chorobami a škůdci

Vermikompost má také schopnosti potlačovat choroby a škůdce rostlin a lze ho proto považovat za „biopesticid“ (Reddy et al., 2012). Jeho použitím lze do určité míry nahradit nebo doplnit jiné často environmentálně nepříznivé způsoby ochrany rostlin. Slibná je také možnost použití na kmeny patogenních organismů, které získaly rezistenci k chemickým pesticidům (Reddy et al., 2012). Vermikompost potlačuje například houbové choroby *Phytophthora* a *Fusarium* na rajčeti a tymiánu (Szczzech et al., 1993; Amooaghaie et Golmohammadi, 2017), *Pythium* na ředkvičkách, *Rhizoctonia* na okurkách, *Verticillium* na jahodách, *Phomopsis* na hroznech a *Plectosporium* (Edwards et al., 2004; Edwards et al., 2006; Arancon et al., 2007a). Také potlačuje parazitická hádátka (*Pratylenchus* a další) (Edwards et al., 2004; Nath et Singh, 2011; Pižl, 2015). Po aplikaci vermikompostu půda obsahuje méně fytoparazitických hádátek, obsahovala naopak více fungivorních a trochu více bakterivorních hádátek oproti půdě hnojené minerálními hnojivý (Arancon et al., 2003b). Vermikompost také snižuje napadení mšicemi, vlnatkami, sviluškami, molicemi a housenkami motýlů (Edwards et al., 2004; Kalina, 2004; Arancon et al., 2007a). Přídavek vermikompostu do substrátu snížil napadení škůdci *Tetranychus urticae*, *Pseudococcus* sp., *Pieris brassicae* a *Myzus persicae* na různých druzích zeleniny. Vermikompost snížil atraktivitu těchto plodin pro škůdce, a také ovlivnil jejich reprodukci (Arancon et al., 2005; Arancon et al., 2007b).

Mechanismus ochrany může být obecný i druhově specifický (Edwards et al., 2004). Zemina je v trávicím ústrojí žízála obohacena o mnoho mikroorganismů a dalších látek, které v půdě fungují jako antagonisti některých houbových a bakteriálních patogenních organismů a potlačují je (Reddy et al., 2012). Rezistenci proti některým chorobám mohou také působit některé enzymy (např. β -1,3-glukanáza, fenylalaninamoniaklyáza, polyfenoloxidáza, peroxidáza) (Amooaghaie et Golmohammadi, 2017). Aplikace vermikompostu může měnit nutriční složení a stimulovat produkci fenolických látek rostlinami, které je působí hůře požitelné pro škůdce (Arancon et al., 2007b).

3.3 Vodné výluhy z kompostů a vermikompostů

Komposty i vermikomposty lze použít přímo v jejich tuhé formě, výhodné je však jejich vyloužení a fermentace ve vodě, kdy se do vzniklého výluhu dostávají různé příznivě působící látky, které vznikají ve vermikompostu společným působením žížal a mikroorganismů (Scheuerell et Mahaffee, 2002; Arancon et al., 2006; Salter et Edwards, 2010). Je to jakási koncentrovaná esence vermikompostu (Salter et Edwards, 2010). Tento tekutý extrakt se vyrábí smícháním vermikompostu s vodou různými metodami v různých poměrech a dobách louhování (Arancon et al., 2007a; Dearborn, 2011). Tento výluh je velmi účinný a často se také nazývá kompostový resp. vermikompostový „čaj“ (Kalina, 2004; Salter et Edwards, 2010). Předpokládá se, že má vyšší kvalitu výluhů z vermikompostu než klasického kompostu (Hanč et al., 2016). Do výluhu přechází látky jako huminové kyseliny, rozpustné živiny, různé mikroorganismy, enzymy a růstové hormony (Edwards et al., 2006; Arancon et al., 2007a; Dearborn, 2011). Tyto látky mají schopnost podporovat růst rostlin (Edwards et al., 2006). Kromě toho dokáže do určité míry působit proti škodlivým organismům (Salter et Edwards, 2010). Během louhování dochází k namnožení příznivých mikroorganismů, jako jsou některé bakterie a houby, které dále pokračují ve fermentaci materiálu (Dearborn, 2011; Newell, 2016).

Výluhy se používají k přihnojování různých rostlin během vegetační doby (Kalina, 2004). Výhodou je možnost snazší aplikace například společně se závlahou nebo i jako mimokořenová výživa přímo na nadzemní části rostlin (Arancon et al., 2007a; Edwards et al., 2007). Nevýhodou je, že se tento výluh nedá příliš dlouho skladovat (Edwards et al., 2007). Ke hnojení lze také využít výluh shromažďující se v nejspodnějším patře vermikompostéru, tzv. vermiwash (Buckerfield et al., 1999; Jaikishun et al., 2014).

3.3.1 Způsoby vyluhování („brewing“)

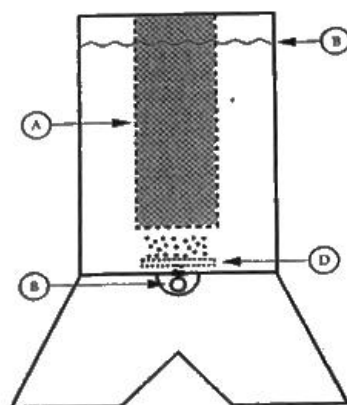
Bylo navrženo mnoho různých metod, jak vytvořit výluh a způsobů ředění před aplikací, které budou mít optimální vliv na růst rostlin (Pant, 2011). V malém lze tento „čaj“ připravit způsobem podobným jako při louhování čajového pytlíku. Kompost v jemně síťovaném sáčku je ponořen na několik dní až týdnů do vody, kdy se účinné látky postupně extrahují z tuhého kompostu do vzniklého výluhu (Dearborn, 2011; Newell, 2016). V jiných případech je kompost jednoduše namočen ve vodě, občas promíchán a po určité době filtrován (Kalina, 2004; Salter et Edwards, 2010). Při těchto způsobech (tzv. pasivní

vyluhování) však v nádobě dochází k postupnému vyčerpávání kyslíku, který podporuje růst jiných, často nepříznivých, druhů anaerobních mikroorganismů. Proto se zdá být vhodnější během vyluhování neustále míchat a provzdušňovat (aerovat) vznikající výluh (tzv. aktivní vyluhování), aby byly udržovány aerobní podmínky (Arancon et al., 2007a; Salter et Edwards, 2010; Dearborn, 2011). Provzdušňování také urychluje fyzikální extrakci látek z vermikompostu díky rozvření a homogenizaci roztoku (Salter et Edwards, 2010). Výluh vyrobený s pomocí provzdušňování obsahuje více prospěšných aerobních mikroorganismů a látek oproti neprovzdušňovanému (Arancon et al., 2007a). Provzdušněné výluhy také obsahují větší množství živin (Hanč et al., 2016). Má proto vyšší účinnost a také vyšší stabilitu (Edwards et al., 2006). Pro tento účel existují speciální aerační vyluhovací zařízení, u kterých je zajištěna nepřetržitá aerace vznikajícího výluhu, například různými provzdušňovacími pumpami, dmychadly, aeračními disky nebo vzduchovacími kameny (Edwards et al., 2007; Salter et Edwards, 2010; Dearborn, 2011; Newell, 2016). Existuje mnoho typů a velikostí komerčních zařízení pro vyluhování kompostů se schopností kontinuální aerace a míchání – viz Obrázek 1 (Salter et Edwards, 2010).

Jsou různé názory ohledně nejvhodnější doby louhování a poměru kompostu k vodě. Z mnoha různých zkoušených objemových poměrů vermikompostu k vodě, které se v různých pracích pohybují od 1 : 3 do 1 : 200 (Edwards et al., 2006; Arancon et al., 2007a; Edwards et al., 2007; Dearborn, 2011; Newell, 2016), se jako nejefektivnější zdá být poměr kompostu k vodě 1 : 10, popřípadě 1 : 5 nebo 1 : 20 (Kalina, 2004; Arancon et al., 2007a; Edwards et al., 2007; Salter et Edwards, 2010; Reddy et al., 2012). Výluh se před aplikací dále ředí podle potřeby. (Hanč et al., 2016) doporučuje nižší poměr vermikompostu k vodě pro louhování a ředit výluh až těsně před aplikací. Výluh pak obsahuje vyšší koncentraci makroživin, což umožňuje snížit prostor pro skladování. Doba louhování se může pohybovat od několika hodin po několik týdnů podle způsobu vyluhování, podmínek a potřeby (Arancon et al., 2007a; Edwards et al., 2007; Salter et Edwards, 2010; Dearborn, 2011; Reddy et al., 2012; Newell, 2016). Nejčastěji se však louhuje 12–48 hodin s neustálým mícháním a provzdušňováním (Kalina, 2004; Salter et Edwards, 2010; Dearborn, 2011). Vyluhování rozpustných látek a mikroorganismů probíhá rychle, fermentace (tzv. brewing) však potřebuje více času. Doba vyluhování příliš neovlivňuje obsah živin ve výluhu, více jsou ovlivněny mikroorganismy (Salter et Edwards, 2010). Obsah makroprvků a elektrická vodivost vzrůstá s dobou vyluhování, nejrychleji však v prvních šesti hodinách (Hanč et al., 2016).

Neprovzdušňované výluhy se obvykle připravují po delší dobu než provzdušňované (Dearborn, 2011).

Pro vyluhování a množení mikroorganismů je důležitá kvalita použité vody. Rozpuštěné látky, těžké kovy, pesticidy, chlor i patogenní organismy ve vodě mohou pozměnit proces louhování (Salter et Edwards, 2010). Vhodnější je nechlórovaná odražená voda s hodnotou pH blízkou neutrální. Příliš nízké pH a obsah chlóru mohou inhibovat aktivitu příznivých mikroorganismů ve výluhu (Dearborn, 2011). Nejvhodnější je pitná voda, obzvláště pro použití na jedlé plodiny (NOSB, 2006). Rychlost vyluhování látek a množení a diverzitu mikroorganismů velmi ovlivňuje teplota použité vody. Teplá voda obsahuje méně rozpuštěného kyslíku, čímž ovlivňuje mikrobiální aktivitu (Salter et Edwards, 2010). Někdy se také během vyluhování přidávají různé doplňkové živiny (např. jednoduché cukry ve formě melasy, řasy, horninové moučky apod.) a kultury mikroorganismů, které mají podpořit aktivitu mikroorganismů, a tím účinnost výluhu (Arancon et al., 2007a; Salter et Edwards, 2010). Tyto doplňkové živiny, obzvláště jednoduché cukry, však mohou podpořit i nesprávné a patogenní mikroorganismy a ohrozit tak lidské zdraví, proto nemusí být jejich použití příliš vhodné (Salter et Edwards, 2010; Dearborn, 2011). Vstupní materiál musí být dostatečně stabilní bez snadno rozložitelných látek, aby nedocházelo k namnožení škodlivých organismů (Dearborn, 2011).



Obrázek 1. Schéma přístroje na vyluhování vermikompostu (Courtesy of growing Solutions, Inc.). A – síť obsahující kompost/vermikompost, B – hladina vody a ventil pro vypouštění výluhu, C – vzduchovací zařízení. Zdroj: Salter et Edwards (2010).

3.3.2 Použití výluhů vermikompostů

Výluhy se stále více používají ke hnojení polní produkce, v zahradnictví, v sadech i soukromých zahradách (Salter et Edwards, 2010). Výhodou tekutého výluhu vermikompostu je vysoká koncentrace účinných látek a také možnost snazší aplikace na porosty i během vegetace (Kalina, 2004; Arancon et al., 2007a). Výluhy lze aplikovat společně se závlivkou nebo závlahou (Salter et Edwards, 2010). Je možné je rozvést kapkovou závlahou. Problémem však může být ucpávání trysek a dalších aplikačních zařízení (Dearborn, 2011). Další možností je mimokořenová aplikace postřikem přímo na nadzemní části rostlin (Scheuerell et Mahaffee, 2002; Zaller, 2006; Jadhav et al., 2015). Na povrchu rostliny tak ulpívá vrstvička živin, příznivých látek a mikroorganismů, která kromě dodatečné výživy přispívá k ochraně rostliny před škůdci a chorobami (Zaller, 2006; Salter et Edwards, 2010; Dearborn, 2011; Márquez-Quiroz et al., 2014). Pro zajištění co nejdélejšího ulpění této vrstvičky na rostlině, je potřeba vhodně načasovat aplikaci, často ji opakovat a případně použít smáčedla, která pomohou lepšímu ulpívání výluhu na listech (Dearborn, 2011). Také lze aplikací výluhu na půdu nebo do kompostu urychlit rozklad rostlinných zbytků (Salter et Edwards, 2010).

Frekvence aplikace se liší podle plodiny, systému produkce, způsobu aplikace, dávkování, ředění, tlaku chorob a půdně-klimatických podmínek (Scheuerell et Mahaffee, 2002; Salter et Edwards, 2010). Může se používat například jedenkrát za týden (Kalina, 2004; Pant et al., 2011). Pro ochranu kořenů je potřeba zvolit množství, které prosákne ke kořenovému systému rostliny (Dearborn, 2011). Pro hnojení pak choi použili (Pant et al., 2011) dávku 200 ml na jednu rostlinu každý týden po dobu 4 týdnů. Před aplikací je výluh vhodné zředit s vodou, aby nebyl příliš koncentrovaným zdrojem živin a solí a nedocházelo k ucpávání aplikačních zařízení (Dearborn, 2011). Podle účelu se ředí nejčastěji v poměru 1 : 10, ale také 1 : 4 až 1 : 50 (Kalina, 2004; Dearborn, 2011). Lepší jsou menší dávky častěji, než jednorázově velké množství (Buckerfield et al., 1999). Během skladování i po aplikaci do půdy se stále množí mikroorganismy a produkují látky stimulující růst rostlin (Edwards et al., 2010b).

Možnosti skladování výluhů jsou velmi omezené, obzvláště u provzdušňovaného dochází k rychlým změnám a brzy dochází k vyčerpání kyslíku a změnám mikrobiální aktivity (Dearborn, 2011). Po omezenou dobu se může uchovávat v chladu v teplotách okolo 4 °C (Reddy et al., 2012). Růstové vlastnosti ani obsah mikroorganismů se významně

nezměnili během skladování při 10 °C po dobu 72 hodin. Při skladování v pokojové teplotě je však potřeba výluh použít do 24 hodin (Fritz et al., 2008).

Dále lze výluhy použít k namáčení osiva před výsevem, což podporuje jeho klíčení (Arancon et al., 2012; Reddy et al., 2012). Ve větším zředění se také používá v hydroponii nebo aquaponii, kdy se pěstují rostliny v živném roztoku bez substrátu. V těchto případech dodává výluh příznivé organické látky a mikroorganismy, které v těchto systémech jinak chybí (Kalina, 2004; Newell, 2016).

3.3.3 Vlastnosti výluhů z vermikompostů

Na chemické, fyzikální a biologické vlastnosti a účinky výsledného výluhu má vliv mnoho faktorů, jako jsou vstupní suroviny pro vermikompost, způsob a doba vermikompostování, stabilita vermikompostu, poměr vermikompost : voda, kvalita vody, způsob vyluhování (aerace/ bez aerace, míchání, aditiva), doba louhování, teplota, pH, skladování a ředění výluhu (Scheuerell et Mahaffee, 2002; Edwards et al., 2006; Dearborn, 2011; Pant, 2011; Arancon et al., 2012; Hanč et al., 2016). Při použití drůbeží podestýlky výsledný výluh například obsahuje větší množství dusíku, fosforu, draslíku i hořčíku než výluh z kuchyňských odpadů (Arancon et al., 2012). Vlastnosti vermikompostů a tedy i jejich výluhů jsou do určité míry variabilní, a proto se i jejich účinky na úrodnost a produktivitu mohou lišit (Pant, 2011; Arancon et al., 2012). Vermikompostové čaje mívají hnědou barvu v různých odstínech v závislosti na poměru surovin, době louhování, hustotě síta a dalších faktorech (Edwards et al., 2010b).

Výluh je extraktem příznivých látek z kompostu, které mají pozitivní vliv na růst rostlin (Dearborn, 2011). Obsahuje mnoho dobře přijatelných živin obzvláště N-NO₃⁻, P, K, Mg a Ca (Edwards et al., 2010b). Výluhy obsahují relativně nízké množství N-NH₄⁺ podobně jako původní vermikomposty, avšak jeho koncentrace může mírně vzrůst vlivem rozkladu organických sloučenin během louhování. Během vyluhování tedy dochází současně k mineralizaci (rozkladu) i nitrifikaci. Obsah amonné formy N proto kolísá. Obsah nitrátové formy N během louhování narůstá. Výluhy obsahují větší množství N-NO₃⁻ než N-NH₄⁺ (Hanč et al., 2016).

Výluh obsahuje mnoho mikroorganismů (bakterie, houby, aktinomyceta, protozoa) a bioaktivních látek, kterými jsou například růstové fytohormony (cytokininy, auxiny, gibbereliny) a organické kyseliny (např. huminové kyseliny, abscisová kyselina, indol-3-octová kyselina), které také regulují růst (Edwards et al., 2006; Salter et Edwards, 2010; Arancon

et al., 2012). Růstové hormony jsou velmi rozpustné a nestabilní. Rychle je rozkládá ultrafialové záření, v půdě jsou však vázány do struktury huminových sloučenin, které je postupně uvolňují, proto je důležité jejich společné působení (Edwards et al., 2010b). Výluh také obsahuje látky s chelatačním účinkem, které zpřístupňují živiny (Salter et Edwards, 2010). Tyto látky pochází z tuhého vermikompostu a jsou dále produkovány mikroorganismy během vyluhování (Arancon et al., 2007a; Dearborn, 2011). Ve výluzích vermikompostů různých původů se vyskytují odlišné typy a různá množství těchto látek (Arancon et al., 2012).

Do výluhů se dostává velké množství dobře přijatelných rozpuštěných živin (Edwards et al., 2006; Pant et al., 2009). Některé obsažené bakterie mají navíc schopnost poutat vzdušný dusík (*Azotobacter* sp., *Agrobacterium* sp. a *Rhizobium* sp.), zatímco jiné zpřístupňují fosfáty (Zambare et al., 2008). Mimo to výluh obsahuje enzymy, jako jsou dehydrogenázy, amylázy, proteázy, glukosidázy, ureázy a fosfatázy, které zpřístupňují živiny, a tím pozitivně ovlivňují růst rostlin (Zambare et al., 2008; Fernández-Gómez et al., 2010). Vyšší obsah živin zpětně podporuje růst mikroorganismů ve výluhu (Dearborn, 2011). Během louhování dochází k nárůstu elektrické vodivosti, což značí zvýšení obsahu solí (Hanč et al., 2016). Výluh také obsahuje rozpustnou a jemnou organickou hmotu (Márquez-Quiroz et al., 2014; Hanč et al., 2016). Výluhy z vermikompostů mají neutrální až mírně zásadité pH (Arancon et al., 2012). Efektivita extrakce (vyluhovatelnost) prvků klesá v pořadí $K > P > Mg > Ca$ a pohybuje se kolem 1–20 % podle prvku, materiálu a způsobu louhování (Hanč et al., 2016).

Ve výluzích vyrobených metodou bez provzdušňování může být menší obsah dusičnanů, mikroorganismů a aktivity enzymů (Arancon et al., 2007a). Ve výluzích vyrobených s provzdušňováním naopak bývá vyšší elektrická vodivost, vyšší obsah amonné i nitrátové formy dusíku a dalších makroprvků (Pant et al., 2009; Edwards et al., 2010b; Hanč et al., 2016). Provzdušňování zvýšilo efektivnost extrakce draslíku, hořčíku, vápníku i fosforu. Provzdušňovaný výluh měl také vyšší hodnotu pH (Hanč et al., 2016). Také výluhy vermikompostů z kuchyňských zbytků měly vyšší pH s provzdušňováním (7,5–7,8) než bez něj (6,6–6,8) (Edwards et al., 2010b). Aerace také urychlila uvolňování rozpustných organických látek, které dosáhlo svého vrcholu po 12 hodinách louhování, s následným poklesem vlivem biologického rozkladu, který byl v korelaci se spotřebou kyslíku (Hanč et al., 2016). Rychlejší extrakce je zřejmě způsobena tím, že bublinky také napomáhají míchání výluhu a rozpouštění látek (Edwards et al., 2010b; Hanč et al., 2016).

Provzdušňování podporuje mikrobiální aktivitu ve výluhu, která zefektivňuje jeho hnojivý a protektivní účinek (Arancon et al., 2007a; Edwards et al., 2010b; Dearborn, 2011). Díky tomu má provzdušňovaný výluh lepší vliv na růst plodin (Edwards et al., 2006).

3.3.4 Vliv výluhů na růst a kvalitu rostlin

Podobně jako tuhé vermikomposty mají i jejich výluhy pozitivní vliv na život v půdě, růst a kvalitu rostlin (Edwards et al., 2007; Pant et al., 2011). Jsou tak vhodnou alternativou syntetických hnojiv a pesticidů (Dearborn, 2011). Kromě vysokého obsahu živin ovlivňuje růst rostlin obsah růstových hormonů a huminových kyselin ve výluhu (Edwards et al., 2006; Arancon et al., 2007a; Pant et al., 2009; Pant, 2011). I při nejnižší testované koncentraci výluhu (0,5%, 1 : 200) a zajištění dostatku živin všem pokusným rostlinám (Edwards et al., 2006; Arancon et al., 2007a) zjistili pozitivní vliv na klíčení a růst rajčete. Obsah živin tedy není jediným důvodem vlivu na růst rostlin (Edwards et al., 2006).

Výluhy ovlivňují klíčení, zlepšují vzcházení, růst, plození i kvalitu mnoha zahradních plodin, jako jsou například rajčata, papriky, salát, ředkvičky, jahody, maliny, hrozny, cizrna a petúnie (Arancon et al., 2007a; Pant et al., 2011; Arancon et al., 2012; Reddy et al., 2012; Jadhav et al., 2015; Aahmadpour et al., 2016). Aplikace výluhu vermikompostu také zlepšila mikrobiální aktivitu a obsah živin v půdě, čímž zvýšila výnos a obsah nutričních látek pak choi (Pant, 2011). Použití 5–10% roztoku výluhu vermikompostu zvýšilo nadzemní biomasu rajčete (Edwards et al., 2007). Huminové kyseliny z vermikompostu podporují růst kořenů a kořenového vlášení a také propustnost membrány kořenů, čímž zlepšují příjem živin buňkami a jejich růst (Canellas et al., 2002). Při porovnávání minerálního hnojení a hnojením výluhem vermikompostu vyšel Márquez-Quiroz et al. (2014) vyšší výnos u minerálního hnojení, organicky hnojená rajčata však byla kvalitnější. Edwards et al. (2010) zajistili všem pokusným rostlinám dostatek výživy. Rajčata a okurky zalévané provzdušňovaným výluhem vermikompostu měli větší výšku rostlin, plochu listů, čerstvou nadzemní hmotnost, počet a hmotnost plodů. Pozitivní efekt se zvyšoval s rostoucí koncentrací výluhu (0–20 %). Arancon et al. (2007a) nezjistili žádné negativní vlivy aplikace výluhů vermikompostů na růst rostlin.

Arancon et al. (2012) použili výluhy vermikompostu k namáčení osiva před výsevem. Namočením se změkčí tvrdé osemení a vyplaví se látky inhibující klíčení. Osivo rajčete a salátu nechali bobtnat 9 resp. 24 hodin v různých koncentracích výluhu (0–20%). Takto ošetřené osivo mělo lepší klíčivost a růst semenáčů než osivo namočené pouze ve vodě

nebo nenamočené před výsevem. Klíčivost a růst rostlinek se zvyšoval se vzrůstající koncentrací výluhu. Při nejvyšší koncentraci ovšem účinnost snižovala. Účinek výluhů také rostl s rostoucí dobou namočení osiva s nejlepšími výsledky mezi 8 a 24 hodinami. Proto doporučují namáčení ve výluhu s nižší koncentrací po delší dobu, než namáčení ve výluhu s vyšší koncentrací. Také zjistili, že se liší účinek výluhů z vermikompostů z drůbeží podestýlky a z kuchyňského bioodpadu. Zřejmě to způsobuje jiná skladba růstových hormonů a huminových kyselin (Arancon et al., 2012). Výluh vermikompostu také zlepšil odolnost sadby rajčat vůči abiotickým stresům nevhodných teplot a nedostatku vody (Chinsamy et al., 2014).

Fritz et al. (2008) naopak nezjistili, že by mikroorganismy aplikované výluhem vermikompostu přežily v půdě. V laboratorních podmínkách se zlepšil růst rajčat. V polních pokusech však nenašli žádné významné zlepšení výnosů různých zelenin a obilnin (ředkve, hrášek, rajčata, pšenice atd.), ale pozorovali určité zlepšení kvality těchto plodin (Fritz et al., 2008). Při pěstování sadby rajčat doplnil výluh vermikompostu dostatek P a K, nedostačoval však pro zajištění N, který bylo tedy nutné dodávat jinými způsoby (Arthur et al., 2012).

3.3.5 Výluhy jako „biopesticidy“

Výluhy z vermikompostů mají podobně jako tuhé vermikomposty a klasické komposty schopnost prevence a potlačení napadení rostlin chorobami a škůdci (Kalina, 2004; Edwards et al., 2007). Tato ochrana se sice nemůže svou účinností vyrovnávat chemickým pesticidům, avšak může přispět ke snížení jejich potřeby a pomoci ekologickým zemědělcům, kteří mají v ochraně plodin omezené možnosti (Scheuerell et Mahaffee, 2002). K tomuto účelu se aplikuje pravidelně postřikem na nadzemní části rostlin nebo zálivkou do půdy (Scheuerell et Mahaffee, 2002; Kalina, 2004; Edwards et al., 2007; Edwards et al., 2010a). Výluhy například potlačují verticiliové vadnutí (*Verticillium*) rajčat (Edwards et al., 2006). Byly také zjištěny účinky provzdušňovaných výluhů proti chorobám *Fusarium*, *Plectosporium* a *Rhizoctonia* (Edwards et al., 2007; Reddy et al., 2012). Fusariové vadnutí u rajčete bylo nejvíce potlačeno 5% výluhem vermikompostu a bylo účinnější než při použití výluhu z termofilního kompostu (Edwards et al., 2007). Napadení plísní bramborovou (*Phytophthora infestans*) na rajčeti bylo nižší při použití výluhu (Zaller, 2006). Foliární aplikace výluhu z vermikompostu snížila výskyt plísně plodů rajčat (*Alternaria alternata*) (Jaikishun et al., 2014).

Rajče mělo největší nadzemní i podzemní biomasu při aplikaci 20% výluhu, který fungoval proti parazitickému hád'átku *Meloidogyne hapla* – takto ošetřené rostliny měly nejmenší počet cyst (Edwards et al., 2007). Aplikace výluhů také snížila pronikání hád'átek *Meloidogyne incognita* do kořenů cuket a okurek (Mishra et al., 2017). Výluhy také potlačují populační růst svilušky chmelové (*Tetranychus urticae*) a mšici broskvoňovou (*Myzus persicae*) (Edwards et al., 2007). Arancon et al. (2007a) také zjistili snížení výskytu parazitických hád'átek a škodlivých členovců po aplikaci výluhu vermikompostu. Výluh vermikompostu aplikovaný zálivkou také potlačil brouky *Acalymma vittatum* na okurkách a lišaje *Manduca sexta* na rajčatech. Tento efekt byl silnější při aplikaci vyšších koncentrací výluhu (Edwards et al., 2010a).

Mechanismus účinku je vysvětlován vysokým obsahem příznivých mikroorganismů ve výluhu. Tyto prospěšné bakterie, houby a protozoa mohou být v kompetici o životní prostor, živiny a energii s patogenními mikroorganismy, může mezi nimi fungovat antagonismus (parazitismus, predace), také mohou zneškodňovat jejich zárodky (spory) (Hoitink et Boehm, 1999; Edwards et al., 2006). Aplikace výluhů také podporuje prospěšná hád'átka v půdě, která mohou chránit kořeny rostlin před patogenními organismy. Tyto organismy kolonizují kořeny a mohou zde produkovat látky působící fungicidně, antimikrobiálně, mohou přímo potlačovat patogenní mikroorganismy a indukovat rezistenci v rostlině (Hoitink et Boehm, 1999; Kalina, 2004; Haas et Défago, 2005; Dearborn, 2011). Edwards et al. (2006) zjistili, že se tyto schopnosti vytratily při sterilizaci vermikompostu. Důvodem snížené požitelnosti plodin pro škůdce může být přechod rozpustných fenolických látek z výluhu do pletiv rostlin, které snižují jejich atraktivitu (Edwards et al., 2010a; Nath et Singh, 2011). Vyšší účinnosti proti chorobám lze dosáhnout použitím některých surovin k vermikompostování, které mají schopnosti patogeny potlačovat, jakými je např. neem (*Azadiracta indica*) nebo libora (*Lantana camara*). Namočení osiva rajčat a lilku v 10% výluhu vermikompostovaných listů neemu po dobu 1 hodiny společně s použitím tuhého vermikompostu téměř úplně potlačila choroby způsobené *Fusarium oxysporum* (fusariové vadnutí) a *Ralstonia solanacerum* (bakteriální vadnutí) (Reddy et al., 2012). K ochraně mohou přispívat aerobní, ale i anaerobní mikroorganismy, proto není jednoznačné, zda jsou v ochraně účinnější provzdušňované nebo neprovzdušňované výluhy (Scheuerell et Mahaffee, 2002; Dearborn, 2011).

3.4 Suroviny pro výrobu vermikompostu

Jako krmivo pro žížaly lze použít většinu organických materiálů. Nejčastěji jsou k vermikompostování používány kuchyňské bioodpady, různé průmyslové odpady a stájová hnojiva (Edwards et al., 2007; Hanč et Plíva, 2013a). Kromě toho lze žížaly využít také ke stabilizaci čistírenských kalů a digestátů z bioplynových stanic (Domínguez et al., 2000; Suthar, 2010a; Hanč et Plíva, 2012; Hanč et Plíva, 2013b). Hnůj lze použít například hovězí, koňský, ovčí, prasečí, avšak méně vhodný je drůbeží trus (Kalina, 2004). Dalšími možnými surovinami pro výrobu vermikompostu jsou ovocné výlisky, které zbývají po vylisování moštu, případně sedimenty vznikající při fermentaci těchto moštů (Nogales et al., 2005). Také jsou vhodné zahradní bioodpady a bioodpady z údržby městské zeleně (např. posekaná tráva, listí, piliny, plevele bez semen a oddenků), posklizňové zbytky (např. sláma obilnin a luskovin, natě a listy zeleniny, otruby) a další vedlejší produkty nejen potravinářského, ale i papírenského, textilního, tabákového a dalších průmyslů (Albanell et al., 1988; Elvira et al., 1998; Manna et al., 1997; Kalina, 2004; Sharma et al., 2005; Hanč et Plíva, 2013b). Symbiotické mikroorganismy žížal dokáží rozložit pomocí svých enzymů celulózu a lignin z papíru, pilin a drobných větví (Vinceslas-Akpa et Loquet, 1997). Dokonce některé materiály, které jsou pro žížaly toxické, mohou být po předchozí fermentaci vermikompostovány, jako například travina paspal (Mba, 1989). Mezi vhodné materiály z domácností patří kávová sedlina, vyluhované sáčky od čaje, slupky a odřezky různého ovoce a zeleniny, rozdrčené vaječné skořápky, květiny, natrhaný odpadní papír, ubrousky a lepenka a v menším množství také popel (Orozco et al., 1996; Kalina, 2004; Eevera, 2008; Hanč et Plíva, 2013b). V různých částech světa se používají další materiály jako je neem nebo vodní chaluhy a řasy (Gajalakshmi et Abbasi, 2004). Někdy se také přidávají minerální hnojiva, jejichž kompostování zpřístupňuje v nich obsažené živiny (Vaněk et al., 2012).

Některé typy materiálů je vhodnější kombinovat s jinými pro zajištění optimálního poměru C : N, struktury materiálu, vláhý, pH a zasolení. Počáteční poměr C : N surovin by měl být mezi 1 : 10 až 1 : 50, nejlépe 1 : 20–25 (Ndegwa et Thompson, 2001; Freixas et Landa, 2012; Vaněk et al., 2012). Suroviny s vyšším obsahem dusíku (např. hnůj různých hospodářských zvířat, čistírenské kaly, digestáty) je vhodné kombinovat s materiály s vyšším obsahem uhlíku (např. sláma, listí, piliny, štěpka, papír) (Kalina, 2004; Hanč et Plíva, 2013b). Vhodné kombinace jsou například kuchyňský bioodpad s použitým papírem, čistírenské kaly se zahradním bioodpadem a digestát se slámou (Kalina, 2004; Hanč et Plíva, 2012; Hanč

et Plíva, 2013b). Papír je vhodným materiálem v kombinaci s vlhčími surovinami, jelikož je schopný nasát přebytečnou vlhkost (Hanč et Plíva, 2013b). Některé materiály, které se vlivem rychlé dekompozice zahřívají, nebo materiály, u kterých je vyšší riziko výskytu patogenních organismů, je vhodné termicky předkompostovat (Sharma et al., 2005; Hanč et Plíva, 2012). Více se mohou zahřívát například zahradní a kuchyňské bioodpady a hnůj obzvláště koňský (Kalina, 2004; Hanč et Plíva, 2012). Žížaly potřebují dostatečný přísun potravy, ale ne ve velkých jednorázových dávkách, kdy hrozí nebezpečí zahřátí materiálu a následné vydýchání kyslíku zvýšenou činností mikroorganismů (Edwards et al., 2007; Dominguez et Edwards, 2010).

Pro žížaly není vhodný vysoký obsah solí (měrná elektrická vodivost). Salinita materiálu by neměla přesáhnout 0,5 % a měrná vodivost by měla být do 15 mS/cm, aby byly žížaly schopné přežívání a reprodukce (Munroe, 2007; Hanč et Plíva, 2012). Pokud je pH výchozího materiálu příliš nízké, lze ho upravit přidávkem mletého vápence nebo popela ze dřeva (Kalina, 2004). Aktivitě žížal také vadí vysoké koncentrace amonného dusíku, jehož obsah by neměl přesahovat 200 ppm (Hanč et Plíva, 2012). Takový materiál je vhodné smíchat s materiálem s nízkým obsahem amonného dusíku nebo déle předkompostovat (Hanč et Plíva, 2012). Použitím nevhodných surovin se mohou do vermikompostu dostat některé rizikové látky (organické polutanty, těžké kovy), proto je potřeba správně vybírat suroviny a analyzovat výsledný vermikompost na tyto látky (Vaněk et al., 2012).

Použití různých vstupních materiálů má vliv na růst a reprodukci žížal a výsledné složení vermikompostu (Domínguez et al., 2000; Hanč et Plíva, 2013b; Arancon et al., 2003c; García-Sánchez et al., 2017). Pro výrobu vermikompostu v této práci byli použity jablečné výlisky, koňský hnůj a matolína (hroznové výlisky). Tyto suroviny budou proto v následujících kapitolách popsány podrobněji.

V následujících tabulkách (viz Tabulka 3 a Tabulka 4) jsou uvedeny některé vlastnosti různých surovin vhodných pro vermikompostování. V Tabulka 5 jsou shrnuty základní vlastnosti surovin použitých v této práci, vermikompostů z nich vyrobených a digestátu, resp. fugátu, které byly nalezeny v literatuře

Tabulka 3. Poměr C : N některých surovin pro kompostování. *Zdroj: Kalina, 2004.*

Suroviny	Poměr C : N	Suroviny	Poměr C : N
Kůra	120 : 1	Posekaná tráva	20 : 1
Piliny	500 : 1	Sláma	60–100 : 1
Papír	350 : 1	Močůvka	2 : 1
Odpad z kuchyně	15 : 1	Kejda skotu	10 : 1
Odpad ze zahrady	40 : 1	Hněj skotu	25 : 1
Listí	50 : 1		

Tabulka 4. Vlhkost, obsah organické hmoty a obsah živin v různých surovinách. Živiny a obsah organických látek jsou uvedeny v % sušiny. *Zdroj: Váňa et al., 1994.*

Hmota	Vlhkost (%)	Organické látky	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Chlévská mrva koně	68–73	86–92	1,9–2,5	1,0–1,3	1,9–2,3	1,1–1,3	0,2–0,5
Odpad zeleniny	80–90	85–90	1,5–2,5	0,8–1,3	1,0–2,0	0,8–2,0	0,2–0,4
Kuchyňský odpad	65–80	75–88	1,2–2,3	0,3–0,7	0,4–0,8	1,9–3,0	0,3–0,6
Výlisky z ovoce	65–87	78–92	0,1–0,6	0,1–0,3	0,3–0,6	0,1–0,3	0–0,1
Vyříděný bioodpad	37–64	69–82	1,2–1,9	0,2–0,5	0,3–0,6	1,5–2,5	0,2–0,5

Tabulka 5. Souhrn hodnot pH, obsahu solí (měrná elektrická vodivost – EC) a poměru C : N v různých surovinách a příslušných vermikompostech (VC). Údaje v literatuře se často liší. *údaj nezjištěn. *Zdroj: Souhrn více naměřených údajů v literatuře – viz text.*

		pH	EC [mS/cm]	Poměr C : N
Jablečné výlisky	Surovina	4–7,1	2,6	16–30 : 1
	VC	5,9–7,2	1,6–4,4	13–20 : 1
Koňský hnůj	Surovina	8,5	0,9–11,6	14,5 : 1
	VC	6,2	9,9	15,4 : 1
Matolina	Surovina	5–8	0,3–3	14–35 : 1
	VC	7–9	0,24–0,7	10–16 : 1
Digestát		7–8,5	3,5–18	5–20 : 1
Fugát		7–9	–*	5–10 : 1

3.4.1 Nevhodné suroviny

Pro vermikompostování je vhodná většina organických materiálů. Naprosto nevhodná je však pro žížaly většina živočišných materiálů, jako jsou kosti, mléčné výrobky, maso, ryby, a také zbytky mastných jídel. Méně vhodné jsou také slupky subtropického a tropického ovoce, které bývají chemicky ošetřeny (Kalina, 2004). Žížaly také hůře tráví biomasu jehličnanů (Pižl, 2015). Nevhodné jsou nerozložitelné materiály, jako je sklo, kovy, umělé hmoty a materiály obsahující škodlivé látky, jako jsou barevné časopisy, lakované dřevo apod. (Kalina, 2004; Sharma et al., 2005). Organické odpady, které mohou obsahovat nemocné rostliny, semena a oddenky plevelů a lidské patogeny je vhodnější termicky předkompostovat (Sulzberger, 2007; Hanč et Plíva, 2013b).

3.4.2 Jablečné výlisky

Rod *Malus* řadící se do čeledi Rosaceae je v České republice nejpěstovanějším ovocným druhem. Mnoho z vypěstovaných jablek však nevyhovuje kvůli své velikosti nebo jiným nedostatkům prodeji, a proto se používají k lisování moštu (MZe ČR, 2016). Při výrobě moštu, kdy se z jablek lisuje šťáva, zůstávají jako vedlejší produkt výlisky, které je vhodné dále využít. Na výrobu moštu se využije pouze asi 50–65 % hmotnosti jablek (Hanč et Chadimová, 2014). Zbylé výlisky obsahují hlavně jadřince, slupky a stopky. Jablečné

výlisky průměrně obsahují kolem 11 % vody (Sudha et al., 2007). Mohou obsahovat zbytkový cukr, který způsobuje rychlejší rozklad, ale také nese riziko namnožení nepříznivých organismů (Kalina, 2004; Salter et Edwards, 2010; Dearborn, 2011). Obsahují velké množství polyfenolů, které působí jako antioxidanty (Sudha et al., 2007). Z rozkládajících se jader se uvolňují látky, které mají schopnost podporovat růst rostlin (Kalina, 2004). Jablečné výlisky se někdy také používají přímo jako organické hnojivo (Kumar et al., 2013), vhodnější je však jejich úprava vermikompostováním.

Velmi málo prací se zabývá vermikompostováním jablečných výlisků. Ovocné výlisky mají optimální poměr C : N (25–30 : 1) pro vermikompostování (Kalina, 2004). Jablečné výlisky mají velmi nízkou hodnotu pH, která se pohybuje kolem 4. Konečný vermikompost je vlivem vyššího obsahu organických kyselin v původním substrátu mírně kyselý až neutrální (pH 5,9–6,9), má optimální poměr C : N (13–14 : 1) a elektrickou vodivost (1,6–4,4 mS/cm) (Hanč et Chadimová, 2014). V jiné práci se původní hodnota pH 7,1 vermikompostováním lehce zvýšila na 7,2. Elektrická vodivost vzrostla z 2,6 m/cm na 3,2 mS/cm. Poměr C : N vzrostl z 16 : 1 na 20 : 1 (Hanč et al., 2016). Vermikompost z jablečných výlisků obsahoval 81 % vody (Hanč et al., 2016). Pro zlepšení struktury a absorpci přebytečných tekutin při vermikompostování je možné jablečné výlisky použít například ve směsi s nasekanou slámou (Hanč et Chadimová, 2014).

3.4.3 Koňský hnůj

Kůň domácí (*Equus caballus* L.) patří mezi nepřežvýkavé lichokopytníky. Hnůj je uleželou směsí pevných a částečně i tekutých exkrementů zvířat, podestýlky a zbytků krmiva (Kalina, 2004; Vaněk et al., 2012). Tato chlévská mrva zraje na hnojišti, kde dochází k převážně anaerobnímu kvašení, tlení a hnití, při kterém se mění složení hnoje. Složení hnoje závisí nejen na druhu, stáří, způsobu chovu a výživě zvířat, ale i na způsobu jeho uložení (Vaněk et al., 2012). Čerstvý hnůj není pro žížaly příliš vhodný vlivem vysokého obsahu amonného N a močoviny, proto je vhodné ho před vermikompostováním nechat nějakou dobu uležet (www.vermikompostovani.cz). Při použití výluhů z vermikompostů vyrobených z hnoje je potřeba vyšší opatrnost, jelikož může dojít k namnožení fekálních bakterií (NOSB, 2006). Zráním se materiál také zahřívá, což je velmi výrazné u koňského hnoje, čímž je zneškodněna většina škodlivých organismů a plevelů (Vaněk et al., 2012).

Koňský hnůj obsahuje průměrně 75 % vody a 20 % organických látek (Vaněk et al., 2012). Elektrická vodivost koňského hnoje (11,6 mS/cm) se vermikompostováním snížila na

9,9 mS/cm (Hanč et al., 2016). Hnůj od pasoucích se zvířat měl podle Hidalgo et Harkess (2002) vodivost 0,90 mS/cm. Vermikompost z koňského hnoje obsahuje trochu méně živin v porovnání s hnojem skotu a ovcí. Vermikomposty z těchto hnojů se také trochu liší strukturou. Skot a ovce jsou na rozdíl od koňů přežvýkavci, proto jejich hnůj obsahuje méně nestrávené celulózy. Velké částice nestrávené celulózy jsou pro žížaly špatně pohltitelné, a tak zůstávají v konečném vermikompostu, čímž zvyšují pórovitost a snižují kapacitu pro zadržování vody. Kvalita koňského hnoje a vermikompostu z něj také závisí na složení stravy zvířete. Méně tuhé traviny obsahují méně nestravitelných látek, a proto je výsledný kompost jemnější a hutnější (Hidalgo et Harkess, 2002).

Reakce hnoje je zásaditá. Vermikompost z koňského hnoje měl však podle Hidalgo et Harkess (2002) nižší hodnoty pH než hovězí a ovčí. Hodnota pH se vermikompostováním snížila z 8,5 na 6,2. Poměr C : N se lehce zvýšil z 14,5 : 1 na 15,4 : 1 (Hanč et al., 2016). Nahrazení 25 % substrátu vermikompostem z koňského hnoje bylo dosaženo nejlepšího růstu chryzantém (Hidalgo et Harkess, 2002).

Hanč et al. (2016) naměřili mnohokrát (40×) vyšší obsah nitrátové formy N ve výluhu vermikompostu z koňského hnoje než z jablečných výlisků. Vermikompost z koňského hnoje také obsahuje větší množství makroprvků než z jablečných výlisků. Proto bylo i ve výluhu z koňského hnoje více živin. Vyluhovatelnost prvků je také vyšší u hnoje. Výluhy z vermikompostů z jablečných výlisků tedy nemají takovou kvalitu jako z koňského hnoje (Hanč et al., 2016).

3.4.4 Matolina

Réva vinná (*Vitis vinifera* L.) patří mezi oblíbené plodiny v České republice řadící se do čeledi Vitaceae. Při lisování moštu pro výrobu vína vznikají jako pevný vedlejší produkt matoliny. Skládají se z třapin, slupek, peciček a částečně také z dužniny (Seenappa, 2012). Těchto výlisků vzniká velké množství (tvoří 11–15 % suroviny) a obsahují mnoho živin (obzvláště N a K), proto je dobré je znovu využít například k hnojení zemědělské půdy (Bertran et al., 2004; Nogales et al., 2005; Nerantzis et Tataridis, 2006; Seenappa, 2012). Hroznové výlisky se také mohou používat jako krmiva, paliva, do bioplynových stanic nebo pro potravinářské a lihovarnické účely (Nerantzis et Tataridis, 2006; Romero et al., 2007). Matoliny obsahují různé polyfenolické látky, taniny, anthokyaniny, organické kyseliny, antioxidanty a další organické látky, které mohou potlačovat některé patogenní bakterie (např. *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus*) a ovlivnit vliv výsledného

vermikompostu na zdraví rostlin (Shrikhande, 2000; Gaffney, 2004; Nerantzis et Tataridis, 2006; Seenappa, 2012). Polyfenolické látky však mohou zpomalovat dekompozici suroviny (Nogales et al., 2005). Kromě toho matoliny obsahují lignocelulózu a množství dalších cukrů (Gómez-Brandón et al., 2011). Hroznové výlisky obsahují kolem 65–70 % vody v závislosti na způsobu lisování (Nerantzis et Tataridis, 2006; Seenappa, 2012).

Matoliny je vhodné před použitím k hnojení kompostovat nebo vermikompostovat (Freixas et Landa, 2012). Taniny a polyfenoly mohou působit fyto toxicky, avšak vermikompostováním se jejich obsah snižuje, čímž se zvyšuje míra klíčivosti rostlin (Nogales et al., 2005). Matoliny mají dobrou strukturu a není proto potřebné je míchat s jinými materiály (Seenappa, 2012). Vlivem nízkého poměru C : N je však vhodnější matolinu kompostovat společně s materiály bohatými na uhlíkaté látky (Freixas et Landa, 2012). Matolina je vhodný materiál pro vermikompostování. Žížaly se v ní však množí hůře než například v hnoji (Nogales et al., 2005).

Během vermikompostování matoliny (i jiných surovin) dochází k optimalizaci poměru C : N na výsledných 10–16 : 1 (Nogales et al., 2005; Romero et al., 2007; Gómez-Brandón et al., 2011; Freixas et Landa, 2012; Seenappa, 2012). Poměr C : N v původní matolině se v literatuře různí. Podle Freixas et Landa (2012) došlo ke zvýšení poměru z původních 14 : 1. Podle jiných však dochází vermikompostováním k poklesu tohoto poměru z původně širšího poměru C : N (např. 35 : 1) (Nogales et al., 2005; Seenappa, 2012). Vermikompost z matoliny obsahuje vyšší množství vápníku a hořčíku, a proto působí bazicky a je tak vhodný i do kyselých půd, kde je problematické využití fosforečných hnojiv (Seenappa, 2012). Vermikompostování snížilo elektrickou vodivost matolin, čímž se zvýšila jejich vhodnost pro aplikaci na zemědělskou půdu (Nogales et al., 2005). Elektrická vodivost matoliny je kolem 0,3 –3 mS/cm (Nogales et al., 2005; Gómez-Brandón et al., 2011). Po vermikompostování Paradelo et al. (2009) naměřili vodivost vermikompostu z matolin 0,24 až 0,7 mS/cm. Také se zvýšil obsah huminových látek a živin (Nogales et al., 2005). Vermikompostování matolin zvýšilo jejich hodnotu pH ze zhruba 5–8 na 7–9 (Nogales et al., 2005; Paradelo et al., 2009; Gómez-Brandón et al., 2011; Freixas et Landa, 2012; Seenappa, 2012). Výsledný vermikompost obsahoval 42,5–70 % vody (v závislosti na jeho zavlažování během vermikompostování) a 20 % organické hmoty (Freixas et Landa, 2012; Seenappa, 2012).

Vermikompost z matoliny použil Seenappa (2012) například pro vyhnojení vinice v množství asi 6 tuny vermikompostu na 1 hektar vinice. Pozorovali zvýšení výnosu a také určitou kontrolu plevelů.

3.5 Fugát

Fugát vzniká v bioplynové stanici (BPS), kde dochází k mikrobiální anaerobní fermentaci (digesci) různých biologicky rozložitelných materiálů (Pančíková, 2016). Při výrobě bioplynu, který se používá k produkci tepla a elektrické energie, vzniká jako vedlejší produkt digestát, který lze dále separovat na tuhou část – separát, a na tekutou část – fugát. Digestát je tedy zbytek, který nebyly mikroorganismy schopné rozložit, a je ho možné dále využít pro zvýšení úrodnosti půdy (Arthurson, 2009). Separát se skládá z obtížně rozložitelných organických látek, a proto ho lze použít jako strukturní součást substrátů nebo jako palivo, jako organické hnojivo se však nehodí (Kolář et al., 2008; Kolář et al., 2010a; Dubský et Kaplan, 2012; Dubský et Kaplan, 2015; Pančíková, 2016). Fugát je naopak bohatým zdrojem minerálních živin (Kolář et al., 2010a).

Do bioplynových stanic se používají různé typy surovin: odpady z domácností, potravinářského a jiného průmyslu a zemědělství. Jeho výhodou oproti kompostování je možnost zpracování tuků a odpadů z živočišné produkce včetně jatečních odpadů, které jsou díky vysokým teplotám hygienizovány (Rivard et al., 1995; Marada et al., 2008; Arthurson, 2009). Podle typu vstupních surovin se bioplynové stanice dělí na zemědělské, komunální a průmyslové. K výrobě bioplynu se nejčastěji používá rostlinná biomasa, siláže, statková hnojiva (hnůj, kejda, podestýlka), masokostní moučky, jateční odpady, zbytky z jídelen apod. (Kára et al., 2008). Velkou výhodou je využití kalů z čistíren odpadních vod (ČOV) (Solé-Bundó et al., 2017). Bioplynové stanice se dělí na termofilní, kde probíhá rozklad při 53–58 °C, a mezofilní, kdy teploty dosahují pouze 30–42 °C (Groot et Bogdanski, 2013).

Digestát lze použít díky své dobré struktuře a obsahu živin jako organo-minerální hnojivo (Kára et al., 2008). Výhodné jsou také jeho účinky potlačující patogenní organismy rostlin a semena plevelů (Groot et Bogdanski, 2013). Alternativně lze digestát resp. separát využít jako surovinu do kompostu, po vysušení jako palivo nebo k rekultivaci určitých ploch (Marada et al., 2008). Digestátem lze díky jeho vysokému obsahu dusíku a dalších prvků částečně nebo úplně nahradit hnojení minerálními hnojivy, což přispívá k udržitelnějšímu

způsobu hospodaření (Furukawa et Hasegawa, 2006; Islam, 2006; Marada et al., 2008). Jeho nevýhodou oproti jiným minerálním a organickým hnojivům je vysoký obsah vody (> 99 %) a nízká koncentrace živin (< 0,4 %). Pro dodání ekvivalentního množství dusíku je potřeba aplikovat desetinásobné množství než kompostu nebo 150násobné množství než chemických hnojiv (Furukawa et Hasegawa, 2006). Nehodí se proto pro použití na těžké a zamokřené půdy (Furukawa et Hasegawa, 2006).

3.5.1 Vlastnosti digestátu resp. fugátu a vliv na plodiny

Vlastnosti digestátu závisí na typu vstupních surovin i průběhu (technologii) digesce (Gurung, 1997; Groot et Bogdanski, 2013). Pro kvalitní digestát je vhodné dobře kombinovat výchozí suroviny. U některých surovin je nutná termická předúprava (pasterizace) a dostatečná doba zdržení ve fermentoru (Marada et al., 2008). Digestát obvykle obsahuje 2 až 13 % sušiny (Marada et al., 2008; Arthurson, 2009), fugát obsahuje pouze 0,8–3 % hmotnosti (Kolář et al., 2010a; Kolář et al., 2010b). Proto jsou živiny v digestátu a obzvláště ve fugátu v ohromném zředění, přestože obsahují v sušině mnoho živin. Velký obsah vody vůči obsahu živin zhoršuje přepravu a aplikaci fugátu na zemědělskou půdu (Kolář et al., 2010b).

Rozkladem se 25–30 % organického materiálu přemění na bioplyn a ze zbylých 70 až 75 % se stává na živiny bohatý digestát (Arthurson, 2009; Muhmood et al., 2014). Velká část uhlíku přechází do formy metanu a oxidu uhličitého – bioplynu, zatímco většina dusíku mineralizuje a zůstává v digestátu ve formě amoniaku, čímž dochází k poklesu poměru C : N na hodnoty 5–20 : 1, ale i menší (Islam, 2006; Marada et al., 2008; Arthurson, 2009; Kolář et al., 2010b; Pančíková, 2016). Obvyklý poměr C : N fugátu je 5–10 : 1 (Pančíková, 2016). Celkový obsah N v sušině digestátu se pohybuje mezi 1 a 11,4 % (Kolář et al., 2010b; Lošák et al., 2011). Dusík v amonné formě však snadno uniká do atmosféry, proto je vhodné digestát správně skladovat a po aplikaci rychle zapravit do půdy (Pančíková, 2016). Také je nutné předcházet úniku živin do okolních vod správným načasováním a omezením hnojení v určitých místech (Marada et al., 2008). Obsah amonného N ve fugátu (obzvláště z kalů z ČOV) lze snížit filtrací přes zeolit, který se tím stává výborným hnojivem (Mažeikienė et Valentukevičienė, 2016). Digestát, resp. fugát obsahuje množství makroživin (obzvláště amonné formy N), mikroživin, stopových prvků i organických látek (Islam, 2006; Muhmood et al., 2014; Solé-Bundó et al., 2017). Během digesce jsou zachovány živiny, jako je fosfor, draslík a síra (Schnürer et Schnürer, 2006). Živiny ve fugátu jsou mineralizované a dobře

dostupné pro rostliny, a proto je mohou snadno využít (Arthurson, 2009; Pančíková, 2016). Fugát obsahuje kolem 0,15–0,30 % minerálního N (Kolář et al., 2010b). Kromě vysokého obsahu amonného dusíku také jeho aplikace do půdy pomáhá rostlinám zpřístupňovat fosfor (Islam, 2006; Odlare et al., 2008). Měrná elektrická vodivost digestátu se pohybuje okolo 3,5 až 18 mS/cm (Furukawa et Hasegawa, 2006; García-Sánchez et al., 2017).

Fugát svým obsahem organických látek podporuje mikrobiální aktivitu v půdě (Odlare et al., 2008). Avšak většina organické hmoty v digestátu je těžce rozložitelná a poskytuje málo energie pro mikrobiální aktivitu, a tak digestát nelze považovat za organické hnojivo, mezi které bývá často zařazován, ale spíše za hnojivo minerální, popřípadě organo-minerální (Kolář et al., 2010b). Digestát i fugát má relativně vysoké pH (hodnoty kolem 8,5 až 9), lze jím tak do určité míry nahradit vápnění (Furukawa et Hasegawa, 2006; Islam, 2006; Pančíková, 2016; García-Sánchez et al., 2017).

Podobně jako ostatní organická hnojiva i digestát má schopnost zlepšovat půdní vlastnosti. Obsahem organických látek zlepšuje půdní strukturu a podporuje půdní biotu. Organická hmota také zvyšuje iontovýměnnou kapacitu pro zadržování živin a vody. Vysoký obsah dusíku a dalších živin zlepšuje růst a kvalitu rostlin (Li et Zhang, 2001; Marada et al., 2008; Jeptoo et al., 2013). Aplikace digestátu tak zlepšuje fyzikální, chemické i biologické vlastnosti půdy a tím příznivě působí na růst rostlin (Islam, 2006; Muhmood et al., 2014). Použití digestátu zvyšuje výnos mnoha zemědělských i zahradních plodin (Dahiya et Vasudevan, 1986; Gnanamani et Bai, 1992; Rivard et al., 1995; Jothi et al., 2003; Garg et al., 2005; Islam, 2006; Kocar, 2008; Montemurro et al., 2008; Lošák et al., 2011; Haque et al., 2015). Ovšem výnosy často nepřesahují výnosy rostlin hnojených minerálními hnojivy, ze kterých se živiny rychle uvolňují (Muhmood et al., 2014). Digestáty a další organická hnojiva oproti minerálním hnojivům snižují obsah zdraví škodlivých dusičnanů v zelenině (Wenke et al., 2009).

Podobně jako komposty mají digestáty schopnost potlačovat některé pro rostliny škodlivé organismy. Redukuje například počet kořenových háďátek *Meloidogyne incognita* v půdě (Jothi et al., 2003). Proti háďátkům a dalším škodlivým organismům pravděpodobně působí amoniak, huminové kyseliny a těkavé mastné kyseliny v digestátu (Groot et Bogdanski, 2013; Cao et al., 2014). Také potlačuje některé houbové choroby (Kupper et al., 2006; Groot et Bogdanski, 2013). Digestát například inhibuje růst mycélia a klíčení spor plísně *Phytophthora capsici* způsobující kořenovou hnilobu u paprik (Cao et al., 2014). Aplikace digestátu může také zvyšovat rezistenci plodin k chorobám (Yu et al., 2006).

V Tabulka 6 je uveden souhrn rozdílů vermikompostu a digestátu resp. fugátu uvedených v literatuře a v Tabulka 7 jsou uvedeny základní chemické vlastnosti vermikompostu a digestátu podle Ahmad et al., 2009.

Tabulka 6. Souhrn rozdílů vermikompostu a digestátu resp. fugátu. MO = mikroorganismy. Zdroj: souhrn více autorů – viz text.

	Vermikompost	Fugát/digestát
Způsob výroby	aerobní, žížaly + MO	anaerobní, MO
Organická hmota	humínové látky, regulátory růstu	velmi stabilní, strukturální funkce
Obsah N_{celk.} v sušině	1–3 %	1–11,4 %
Převažující forma N	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺
Poměr C : N	8–15 : 1	5–20 : 1
Hodnota pH	6,5–8	7–8
Obsah vody	40–80 %	87–99 %

Tabulka 7. Chemické vlastnosti vermikompostu (ze směsi listí a kravského hnoje) a digestátu (z kravského hnoje) v sušině. Zdroj: Ahmad et al., 2009.

	Vermikompost	Digestát
EC (mS/cm)	1,8	6,7
pH	6,91	8,36
N (%)	1,8	1,6
P (%)	0,58	0,65
K (%)	0,71	0,60
Na (%)	0,09	0,23

3.5.2 Skladování a způsob aplikace digestátu resp. fugátu

Během skladování dochází dále k biologickému rozkladu a mohou se namnožit patogenní mikroorganismy (Bagge et al., 2005). Na mikrobiální aktivitu má vliv teplota při skladování (Groot et Bogdanski, 2013). Vzhledem k riziku volatilizace amonného dusíku je vhodné skladovat digestát v zakrytých nádržích (Marada et al., 2008). Zabráni se tak úniku tohoto skleníkového plynu a ztrátám této živiny (Groot et Bogdanski, 2013). Pokud není možné digestát rychle využít nebo vhodně skladovat je možné ho stabilizovat pomocí

aerobního kompostování nebo vermikompostování (Suthar, 2010a; Groot et Bogdanski, 2013). Kompostováním se dusík naváže na huminové látky a navíc aerobní organismy rozloží i anaerobně těžce rozložitelné látky jako je lignin (Tuomela et al., 2000; Arthurson, 2009). Kromě toho přemění přílišné množství amonného dusíku, který může působit fytotoxicky, na dusičnany a redukuje případný zápach digestátu (Abdullahi et al., 2008; Arthurson, 2009).

Digestát resp. fugát lze na zemědělskou půdu aplikovat před zasetím nebo výsadbou plodiny a po aplikaci je vhodné ho rychle zapravit (Pančíková, 2016). Další možností je aplikace společně se závlahou nebo postřikem na rostliny (Shi et al., 2002; Groot et Bogdanski, 2013). Přehnojení může vést k vyplavování a volatilizaci živin do okolního prostředí nebo může působit poškození rostlin (fytotoxicity) (Arthurson, 2009; Groot et Bogdanski, 2013). Proto je dobré aplikovat množství podle potřeb plodiny a podmínek prostředí (Arthurson, 2009). Vhodné množství digestátu může být například 5–40 t/ha (Gnanamani et Bai, 1992; Jeptoo et al., 2013). Z důvodu vysokého obsahu vody se někdy nechává digestát vysušit, čímž se ovšem ochuzuje o amonný dusík (Gurung, 1997). Při hnojení digestátem je často vhodné doplnit hnojením fosforečnými hnojivy (Svensson et al., 2004).

3.5.3 Rizika při aplikaci digestátu

Legislativou jsou dány způsoby digesce určitých surovin (např. jateční odpady) a limitovány obsahy rizikových prvků a látek (např. Cd, Pb, Hg, As, Cr, Cu, Mo, Ni, Zn, PAU, PCB) a koliformních bakterií (např. *Escherichia coli*, *Salmonella*, enterokoky) pro možnost použití digestátu i kompostu na zemědělské půdě (Marada et al., 2008; Zákon č. 156/1998 Sb. „zákon o hnojivech.“). Obsah nebezpečných látek závisí na kvalitě vstupních surovin (Odlare et al., 2008; Jin et Chang, 2011). V mnoha studiích však nebyly zjištěny nadlimitní obsahy těžkých kovů v půdě, v plodinách ani negativní vlivy na mikrobiální činnost v půdě po aplikaci digestátu (Furukawa et Hasegawa, 2006; Montemurro et al., 2008; Odlare et al., 2008; Solé-Bundó et al., 2017). Během digesce je likvidována většina patogenních mikroorganismů, které by mohly ohrozit lidské zdraví (Sahlström, 2003; Goberna et al., 2011). Pro jejich úplné zneškodnění je potřebná předchozí pasterizace rizikového vstupního materiálu (např. exkrementů hospodářských zvířat, jatečních odpadů) a dostatečná doba zdržení v BPS při dostatečné teplotě (Sahlström, 2003). Termická předúprava však podle Solé-Bundó et al. (2017) může zvyšovat fytotoxicitu digestátu. Přesto Goberna et al. (2011) doporučují sklízet jedlé plodiny nejdříve 3 měsíce po aplikaci digestátu.

Také je digescí zneškodněna většina patogenních bakterií a virů rostlin, hád'átek a semen plevelů (Groot et Bogdanski, 2013). I přes vysoký obsah dusíku v digestátu při jeho použití nedochází k velké akumulaci zdraví škodlivých dusičnanů v zelenině (Shi et al., 2002).

V organických hnojivech se mohou vyskytovat zbytky pesticidů, antibiotik, hormonů, polyaromatických uhlovodíků, ftalátů a dalších perzistentních organických látek, které se do hnojiva dostávají skrze krmiva nebo ze vstupních surovin pro fermentaci (Fuchs et al., 2008; Arthurson, 2009; Jin et Chang, 2011). Tyto látky není vhodné aplikovat na zemědělskou půdu. Jejich obsah se během fermentace v kompostu nebo bioplynové stanici snižuje (Angelidakiet al., 2003; Fuchs et al., 2008). U nerizikových vstupních surovin jejich obsah většinou nepřesahuje limity a nemá toxický vliv na život v půdě a rostliny (Fuchs et al., 2008; Montemurro et al., 2008).

3.6 Plodiny

Při zjišťování vlivu různých faktorů růstu, například hnojení, sledujeme různé kvalitativní a kvantitativní parametry vývoje rostliny. Mezi kvantitativní parametry patří například výška rostliny, hmotnost čerstvé nadzemní a podzemní hmoty, hmotnost sušiny, počet, velikost a hmotnost plodů, počet a plocha listů, počet rozvětvení, doba potřebná k dozrání plodů, počet přežívajících rostlin a výnos (Paul et Metzger, 2005; Arancon et al., 2007a; Begum, 2011; Nath et Singh, 2011; Arancon et al., 2012; Reddy et al., 2012). Mezi kvalitativní ukazatele patří vlastnosti plodů, jako je konzistence, barva, chemické složení, obsah živin a vitamínů, obsah dusičnanů, obsah chlorofylu v listech apod. (Paul et Metzger, 2005; Chatterjee et al., 2013). V této práci byla sledována výška rostlin v různých fázích růstu, čerstvá a suchá hmotnost a počet plodů na rostlinu ve dvou sklizních, suchá a čerstvá hmotnost bulv a suchá a čerstvá podzemní a nadzemní biomasa.

V této práci byl sledován vliv výluhů a fugátu na růst a výnos rajčat a ředkviček.

1.1.1 Rajčata

Lilek rajče (*Lycopersicon lycopersicum* L., syn. *Lycopersicon esculentum* Mill.) patří mezi oblíbenou plodovou zeleninu řadící se do čeledi Solanaceae (Petříková et al., 2012). Pochází z Jižní Ameriky. Plody se konzumují syrové nebo se dále zpracovávají na různé

protlaky nebo se suší. Odrůdy rajčat se dělí na keříčkové (determinantní – s ukončeným růstem) a tyčkové (indeterminantní – bez ukončeného růstu). Plodem je dužnatá bobule s různým počtem komor, která vzniká ze žlutých samosprašných květů uspořádaných ve vijanech (Bartoš et al., 2000; Koudela et Svozilová, 2010; Petříková et al., 2012). Plody mohou mít různé tvary, velikosti i barvy. Listy i stonk jsou pokryty žlaznatými trichomy, které vylučují typickou vůni. Jedovatý solanin se dozráváním plodů odbourává. Stonk částečně dřevnatí (Petříková et al., 2012).

Pěstování rajčete je náročné na živiny, řadíme ho do I. trati (Koudela et Svozilová, 2010; Geetharani et Parthiban, 2014). Doporučená dávka hnoje se pohybuje mezi 40–60 t/ha (Bartoš et al., 2000). Potřebuje dodávat živiny – N, P a K (Arthur et al., 2012). Vyžaduje záhřevné, humózní, lehké až středně těžké, propustné půdy (Koudela et Svozilová, 2010). Rajčata tvoří bohatý kořenový systém a jsou schopna zakořeňovat ze stonku. Rostlinám rajčat nevyhovují půdy s vysokým obsahem solí a půdy příliš alkalické. Také jsou citlivé na čerstvé vápnění a chlór. Při nedostatku vápníku však trpí skvrnami na špičkách plodů. Pro kvalitu plodů je také důležitý dostatek, ne však přebytek, draslíku. Nedostatek fosforu způsobuje nafialovělé zbarvení stonku a listů. Vhodné je organické hnojení. Střední odběr čistých živin na jednu tunu produkce je u rajčat kolem 2,7 kg N, 0,8 kg P, 3,0 kg K, 2,3 kg Ca a 0,3 kg Mg. K největšímu odběru živin dochází během růstu zelené biomasy rostlin, zatímco při plození už rostliny nepotřebují tolik živin. Přebytek dusíku naopak snižuje zakládání květů (Vaněk et al., 2012).

Rajčata patří mezi jednoletou teplomilnou zeleninu. Vhodné teploty pro pěstování jsou v rozmezí 18 a 28 °C (Petříková et al., 2012). Délka vegetační doby se pohybuje mezi 120 a 140 dny Technologie pěstování, sklizně a výběr odrůd se liší v závislosti na účelu použití. Závlaha je nutná zejména v intenzivním způsobu pěstování. Pro průmyslové zpracování se většinou pěstují keříčková rajčata z přímého výsevu, která se sklízí mechanizovaně. Zatímco pro přímý konzum se častěji pěstují tyčková rajčata z předpěstované sadby, která se sklízí ručně (Koudela et Svozilová, 2010). Z přímého výsevu se rajčata pěstují obvykle ve dvouřádcích po dvou kusech ve hnízdě. Tyto řádky jsou od sebe navzájem vzdáleny 35–45 cm, dvouřádky jsou od sebe vzdálené obvykle 120–130 cm podle potřeb mechanizace. V řádku jsou pak jednotlivé rostliny vzdáleny 25–30 cm. Tyčková rajčata z předpěstované sadby se obvykle vysazují v řádcích vzdálených 100 cm se vzdáleností jednotlivých rostlin kolem 50 cm. Tyčková rajčata se pěstují u opory obvykle na jeden výhon, který je nutné vyštípat (Bartoš et al., 2000).

Mezi významné choroby a škůdce rajčete patří plíseň bramborová (*Phytophthora infestans*), antraknózy (*Colletotrichum coccodes*), virózy, vadnutí způsobené houbami *Fusarium oxysporum*, *Verticillium*, *Pythium*, *Pyrenophora* a *Colletotrichum*, alternariová skvrnitost (*Alternaria solani*), septoriová skvrnitost (*Septoria lycopersici*), sklerotiniová hniloba (*Sclerotinia sclerotiorum*), bakteriální choroby, nekrózy způsobené nedostatkem vápníku, drátovci, háďátka, trásněnky, molice, mšice, ale i mandelinka bramborová (Bartoš et al., 2000; Kazda et al., 2003).

V této práci byla použita rajčata odrůdy PROTON. Rajčata této odrůdy jsou keříčková (determinantní) rajčata středně raná. Tato odrůda je určena pro průmyslové zpracování. Snáší však i krátkodobé skladování, proto se hodí i pro ruční sběr a přímý konzum. Plody jsou pevné, kulovitěho tvaru střední velikosti (www.semo.cz).

1.1.2 Ředkvičky

Ředkvičky (*Raphanus sativus* L. var. *radicula* Pers., syn. *Raphanus sativus* L. var. *sativus*) patří mezi kořenovou zeleninu řadící se do čeledi Brassicaceae (Petříková et al., 2012). Pochází z přední a východní Asie (Koudela et Svozilová, 2010). Je to jednoletá dlouhodobní rostlina s velmi krátkou vegetační dobou. Při dlouhém dni vykvétá. Konzumní části jsou bulvičky (zdužnatělý hypokotyl a část kořene) různých tvarů a barev. Plodem je zaškrcovaná šešule (Bartoš et al., 2000).

Ředkvičky jsou méně náročné na živiny, řadíme je do II.–III. trati (Petříková et al., 2012). Pro svůj rychlý růst však ředkvičky potřebují dostatek živin v půdě (Vaněk et al., 2012). Na půdu jsou méně náročná, ale vyhovují jí záhřevné, humózní, lehčí, na živiny bohaté půdy s vyrovnanou vláhou (Bartoš et al., 2000; Petříková et al., 2012). V první části vegetace je pro růst nadzemní biomasy potřeba vyšší množství dusíku. Ve druhé části vegetace, kdy dochází k tvorbě podzemních orgánů, již hnojení dusíkem není vhodné. Nadbytek dusíku může zvyšovat náchylnost rostlin k chorobám, snižovat skladovatelnost a zvyšovat akumulaci dusičnanů v produktu. Střední odběr čistých živin na jednu tunu produkce se u ředkviček pohybuje okolo 5,0 kg N, 0,8 kg P, 4,6 kg K, 2,0 kg Ca a 0,4 kg Mg (Vaněk et al., 2012).

Nejčastěji se ředkvičky pěstují v jarních nebo podzimních kulturách. Délka vegetační doby se pohybuje mezi 4 a 7 týdny (Bartoš et al., 2000). Pěstuje se z přímého výsevu v řádcích vzdálených 12–20 cm (Bartoš et al., 2000; Koudela et Svozilová, 2010). Patří mezi

zeleninu z mírného klimatického pásma, která má nízké nároky na teplotu (Petříková et al., 2012; Jadhav et al., 2015). V této práci byla použita odrůda DUO.

Mezi významné choroby a škůdce ředkviček patří dřepčící, mšice, larvy květilky zelné (*Delia radicum*), nádorovitost brukvovitých (*Plasmodiophora brassicae*), plíseň brukvovitých (*Peronospora brassicae*), alternáriová skvrnitost (*Alternaria brassicae*), padání klíčnicích rostlin (*Rhizoctonia* sp., *Pythium* spp. a další) a černání kořenů ředkviček (Bartoš et al., 2000; Kazda et al., 2003; Petříková et al., 2012).

Ředkvičky odrůdy DUO jsou velmi rané určené pro rychlení i pro polní způsob pěstování. Bulvičky jsou červenobílé. Mají kulovitý tvar, který rychle přechází v kořínek. Bulvičky mají hladký povrch. Pokožka je v horních dvou třetinách červená, ve spodní třetině bílá. Dužninu má narůžovělou a jemnou. Vegetační doba trvá 31-35 dní. Tato odrůda vyžaduje půdu zásobenou rychle přijatelnými živinami a dostatečnou závlahu. Výsev se provádí do hloubky 1-2 cm ve sponu 20 x 4 cm (www.semo.cz).

4 Materiály a metody

Tato práce byla vypracována na Katedře agroenvironmentální chemie a výživy rostlin na České zemědělské univerzitě v Praze v letech 2016 a 2017. Byly provedeny tři experimenty:

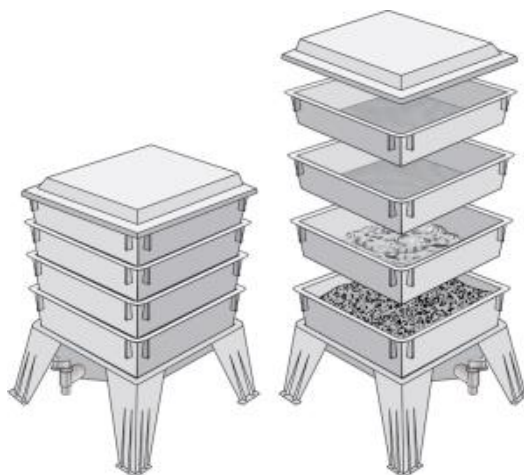
- 1) **Rajčata:** rajčata v laboratoři nacházející se v pokusné stáji hnojená výluhy z vermikompostů z jablečných výlisků s přidavkem fugátu;
- 2) **Ředkvičky 1. termín (stáj):** ředkvičky v téže laboratoři hnojené výluhy z vermikompostů z matoliny, jablečných výlisků a koňského hnoje s přidavkem fugátu;
- 3) **Ředkvičky 2. termín (skleník):** ředkvičky v pokusném skleníku hnojené výluhy z vermikompostů z matoliny, jablečných výlisků a koňského hnoje s přidavkem fugátu.

4.1 Produkce vermikompostů

K výrobě vermikompostů byly použity tři různé suroviny: jablečné výlisky, koňský hnůj a vinné matoliny. Suroviny byly před vermikompostováním podrobeny analýze na chemické složení. Vermikompostování probíhalo ve Výzkumné stanici FAPPZ v Červeném Újezdu ve speciální klimatizované místnosti s kontrolovanými podmínkami. Vermikompostování probíhalo v místnosti, která nemá okna, proto bylo nutné pomocí zařízení pravidelně větrat – každých 12 hodin (ráno a večer) na 15 minut. Byla také udržována stálá teplota 22 °C a 80% relativní vzdušná vlhkost. Pro zamezení úniku žížal z vermikompostů bylo v místnosti neustále rozsvíceno, jelikož světlo žížaly odpuzuje.

Každá surovina byla zvlášť umístěna do komerčního vermikompostéru značky Worm Factory, který se skládá z několika perforovaných plastových pater a víka (viz Obrázek 2). Jednotlivá patra mají rozměry 40 x 40 x 18 cm. Nejspodnější nádoba není perforovaná a zachytává případný výtok vznikající při vermikompostování. Dna nádob byla navíc překryta geotextilií, aby vznikající vermikompost nepropadával do nižších pater. Do spodní nádoby bylo vloženo 10 litrů substrátu obsahujícího žížaly druhu *Eisenia andrei*. Tento substrát obsahoval kolem 2 000 jedinců. Do následující nádoby bylo vloženo 5 litrů příslušné suroviny. Vermikompostéry byly zavlaženy vodou, aby materiál nevysychal. V průběhu vermikompostování byly dále podle potřeby dodatečně zavlažovány. Vermikompostéry byly pravidelně kontrolovány a každé dva týdny byl doplňován příslušný materiál. Výsledné

stabilní vermikomposty byly zhruba po 240 dnech vermikompostování odebrány a u odebraných vzorků bylo zjištěno chemické složení, hodnota pH, měrná elektrická vodivost a obsah spalitelných látek.



Obrázek 2. Vermikompostér Worm Factory. Zdroj: <http://www.greenhousemegastore.com>.

4.2 Výroba výluhů, vyluhovatelnost

Pro výrobu výluhu byl použit čerstvý vermikompost. Od každého vermikompostu zvlášť byl 1 kg umístěn do speciálního vyluhovače s kovovým sítím (viz Obrázek 3), které bylo ponořeno do nádoby vyluhovače s 9 litry tekutiny. Tato tekutina obsahovala podle varianty výluhu 1) 9000 ml demineralizované vody, 2) 8900 ml demineralizované vody + 100 ml fugátu, 3) 8500 ml demin. vody + 500 ml fugátu. Fugát byl tedy společně s vermikompostem vyluhován s provzdušňováním. Fugát byl získán z bioplynové stanice. Nádoba na vyluhování je vybavena speciálním aeračním zařízením, které zajišťuje neustálý přísun vzduchu. Vznikající výluh byl navíc neustále míchán magnetickým míchadlem a udržován při teplotě 30 °C. Tento přístroj je vybaven čtyřmi sondami, které kontinuálně měří hodnotu pH, teplotu, měrnou elektrickou vodivost a koncentraci rozpuštěného kyslíku. Za těchto podmínek byl vermikompost louhován po dobu 48 hodin. V určitých intervalech (po 1, 6, 12, 24 a 48 hodinách) byly odebírány vzorky (140 ml) pro další analýzy – byla stanovena hodnota pH a měrná elektrická vodivost. Po těchto odběrech nebylo doplňováno odebrané množství tekutiny. Pro hnojení plodin byl použit výluh louhovaný 48 hodin. Odebraný výluh byl krátce skladován v chladu a urychleně použit.

Vyluhovatelnost prvků určuje poměr látek v čerstvém vermikompostu (jmenovatel zlomku) vůči látkám ve výluhu (čitatel zlomku).

$$\text{vyluhovatelnost (A)} = \frac{cA \times V}{wA \times w \times m} * 100 [\%]$$

A ... vybraný prvek

cA ... koncentrace prvku ve výluhu [mg/l]

wA ... celkový obsah prvku ve vermikompostu [ppm]

w ... podíl suché hmoty vermikompostu [%]

m ... hmotnost navážky vermikompostu [g]

V ... objem vody [l]



Obrázek 3. Přístroj pro vyluhování vermikompostů s kovovým sítím, systémem provzdušňování a magnetickým míchadlem, sondami pro měření teploty, pH, množství O₂ a EC a udržováním konstantní teploty 30 °C. Foto: autorka.

4.3 Schéma pokusu

Pro hnojení rajčat i ředkviček byl použit výluh vyráběný 48 hodin. Hnojení ředkviček probíhalo ve 4 různých variantách pro každou surovinu zvlášť: 1) kontrola (pouze demineralizovaná voda); 2) čistý výluh vermikompostu; 3) výluh + 100 ml fugátu; 4) výluh + 500 ml fugátu. Každý způsob hnojení byl prováděn ve třech opakováních. Celkem tedy bylo 36 variant. Toto schéma pokusu bylo provedeno ve dvou různých termínech: poprvé v laboratoři nacházející se v pokusné stáji ČZU v Suchdole (Demonstrační a experimentální pracoviště – Demonstrační a pokusná stáj), podruhé v pokusných sklenících ČZU v Suchdole (Demonstrační a experimentální pracoviště – Demonstrační a pokusné skleníky). První cyklus byl vyšetřován v prosinci 2016, druhý cyklus byl založen v lednu 2017 v pokusných sklenících v areálu ČZU.

Hnojení rajčat probíhalo ve stejných 4 variantách. Byl však použit pouze výluh vermikompostu z jablečných výlisků. Každý způsob hnojení byl prováděn ve třech opakováních. Celkem tedy bylo 12 variant. Pěstování rajčat probíhalo také v laboratoři v pokusné stáji v červnu až srpnu roku 2016. V Tabulka 8 je uvedeno schéma všech tří pokusů.

Tabulka 8. Schéma pokusu: 1) rajčata; 2) ředkvičky 1. termín; 3) ředkvičky 2. termín.

Číslo nádoby	Zkratka	Varianty
Rajčata		
1	KON	Kontrola (demineralizovaná voda)
2		Kontrola (demineralizovaná voda)
3		Kontrola (demineralizovaná voda)
4	DJČ	Výluh VC Jablečné výlisky + 0 ml fugátu
5		Výluh VC Jablečné výlisky + 0 ml fugátu
6		Výluh VC Jablečné výlisky + 0 ml fugátu
7	DJF 100	Výluh VC Jablečné výlisky + 100 ml fugátu
8		Výluh VC Jablečné výlisky + 100 ml fugátu
9		Výluh VC Jablečné výlisky + 100 ml fugátu
10	DJF 500	Výluh VC Jablečné výlisky + 500 ml fugátu
11		Výluh VC Jablečné výlisky + 500 ml fugátu
12		Výluh VC Jablečné výlisky + 500 ml fugátu

Ředkvičky:**1. termín, 2. termín (stejně schéma)**

1	KON	Kontrola (demineralizovaná voda)
2		Kontrola (demineralizovaná voda)
3		Kontrola (demineralizovaná voda)
4	DMČ	Výluh VC Matolina + 0 ml fugátu
5		Výluh VC Matolina + 0 ml fugátu
6		Výluh VC Matolina + 0 ml fugátu
7	DMF 100	Výluh VC Matolina + 100 ml fugátu
8		Výluh VC Matolina + 100 ml fugátu
9		Výluh VC Matolina + 100 ml fugátu
10	DMF 500	Výluh VC Matolina + 500 ml fugátu
11		Výluh VC Matolina + 500 ml fugátu
12		Výluh VC Matolina + 500 ml fugátu
13	KON	Kontrola (demineralizovaná voda)
14		Kontrola (demineralizovaná voda)
15		Kontrola (demineralizovaná voda)
16	DJČ	Výluh VC Jablečné výlisky + 0 ml fugátu
17		Výluh VC Jablečné výlisky + 0 ml fugátu
18		Výluh VC Jablečné výlisky + 0 ml fugátu
19	DJF 100	Výluh VC Jablečné výlisky + 100 ml fugátu
20		Výluh VC Jablečné výlisky + 100 ml fugátu
21		Výluh VC Jablečné výlisky + 100 ml fugátu
22	DJF 500	Výluh VC Jablečné výlisky + 500 ml fugátu
23		Výluh VC Jablečné výlisky + 500 ml fugátu
24		Výluh VC Jablečné výlisky + 500 ml fugátu
25	KON	Kontrola (demineralizovaná voda)
26		Kontrola (demineralizovaná voda)
27		Kontrola (demineralizovaná voda)
28	DHČ	Výluh VC Koňský hnůj + 0 ml fugátu
29		Výluh VC Koňský hnůj + 0 ml fugátu
30		Výluh VC Koňský hnůj + 0 ml fugátu
31	DHF 100	Výluh VC Koňský hnůj + 100 ml fugátu
32		Výluh VC Koňský hnůj + 100 ml fugátu
33		Výluh VC Koňský hnůj + 100 ml fugátu
34	DHF 500	Výluh VC Koňský hnůj + 500 ml fugátu
35		Výluh VC Koňský hnůj + 500 ml fugátu
36		Výluh VC Koňský hnůj + 500 ml fugátu

4.4 Pěstování ředkviček a rajčat

Rajčata byla pěstována po dobu 3 měsíců v laboratoři v pokusné stáji KAVR ČZU. Bylo použito osivo odrůdy PROTON. Do truhlíků o délce 100 cm bylo vyseto osivo v jednom řádku. Po vzejití v truhlících byly rostlinky přepíchány do malých hrnků o velikosti 5 × 4 cm, ze kterých byly dále přesazeny jednotlivě do nádob o objemu 5 l a průměru 25 cm s perforovaným dnem pro odtok přebytečné tekutiny. Byla pěstována v komerčním zahradnickém substrátu. Nádoby byly umístěny vedle sebe v řadách na stolech a bylo průběžně měněno jejich umístění, pro zajištění stejných podmínek (viz Obrázek 4). Rajčata byla pěstována pod sodíkovými lampami o výkonu 400 W. Výška lamp byla přizpůsobena růstu rostlin, aby se zabránilo jejich přehřívání. V místnosti byla udržována stálá teplota (okolo 20 °C) a občas větráno.

Ředkvičky byly také pěstovány ve stejných pětilitrových nádobách. Tyto nádoby byly také naplněny zahradnickým substrátem. Následně bylo rovnoměrně vyseto osivo ředkviček odrůdy DUO v množství 15 ks/nádobu. Pěstování ředkviček probíhalo ve dvou cyklech. V prvním cyklu v laboratoři v pokusné stáji byly nádoby umístěny pod LED osvětlením o výkonu 60 W ve výšce 10–30 cm podle růstu rostlin (viz Obrázek 5). Ve druhém cyklu ve skleníku byly pěstovány pod sodíkovými lampami o výkonu 400 W (viz Obrázek 6). Nádoby byly průběžně (každé 4 dny) přemísťovány v rámci pokusné plochy pro zajištění rovnoměrných podmínek. Ředkvičky byly pěstovány 3 týdny. Ve druhém termínu (skleník) byly rostlinky v každé nádobě po 2 týdnech pěstování vyjednoceny na 10 ks/ nádobu.



Obrázek 4. Pěstování rajčat v laboratoři v pokusné stáji v pětilitrových nádobách pod sodíkovými lampami. *Foto: autorka.*



Obrázek 5. Pěstování ředkviček 1 v laboratoři v pokusné stáji v pětilitrových nádobách pod LED osvětlením. *Foto: autorka.*



Obrázek 6. Pěstování ředkviček 2 v pokusném skleníku v pětilitrových nádobách pod sodíkovými lampami. Foto: autorka.

4.5 Aplikace výluhu

Nádoby byly průběžně zalévány podle potřeby demineralizovanou vodou. Rajčata byla hnojena od přesazení do konečných 5 l nádob. Jedna aplikační dávka sestávala ze 400 ml zředěného příslušného hnojiva (výluhu) v poměru 1 : 25 – tj. zhruba 15,4 ml výluhu + 384,6 ml demineralizované vody. Příslušné hnojivé dávky byly aplikovány záličkou každých 14 dní. Během 3 měsíců vegetační doby bylo tedy aplikováno 7 dávek hnojiv.

Příslušné hnojivé dávky pro ředkvičky byly aplikovány záličkou ve třech dávkách každých 7 dní (5., 12. a 19. den po vzejití). Jedna dávka sestávala z 250 ml naředěného (1 : 25, tj. zhruba 9,6 ml výluhu + 240,4 ml demineralizované vody) příslušného výluhu.

4.6 Sklizeň a analýza biomasy

U rajčat byla ve 2. a 6. týdnu pěstování a při druhé sklizni pravítkem změřena výška jednotlivých rostlin. V 9. týdnu pěstování proběhla první sklizeň plodů rajčat. Byl zaznamenán počet plodů na rostlinu a hmotnost plodů na rostlinu. V 11. týdnu byly sklizeny zbylé plody a zaznamenány stejné parametry. Po sklizni byla zvážena biomasa stonku, listů a kořenů. Plody z 1. i 2. sklizně a stonky, listy i kořeny byly usušeny při 45 °C po dobu dvou týdnů a následně byly suché vzorky zváženy.

Ředkvičky v 1. termínu byly po době vegetace sklizeny. Z každé nádoby bylo vybráno 10 průměrných kusů. Byly očištěny a rozděleny na nadzemní a podzemní část (viz Obrázek 7). Pro každou nádobu (10 ks) byla změřena hmotnost čerstvé nadzemní a podzemní biomasy a průměrná výška. Ředkvičky v 1. termínu byly nedovyvinuté, proto byla zaznamenána pouze podzemní a nadzemní biomasa. Následně byla podzemní a nadzemní biomasa sušena při 45 °C po dobu 2 týdnů a zvážena pro zjištění hmotnosti suché hmoty.

Ředkvičky ve 2. termínu byly sklizeny, očištěny a rozděleny na listy, bulvu a kořen (viz Obrázek 8). V každé nádobě bylo 10 kusů. Zváženo bylo 10 ks listů, 10 ks kořenů a 3 ks bulviček. Byla také změřena průměrná výška. Následně byly listy, kořeny a bulvy z každé nádoby usušeny a zváženy stejným způsobem.



Obrázek 7. Sklizeň ředkviček 1 v laboratoři v pokusné stáji – nadzemní a podzemní biomasa. Foto: autorka.



Obrázek 8. Sklizeň ředkviček 2 v pokusném skleníku – biomasa listů, bulvů a kořenů. *Foto: autorka.*

4.7 Statistické vyhodnocení

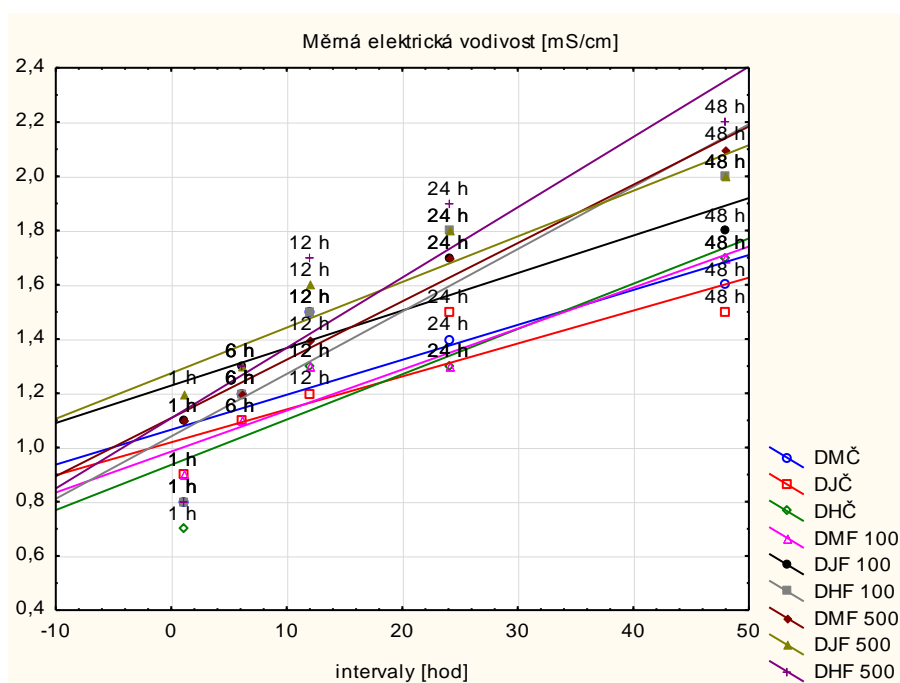
Výsledky měření byly statisticky vyhodnoceny v programu STATISTICA 12 metodou Jednofaktorové analýzy rozptylu (ANOVA). Testováno bylo na hladině spolehlivosti $\alpha = 0,05$. Naměřené hodnoty různě velkých přídávků fugátu byly porovnány v rámci každé z kategorií surovin. V rámci této metody jsou vypočítány průměrné hodnoty ze tří opakování. Pomocí F-tesu bylo zjištěno, zda je v souborech rozdíl rozptylů. V případě, že není rozdíl v rozptylech (H_0 F-testu nelze zamítnout), analýza je ukončena, a je konstatováno, že mezi soubory není rozdíl. Pokud je rozdíl v rozptylech (H_0 F-testu lze zamítnout), analýza pokračuje Scheffého testem, který určí mezi kterými proměnnými je rozdíl (hodnota $p < 0,05$). Dále byly mezi sebou rovněž metodou ANOVA porovnány průměrné hodnoty jednotlivých surovin.

Ke grafickému znázornění výsledků byly použity vypočtené průměrné hodnoty ze tří opakování. Grafy byly zpracovány rovněž v programu STATISTICA 12. Tyto průměry byly také použity pro zjištění procentuálního nárůstu mezi jednotlivými variantami, které byly vypracovány v programu Microsoft Excel 2010.

5 Výsledky

5.1 Vybrané vlastnosti výluhů

V časových intervalech po 1, 6, 12, 24 a 48 hodinách louhování byly zjištěny hodnoty pH, měrné elektrické vodivosti (viz Graf 1) a množství rozpuštěného kyslíku. Hodnota pH se u všech vzorků pohybovala mezi 6,58–7,38 s průměrnou hodnotou pH = 7,01. Měrná elektrická vodivost se pohybovala mezi 0,7–2,2 mS/cm s průměrnou hodnotou 1,4 mS/cm. Obsah rozpuštěného kyslíku byl v rozmezí 9,6–10,2 mg/l s průměrem 9,9 mg/l. Podrobnější analýza nebyla cílem této práce.



Graf 1. Změny měrné elektrické vodivosti s časem během vyluhování. n = 45 vzorků.

5.2 Výsledky hnojení rajčat výluhem vermikompostu z jablečných výlisků

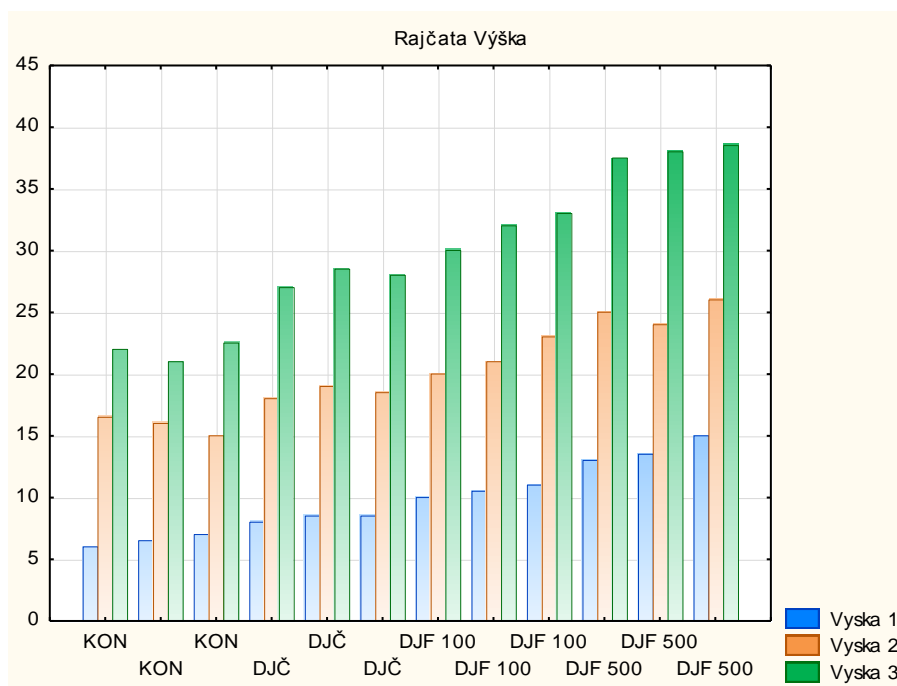
5.2.1 Výška rostlin rajčat

Závislost výšky rajčat byla vyhodnocena metodou jednofaktorová ANOVA. Varianty zalévané čistým výluhem (DJČ), výluhem s přidavkem fugátu 100 ml (DJF 100), resp. 500 ml (DJF 500) a kontrola (KON) se statisticky významně lišily ve všech třech termínech měření

výšky ($p < 0,05$) (viz Příloha 1. Tabulka 17). Z následného statistického vyhodnocení Scheffého metodou vyplývá, že se v prvním termínu měření (ve 2. týdnu) neodlišovala výška rostlin ošetřovaných čistým výluhem od kontroly. Rostliny ošetřované výluhem + 100 ml fugátu a výluhem + 500 ml fugátu se mezi sebou a od ostatních lišily. Ve 2. termínu měření se odlišovala varianta s 500 ml fugátu od ostatních, varianta se 100 ml fugátu se významně nelišila od čistého výluhu a čistý výluh se významně nelišil od kontroly. Ve 3. termínu se od sebe statisticky významně lišily všechny varianty (viz Tabulka 9). Graficky je výška rostlin zobrazena v Graf 2.

Tabulka 9. Statistické vyhodnocení výšky rostlin rajčat. Průměry výšek v daných kategoriích [cm]. Odlišná písmena za průměry udávají signifikantní rozdílnost kategorií vzorků.

Výška rostlin rajčat - statistika			
	1. měření	2. měření	3. měření
Jablečné výlisky – kontrola (KON)	6,50 a	15,83 a	21,83 a
Jablečné výlisky – výluh bez fugátu (DJČ)	8,33 a	18,50 ab	27,83 b
Jablečné výlisky – výluh se 100 ml fugátu (DJF 100)	10,50 b	21,33 b	31,66 c
Jablečné výlisky – výluh s 500 ml fugátu (DJF 500)	13,00 c	25,00 c	38,00 d
Hodnota F-testu	71,52	44,50	147,30
p-hodnota	0,000004	0,000025	0,000000



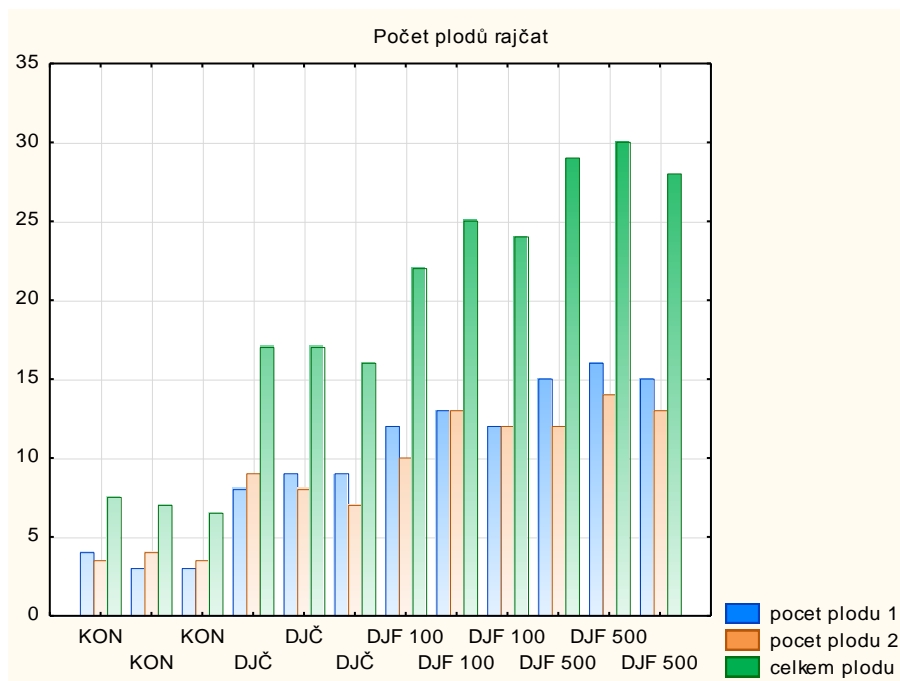
Graf 2. Výška rostlin rajčat. Vyska 1 – výška rostlin v 1. měření (2. týden) [cm]; Vyska 2 – výška rostlin ve 2. měření (6. týden) [cm]; Vyska 3 – výška rostlin při sklizni [cm].

5.2.2 Počet a hmotnost plodů rajčat

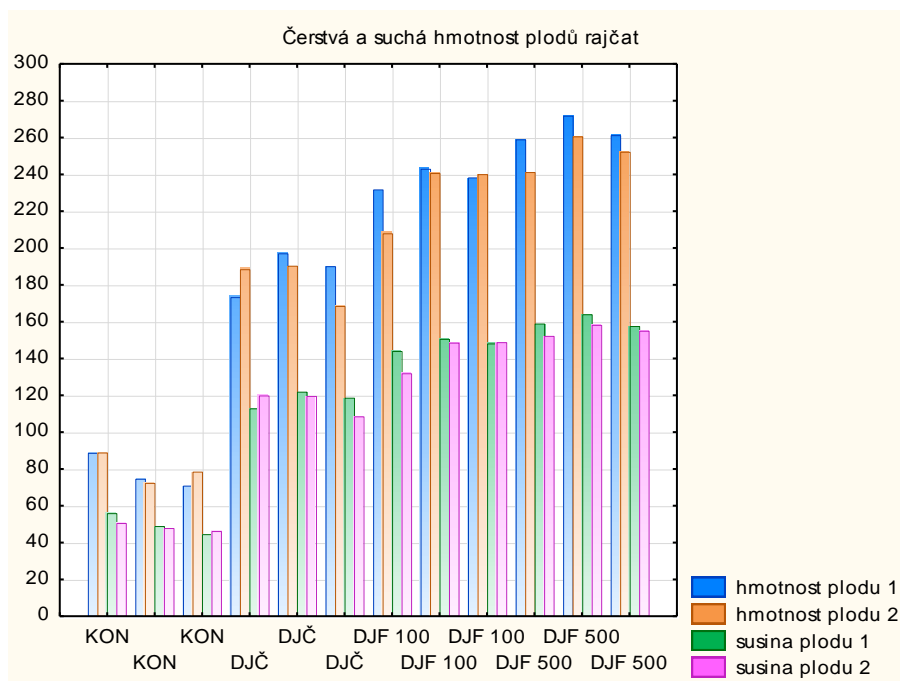
U všech sledovaných proměnných (viz Příloha 2. Tabulka 18) byla zjištěna statisticky významná odlišnost mezi rostlinami ošetřenými výluhem s různým přídatkem fugátu ($p < 0,05$). Počet plodů a čerstvá i suchá hmotnost plodů v 1. sklizni (v 9. týdnu) byly signifikantně rozdílné mezi všemi kategoriemi přídatku fugátu. Ve 2. sklizni se tyto parametry nelišily pouze mezi 100 ml a 500 ml fugátu. Celkový počet plodů se signifikantně lišil mezi všemi variantami (viz Tabulka 10). U variant s fugátem byla také pozorována lepší chuť. Graficky je počet a hmotnost plodů zobrazena v Graf 3 a Graf 4.

Tabulka 10. Statistické vyhodnocení počtu [ks] a čerstvé a suché hmotnosti plodů rajčat [g]. Průměry hodnot v daných kategoriích. Odlišná písmena za průměry udávají signifikantní rozdílnost kategorií vzorků.

Počet a hmotnost plodů rajčat - statistika							
	1. sklizeň		2. sklizeň		Celkem plodů	Suchá hmotnost plodů	
	počet	hmotnost	počet	hmotnost		1. sklizeň	2. sklizeň
Jablečné výlisky – kontrola	3,33 a	77,00 a	3,66 b	79,67 b	7,00 a	49,57 a	47,98 b
Jablečné výlisky – výluh bez fugátu	8,66 b	186,00 b	8,00 c	182,14 c	16,66 b	117,55 b	115,74 c
Jablečné výlisky – výluh se 100 ml fugátu	12,33 c	237,38 c	11,66 a	229,27 a	23,66 c	147,31 c	142,83 a
Jablečné výlisky – výluh s 500 ml fugátu	15,33 d	263,71 d	13,00 a	251,04 a	29,00 d	159,91 d	154,85 a
Hodnota F-testu	240,30	257,00	47,57	105,40	277,00	381,00	183,40
p-hodnota	0,000000	0,000000	0,000019	0,000001	0,000000	0,000000	0,000000



Graf 3. Počet plodů rajčat. pocet plodu 1 – počet plodů při 1. sklizni (9. týden) [ks]; pocet plodu 2 – počet plodů při 2. sklizni (11. týden) [ks]; celkem plodu – celkový počet plodů [ks].



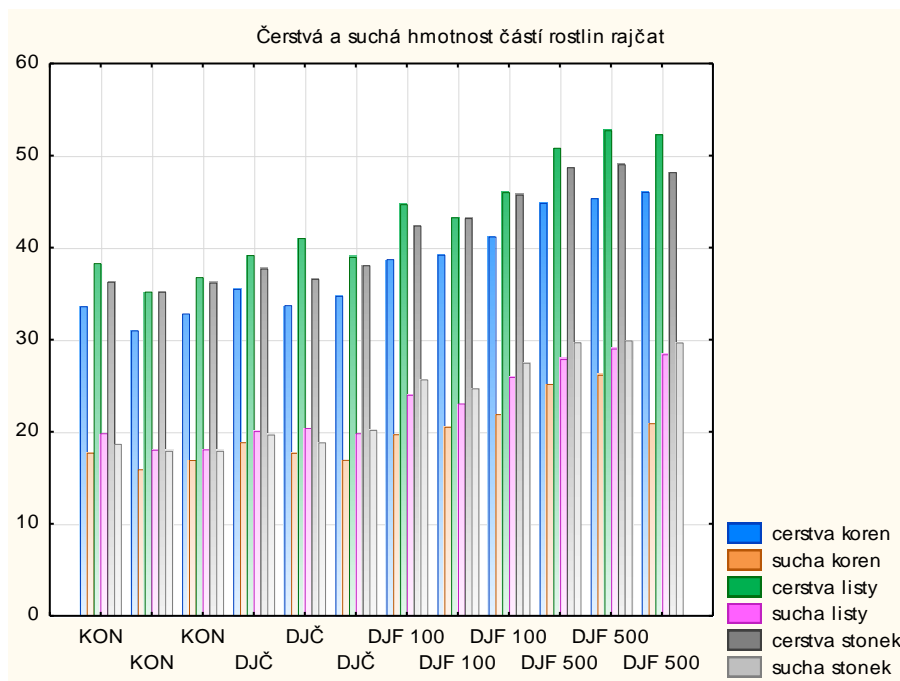
Graf 4. Čerstvá a suchá hmotnost plodů rajčat. hmotnost plodu 1 – hmotnost plodů při 1. sklizni (9. týden) [g]; hmotnost plodu 2 – hmotnost plodů při 2. sklizni (11. týden) [g]; susina plodu 1 – suchá hmotnost plodů při 1. sklizni (9. týden) [g]; susina plodu 2 – suchá hmotnost plodů při 2. sklizni (11. týden) [g].

5.2.3 Biomasa rostlin rajčat

Všechny sledované parametry (viz Příloha 3. Tabulka 19) se signifikantně odlišovaly mezi rostlinami zalévanými výluhy s různým přídatkem fugátu ($p < 0,05$). Čerstvá hmotnost kořenů, listů i stonků a suchá hmotnost listů a stonků se nelišily pouze mezi čistým výluhem a kontrolou. Suchá hmotnost kořenů se nelišila mezi kontrolou, čistým výluhem a výluhem + 100 ml fugátu. Výluh + 500 ml fugátu se lišil od čistého výluhu a kontroly (viz Tabulka 11). Graficky je hmotnost částí rostlin zobrazena v Graf 5.

Tabulka 11. Statistické vyhodnocení hmotností částí rostlin (kořen, listy, stonek). Průměry hodnot v daných kategoriích [g]. Odlišná písmena za průměry udávají signifikantní rozdílnost kategorií vzorků.

	Kořen		Listy		Stonek	
	čerstvá	suchá	čerstvá	suchá	čerstvá	suchá
	hmota	hmota	hmota	hmota	hmota	hmota
Jablečné výlisky – kontrola	32,43 a	16,80 a	36,71 a	18,59 a	35,83 a	18,11 a
Jablečné výlisky – výluh bez fugátu	34,61 a	17,77 a	39,67 a	20,65 a	37,40 a	19,51 a
Jablečné výlisky – výluh se 100 ml fugátu	39,66 b	20,67 ab	44,61 b	24,28 b	43,71 b	25,90 b
Jablečné výlisky – výluh s 500 ml fugátu	45,36 c	24,04 b	51,90 c	28,38 c	48,59 c	29,71 c
Hodnota F-testu	85,98	11,84	80,80	64,82	99,36	134,00
p-hodnota	0,000002	0,002595	0,000003	0,000006	0,000001	0,000000



Graf 5. Čerstvá a suchá hmotnost částí rostlin rajčat. čerstva koren – čerstvá hmotnost kořenů [g]; sucha koren – suchá hmotnost kořenů [g]; čerstva listy – čerstvá hmotnost listů [g]; sucha listy – suchá hmotnost listů [g]; čerstva stonek – čerstvá hmotnost stonku [g]; sucha stonek – suchá hmotnost stonku [g].

5.2.4 Procentuální nárůst parametrů rajčat

U variant s 500 ml fugátu byl průměrně 146,34% nárůst hodnoty parametrů oproti kontrole (viz Příloha 7. Tabulka 23). K nejvyššímu nárůstu došlo u počtu plodů v 1. sklizni (o 360,36 %). U variant s fugátem také byla pozorována lepší chuť. Varianty hnojené čistým výluhem měly oproti kontrole průměrně vyšší hodnoty o 67,59 %. V tomto případě také nejvíce narostl počet plodů v 1. sklizni (o 160,06 %). Příklad 500 ml fugátu, resp. 100 ml fugátu byl průměrně o 44,22 %, resp. 24,88 % lepší než samotný výluh. Příklad 500 ml fugátu průměrně zvýšil hodnoty parametrů oproti přídatku 100 ml pouze o 15,42 %.

5.3 Výsledky hnojení ředkviček 1 výluhem vermikompostů z více surovin

5.3.1 Biomasa částí rostlin a výška rostlin ředkviček 1

Ředkvičky v 1. termínu byly zřejmě vlivem nevhodného nastavení podmínek pěstování nedovyvinuté. Proto byla zaznamenána pouze jejich průměrná výška a nadzemní a podzemní biomasa (viz Příloha 4. Tabulka 20). Rozdíly mezi hodnotami byly vyhodnoceny metodou ANOVA pro zjištění rozdílnosti mezi čistými výluhy, výluhy s přidavkem 100 ml a 500 ml fugátu a kontrolami. U matoliny se průkazně lišila pouze průměrná výška rostlin variant s fugátem od kontroly ($p < 0,05$) (viz Tabulka 12). Ostatní parametry se nelišily statisticky významně ($p > 0,05$). U jablečných výlisků se průkazně lišila pouze hmotnost čerstvé nadzemní hmoty mezi výluhem s 500 ml fugátu a kontrolou. U koňského hnoje se lišila hmotnost suché podzemní hmoty a výška rostlin mezi výluhem s 500 ml fugátu a čistým výluhem. Graficky jsou kvantitativní parametry ředkviček 2 zobrazeny v Graf 6, Graf 7, Graf 8 a Graf 9.

Tabulka 12. Statistické vyhodnocení čerstvé a suché hmotnosti nadzemní a podzemní biomasy 10 ks ředkviček 1 a průměrné výšky rostlin. Průměry hmotností [g] a výšek [cm] v daných kategoriích. Odlišná písmena za průměry udávají signifikantní rozdílnost kategorií vzorků. * červeně jsou vyznačeny statisticky neprůkazné výsledky ($p > 0,05$).

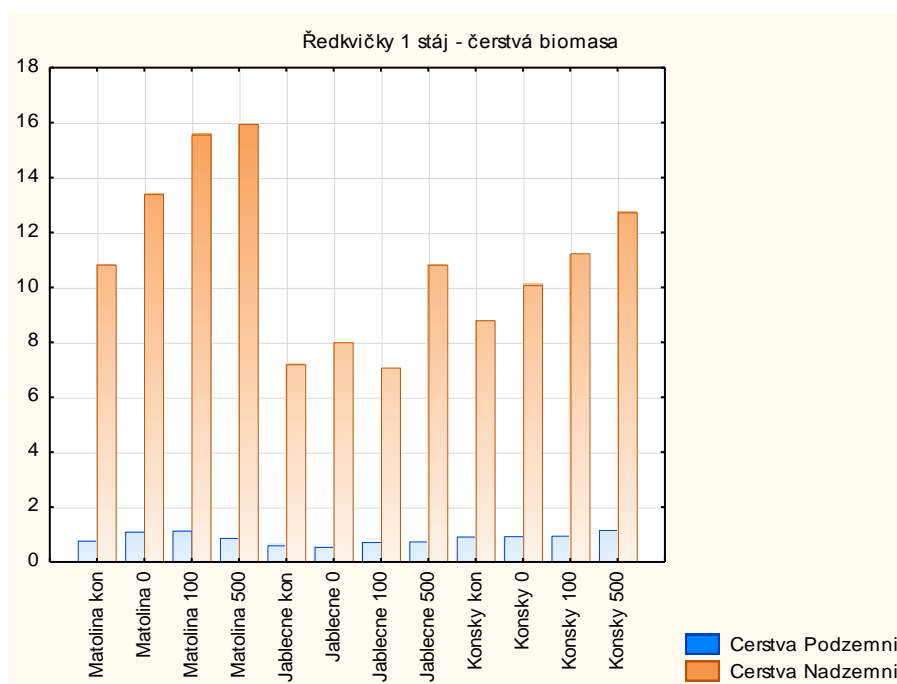
Nadzemní a podzemní biomasa a výška rostlin ředkviček 1 - statistika					
	Nadzemní (10 ks)		Podzemní (10 ks)		Výška rostlin
	čerstvá hmota	suchá hmota	čerstvá hmota	suchá hm.	
Matolina					
Matolina – kontrola	10,81 a	0,68 a	0,76 a	0,10 a	9,11 a
Matolina – výluh bez fugátu	13,37 a	0,79 a	1,09 a	0,24 a	10,78 ab
Matolina – výluh se 100 ml fugátu	15,54 a	1,01 a	1,12 a	0,23 a	11,89 b
Matolina – výluh s 500 ml fugátu	15,93 a	1,01 a	0,86 a	0,23 a	11,78 b
Hodnota F-testu	2,06	1,13	0,76	0,85 a	6,09
p-hodnota	0,184036*	0,392912*	0,546056*	0,506056*	0,018390

Jablečné výlisky

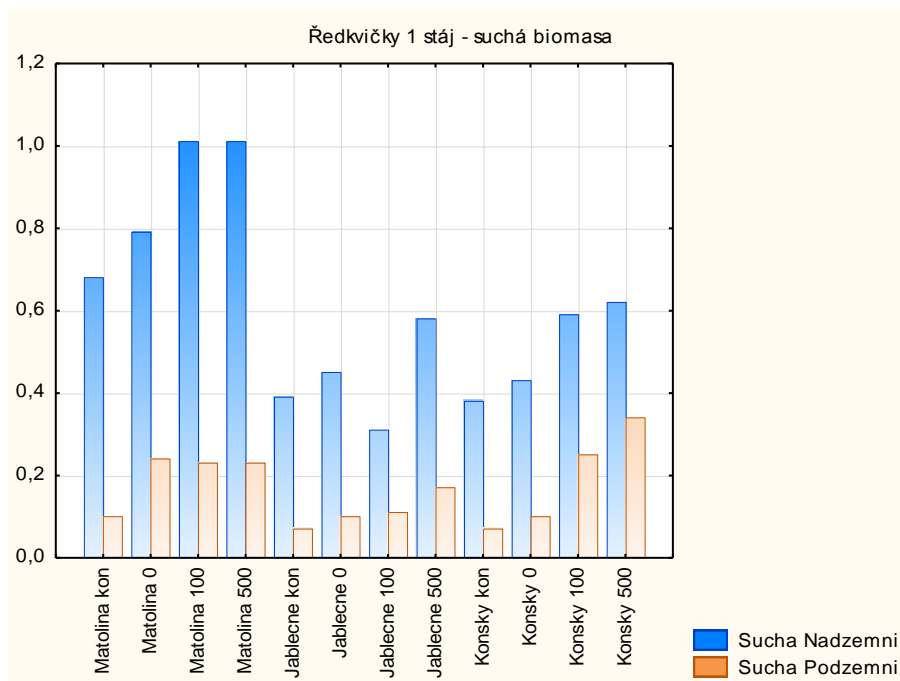
Jablečné výlisky – kontrola	7,18 a	0,39 a	0,59 a	0,07 a	8,11 a
Jablečné výlisky – výluh bez fugátu	7,98 ab	0,45 a	0,53 a	0,10 a	8,33 a
Jablečné výlisky – výluh se 100 ml fugátu	7,06 a	0,31 a	0,71 a	0,11 a	9,22 a
Jablečné výlisky – výluh s 500 ml fugátu	10,80 b	0,58 a	0,73 a	0,17 a	9,55 a
Hodnota F-testu	8,60	4,25	1,45	2,15	1,18 a
p-hodnota	0,006961	0,045296	0,299476*	0,171613*	0,376752*

Koňský hnůj

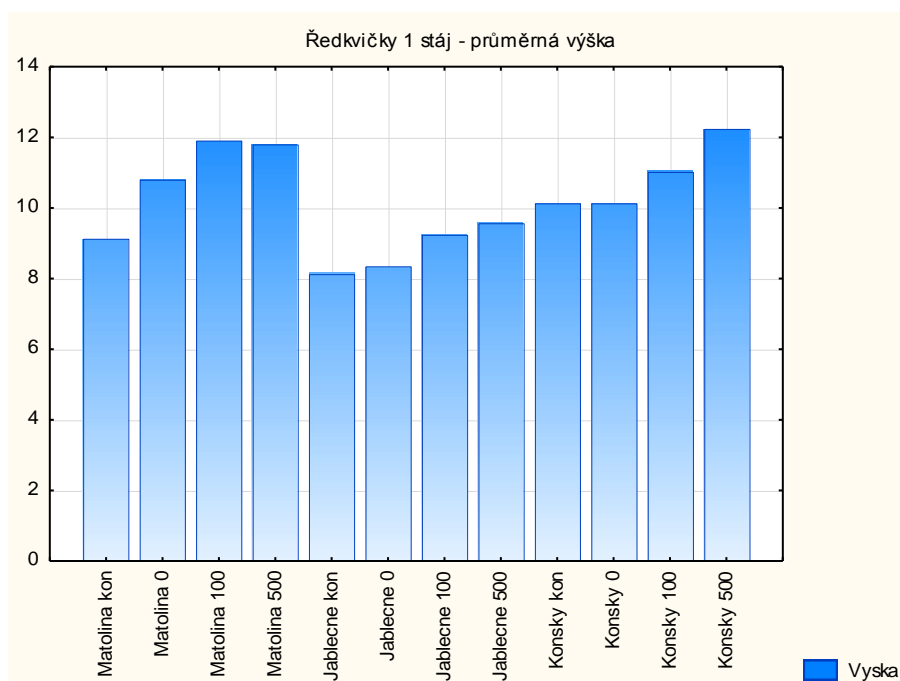
Koňský hnůj – kontrola	8,78 a	0,38 a	0,91 a	0,07 a	10,11 a
Koňský hnůj – výluh bez fugátu	10,06 a	0,43 a	0,92 a	0,10 a	10,11 a
Koňský hnůj – výluh se 100 ml fugátu	11,22 a	0,59 a	0,94 a	0,25 ab	11,00 ab
Koňský hnůj – výluh s 500 ml fugátu	12,71 a	0,62 a	1,15 a	0,34 b	12,22 b
Hodnota F-testu	3,08	4,76	2,62	11,43	5,99
p-hodnota	0,090168*	0,034494	0,123035*	0,002906	0,019194



Graf 6. Čerstvá hmotnost nadzemní a podzemní části rostlin ředkviček 1. Cerstva Podzemni – čerstvá hmotnost podzemní části [g]; Cerstva Nadzemni – čerstvá hmotnost nadzemní části [g]; Matolina kon – demineralizovaná voda; Matolina 0 – výluh vermikompostu (VC) z matoliny bez přídavku fugátu; Matolina 100 – výluh VC z matoliny s přídavkem 100 ml fugátu; Matolina 500 – výluh s přídavkem 500 ml fugátu; Jablecne – výluh VC z jablečných výlisků; Konsky – výluh VC z koňského hnoje.



Graf 7. Suchá hmotnost nadzemní a podzemní části rostlin ředkviček 1. Sucha Nadzemni – suchá hmotnost nadzemní části [g]; Sucha Podzemni – suchá hmotnost podzemní části [g]; Matolina kon – demineralizovaná voda; Matolina 0 – výluh vermikompostu (VC) z matoliny bez přídavku fugátu; Matolina 100 – výluh VC z matoliny s přídavkem 100 ml fugátu; Matolina 500 – výluh s přídavkem 500 ml fugátu; Jablecne – výluh VC z jablečných výlisků; Konsky – výluh VC z koňského hnoje.



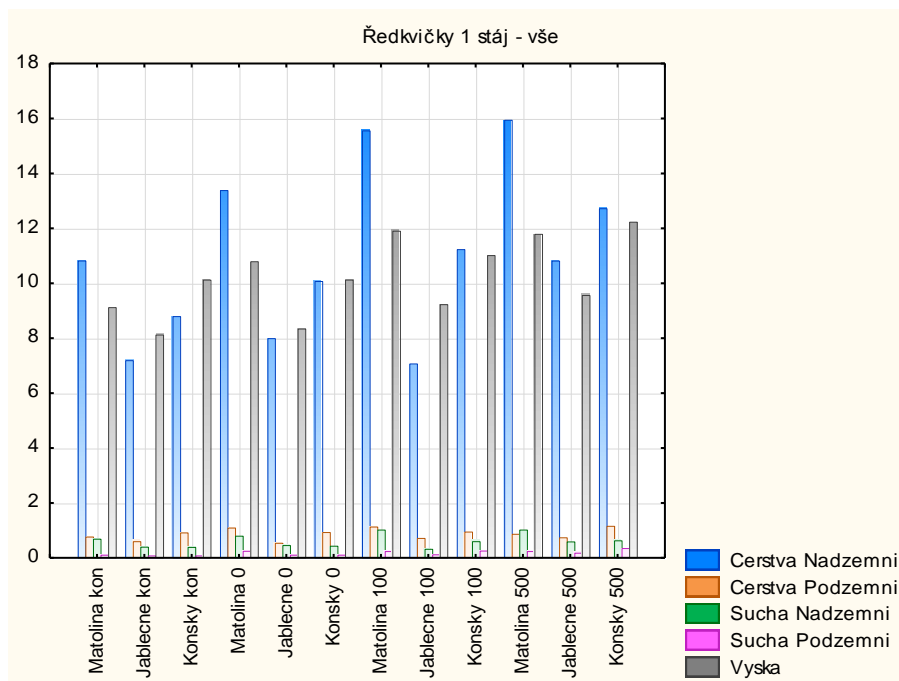
Graf 8. Průměrná výška rostlin [cm] ředkviček 1. Matolina kon – demineralizovaná voda; Matolina 0 – výluh vermikompostu (VC) z matoliny bez přídavku fugátu; Matolina 100 – výluh VC z matoliny s přídavkem 100 ml fugátu; Matolina 500 – výluh s přídavkem 500 ml fugátu; Jablecne – výluh VC z jablečných výlisků; Konsky – výluh VC z koňského hnoje.

5.3.2 Rozdíl mezi výluhy z odlišných surovin u ředkviček 1

Mezi výluhy z odlišných surovin byly nalezeny statisticky průkazné rozdíly ($p < 0,05$) (viz Tabulka 13). U hodnot čerstvé nadzemní biomasy a průměrné výšky rostlin se odlišovala matolina od jablečných výlisků. U suché nadzemní biomasy se matolina odlišovala od ostatních surovin. V případě čerstvé podzemní biomasy se jablečné výlisky odlišovaly od ostatních surovin. U suché podzemní biomasy nebyla nalezena průkazná rozdílnost. Nejvyšších hodnot bylo dosaženo použitím matoliny pro výrobu vermikompostu: Nejnižší hodnoty naopak byly při použití jablečných výlisků.

Tabulka 13. Rozdíl mezi průměrnými hodnotami variant jednotlivých surovin. Odlišná písmenka za průměry ukazují, že se suroviny statisticky významně lišily. * červeně jsou vyznačeny statisticky neprůkazné výsledky ($p > 0,05$).

Rozdíl mezi surovinami u ředkviček 1 - statistika					
	Nadzemní (10 ks)		Podzemní (10 ks)		Výška rostlin
	čerstvá hmota	suchá hmota	čerstvá hmota	suchá hmota	
Matolina	14,95 a	0,94 a	1,02 a	0,23 a	11,48 a
Jablečné výlisky	8,61 b	0,45 b	0,66 b	0,13 a	9,03 b
Košský hnůj	11,33 ab	0,55 b	1,00 a	0,23 a	11,11 ab
Hodnota F-testu	12,17	13,47	7,87	2,05	8,28
p-hodnota	0,007732	0,006047	0,021016	0,209969*	0,018822



Graf 9. Čerstvá a suchá hmotnost částí a průměrná výška rostlin ředkviček 1. Cerstva Nadzemni – čerstvá hmotnost nadzemní části [g]; Cerstva Podzemni – čerstvá hmotnost podzemní části [g]; Sucha Nadzemni – suchá hmotnost nadzemní části [g]; Sucha Podzemni – suchá hmotnost podzemní části [g]; Vyska – průměrná výška rostlin ředkviček [cm]; Matolína kon – demineralizovaná voda; Matolína 0 – výluh vermikompostu (VC) z matoliny bez přídavku fugátu; Matolína 100 – výluh VC z matoliny s přídavkem 100 ml fugátu; Matolína 500 – výluh s přídavkem 500 ml fugátu; Jablecne – výluh VC z jablečných výlisků; Konsky – výluh VC z koňského hnoje.

5.3.3 Procentuální nárůst parametrů ředkviček 1

V případě matoliny byl nejvyšší průměrný nárůst hodnot parametrů zaznamenán mezi čistým výluhem a kontrolou u suché podzemní biomasy (o 140,00 %). V několika případech došlo k poklesu hodnot (viz Příloha 8. Tabulka 24). Hodnoty všech měřených parametrů průměrně narostly o 53,67 % mezi 500 ml fugátu a kontrolou; o 48,32 % mezi čistým výluhem a kontrolou. Přídavek 100 ml fugátu oproti čistému výluhu zvýšil průměrné hodnoty o 10,59 %. Při porovnání 500 ml fugátu a 100 ml fugátu byl však sledován 4,33% pokles.

U jablečných výlisků došlo k průměrnému nárůstu 56,70 % mezi přídavkem 500 ml fugátu a kontrolou. Přídavek 100 ml fugátu se zde lišil oproti čistému výluhu pouze o 2,40 %. Čistý výluh způsobil 12,39% nárůst hodnot oproti kontrole. Nejvyšší nárůst byl zaznamenán také u suché podzemní hmotnosti mezi 500 ml fugátu a kontrolou (o 142,86 %). Také zde došlo v několika případech k poklesu hodnot.

Koňský hnůj jevil nejvyšší průměrný nárůst parametrů mezi 500 ml fugátu a kontrolou (o 108,18 %). Přídavek 500 ml fugátu způsobil průměrně 71,28% nárůst hodnot oproti čistému výluhu. Výluh byl oproti kontrole lepší pouze o 14,34 %. K nejvyššímu nárůstu hodnot zde došlo rovněž u suché podzemní biomasy mezi 500 ml fugátu a kontrolou (o 385,71 %). V tomto případě nedošlo k poklesu hodnot u žádného z parametrů.

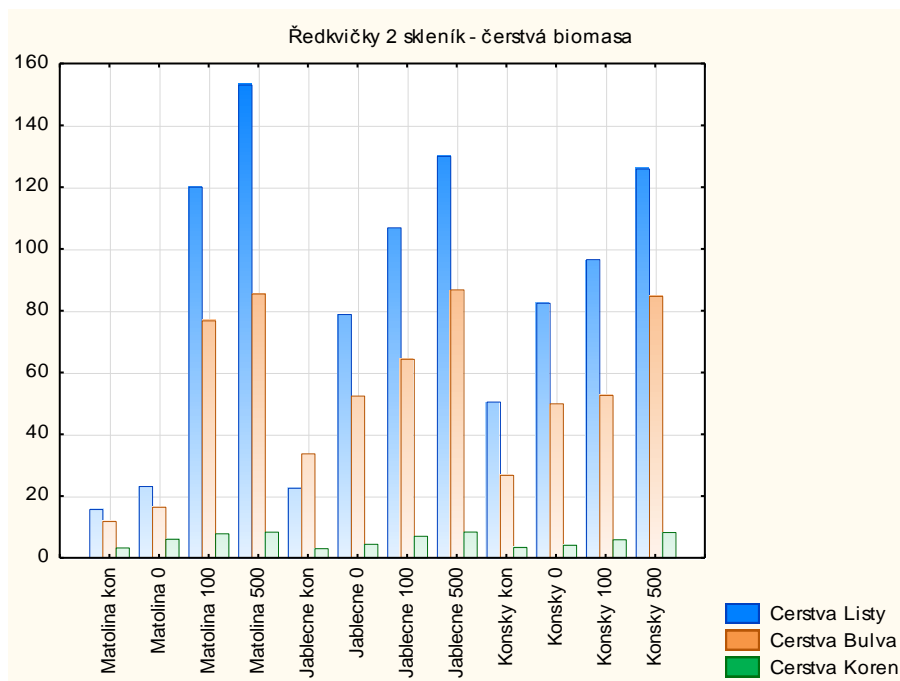
5.4 Výsledky hnojení ředkviček 2 výluhem vermikompostů z více surovin

5.4.1 Biomasa částí rostlin ředkviček 2

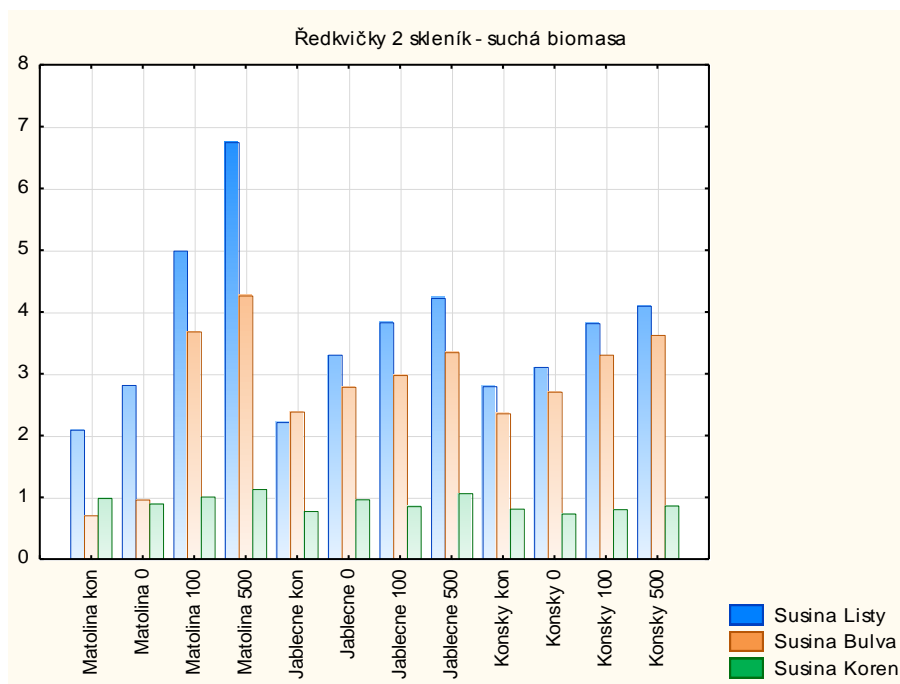
Naměřené hodnoty (viz Příloha 5. Tabulka 21, Příloha 6. Tabulka 22) částí rostlin byly analyzovány metodou ANOVA (viz Tabulka 14). Hmotnost čerstvé i suché biomasy listů a bulev a čerstvá hmotnost kořenů se průkazně lišily mezi variantami zalévanými vodou, čistým výluhem VC, výluhem se 100 ml fugátu a s 500 ml fugátu v rámci všech surovin ($p < 0,05$). U všech surovin se tyto varianty nelišily u suché hmotnosti kořenů ($p > 0,05$). V mnoha případech se nelišila hodnota mezi vodou a čistým výluhem (matolina: čerstvá hmotnost listů, čerstvá hm. bulev; koňský hnůj: suchá hm. listů, suchá hm. bulev, čerstvá hm. kořenů). Varianty s fugátem se ve většině případů odlišovaly od variant bez fugátu. U matoliny se nelišila čerstvá hmotnost kořenů mezi čistým výluhem a výluhem s přídavkem 100 ml fugátu. U jablečných výlisků (JV) se nelišila čerstvá i suchá hmotnost bulev, u koňského hnoje (KH) čerstvé bulvy a čerstvý kořen. Ve většině případů se lišil přídavek 100 ml a 500 ml fugátu. Množství přidaného fugátu nezpůsobilo statisticky významný rozdíl u čerstvých bulev u matolin (M), čerstvých kořenů u matolin a jablečných výlisků a sušiny listů a bulev u koňského hnoje. Všechny varianty přídavku fugátu (kontrola, čistý výluh, výluh + 100 ml fugátu, výluh + 500 ml fugátu) se lišily u sušiny listů u matolin, sušiny i čerstvých listů u JV a čerstvé hmotnosti listů u KH. U čerstvých kořenů u M, čerstvých i suchých bulev u JV a čerstvých listů a kořenů u KH se nelišil čistý výluh od výluhu + 100 ml fugátu. Graficky jsou kvantitativní parametry ředkviček 2 zobrazeny v Graf 10, Graf 11 a Graf 13.

Tabulka 14. Statistické vyhodnocení čerstvé a suché hmotnosti listů, bulv a kořenů ředkviček 2. Průměry hmotností v daných kategoriích [g]. Odlišná písmena za průměry udávají signifikantní rozdílnost kategorií vzorků. * červeně jsou vyznačeny statisticky neprůkazné výsledky ($p > 0,05$).

Biomasa částí rostlin ředkviček 2 - statistika						
	Listy (10 ks)		Bulva (3 ks)		Kořen (10 ks)	
	čerstvá hmota	suchá hmota	čerstvá hmota	suchá hmota	čerstvá hmota	suchá hmota
Matolina (M)						
Matolina – kontrola	15,65 a	2,08 a	11,79 a	0,70 a	3,23 a	0,98 a
Matolina – výluh bez fugátu	23,10 a	2,81 b	16,37 a	0,96 a	6,02 b	0,89 a
Matolina – výluh se 100 ml fugátu	119,92 b	4,98 c	76,68 b	3,68 b	7,81 bc	1,00 a
Matolina – výluh s 500 ml fugátu	152,97 c	6,74 d	85,39 b	4,26 c	8,32 c	1,13 a
Hodnota F-testu	470,66	290,62	213,52	492,80	26,74	0,14
p-hodnota	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000160	0,933890*
Jablečné výlisky (JV)						
Jablečné výlisky – kontrola	22,51 a	2,21 a	33,66 a	2,38 a	2,96 a	0,77 a
Jablečné výlisky – výluh bez fugátu	78,73 b	3,30 b	52,35 b	2,78 b	4,41 b	0,96 a
Jablečné výlisky – výluh se 100 ml fugátu	106,81 c	3,82 c	64,26 b	2,97 b	6,99 c	0,85 a
Jablečné výlisky – výluh s 500 ml fugátu	129,92 d	4,21 d	86,70 c	3,34 c	8,34 c	1,06 a
Hodnota F-testu	688,50	162,18	56,24	54,97	76,37	0,64
p-hodnota	0,000000	0,000000	0,000010	0,000011	0,000003	0,612590*
Koňský hnůj (KH)						
Koňský hnůj – kontrola	50,40 a	2,79 a	26,69 a	2,35 a	3,36 a	0,81 a
Koňský hnůj – výluh bez fugátu	82,36 b	3,10 a	49,83 b	2,70 a	4,08 ab	0,73 a
Koňský hnůj – výluh se 100 ml fugátu	96,48 c	3,81 b	52,54 b	3,30 b	5,85 b	0,80 a
Koňský hnůj – výluh s 500 ml fugátu	125,80 d	4,09 b	84,60 c	3,62 b	8,19 c	0,86 a
Hodnota F-testu	754,52	31,50	105,11	38,01	31,23	0,66
p-hodnota	0,000000	0,000088	0,000001	0,000044	0,000091	0,597649*



Graf 10. Čerstvá hmotnost částí rostlin ředkviček 2. Čerstva Listy – čerstvá hmotnost listů [g]; Čerstva Bulva – čerstvá hmotnost 3 ks bulv [g]; Čerstva Koren – čerstvá hmotnost kořenů [g]; Matolina kon – demineralizovaná voda; Matolina 0 – výluh vermikompostu (VC) z matoliny bez přídavku fugátu; Matolina 100 – výluh VC z matoliny s přídavkem 100 ml fugátu; Matolina 500 – výluh s přídavkem 500 ml fugátu; Jablecne – výluh VC z jablečných výlísků; Kinsky – výluh VC z koňského hnoje.



Graf 11. Suchá hmotnost částí rostlin ředkviček 2. Susina Listy – suchá hmotnost listů [g]; Susina Bulva – suchá hmotnost 3 ks bulv [g]; Susina Koren – suchá hmotnost kořenů [g]; Matolina kon – demineralizovaná voda; Matolina 0 – výluh vermikompostu (VC) z matoliny bez přídavku fugátu;

Matolina 100 – výluh VC z matoliny s přídávkem 100 ml fugátu; Matolina 500 – výluh s přídávkem 500 ml fugátu; Jablecne – výluh VC z jablečných výlisků; Konsky – výluh VC z koňského hnoje.

5.4.2 Výška rostlin ředkviček 2

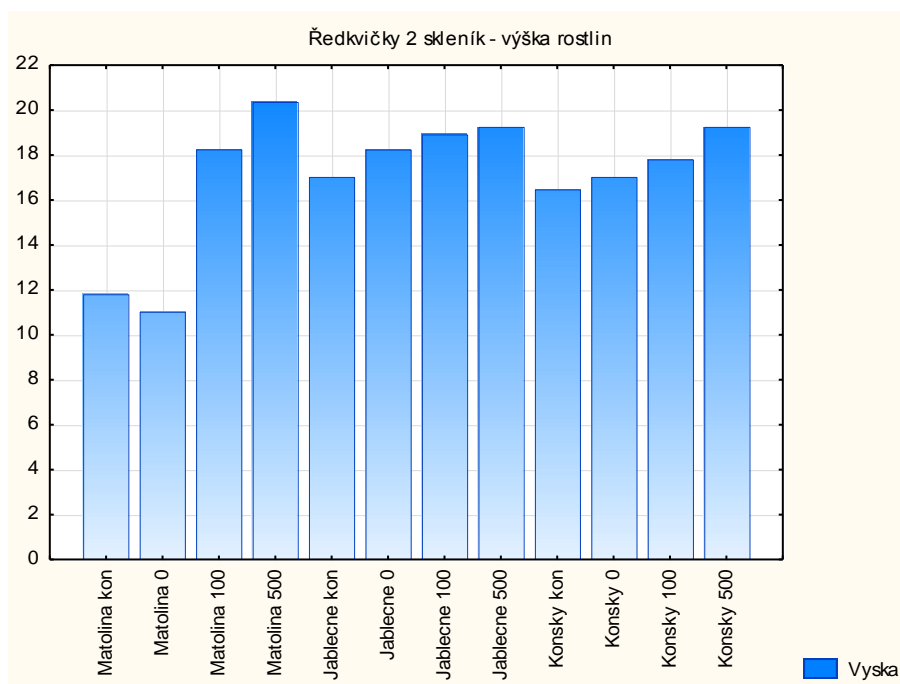
Průměrná výška rostlin ředkviček (viz Příloha 5. Tabulka 21) se průkazně lišila mezi různými přídávky fugátu u výluhů VC z matoliny a koňského hnoje ($p < 0,05$) (viz Tabulka 15). Rozdíl nebyl zjištěn u jablečných výlisků ($p > 0,05$). U matoliny nebyl zjištěn rozdíl mezi kontrolou a čistým výluhem. Mezi přídávkem 100 ml a 500 ml fugátu u matoliny také nebyl zjištěn rozdíl. U koňského hnoje byl zjištěn rozdíl jen mezi kontrolou a přídávkem 500 ml fugátu. Graficky je průměrná výška rostlin znázorněna v Graf 12.

Tabulka 15. Statistické vyhodnocení výšky rostlin ředkviček 2. Průměry výšek v daných kategoriích [cm]. Odlišná písmena za průměry udávají signifikantní rozdílnost kategorií vzorků. * červeně jsou vyznačeny statisticky neprůkazné výsledky ($p > 0,05$).

Průměrná výška rostlin ředkviček 2 – statistika	
	Průměrná výška rostlin
Matolina	
Matolina – kontrola	11,78 a
Matolina – výluh bez fugátu	11,00 a
Matolina – výluh se 100 ml fugátu	18,22 b
Matolina – výluh s 500 ml fugátu	20,33 b
Hodnota F-testu	94,52
p-hodnota	0,000001
Jablečné výlisky	
Jablečné výlisky – kontrola	17,00 a
Jablečné výlisky – výluh bez fugátu	18,22 a
Jablečné výlisky – výluh se 100 ml fugátu	18,89 a
Jablečné výlisky – výluh s 500 ml fugátu	19,22 a
Hodnota F-testu	3,06
p-hodnota	0,091557*

Koňský hnůj

Koňský hnůj – kontrola	16,44 a
Koňský hnůj – výluh bez fugátu	17,00 ab
Koňský hnůj – výluh se 100 ml fugátu	17,78 ab
Koňský hnůj – výluh s 500 ml fugátu	19,22 b
Hodnota F-testu	5,81
p-hodnota	0,020834



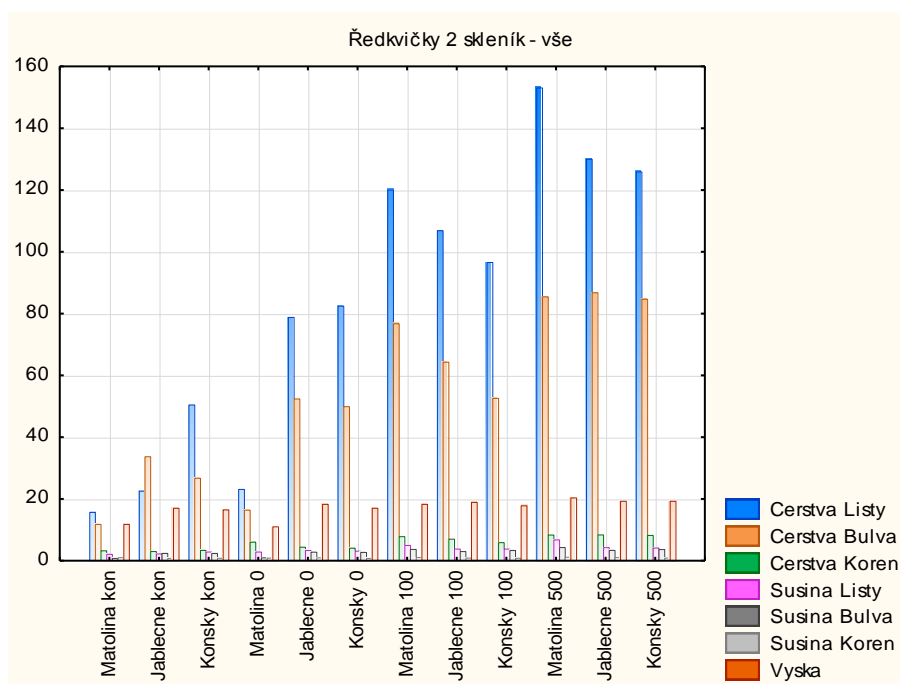
Graf 12. Průměrná výška rostlin [cm] ředkviček 2. Matolina kon – demineralizovaná voda; Matolina 0 – výluh vermikompostu (VC) z matoliny bez přídavku fugátu; Matolina 100 – výluh VC z matoliny s přídavkem 100 ml fugátu; Matolina 500 – výluh s přídavkem 500 ml fugátu; Jablecne – výluh VC z jablečných výlisků; Konsky – výluh VC z koňského hnoje.

5.4.3 Rozdíl mezi surovinami u ředkviček 2

Mezi surovinami nebyly nalezeny žádné statisticky významné rozdíly ($p > 0,05$) (viz Tabulka 16). Suchá hmotnost kořenů se mezi surovinami lišila, ale ne statisticky významně ($p = 0,0866$).

Tabulka 16. Rozdíl mezi průměrnými hodnotami variant jednotlivých surovin. Stejná písmenka za průměry ukazují, že se suroviny statisticky významně nelišily. * červeně jsou vyznačeny statisticky neprůkazné výsledky ($p > 0,05$).

	Listy (10 ks)		Bulva (3 ks)		Kořen (10 ks)		Výška
	čerstvá hmota	suchá hm.	čerstvá hm.	Suchá hm.	čerstvá hm.	suchá hm.	
Matolina	98,67 a	4,85 a	59,48 a	2,96 a	7,38 a	1,01 a	13,19 a
Jablečné výlisky	105,15 a	3,78 a	67,77 a	3,03 a	6,58 a	0,96 a	18,78 a
Košský hnůj	101,55 a	3,67 a	62,32 a	3,21 a	6,04 a	0,80 a	18,00 a
Hodnota F-testu	0,02	0,88	0,08	0,04	0,42	3,78	0,72
p-hodnota	0,983501*	0,464082*	0,927401*	0,959119*	0,674017*	0,086600*	0,522626*



Graf 13. Čerstvá a suchá hmotnost částí a průměrná výška rostlin ředkviček 2. Cerstva Listy – čerstvá hmotnost listů [g]; Cerstva Bulva – čerstvá hmotnost 3 ks bulev [g]; Cerstva Koren – čerstvá hmotnost kořenů [g]; Susina Listy – suchá hmotnost listů [g]; Susina Bulva – suchá hmotnost 3 ks bulev [g]; Susina Koren – suchá hmotnost kořenů [g]; Vyska – průměrná výška rostlin ředkviček [cm]; Matolina kon – demineralizovaná voda; Matolina 0 – výluh vermikompostu (VC) z matoliny bez přísadyk fugátu; Matolina 100 – výluh VC z matoliny s přísadkou 100 ml fugátu; Matolina 500 –

výluh s přídávkem 500 ml fugátu; Jablecne – výluh VC z jablečných výlisků; Konsky – výluh VC z koňského hnoje.

5.4.4 Procentuální nárůst parametrů ředkviček 2

Průměrně se u žádné ze surovin neprojevil pokles hodnot měřených parametrů. Nejvyšší průměrný nárůst byl pozorován při použití výluhu vermikompostu z matoliny.

U matoliny byl zjištěn nejvyšší průměrný nárůst parametrů mezi přídávkem 500 ml fugátu a kontrolou (o 353,64 %). Silný průměrný nárůst byl zjištěn také mezi přídávkem 500 ml fugátu a čistým výluhem (o 231,08 %). Samotný výluh byl oproti kontrole průměrně lepší pouze o 32,58 %. U suché hmotnosti kořenů došlo k 8,99% poklesu mezi kontrolou a čistým výluhem. Čerstvá hmotnost listů, resp. bulev se však zvýšila mezi 500 ml fugátu a kontrolou o 877,32 %, resp. 624,11 % (viz Příloha 9. Tabulka 25).

V případě jablečných výlisků došlo k průměrnému nárůstu mezi 500 ml fugátu a kontrolou o 142,62 %. Čistý výluh způsobil 64,57% průměrný nárůst oproti kontrole. I v tomto případě došlo k poklesu suché hmotnosti kořenů ovšem mezi přídávkem 100 ml fugátu oproti samotnému výluhu. K největšímu nárůstu došlo mezi 500 ml fugátu a kontrolou také u čerstvé hmotnosti listů (o 477,27 %).

U koňského hnoje nebyl zjištěn natolik silný nárůst hodnot parametrů. Přídavek fugátu byl oproti kontrole průměrně lepší pouze o 90,58 %. Přídavek 500 ml fugátu zvýšil účinnost samotného výluhu o 45,73 %. Mezi čistým výluhem a kontrolou byl pozorován 27,30% nárůst. I zde byl u suché hmotnosti kořenů zjištěn pokles (9,88% pokles mezi výluhem a kontrolou; 1,23% pokles mezi 100 ml fugátu a kontrolou). Nejvyšší nárůst byl zaznamenán u hmotnosti čerstvých listů (o 216,97 %).

6 Diskuze

6.1 Rajčata

Ze statistického vyhodnocení parametrů rajčat (viz kap. 5.2) vyplývá, že docházelo k nárůstu většiny kvantitativních parametrů s použitím výluhu a s přibývajícím množstvím přidaného fugátu. Jednoznačně to bylo potvrzeno u výšky rostlin při sklizni, počtu a čerstvé i suché hmotnosti plodů v 1. sklizni a celkového počtu plodů. Často nebyl zjištěn rozdíl mezi kontrolou a čistým výluhem bez přídavku fugátu – výška rostlin ve 2. i 6. týdnu, čerstvá i suchá hmotnost kořenů, listů i stonků. V ostatních parametrech však byly hodnoty při použití čistého výluhu lepší než u kontrolních variant. Samotné výluhy vermikompostů zřejmě nemají tak silný vliv na růst biomasy jako s přídavkem fugátu, který obsahuje vysoké množství N-NH_4^+ (Fuchs et al., 2008; Odlare et al., 2008). Přídavek fugátu tedy zvýšil účinnost výluhů vermikompostů na mnoho parametrů. Varianty zalévané výluhem s fugátem měly vždy (kromě suché hmotnosti kořenů) signifikantně lepší hodnoty než kontrolní varianty. Mnoho autorů popisuje zlepšení kvantitativních parametrů různých plodin při použití výluhu vermikompostu (viz kap. 3.3.4). Podle Arthur et al. (2012) výluh doplňuje dostatek fosforu a draslíku, nezajišťuje však dostatek dusíku. Edwards et al. (2006) a Arancon et al. (2007a) naproti tomu zjistili, že použití 5–10% výluhu vermikompostu z potravinářských odpadů pozitivně ovlivňuje růst rostlin rajčat, což podporuje výsledky této práce. Edwards et al. (2007) a Edwards et al. (2010b) sledovali zvýšení nadzemní biomasy, výšky rostlin, počtu i hmotnosti plodů rajčat po aplikaci výluhu vermikompostu. Fritz et al. (2008) také zjistili zlepšení růstu rajčat a ředkviček při použití výluhu vermikompostu v laboratorních podmínkách, v polních podmínkách však zlepšení růstu rostlin nesledovali. Zaller (2006), který aplikoval výluhy vermikompostů z kuchyňských bioodpadů foliárně v polním pokusu, rovněž nesledoval žádné zlepšení růstu, biomasy ani výnosů rajčat, ovšem sledoval snížení infekce plísní bramborovou na rajčatech. Márquez-Quiroz et al. (2014) také zjistili lepší růst a výnos rajčat při minerálním hnojení než při použití výluhu z vermikompostu. Singh et al. (2007) však srovnávají pozitivní účinky vermikompostu a digestátu na růst cukrové třtiny s účinky minerálních hnojiv.

Počet a čerstvá i suchá hmotnost plodů ve 2. sklizni se nelišily mezi přídavkem 100 ml a 500 ml fugátu. To mohlo být zapříčiněno vysokým obsahem N ve fugátu, který sice podporuje tvorbu nadzemní biomasy, ovšem nemá příliš velký vliv na plodnost (Vaněk et al.,

2012). Yu et al. (2010) sledovali zvýšení poměru podzemní a nadzemní biomasy a zvýšení kvality plodů rajčat při použití digestátu. Islam (2006) shrnuje účinky digestátu na zvýšení výnosu různých druhů zeleniny včetně rajčat a ředkve. Digestát v dávce 7,8 t/ha také podle Jeptoo et al. (2013) zvýšil výšku, hmotnost suché nadzemní i podzemní biomasy a počet listů mrkve. Podle Lošáka et al. (2011) se hnojení digestátem vyrovná nebo svými účinky převyšuje minerální způsob hnojení.

U kontrolních variant, které byly hnojeny pouze demineralizovanou vodou, se objevily nahnílé plody. Toto poškození mohlo být způsobeno například plísní bramborovou (*Phytophthora infestans*), antraknózou (*Colleotrichum coccodes*) nebo černí střídavou (*Alternaria alternata*). To podporuje závěry jiných prací, které uvádějí pozitivní vliv výluhů vermikompostů i digestátu na zdraví rostlin (viz kap. 3.3.5, kap. 3.5.1). Zaller (2006) uvádí snížení napadení plísní bramborovou na rajčatech; Jaikishun et al. (2014) sledovali snížení napadení chorobou *Alternaria alternata*. Také Groot et Bogdanski, (2013) shrnují pozitivní účinky digestátů proti některým chorobám a škůdcům rostlin. U variant s fugátem byla pozorována lepší chuť plodů rajčat. Yu et al. (2010) také sledovali zvýšení kvality plodů rajčat při použití koncentrovaného digestátu. Plody rajčat hnojených digestátem obsahovaly více živin, bílkovin, cukrů, β - karotenu, taninů a vitamínu C.

6.2 Ředkvičky 1. termín

Ředkvičky v 1. termínu se zřejmě z důvodu nevhodně zvolených podmínek pro pěstování dostatečně nevyvinuly a byly vytažené. Zřejmě to bylo způsobeno příliš vysokou teplotou současně s nízkou intenzitou osvětlení. Abiotický stres může pozměnit pohyblivost živin v půdě a zhoršit růst rostlin (Chinsamy et al., 2014). Proto ani pro různé způsoby hnojení nebyly výsledky často průkazné (viz kap. 5.3). I zde jsou však znatelné tendence nárůstu hodnot měřených parametrů s použitím výluhu a s rostoucím množstvím fugátu. Nárůst byl nejznatelnější u suché nadzemní hmoty a průměrné výšky rostlin. Podle Ahmad et al. (2009) rostlinám zázvoru při stresu zasolením pomohl více vermikompost než digestát, který může přispívat k zasolení. Chinsamy et al. (2014) sledovali vliv výluhů vermikompostu na odolnost rajčat k teplotnímu a vodnímu stresu. Při použití výluhů byly kvantitativní i kvalitativní parametry rostlin lepší než u kontrol a vykazovaly vyšší odolnost ke stresu.

Rozdílné suroviny vermikompostu ovlivňovaly růst rostlin rozdílně. Nejvíce se odlišovaly jablečné výlisky (nejnižší hodnoty) a matolina (nejvyšší hodnoty). Hanč et al. (2016) i Váňa et al. (1994) uvádí, že vermikompost i výluh vermikompostu z koňského hnoje obsahuje více živin než z jablečných výlisků. García-Sánchez et al. (2017) taktéž naměřili několikanásobně vyšší obsah dusičnanové formy N ve vermikompostu z koňského hnoje než ve vermikompostu z jablečných výlisků a matoliny. Proto by se dalo předpokládat, že bude mít výluh z vermikompostu pocházejícího z koňského hnoje také lepší účinky na růst rostlin, což se v této práci ovšem nepotvrdilo.

6.3 Ředkvičky 2. termín

Ředkvičky ve 2. termínu ve skleníku byly pěstovány ve vhodnějším termínu a v optimálních světelných a teplotních podmínkách, proto měly dobře vyvinuté bulvy. Také způsob hnojení se u nich projevil lépe. K nárůstu hodnot mezi kontrolou, výluhem, výluhem s přídavkem 100 ml a 500 ml u nich docházelo téměř ve všech měřených parametrech (viz kap. 5.4). Podobně jako u rajčat byl zjištěn silnější vliv výluhu s přídavkem fugátu než samotného výluhu. Čistý výluh se často průkazně nelišil od kontrolní varianty. Výsledky nebyly často průkazné u hmotnosti suché biomasy kořenů. Vyšší dávka fugátu (500 ml) většinou podpořila růst více než nižší dávka fugátu (100 ml). Jadhav et al. (2015) také sledovali zlepšení růstu a výnosu ředkvi při použití „vermiwash“. Buckerfield et al. (1999) zkoumali účinnost tuhého vermikompostu a „vermiwash“ na růst ředkviček. Vermikompost i jeho výluh inhibovaly raný vývoj semenáčků, konečný výnos byl však při jejich použití vyšší. Podle Singh et al. (2007) ovlivnil vermikompost růst cukrové třtiny trochu lépe než digestát. Oba způsoby organického hnojení však měly pozitivní dopad na růst třtiny srovnatelný s minerálními hnojivy. Ahmad et Jabeen (2009) uvádí nejlepší účinky na růst a výnos slunečnice při společném použití vermikompostu a digestátu. Lze tedy usuzovat, že kombinace obou způsobů hnojení dodává rostlinám vyrovnanější spektrum živin, které lépe podpoří jejich vývoj, růst a plodnost.

Na rozdíl od ředkviček v 1. termínu v laboratoři v pokusné stáji nebyly u ředkviček ve 2. termínu ve skleníku zjištěny průkazné rozdíly mezi surovinami použitými pro vermikompostování.

7 Závěr

Vermikomposty i fugát jsou přeměněné produkty z odpadů mnoha oblastí průmyslu. Likvidace těchto odpadů je jedním ze současných problémů, proto je velmi výhodné tyto produkty dále využít a navrátit tak živiny zpět do koloběhu.

V této práci byly použity vyloužené vermikomposty z matoliny, jablečných výlisků a koňského hnoje s různým množstvím přidaného fugátu (0 ml, 100 ml, 500 ml) pro hnojení rajčat a ředkviček. Nejvíce se osvědčil výluh vermikompostu s přídavkem fugátu. Použití čistého výluh většinou převýšilo kontrolní varianty. Rostoucí množství přidaného fugátu však obvykle způsobilo vyšší nárůst kvantitativních parametrů těchto plodin. Všechny suroviny pro výrobu vermikompostu převyšovaly vlivem na růst plodin kontrolní varianty, nejméně se však osvědčily jablečné výlisky.

Ředkvičky pěstované v laboratoři za ne zcela optimálních světelných a teplotních podmínek v zimním období nebyly dostatečně vyvinuté a nebyl u nich natolik patrný vliv různých způsobů hnojení na různé kvantitativní parametry. Na rozdíl od vyvinutých ředkviček ve skleníku se u nich však projevil rozdíl mezi surovinami použitými pro vermikompostování.

Hypotézu č. 1, že výnosy plodin budou úměrné přídavku fugátu k výluhu, lze tedy z větší části potvrdit. Hypotéza č. 2, že budou mít jednotlivé výluhy odlišný vliv na nadzemní a podzemní biomasu, byla také ve většině případů potvrzena. Samotné výluhy vermikompostů i přídavek fugátu lze tedy doporučit pro hnojení různých plodin. Použití organických hnojiv umožňuje snížit potřebu minerálních hnojiv, čímž může snížit jak náklady na pěstování plodin, tak negativní vlivy minerálních hnojiv na životní prostředí.

8 Seznam zkratek

BPS	bioplynová stanice
ČOV	čistírna odpadních vod
DHČ	výluh VC z koňského hnoje + 0 ml fugátu
DHF 100	výluh VC z koňského hnoje + 100 ml fugátu
DHF 500	výluh VC z koňského hnoje + 500 ml fugátu
DJČ	výluh VC z jablečných výlisků + 0 ml fugátu
DJF 100	výluh VC z jablečných výlisků + 100 ml fugátu
DJF 500	výluh VC z jablečných výlisků + 500 ml fugátu
DMČ	výluh VC z matoliny + 0 ml fugátu
DMF 100	výluh VC z matoliny + 100 ml fugátu
DMF 500	výluh VC z matoliny + 500 ml fugátu
EC	electrical conductivity, měrná elektrická vodivost
JV	jablečné výlisky
KH	koňský hnůj
KON	kontrola (demineralizovaná voda)
M	matolina
MO	mikroorganismy
PAU	polyaromatické uhlovodíky
PCB	polychlorované bifenyly
VC	vermicompost, vermikompost

9 Seznam tabulek, obrázků a grafů

Tabulka 1. Shrnutí rozdílů kompostování a vermikompostování	8
Tabulka 2. Porovnání obsahu živin v kompostu a vermikompostu (% sušiny).....	8
Tabulka 3. Poměr C : N některých surovin pro kompostování.....	30
Tabulka 4. Vlhkost, obsah organické hmoty a obsah živin v různých surovinách. Živiny a obsah organických látek jsou uvedeny v % sušiny	30
Tabulka 5. Souhrn hodnot pH, obsahu solí (měrná elektrická vodivost – EC) a poměru C : N v různých surovinách a příslušných vermikompostech (VC)	31
Tabulka 6. Souhrn rozdílů vermikompostu a digestátu resp. fugátu.....	38
Tabulka 7. Chemické vlastnosti vermikompostu (ze směsi listí a kravského hnoje) a digestátu (z kravského hnoje) v sušině.....	38
Tabulka 8. Schéma pokusu 1) rajčata; 2) ředkvičky 1. termín; 3) ředkvičky 2. termín.	47
Tabulka 9. Statistické vyhodnocení výšky rostlin rajčat.	55
Tabulka 10. Statistické vyhodnocení počtu [ks] a čerstvé a suché hmotnosti plodů rajčat [g]	56
Tabulka 11. Statistické vyhodnocení hmotností částí rostlin (kořen, listy, stonek).....	58
Tabulka 12. Statistické vyhodnocení čerstvé a suché hmotnosti nadzemní a podzemní biomasy 10 ks ředkviček 1 a průměrné výšky rostlin.	60
Tabulka 13. Rozdíl mezi průměrnými hodnotami variant jednotlivých surovin..	63
Tabulka 14. Statistické vyhodnocení čerstvé a suché hmotnosti listů, bulev a kořenů ředkviček 2.....	66
Tabulka 15. Statistické vyhodnocení výšky rostlin ředkviček 2.....	68
Tabulka 16. Rozdíl mezi průměrnými hodnotami variant jednotlivých surovin..	70
Obrázek 1. Schéma přístroje na vyluhování vermikompostu.	21
Obrázek 2. Vermikompostér Worm Factory.	45
Obrázek 3. Přístroj pro vyluhování vermikompostů.	46
Obrázek 4. Pěstování rajčat v laboratoři v pokusné stáji.	50
Obrázek 5. Pěstování ředkviček 1 v laboratoři v pokusné stáji.	50
Obrázek 6. Pěstování ředkviček 2 v pokusném skleníku.	51
Obrázek 7. Sklizeň ředkviček 1 v laboratoři v pokusné stáji.....	52
Obrázek 8. Sklizeň ředkviček 2 v pokusném skleníku.....	53

Graf 1. Změny měrné elektrické vodivosti s časem během vyluhování.....	54
Graf 2. Výška rostlin rajčat.....	55
Graf 3. Počet plodů rajčat.....	57
Graf 4. Čerstvá a suchá hmotnost plodů rajčat.....	57
Graf 5. Čerstvá a suchá hmotnost částí rostlin rajčat.....	59
Graf 6. Čerstvá hmotnost nadzemní a podzemní části rostlin ředkviček 1.....	61
Graf 7. Suchá hmotnost nadzemní a podzemní části rostlin ředkviček 1.....	62
Graf 8. Průměrná výška rostlin [cm] ředkviček 1.....	62
Graf 9. Čerstvá a suchá hmotnost částí a průměrná výška rostlin ředkviček 1.....	64
Graf 10. Čerstvá hmotnost částí rostlin ředkviček 2.....	67
Graf 11. Suchá hmotnost částí rostlin ředkviček 2.....	67
Graf 12. Průměrná výška rostlin [cm] ředkviček 2.....	69
Graf 13. Čerstvá a suchá hmotnost částí a průměrná výška rostlin ředkviček 2.....	70

9.1 Seznam samostatných příloh

Příloha 1. Tabulka 17. Naměřená výška rostlin rajčat. V tabulce jsou uvedeny výšky rostlin [cm] měřené ve 2. týdnu, v 6. týdnu a při sklizni.....	i
Příloha 2. Tabulka 18. Počet [ks] a čerstvá a suchá hmotnost plodů rajčat [g] ve dvou sklizních (v 9. týdnu a 11. týdnu pěstování).....	ii
Příloha 3. Tabulka 19. Čerstvá a suchá hmotnost kořene, listů a stonku rostlin rajčete [g].....	ii
Příloha 4. Tabulka 20. Čerstvá a suchá hmotnost nadzemní a podzemní části 10 ks ředkviček [g] a průměrná výška rostlin [cm] ředkviček 1.....	iii
Příloha 5. Tabulka 21. Čerstvá hmotnost listů (10 rostlin), bulev (3 rostliny) a kořenů (10 rostlin) [g] a průměrná výška rostlin [cm] ředkviček 2.....	iv
Příloha 6. Tabulka 22. Suchá hmotnost listů (10 rostlin), bulev (3 rostliny) a kořenů (10 rostlin) [g] ředkviček 2.....	v
Příloha 7. Tabulka 23. Nárůst hodnot parametrů mezi variantami u rajčat [%].....	vii
Příloha 8. Tabulka 24. Nárůst hodnot parametrů mezi variantami u ředkviček 1 [%].....	viii
Příloha 9. Tabulka 25. Nárůst hodnot parametrů mezi variantami u ředkviček 2 [%].....	ix

10 Seznam literatury

10.1 Vědecké články

- Aahmadpour, R., Armand, N., Hossinzadeh, S. R. 2016. Effect of Vermicompost Extract on Germination Characteristics of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Under Salinity Stress. *Iranian Journal of Seed Research*. 2 (2). 123-135.
- Abdullahi, Y. A., Akunna, J. C., White, N. A., Hallett, P. D., Wheatley, R. 2008. Investigating the effects of anaerobic and aerobic post-treatment on quality and stability of organic fraction of municipal solid waste as soil amendment. *Bioresource technology*. 99 (18). 8631-8636.
- Ahmad, R., Azeem, M., Ahmed, N. 2009. Productivity of ginger (*Zingiber officinale*) by amendment of vermicompost and biogas slurry in saline soils. *Pakistan Journal of Botany*. 41 (6). 3107-3116.
- Ahmad, R., Jabeen, N. 2009. Demonstration of growth improvement in sunflower (*Helianthus annuus* L.) by the use of organic fertilizers under saline conditions. *Pakistan Journal of Botany*. 41 (3). 1373-1384.
- Albanell, E., Plaixats, J., Cabrero, T. 1988. Chemical changes during vermicomposting (*Eisenia fetida*) of sheep manure mixed with cotton industrial wastes. *Biology and Fertility of Soils*. 6 (3). 266-269.
- Amooaghaie, R., Golmohammadi, S. 2017. Effect of Vermicompost on Growth, Essential Oil, and Health of *Thymus Vulgaris*. *Compost Science & Utilization*. 1-12.
- Angelidaki, I., Mogensen, A. S., Ahring, B. K. 2000. Degradation of organic contaminants found in organic waste. *Biodegradation*. 11 (6). 377-383.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Babenko, A., Cannon, J., Galvis, P., Metzger, J. D. 2008. Influences of vermicomposts, produced by earthworms and microorganisms from cattle manure, food waste and paper waste, on the germination, growth and flowering of petunias in the greenhouse. *Applied soil ecology*. 39 (1). 91-99.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Metzger, J. D., Lee, S., Welch, C. 2003a. Effects of vermicomposts on growth and marketable fruits of field-grown tomatoes, peppers and strawberries: The 7th international symposium on earthworm ecology · Cardiff · Wales · 2002. *Pedobiologia*. 47 (5-6). 731-735.

- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Dick, R., Dick, L. 2007a. Vermicompost tea production and plant growth impacts. *Biocycle*. 48 (11). 51-52. Dostupný také z : <<http://www.samsoluciones.es/sam/wp-content/uploads/2009/12/produccion-con-te-de-compost1.pdf>>.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Lee, S., Byrne, R. 2006. Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. *European Journal of Soil Biology*. 42 (Supplement 1). S65-S69.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Yardim, E. N., Oliver, T. J., Byrne, R. J., & Keeney, G. 2007b. Suppression of two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*), mealy bug (*Pseudococcus sp*) and aphid (*Myzus persicae*) populations and damage by vermicomposts. *Crop Protection*. 26 (1). 29-39.
- Arancon, N. Q., Galvis, P. A., Edwards, C. A. 2005. Suppression of insect pest populations and damage to plants by vermicomposts. *Bioresource Technology*. 96 (10). 1137-1142.
- Arancon, N. Q., Galvis, P., Edwards, C., Yardim, E. 2003b. The trophic diversity of nematode communities in soils treated with vermicompost: The 7th international symposium on earthworm ecology· Cardiff· Wales· 2002. *Pedobiologia*. 47 (5), 736-740.
- Arancon, N. Q., Lee, S., Edwards, C. A., Atiyeh, R. 2003c. Effects of humic acids derived from cattle, food and paper-waste vermicomposts on growth of greenhouse plants: The 7th international symposium on earthworm ecology· Cardiff· Wales· 2002. *Pedobiologia*. 47 (5-6), 741-744.
- Arancon, N. Q., Pant, A., Radovich, T., Hue, N. V., Potter, J. K., Converse, C. E. 2012. Seed germination and seedling growth of tomato and lettuce as affected by vermicompost water extracts (teas). *HortScience*. 47 (12). 1722-1728.
- Arthur, G. D., Aremu, A. O., Kulkarni, M. G., Van Staden, J. 2012. Vermicompost leachate alleviates deficiency of phosphorus and potassium in tomato seedlings. *HortScience*. 47 (9). 1304-1307.
- Arthurson, V. 2009. Closing the global energy and nutrient cycles through application of biogas residue to agricultural land – potential benefits and drawback. *Energies*. 2 (2). 226-242.
- Atiyeh, R. M., Arancon, N., Edwards, C. A., Metzger, J. D. 2000. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresource Technology*. 75 (3). 175-180.
- Atiyeh, R. M., Lee, S., Edwards, C. A., Arancon, N. Q., Metzger, J. D. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource technology*. 84 (1). 7-14.
- Bagge, E., Sahlström, L., Albiñ, A. 2005. The effect of hygienic treatment on the microbial flora of biowaste at biogas plants. *Water research*. 39 (20). 4879-4886.

- Begum, A. 2011. Evaluation of municipal sewage sludge vermicompost on two cultivars of tomato (*Lycopersicon esculentum*) plants. *International Journal of ChemTech Research*. 3 (3). 1184-1188.
- Benitez, E., Elvira, C., Gómez, M., Gallardo-Lara, F., Nogales, R. 1996. Leachates from a vermicomposting process. *Fertilizers and Environment*. 1996. 323-326.
- Bertran, E., Sort, X., Soliva, M., Trillas, I. 2004. Composting winery waste: sludges and grape stalks. *Bioresource technology*. 95 (2). 203-208.
- Bidabadi, S. S., Afazel, M., Poodeh, S. D. 2016. The effect of vermicompost leachate on morphological, physiological and biochemical indices of *Stevia rebaudiana* Bertoni in a soilless culture system. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. 5 (3). 251-262.
- Buckerfield, J. C., Flavel, T. C., Lee, K. E., Webster, K. A. 1999. Vermicompost in solid and liquid forms as a plant-growth promoter. *Pedobiologia*. 43 (6). 753-759.
- Canellas, L. P., Olivares, F. L., Okorokova-Façanha, A. L., Façanha, A. R. 2002. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H⁺-ATPase activity in maize roots. *Plant physiology*. 130 (4). 1951-1957.
- Cao, Y., Chang, Z., Wang, J., Ma, Y., Yang, H., Fu, G. 2014. Potential use of anaerobically digested manure slurry to suppress *Phytophthora* root rot of chilli pepper. *Scientia Horticulturae*. 168. 124-131.
- Contreras-Ramos, S. M., Álvarez-Bernal, D., Dendooven, L. 2008. Removal of polycyclic aromatic hydrocarbons from soil amended with biosolid or vermicompost in the presence of earthworms (*Eisenia fetida*). *Soil Biology and Biochemistry*. 40 (7). 1954-1959.
- Dahiya, A. K., Vasudevan, P. 1986. Biogas plant slurry as an alternative to chemical fertilizers. *Biomass*. 9 (1). 67-74.
- Datta, S., Singh, J., Singh, S., Singh, J. 2016. Earthworms, pesticides and sustainable agriculture: a review. *Environmental Science and Pollution Research*. 23 (9). 8227-8243.
- de Groot, L., Bogdanski, A. 2013. Bioslurry = brown gold? A review of scientific literature on the co-producte of biogas production. FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations). Rome. p. 45. Dostupný také z: <<http://www.fao.org/3/a-i3441e.pdf>>.
- Dearborn, Y. Compost Tea: Literature review on production, application and plant disease management [online]. Toxic Reduction Program: IPM Task Order # 3-18. p. 18. 29. 3. 2011. [cit. 2017-03-06] Dostupný z: <https://sfenvironment.org/sites/default/files/editor-uploads/toxics/pdf/sfe_th_compost_tea_review_6.17.11_final.pdf>.

- Domínguez, J., Edwards, C. A., Subler, S. 1997. A comparison of vermicomposting and composting. *Biocycle*. 38. 57-59. Dostupný také z : <<http://jdguez.webs.uvigo.es/wp-content/uploads/2016/04/Comparison%20of%20vermicomposting%20and%20composting.pdf>>.
- Domínguez, J., Edwards, C. A., Webster, M. 2000. Vermicomposting of sewage sludge: effect of bulking materials on the growth and reproduction of the earthworm *Eisenia andrei*. *Pedobiologia*. 44 (1). 24-32.
- Dubský, M., Kaplan, L. 2012. Substráty a zeminy s komposty a separovaným digestátem. *Zahradnictví*. 11 (8). 62-65.
- Dubský, M., Kaplan, L. 2015. Hnojení substrátů s přidavkem separovaného digestátu. *Zahradnictví*. 2015 (5). 54-57.
- Edwards, C. A., Arancon, N. Q., Greytak, S. 2006. Effects of vermicompost teas on plant growth and disease. *Biocycle*. 47 (5). 28-29. Dostupný také z : <<http://www.growingsolutions.com/wp-content/uploads/2015/02/Edwards2006.pdf>>.
- Edwards, C. A., Arancon, N. Q., Kai, T. C., Ellery, D. 2007. The conversion of organic wastes into vermicomposts and vermicompost 'teas' which promote plant growth and suppress pests and diseases [online]. Hong Kong Agriculture and Fisheries Promotion Association Annual. p. 33-40. [cit. 2017-03-06]. Dostupný z: <<http://www.biosci.ohio-state.edu/~soilecol/Full%20articles/2007/The%20Conversion%20of%20Organic%20Wastes%20into%20Vermicomposts%20and%20Vermicompost.doc>>.
- Edwards, C. A., Arancon, N. Q., Vasko-Bennett, M., Askar, A., Keeney, G. 2010a. Effect of aqueous extracts from vermicomposts on attacks by cucumber beetles (*Acalymna vittatum*) (Fabr.) on cucumbers and tobacco hornworm (*Manduca sexta*) (L.) on tomatoes. *Pedobiologia*. 53 (2). 141-148.
- Edwards, C. A., Fletcher, K. E. 1988. Interactions between earthworms and microorganisms in organic-matter breakdown. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 24 (1-3). 235-247.
- Eevera, T. 2008. Mass reduction and recovery of nutrients through vermicomposting of fly ash. *Applied Ecology and Environmental Research*. 6 (1). 77-84.
- Elvira, C., Sampedro, L., Benitez, E., Nogales, R. 1998. Vermicomposting of sludges from paper mill and dairy industries with *Eisenia andrei*: a pilot-scale study. *Bioresource Technology*. 63 (3). 205-211.
- Fernández-Gómez, M. J., Romero, E., Nogales, R. 2010. Feasibility of vermicomposting for vegetable greenhouse waste recycling. *Bioresource technology*. 101 (24). 9654-9660.

- Frederickson, J., Butt, K. R., Morris, R. M., Daniel, C. 1997. Combining vermiculture with traditional green waste composting systems. *Soil Biology and Biochemistry*. 29 (3/4). 725-730.
- Freixas, A. J., Landa, I. 2012. Use of Vermicomposting for Utilization of Waste from Wine Production. *Waste Forum*. 2012 (3). 111-116. Dostupný také z : <http://www.wasteforum.cz/cisla/WF_3_2012.pdf#page=4>.
- Fritz, I., Haindl, S., Pruckner, M., Braun, R. 2008. Effects of vermicompost-tea on plant growth and crop yield. p. 117-118. In: Fuchs, J. G., Kupper, T., Tamm, L., Schenk, K. Compost and digestate: sustainability, benefits, impacts for the environment and for plant production. CODIS 2008 International congress. FIBL. Switzerland. 27-29. 2. 2008. ISBN 978-3-03736-016-3. Dostupný také z: <http://infothek-biomasse.ch/images/144_2008_Fibl_Compost_and_digestate.pdf#page=123>.
- Fuchs, J. G., Berner, A., Mayer, J., Schleiss, K., Kupper, T. 2008. Effects of compost and digestate on environment and plant production – results of two research projects [online]. *Orbit*. p. 12. 13-15. 10. 2008. [cit. 2017-03-06]. Dostupný z : <<http://orgprints.org/17982/1/fuchs-et-al-2008-orbit.pdf>>.
- Fuchs, J. G., Berner, A., Mayer, J., Smidt, E., Schleiss, K. 2008. Influence of compost and digestates on plant growth and health: potentials and limits [online]. Proceedings of the international congress CODIS 2008. Research Institute of Organic Agriculture. p. 101-110. 27.-29.2. 2008. [cit. 3.4.2017]. Dostupný z: <http://www.biophyt.ch/documents/CODIS2008_Fuchs_et_al.pdf>
- Furukawa, Y., Hasegawa, H. 2006. Response of spinach and komatsuna to biogas effluent made from source-separated kitchen garbage. *Journal of environmental quality*. 35 (5). 1939-1947.
- Gajalakshmi, S., Abbasi, S. A. 2004. Earthworms and vermicomposting. *Indian Journal of Biotechnology*. 3 (10). 486-494.
- Gange, A. C. 1993. Translocation of mycorrhizal fungi by earthworms during early succession. *Soil Biology and Biochemistry*. 25 (8). 1021-1026.
- García-Sánchez, M., Taušnerová, H., Hanč, A., Tlustoš, P. 2017. Stabilization of different starting materials through vermicomposting in a continuous-feeding system: Changes in chemical and biological parameters. *Waste Management*. In Press.
- Garg, P., Gupta, A., Satya, S. 2006. Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: A comparative study. *Bioresource technology*. 97 (3). 391-395.
- Garg, R. N., Pathak, H., Das, D. K., Tomar, R. K. 2005. Use of flyash and biogas slurry for improving wheat yield and physical properties of soil. *Environmental monitoring and assessment*. 107 (1). 1-9.

- Garg, V. K., Gupta, R., Kaushik, P. 2009. Vermicomposting of solid textile mill sludge spiked with cow dung and horse dung: a pilot-scale study. *International Journal of Environment and Pollution*. 38 (4). 385-396.
- Geetharani, P., Parthiban, S. 2014. Effect of organic manures on growth and seed yield of tomato. *The Asian Journal of Horticulture*. 9 (1). 281-282.
- Ghosh, M., Chattopadhyay, G. N., Baral, K. 1999. Transformation of phosphorus during vermicomposting. *Bioresource Technology*. 69 (2). 149-154.
- Gnanamani, A., Bai, R. K. 1992. Influence of biodigested slurry on rice-gram cultivation. *Bioresource technology*. 41 (3). 217-221.
- Goberna, M., Podmirseg, S. M., Waldhuber, S., Knapp, B. A., García, C., Insam, H. 2011. Pathogenic bacteria and mineral N in soils following the land spreading of biogas digestates and fresh manure. *Applied Soil Ecology*. 49. 18-25.
- Gómez-Brandón, M., Lazcano, C., Lores, M., Domínguez, J. 2011. Short-term stabilization of grape marc through earthworms. *Journal of hazardous materials*. 187 (1). 291-295.
- Gupta, R., Garg, V. K. 2008. Vermiremediation and nutrient recovery of non-recyclable paper waste employing *Eisenia fetida*. *Journal of hazardous materials*. 162 (1). 430-439.
- Gurung, J. B. 1997. Review of Literature on effects of slurry use on crop production. Final Report [online]. Biogas Support Programme. p. 109. [cit. 2017-03-06]. Dostupný z: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.458.6298&rep=rep1&type=pdf>>.
- Gutiérrez-Miceli, F. A., Santiago-Borraz, J., Molina, J. A. M., Nafate, C. C., Abud-Archila, M., Llaven, M. A. O., Rincón-Rosales, R., Dendooven, L. 2007. Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicum esculentum*). *Bioresource Technology*, 98 (15), 2781-2786.
- Haas, D., Défago, G. 2005. Biological control of soil-borne pathogens by fluorescent pseudomonads. *Nature Reviews Microbiology*. 3 (4). 307-319.
- Haghighi, M., Barzegar, M. R., da Silva, J. A. T. 2016. The effect of municipal solid waste compost, peat, perlite and vermicompost on tomato (*Lycopersicum esculentum* L.) growth and yield in a hydroponic system. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. 5 (3). 231-242.
- Hanč, A., Bouček, J., Švehla, P., Drešlová, M., Tlustoš, P. 2016. Properties of vermicompost aqueous extracts prepared under different conditions. *Environmental Technology*. 2016. 1-7.

- Hanč, A., Drešlová, M. 2016. Effect of composting and vermicomposting on properties of particle size fractions. *Bioresource technology*. 217. 186-189.
- Hanč, A., Chadimová, Z. 2014. Nutrient recovery from apple pomace waste by vermicomposting technology. *Bioresource technology*. 168. 240-244.
- Hanč, A., Plíva, P. 2012. Vermicomposting of garden biowaste and sewage sludge. *Waste Forum*. 2012 (3). 103-110. Dostupný také z :
<http://www.wasteforum.cz/cisla/WF_3_2012.pdf#page=4>.
- Hanč, A., Plíva, P. 2013a. Vermicomposting technology as a tool for nutrient recovery from kitchen bio-waste. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. 15 (4). 431-439.
- Haque, M. A., Jahiruddin, M., Rahman, M. M., Saleque, M. A. 2015. Usability of bioslurry to improve system productivity and economic return under potato-rice cropping system. *Research in Agriculture Livestock and Fisheries*. 2 (1). 27-33.
- Hashemimajd, K., Kalbasi, M., Golchin, A., Shariatmadari, H. 2004. Comparison of vermicompost and composts as potting media for growth of tomatoes. *Journal of Plant Nutrition*. 27 (6). 1107-1123.
- Hidalgo, P. R., Harkess, R. L. 2002. Earthworm castings as a substrate amendment for chrysanthemum production. *HortScience*. 37 (7). 1035-1039.
- Hoitink, H. A. J., Boehm, M. J. 1999. Biocontrol within the context of soil microbial communities: a substrate-dependent phenomenon. *Annual review of phytopathology*. 37 (1). 427-446.
- Chatterjee, R., Jana, J. C., Paul, P. K. 2013. Vermicompost substitution influences shelf life and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *American Journal of Agricultural Science and Technology*. 2013 (1). 69-76.
- Chaudhary, D. R., Bhandari, S. C., Shukla, L. M. 2004. Role of vermicompost in sustainable agriculture - A Review. *Agricultural Reviews*. 25 (1), 29-39.
- Chinsamy, M., Kulkarni, M. G., Van Staden, J. 2014. Vermicompost Leachate Reduces Temperature and Water Stress Effects in Tomato Seedlings. *HortScience*. 49 (9). 1183-1187.
- Islam, M. S. 2006. Use of bioslurry as organic fertilizer in Bangladesh agriculture [online]. *The International Workshop on the Use of Bioslurry Domestic Biogas Programmes*. 27-28. 9. 2006. Bangkok, Thailand. p. 18. [cit. 2017-03-06]. Dostupný z:
<<http://www.bibalex.org/Search4Dev/files/338830/172330.pdf>>.

- Jadhav, P. B., Kireeti, A., Patel, D. J., Dekhane, S. S., Patil, N. B., & Patil, S. J. 2015. Utilization of vermiwash spray on growth and yield of radish cv. LOCAL VARIETY. *International Journal of Forestry and Crop Improvement*. 6 (1). 36-40.
- Jaikishun, S., Hunte, N., Ansari, A. A., Gomathinayagam, S. 2014. Effect of Vermiwash from Different Sources (Bagasse, Neem, Paddy Straw, in Different Combinations) in Controlling Fungal Diseases and Growth of Tomato (*Lycopersicon esculentum*) Fruits in Guyana. *Journal of Biological Sciences*. 14 (8). 501-507.
- Jeptoo, A., Aguyoh, J. N., Saidi, M. 2013. Improving carrot yield and quality through the use of bio-slurry manure. *Sustainable Agriculture Research*. 2 (1). 164-172.
- Jin, H., Chang, Z. 2011. Distribution of heavy metal contents and chemical fractions in anaerobically digested manure slurry. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 164 (3). 268-282.
- Jothi, G., Pugalendhi, S., Poornima, K., Rajendran, G. 2003. Management of root-knot nematode in tomato *Lycopersicon esculentum*, Mill., with biogas slurry. *Bioresource technology*. 89 (2). 169-170.
- Kale, R. D., Mallesh, B. C., Kubra, B., Bagyaraj, D. J. 1992. Influence of vermicompost application on the available macronutrients and selected microbial populations in a paddy field. *Soil Biology and Biochemistry*. 24 (12). 1317-1320.
- Kaviraj, Sharma, S. 2003. Municipal solid waste management through vermicomposting employing exotic and local species of earthworms. *Bioresource Technology*. 90 (2). 169-173.
- Kocar, G. 2008. Anaerobic digesters: from waste to energy crops as an alternative energy source. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*. 30 (7). 660-669.
- Kolář, L., Kužel, S., Peterka, J., Borová-Batt, J. 2010a. Agrochemical value of the liquid phase of wastes from fermenters during biogas production. *Plant, Soil and Environment*. 56 (1). 23-27.
- Kolář, L., Kužel, S., Peterka, J., Štindl, P., Plát, V. 2008. Agrochemical value of organic matter of fermenter wastes in biogas production. *Plant, Soil and Environment*. 54 (8). 321-328.
- Kolář, L., Vaněk, V., Kužel, S. 2010b. Využití odpadů z bioplynových stanic. Racionální použití hnojiv - sborník z konference. [online]. *Biom*. 3 s. [cit. 2016-21-01]. Dostupné z: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-odpadu-z-bioplynovych-stanic>>.
- Kumar, R., Sharma, S., Prasad, R. 2013. Yield, nutrient uptake, and quality of stevia as affected by organic sources of nutrient. *Communications in soil science and plant analysis*. 44 (21). 3137-3149.

- Kupper, K. C., Bettiol, W., de Goes, A., de Souza, P. S., Bellotte, J. A. M. 2006. Biofertilizer for control of *Guignardia citricarpa*, the causal agent of citrus black spot. *Crop protection*. 25 (6). 569-573.
- Lazcano, C., Gómez-Brandón, M., Domínguez, J. 2008. Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. *Chemosphere*. 72 (7). 1013-1019.
- Li, Y., Zhang, Z. 2001. Effect of biogas slurry on tomato quality. *China Biogas*. 19 (1). 37-39.
- Lim, S. L., Lee, L. H., Wu, T. Y. 2016. Sustainability of using composting and vermicomposting technologies for organic solid waste biotransformation: recent overview, greenhouse gases emissions and economic analysis. *Journal of Cleaner Production*. 111 (Part A). 262-278.
- Lošák, T., Zatloukalová, A., Szostková, M., Hlušek, J., Fryč, J., Vítěz, T. 2011. Comparison of the effectiveness of digestate and mineral fertilisers on yields and quality of kohlrabi (*Brassica oleracea*, L.). *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 59 (3). 117-122.
- Maňáková, B., Kuta, J., Svobodová, M., Hofman, J. 2014. Effects of combined composting and vermicomposting of waste sludge on arsenic fate and bioavailability. *Journal of hazardous materials*. 280. 544-551.
- Manna, M. C., Singh, M., Kundu, S., Tripathi, A. K., Takkar, P. N. 1997. Growth and reproduction of the vermicomposting earthworm *Perionyx excavatus* as influenced by food materials. *Biology and Fertility of Soils*. 24 (1). 129-132.
- Márquez-Quiroz, C., López-Espinosa, S. T., Sánchez-Chávez, E., García-Bañuelos, M. L., la Cruz-Lázaro, D., Reyes-Carrillo, J. L. 2014. Effect of vermicompost tea on yield and nitrate reductase enzyme activity in saladette tomato. *Journal of soil science and plant nutrition*. 14 (1). 223-231.
- Mažeikienė, A., Valentukevičienė, M. 2016. Removal of ammonium ions from digested sludge fugate by using natural zeolite. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*. 24 (3). 176-184.
- Mba, C. C. (1989). Biomass and vermicompost production by the earthworm *Eudrilus eugeniae* (Kinberg). *Revista de biologia tropical*. 37 (1). 11-14.
- Mishra, S., Wang, K. H., Sipes, B., Tian, M. 2017. Suppression of root-knot nematode by vermicompost tea prepared from different curing ages of vermicompost. *Plant Disease*. In Press.

- Montemurro, F., Canali, S., Convertini, G., Ferri, D., Tittarelli, F., Vitti, C. 2008. Anaerobic digestates application on fodder crops: effects on plant and soil. *Agrochimica*. 52 (5). 297-312.
- Muhmood, A., Javid, S., Ahmad, Z. A., Majeed, A., Rafique, R. A. 2014. Integrated use of bioslurry and chemical fertilizers for vegetable production. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*. 51 (3). 565-570.
- Muscolo, A., Bovalò, F., Gionfriddo, F., Nardi, S. 1999. Earthworm humic matter produces auxin-like effects on *Daucus carota* cell growth and nitrate metabolism. *Soil Biology and Biochemistry*. 31 (9). 1303-1311.
- Nair, J., Sekiozoic, V., Anda, M. 2006. Effect of pre-composting on vermicomposting of kitchen waste. *Bioresource Technology*. 97 (16). 2091-2095.
- Nath, G., Singh, K. 2011. Combination of vermicomposts and biopesticides against nematode (*Pratylenchus* sp.) and their effect on growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *The IIOAB Journal*. 2 (5). 27-35.
- Ndegwa, P., Thompson, S. A. 2001. Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. *Bioresource technology*. 76 (2). 107-112.
- Nerantzis, E. T., Tataridis, P. 2006. Integrated enology- utilization of winery by-products into high added value products. *Journal of Science & Technology*. 1. 79-89.
- Newell, C. K. Assessment of Fish and Plant Growth in Aquaponics Enhanced with Vermicompost Tea [online]. ENVS 190.18. 5. 2016.p. 20. [cit. 2017-03-06]. Dostupný z : <http://www.csus.edu/envs/documents/theses/spring%202016/newell.finalthesis.spring2016.pdf> >.
- Nogales, R., Cifuentes, C., Benitez, E. 2005. Vermicomposting of winery wastes: a laboratory study. *Journal of Environmental Science and Health Part B*. 40 (4). 659-673.
- Odlare, M., Pell, M., Svensson, K. 2008. Changes in soil chemical and microbiological properties during 4 years of application of various organic residues. *Waste management*. 28 (7). 1246-1253.
- Orozco, F. H., Cegarra, J., Trujillo, L. M., Roig, A. 1996. Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm *Eisenia fetida*: effects on C and N contents and the availability of nutrients. *Biology and fertility of soils*. 22 (1-2). 162-166.
- Pant, A. P., Radovich, T. JK., Hue, N. V., Talcott, S. T., Krenek, K. A. 2009. Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertiliser. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 89 (14). 2383-2392.

- Pant, A., Radovich, T. J. K., Hue, N. V., Arancon, N. Q. 2011. Effects of vermicompost tea (aqueous extract) on pak choi yield, quality, and on soil biological properties. *Compost Science & Utilization*. 19 (4). 279-292.
- Paradelo, R., Moldes, A. B., Barral, M. T. 2009. Amelioration of the physical properties of slate processing fines using grape marc compost and vermicompost. *Soil Science Society of America Journal*. 73 (4). 1251-1260.
- Pattnaik, S., Reddy, M. V. 2010. Nutrient Status of Vermicompost of Urban Green Waste Processed by Three Earthworm Species—*Eisenia fetida*, *Eudrilus eugeniae*, and *Perionyx excavatus*. *Applied and Environmental Soil Science*. 2010. p. 13.
- Paul, L. C., Metzger, J. D. 2005. Impact of vermicompost on vegetable transplant quality. *HortScience*. 40 (7). 2020-2023.
- Pižl, V. 2015. Co víme o endemické žížale *Allolobophora hrabei*. *Živa*. 2015 (5). 236-239. Dostupný také z : <<http://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/co-vime-o-endemicke-zizale-allolobophora-hrabei.pdf>>.
- Rani, R., Srivastava, O. P. 1997. Vermicompost: a potential supplement to nitrogenous fertilizer in rice nutrition. *International Rice Research Notes*. 22 (3). 30-31.
- Reddy, S. A., Bagyaraj, D. J., Kale, R. D. 2012. Vermicompost as a biocontrol agent in suppression of two soil-borne plant pathogens in the field. *Acta Biologica Indica*. 1 (2). 137-142.
- Rivard, C. J., Rodriguez, J. B., Nagle, N. J., Self, J. R., Kay, B. D., Soltanpour, P. N., Nieves, R. A. 1995. Anaerobic digestion of municipal solid waste. Utility of process residues as soil amendment. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 51 (1). 125-135.
- Romero, E., Plaza, C., Senesi, N., Nogales, R., & Polo, A. 2007. Humic acid-like fractions in raw and vermicomposted winery and distillery wastes. *Geoderma*. 139 (3). 397-406.
- Sahlström, L. 2003. A review of survival of pathogenic bacteria in organic waste used in biogas plants. *Bioresource technology*. 87 (2). 161-166.
- Seenappa, S. N. 2012. Chemical Analyses of Vermicomposted Red Pomace Waste from a Winery. *World Journal of Applied Environmental Chemistry*. 1 (1). 13-17.
- Sharma, S., Pradhan, K., Satya, S., Vasudevan, P. 2005. Potentiality of earthworms for waste management and in other uses – A review. *The Journal of American Science*. 1 (1). 4-16.
- Shi, Y. J., Lu, Y. L., Liang, D. 2002. Application of anaerobic digested residues on safe food production. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*. 37 (4). 725-735.

- Shrikhande, A. J. 2000. Wine by-products with health benefits. *Food Research International*. 33 (6). 469-474.
- Scheuerell, S., Mahaffee, W. 2002. Compost tea: principles and prospects for plant disease control. *Compost Science & Utilization*. 10 (4). 313-338.
- Schnürer, A., Schnürer, J. 2006. Fungal survival during anaerobic digestion of organic household waste. *Waste Management*. 26 (11). 1205-1211.
- Singh, K. P., Suman, A., Singh, P. N., Srivastava, T. K. 2007. Improving quality of sugarcane-growing soils by organic amendments under subtropical climatic conditions of India. *Biology and Fertility of Soils*. 44 (2). 367-376.
- Sinha, R. K., Agarwal, S., Chauhan, K., Valani, D. 2010. The wonders of earthworms & its vermicompost in farm production: Charles Darwin's 'friends of farmers', with potential to replace destructive chemical fertilizers from agriculture. *Agricultural sciences*. 1 (2). 76-94.
- Solé-Bundó, M., Cucina, M., Folch, M., Tàpias, J., Gigliotti, G., Garfí, M., Ferrer, I. 2017. Assessing the agricultural reuse of the digestate from microalgae anaerobic digestion and co-digestion with sewage sludge. *Science of The Total Environment*. 586. 1-9.
- Sudha, M. L., Baskaran, V., Leelavathi, K. 2007. Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. *Food chemistry*. 104 (2). 686-692.
- Suthar, S. 2010a. Potential of domestic biogas digester slurry in vermitechnology. *Bioresource technology*. 101 (14). 5419-5425.
- Suthar, S. 2010b. Recycling of agro-industrial sludge through vermitechnology. *Ecological Engineering*. 36 (8). 1028-1036.
- Svensson, K., Odlare, M., Pell, M. 2004. The fertilizing effect of compost and biogas residues from source separated household waste. *The Journal of Agricultural Science*. 142 (4). 461-467.
- Szczech, M., Rondonański, W., Brzeski, M. W., Smolińska, U., Kotowski, J. F. 1993. Suppressive effect of a commercial earthworm compost on some root infecting pathogens of cabbage and tomato. *Biological Agriculture & Horticulture*. 10 (1). 47-52.
- Tognetti, C., Laos, F., Mazzarino, M. J., Hernandez, M. T. 2013. Composting vs. vermicomposting: a comparison of end product quality. *Compost Science & Utilization*. 13 (1). 6-13.
- Tomati, U., Grappelli, A., Galli, E. 1988. The hormone-like effect of earthworm casts on plant growth. *Biology and Fertility of Soils*. 5 (4). 288-294.

- Tuomela, M., Vikman, M., Hatakka, A., Itävaara, M. 2000. Biodegradation of lignin in a compost environment: a review. *Bioresource Technology*. 72 (2). 169-183.
- Vinceslas-Akpa, M., Loquet, M. 1997. Organic matter transformations in lignocellulosic waste products composted or vermicomposted (*Eisenia fetida andrei*): chemical analysis and ¹³C CPMAS NMR spectroscopy. *Soil Biology and Biochemistry*. 29 (3-4). 751-758.
- Wenke, L., Lianfeng, D., Qichang, Y. 2009. Biogas slurry added amino acids decreased nitrate concentrations of lettuce in sand culture. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B–Soil and Plant Science*. 59 (3). 260-264.
- Yadav, A., Garg, V. K. 2011. Recycling of organic wastes by employing *Eisenia fetida*. *Bioresource technology*. 102 (3). 2874-2880.
- Yu, F., Guan, X., Zhao, Z., Zhang, M., Guo, P., Pan, J., Li, S. 2006. Application of biogas fermentation residue in *Ziziphus jujuba* cultivation. *The journal of applied ecology*. 17 (2). 345-347.
- Yu, F. B., Luo, X. P., Song, C. F., Zhang, M. X., Shan, S. D. 2010. Concentrated biogas slurry enhanced soil fertility and tomato quality. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B–Soil and Plant Science*. 60 (3). 262-268.
- Zaller, J. G. 2006. Foliar spraying of vermicornpost extracts: effects on fruit quality and indications of late-blight suppression of field-grown tomatoes. *Biological Agriculture & Horticulture: An International Journal for Sustainable Production Systems*. 24 (2). 165-180.
- Zambare, V. P., Padul, M. V., Yadav, A. A., Shete, T. B. 2008. Vermiwash: biochemical and microbiological approach as ecofriendly soil conditioner. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*. 3 (4). 1-5.
- Zhang, H., Tan, S. N., Teo, C. H., Yew, Y. R., Ge, L., Chen, X., Yong, J. W. H. 2015. Analysis of phytohormones in vermicompost using a novel combinative sample preparation strategy of ultrasound-assisted extraction and solid-phase extraction coupled with liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Talanta*. 139. 189-197.

10.2 Vědecké práce

- Pant, A. P. 2011. Vermicompost tea: effects on pak choi (*Brassica rapa* cv. bonsai, chinensis group) growth and yield, phytonutrient content and soil biological properties. Doctoral dissertation. University of Hawaii at Manoa. Tropical and Soil Sciences. Honolulu. p. 188.

10.3 Internetové zdroje, příručky

- Gaffney, J. 2004. What a Waste! Grape Pomace Kills Food-Spoiling Bacteria. Wine Spectator. 23. 9. 2004. Dostupný z: <http://www.winespectator.com/webfeature/show/id/What-a-Waste-Grape-Pomace-Kills-Food-Spoiling-Bacteria_3402>
- Hanč, A., Plíva, P. 2013b. Vermikompostování bioodpadů, certifikovaná metodika. Praha. Česká Zemědělská Univerzita v Praze. 35 s. ISBN: 978-80-213-2422-0. Dostupný z: <<http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/novinky/metodika2013pliva.pdf>>
- Kára, J., Hutla, P., Pastorek, Z. 2008. Využití organických odpadů ze zemědělské výroby a venkovských sídel. Sběr, třídění a využití organických odpadů. Zařízení pro termické zpracování organických odpadů. Metodická příručka Mze ČR. Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i. Praha. 109 s. ISBN 978-80-86884-40-0. Dostupný také z: <<http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/publ/P2008/102.PDF>>.
- Koudela, M., Svozilová, L. 2010. Ekologická produkce zeleniny [DVD-ROM]. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. ISBN: 978-80-213-2150-2. Dostupný také z : <<http://kz.agrobiologie.cz/ekozem/>>.
- Marada, P., Večeřová, V., Kamarád, L., Dundálková, P., Mareček, J. Příručka pro nakládání s digestátem a fugátem [online]. 2. vydání. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Brno. 30 s. MZe/MZLU/IPPC/25092008. 25. 9. 2008. [cit. 2017-03-06]. Dostupný z : <http://eagri.cz/public/web/file/32326/ETAPA_IV_Metodika_digestt_FV.pdf>.
- Ministerstvo zemědělství ČR. 2016. Zpráva o stavu zemědělství ČR za rok 2015 „ZELENÁ ZPRÁVA“ [online]. Zpracoval Ústav zemědělské ekonomiky a informací pod gescí Ministerstva zemědělství. 448 s. [cit. 2017-03-06]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/file/481729/ZZ15_V4.pdf>
- Munroe, G. 2007. Manual of on-farm vermicomposting and vermiculture [online]. Organic Agriculture Centre of Canada. p. 56. [cit. 2017-03-06]. Dostupný z : <http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/31642564/vermiculture_farmersmanual_gm.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1488820356&Signature=ct8aT53TY2mtHB80e4ToKt%2BEYAI%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3Dvermiculture_farmersmanual_gm.pdf>.
- NOSB. Compost Tea Task Force. NOSB Recommendation for Guidance: Use of Compost, Vermicompost, Processed Manure and Compost Tea. Formal recommendation by the National Organic Standards Board (NOSB) to the National Organic Program (NOP) [online]. p. 24. 9. 11. 2006. [cit. 2017-03-06]. Dostupný z : <<https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/NOP%20Final%20Rec%20Guidance%20use%20of%20Compost.pdf>>.

Pančíková, J. Digestáty a jejich využití v zemědělství [online]. Úroda. 2. 2. 2016. [cit. 2017-03-06].
Dostupný také z : <<http://uroda.cz/digestaty-a-jejich-vyuziti-vzemedelstvi/>>.

Váňa, J., Pánek, Z., Komberec, S. 1994. Příručka: Výroba a využití kompostů v zemědělství. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR v Praze. Praha. 40 s. ISBN: 80-7105-075-x.
Dostupný také z : <<http://stary.biom.cz/publikace/kompost/>>.

www.kompostuj.cz [web]. [cit. 2017-03-06]. Dostupný z: <<http://www.kompostuj.cz/vime-jak/vermikompostovani/>>.

www.semo.cz [web]. [cit. 2017-03-26]. Dostupný z: <<https://www.semo.cz/>>.

www.vermikompostovani.cz [web]. [cit. 2017-03-06]. Dostupný z:
<http://www.vermikompostovani.cz/>.

10.4 Knižní zdroje

- Bartoš, J., Kopec, K., Mydlil, V., Peza, Z., Rod, J. 2000. Pěstování a odbyt zeleniny. AGROSPOJ. Praha. 323 s. ISBN: 80-239-4242-5.
- Dominguez, J., Edwards, C. A. 2010. Biology and ecology of earthworm species used for vermicomposting. p. 25-37. In: Edwards, C. A., Arancon, N. Q., Sherman, R. (Eds.). Vermiculture technology: earthworms, organic wastes, and environmental management. CRC Press. Boca Raton, U.S. p. 601. ISBN 978-1-4398-0987-7.
- Edwards, C. A. 2010a. Low-technology vermicomposting systems. p. 79-90. In: Edwards, C. A., Arancon, N. Q., Sherman, R. (Eds.). Vermiculture technology: earthworms, organic wastes, and environmental management. CRC Press. Boca Raton, U.S. p. 601. ISBN 978-1-4398-0987-7.
- Edwards, C. A. 2010b. Medium-and high-technology vermicomposting systems. p. 91-102. In: Edwards, C. A., Arancon, N. Q., Sherman, R. (Eds.). Vermiculture technology: earthworms, organic wastes, and environmental management. CRC Press. Boca Raton, U.S. p. 601. ISBN 978-1-4398-0987-7.
- Edwards, C. A., Askar, A. M., Vasko-Bennett, M. A., Arancon, N. 2010b. p. 235-248. The Use and Effects of Aqueous Extracts from Vermicomposts or Teas on Plant Growth and Yields. In: Edwards, C. A., Arancon, N. Q., Sherman, R. (Eds.). Vermiculture technology: earthworms, organic wastes, and environmental management. CRC Press. Boca Raton, U.S. p. 601. ISBN 978-1-4398-0987-7.
- Edwards, C. A., Domínguez, J., Arancon, N. Q. 2004. 18. The influence of vermicompost on plant growth and pest incidence. In: Soil Zoology for Sustainable Development in the 21st century (Eds: Shakir Hanna, S. H., Mikhail, W. Z. A.). Cairo. 397-420. Dostupný také z :

<<http://www.biosci.ohio-state.edu/~soilecol/Full%20articles/2004/Influence%20of%20vermicomposts%20on%20plant.pdf>>.

- Kalina, M. 2004. Kompostování a péče o půdu (Vol. 52). 2., upravené vydání. Grada Publishing, a.s., Edice: Česká zahrada. Praha. 116 s. ISBN 80-247-0907-4.
- Kazda, J., Jindra, Z., Kabíček, J., Prokinová, E., Ryšánek, P., Stejskal, V. 2003. Choroby a škůdci polních plodin, ovoce a zeleniny. 3. doplněné vydání. Vydavatelství odborných časopisů - Ing. Martin Sedláček. 158 s. ISBN 80-86726-03-7.
- Petříková, K., Hlušek, J., Jánský, J., Koudela, M., Lošák, T., Malý, I., Pokluda, R., Poláčková, J., Rod, J., Ryant, P., Škarpa, P. 2012. Zelenina: pěstování, výživa, ochrana a ekonomika. Profi Press s. r. o. Praha. 191 s. ISBN 978-80-86726-50-2
- Salter, C. E., Edwards, C. A. 2010. p. 153-163. The Production of Vermicompost Aqueous Solutions or Teas. In: Edwards, C. A., Arancon, N. Q., Sherman, R. (Eds.). Vermiculture technology: earthworms, organic wastes, and environmental management. CRC Press. Boca Raton, U.S. p. 601. ISBN 978-1-4398-0987-7.
- Sulzberger, R. 1998. Kompost und Wurmhumus. BLV. Munchen. 127 s. ISBN: 3405153476 9783405153472. In: Kalina, M. 2004. Kompostování a péče o půdu (Vol. 52). 2., upravené vydání. Grada Publishing, a.s., Edice: Česká zahrada. Praha. 116 s. ISBN 80-247-0907-4.
- Sulzberger, R. 2007. Kompost, půda, hnojení. Rebo Productions CZ. Čestlice. 94 s. ISBN: 978-80-7234-654-7.
- Vaněk, V., Balík, J., Černý, J., Pavlík, M., Pavlíková, D., Tlustoš, P., Valtera, J. 2012. Výživa zahradních rostlin. Academia. Praha. 568 s. ISBN: 978-80-200-2147-2.

10.5 Legislativní dokumenty

Česká republika. Zákon č. 156/1998 Sb. ze dne 13.7.1998, o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd. Dostupný z: <http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe_uplna-zneni_zakon-1998-156-hnojiva.html>

10.6 Použité programy

Microsoft Office Professional Plus 2010: Microsoft Excel 2010; Microsoft Word 2010

STATISTICA 12

11 Samostatné přílohy

Příloha 1. Tabulka 17. Naměřená výška rostlin rajčat. V tabulce jsou uvedeny výšky rostlin [cm] měřené ve 2. týdnu, v 6. týdnu a při sklizni.

Výška rostlin rajčat				
Nádoba	Varianta	1. měření (2. týden)	2. měření (6. týden)	3. měření (2. sklizeň)
1	KON	6,00	16,50	22,00
2		6,50	16,00	21,00
3		7,00	15,00	22,50
4	DJČ	8,00	18,00	27,00
5		8,50	19,00	28,50
6		8,50	18,50	28,00
7	DJF 100	10,00	20,00	30,00
8		10,50	21,00	32,00
9		11,00	23,00	33,00
10	DJF 500	13,00	25,00	37,50
11		13,50	24,00	38,00
12		15,00	26,00	38,50

Příloha 2. Tabulka 18. Počet [ks] a čerstvá a suchá hmotnost plodů rajčat [g] ve dvou sklizních (v 9. týdnu a 11. týdnu pěstování).

Počet a hmotnost plodů rajčat									
Nádoba	Varianta	1. sklizeň (9. týden)		2. sklizeň (11. týden)		Celkem plodů	Sušina plodů		Poznámka
		Počet	Hmotnost	Počet	Hmotnost		1. sklizeň	2. sklizeň	
1	KON	4	88,46	3,5	88,65	7,5	55,70	50,36	Nahnílý plod
2		3	74,37	4	72,15	7	48,70	47,62	
3		3	70,65	3,5	78,23	6,5	44,33	45,99	Nahnílý plod
4	DJČ	8	173,04	9	188,16	17	112,64	119,62	
5		9	196,77	8	190,06	17	121,69	119,34	
6		9	189,78	7	168,22	16	118,35	108,28	
7	DJF 100	12	231,48	10	207,66	22	143,70	131,65	
8		13	242,69	13	240,37	25	150,35	148,31	
9		12	237,99	12	239,79	24	147,90	148,56	
10	DJF 500	15	258,65	12	240,90	29	158,66	151,97	
11		16	271,50	14	260,28	30	163,74	157,91	
12		15	260,99	13	251,95	28	157,34	154,68	

Příloha 3. Tabulka 19. Čerstvá a suchá hmotnost kořene, listů a stonku rostlin rajčete [g].

Biomasa částí rostlin rajčat							
Nádoba	Varianta	Kořen		Listy		Stonk	
		čerstvá hmota	suchá hm.	čerstvá hmota	suchá hm.	čerstvá hmota	suchá hm.
1	KON	33,56	17,66	38,26	19,78	36,23	18,63
2		30,96	15,88	35,16	17,98	35,15	17,86
3		32,78	16,87	36,72	18,03	36,13	17,86
4	DJČ	35,46	18,80	39,12	20,01	37,66	19,63
5		33,70	17,65	40,97	20,36	36,54	18,79
6		34,70	16,89	38,92	19,78	38,02	20,12
7	DJF 100	38,70	19,68	44,66	23,96	42,33	25,62
8		39,16	20,48	43,22	23,01	43,15	24,66
9		41,15	21,86	45,97	25,89	45,68	27,43
10	DJF 500	44,79	25,14	50,78	27,83	48,66	29,65
11		45,31	26,12	52,70	28,97	49,00	29,86
12		45,98	20,87	52,26	28,35	48,13	29,62

Příloha 4. Tabulka 20. Čerstvá a suchá hmotnost nadzemní a podzemní části 10 ks ředkviček [g] a průměrná výška rostlin [cm] ředkviček 1.

Hmotnost částí rostlin a výška rostlin ředkviček 1							
Nádoba	Varianta	Čerstvá hmotnost		Suchá hmotnost		Výška	Poznámka
		Nadzemní	Podzemní	Nadzemní	Podzemní		
1	KON M	9,37	0,67	0,54	0,06	9,67	
2		8,30	0,65	0,54	0,07	7,67	
3		14,76	0,97	0,97	0,18	10,00	
4	DMČ	11,46	0,81	0,59	0,18	10,33	
5		15,00	1,74	1,00	0,46	12,00	Náznak bulviček
6		13,64	0,71	0,77	0,08	10,00	
7	DMF 100	18,93	1,22	1,13	0,18	12,33	Náznak bulviček
8		14,46	1,35	1,09	0,38	12,00	
9		13,24	0,79	0,81	0,14	11,33	
10	DMF 500	15,77	1,05	1,37	0,27	11,33	
11		13,16	0,72	0,61	0,18	11,67	
12		18,86	0,81	1,04	0,26	12,33	
13	KON J	8,37	0,67	0,43	0,10	8,00	
14		7,34	0,51	0,44	0,05	8,33	
15		5,82	0,59	0,29	0,07	8,00	
16	DJČ	6,43	0,53	0,32	0,10	8,67	
17		8,99	0,62	0,56	0,12	8,33	
18		8,53	0,44	0,47	0,08	8,00	
19	DJF 100	7,26	0,56	0,38	0,09	9,00	
20		6,60	0,78	0,21	0,10	9,00	
21		7,31	0,80	0,35	0,14	9,67	
22	DJF 500	9,99	0,54	0,50	0,10	8,67	
23		11,52	0,69	0,59	0,14	12,00	
24		10,88	0,96	0,64	0,28	8,00	
25	KON H	9,96	0,92	0,37	0,09	9,33	
26		9,55	0,82	0,44	0,06	9,67	
27		6,84	0,98	0,34	0,07	11,33	
28	DHČ	7,65	1,12	0,30	0,12	10,00	
29		11,25	0,82	0,50	0,10	11,00	
30		11,29	0,81	0,50	0,07	9,33	
31	DHF 100	11,22	0,88	0,63	0,19	10,67	
32		9,64	0,88	0,48	0,20	11,33	
33		12,81	1,05	0,65	0,38	11,00	

34	DHF 500	11,50	1,17	0,52	0,31	12,33	
35		13,47	1,02	0,70	0,29	12,00	
36		13,15	1,27	0,63	0,41	12,33	

Příloha 5. Tabulka 21. Čerstvá hmotnost listů (10 rostlin), bulev (3 rostliny) a kořenů (10 rostlin) [g] a průměrná výška rostlin [cm] ředkviček 2.

Čerstvá hmotnost částí rostlin a výška rostlin ředkviček 2							
Nádoba	Varianta	Listy	Bulvy		Kořen	Výška	Poznámka
			3 ks	10 ks (přepočet)			
1	KON M	16,42	10,16	33,86	2,89	12,33	
2		16,16	12,32	41,07	2,93	12,00	
3		14,39	12,90	42,99	3,88	11,00	
4	DMČ	20,57	17,46	58,18	5,88	10,67	
5		22,26	16,56	55,19	6,01	11,00	
6		26,49	15,10	50,33	6,16	11,33	
7	DMF 100	112,15	74,16	247,19	7,22	17,33	
8		118,84	80,75	269,15	7,45	18,33	
9		128,76	75,15	250,51	8,76	19,00	
10	DMF 500	148,26	89,16	297,19	8,96	19,00	
11		150,39	75,88	252,93	6,98	21,33	
12		160,26	91,13	303,75	9,01	20,67	
13	KON J	22,16	32,13	107,09	3,47	17,33	
14		24,55	32,75	109,15	2,68	17,00	
15		20,82	36,10	120,33	2,74	16,67	
16	DJČ	75,87	59,76	199,21	4,49	17,00	
17		81,16	54,15	180,51	4,75	18,67	
18		79,17	43,13	143,75	3,98	19,00	
19	DJF 100	105,13	58,90	196,33	6,98	18,00	
20		108,16	64,71	215,70	7,11	19,00	
21		107,16	69,16	230,52	6,88	19,67	
22	DJF 500	124,76	88,41	294,70	9,15	19,00	
23		134,59	85,15	283,85	7,64	20,67	
24		130,42	86,54	288,47	8,25	18,00	
25	KON H	50,16	25,16	83,87	4,09	17,00	
26		48,59	32,45	108,15	2,83	16,00	
27		52,46	22,46	74,86	3,15	16,33	

28	DHC	82,25	53,77	179,22	4,11	17,00	
29		84,12	47,56	158,52	3,90	17,67	
30		80,71	48,16	160,52	4,22	16,33	
31	DHF 100	97,16	49,35	164,50	5,82	18,00	Nedovyvinuté bulvy
32		95,43	57,13	190,42	6,01	16,33	
33		96,86	51,16	170,52	5,72	19,00	
34	DHF 500	124,21	82,10	273,68	8,75	18,67	
35		124,12	83,60	278,67	6,88	19,00	
36		129,08	88,10	293,66	8,96	20,00	

Příloha 6. Tabulka 22. Suchá hmotnost listů (10 rostlin), bulv (3 rostliny) a kořenů (10 rostlin) [g] ředkviček 2.

Suchá hmotnost částí rostlin ředkviček 2					
Nádoba	Varianta	Listy	Bulvy (3 ks)	Bulvy (10 ks – přepočet)	Kořen
1	KON M	2,13	0,68	2,26	0,58
2		2,34	0,82	2,72	0,49
3		1,79	0,61	2,04	1,88
4	DMC	2,65	0,99	3,30	0,49
5		2,81	0,95	3,17	0,85
6		2,98	0,93	3,10	1,34
7	DMF 100	4,83	3,75	12,48	0,97
8		4,98	3,86	12,86	0,97
9		5,15	3,43	11,42	1,07
10	DMF 500	6,52	4,14	13,80	1,12
11		6,73	4,22	14,05	1,03
12		6,98	4,41	14,71	1,22
13	KON J	2,21	2,47	8,24	1,19
14		2,32	2,46	8,19	0,43
15		2,12	2,22	7,38	0,70
16	DJC	3,22	2,75	9,16	0,67
17		3,48	2,87	9,55	1,18
18		3,20	2,71	9,04	1,04
19	DJF 100	3,71	2,96	9,85	0,76
20		3,95	2,99	9,95	1,18
21		3,81	2,98	9,93	0,61
22	DJF 500	4,17	3,25	10,82	1,13
23		4,32	3,41	11,37	0,97

24		4,17	3,37	11,24	1,09
25	KON H	2,72	2,49	8,29	0,98
26		2,59	2,18	7,25	0,66
27		3,08	2,38	7,92	0,79
28	DHC	2,99	2,75	9,15	0,78
29		3,22	2,78	9,25	0,69
30		3,08	2,59	8,62	0,71
31	DHF 100	3,96	3,32	11,05	0,77
32		3,54	3,28	10,92	0,77
33		3,93	3,30	11,00	0,86
34	DHF 500	3,99	3,82	12,72	0,70
35		4,10	3,32	11,07	0,99
36		4,17	3,71	12,38	0,88

Příloha 7. Tabulka 23. Nárůst hodnot parametrů mezi variantami u rajčat [%]. F500 = výluh + 500 ml fugátu; F100 = výluh + 100 ml fugátu; výluh = čistý výluh; kon = kontrola; Výška 1–3 = výška rostlin v 1. až 3. měření; 1 a 2 = hodnoty parametru při 1., resp. 2. sklizni. Modře jsou vyznačena nárůsty ≥ 100 %.

Nárůst hodnot parametrů mezi variantami - rajčata

	Výška 1	Výška 2	Výška 3	Počet plodů 1	Hmotnost plodů 1	Počet plodů 2	Hmotnost plodů 2	Celkem plodů
F500>kon	100,00	57,93	74,07	360,36	242,48	255,19	215,10	314,29
F500>výluh	56,06	35,14	36,54	77,02	41,78	62,50	37,83	74,07
F500>F100	23,81	17,21	20,03	24,33	11,09	11,49	9,50	22,57
F100>kon	61,54	34,74	45,03	270,27	208,29	218,58	187,77	238,00
F100>výluh	26,05	15,30	13,76	42,38	27,62	45,75	25,88	42,02
Výluh>kon	28,15	16,87	27,49	160,06	141,56	118,58	128,62	138,00

	Suchá hmot. plodů 1	Suchá hmot. plodů 2	Čerstvá hmot. kořenů	Suchá hmot. kořenů	Čerstvá hmot. listů	Suchá hmot. listů	Čerstvá hmot. stonku	Suchá hmot. stonku	Průměrný nárůst
F500>kon	222,59	222,74	39,87	43,10	41,38	52,66	35,61	64,05	146,34
F500>výluh	36,04	33,79	31,06	35,28	30,83	37,43	29,92	52,28	44,22
F500>F100	8,55	8,42	14,37	16,30	16,34	16,89	11,16	14,71	15,42
F100>kon	197,18	197,69	22,29	23,04	21,52	30,61	21,99	43,01	113,85
F100>výluh	25,32	23,41	14,59	16,32	12,45	17,58	16,87	32,75	24,88
Výluh>kon	137,14	141,23	6,72	5,77	8,06	11,08	4,38	7,73	67,59

Příloha 8. Tabulka 24. Nárůst hodnot parametrů mezi variantami u ředkviček 1 [%]. F500 = výluh + 500 ml fugátu; F100 = výluh + 100 ml fugátu; výluh = čistý výluh; kon = kontrola. Modře jsou vyznačena nárůsty ≥ 100 %. Červeně jsou vyznačeny poklesy (< 0 %).

Nárůst hodnot parametrů mezi variantami – ředkvičky 1						
	Čerstvá nadzemní hmotnost	Čerstvá podzemní hmot.	Suchá nadzemní hmot.	Suchá podzemní hmot.	Průměrná výška rostlin	Průměrný nárůst
Matolína						
F500>kon	47,36	13,16	48,53	130,00	29,31	53,67
F500>výluh	19,15	-21,10	27,85	-4,17	9,28	6,20
F500>F100	2,51	-23,21	0,00	0,00	-0,93	-4,33
F100>kon	43,76	47,37	48,53	130,00	30,52	60,03
F100>výluh	16,23	2,75	27,85	-4,17	10,30	10,59
Výluh>kon	23,68	43,42	16,18	140,00	18,33	48,32
Jablečné výlisky						
F500>kon	50,42	23,73	48,72	142,86	17,76	56,70
F500>výluh	35,34	37,74	28,89	70,00	14,65	37,32
F500>F100	52,97	2,82	87,10	54,55	3,58	40,20
F100>kon	-1,67	20,34	-20,51	57,14	13,69	13,80
F100>výluh	-11,53	33,96	-31,11	10,00	10,68	2,40
Výluh>kon	11,14	-10,17	15,38	42,86	2,71	12,39

Koňský hnůj							
F500>kon	44,76	26,37	63,16	385,71	20,87	108,18	
F500>výluh	26,34	25,00	44,19	240,00	20,87	71,28	
F500>F100	13,28	22,34	5,08	36,00	11,09	17,56	
F100>kon	27,79	3,30	55,26	257,14	8,80	70,46	
F100>výluh	11,53	2,17	37,21	150,00	8,80	41,94	
Výluh>kon	14,58	1,10	13,16	42,86	0,00	14,34	

Příloha 9. Tabulka 25. Nárůst hodnot parametrů mezi variantami u ředkviček 2 [%]. F500 = výluh + 500 ml fugátu; F100 = výluh + 100 ml fugátu; výluh = čistý výluh; kon = kontrola. Modře jsou vyznačena nárůsty ≥ 100 %. Červeně jsou vyznačeny poklesy (< 0 %).

Nárůst hodnot parametrů mezi variantami – ředkvičky 2								
	Čerstvá hmotnost listy	Čerstvá hmot. bulvy	Čerstvá hmot. kořen	Suchá hmot. listy	Suchá hmot. bulvy	Suchá hmot. kořen	Průměrná výška rostlin	Průměrný nárůst
Matolína								
F500>kon	877,32	624,11	157,36	223,36	505,91	14,78	72,64	353,64
F500>výluh	562,09	421,61	38,23	139,71	344,97	26,11	84,85	231,08
F500>F100	27,56	11,35	6,52	35,22	15,77	12,04	11,58	17,15
F100>kon	666,16	550,31	141,62	139,13	423,36	2,44	54,71	282,53
F100>výluh	419,04	368,44	29,77	77,28	284,35	12,56	65,65	179,58
Výluh>kon	47,61	38,82	86,19	34,89	36,17	-8,99	-6,61	32,58

Jablečné výlisky								
F500>kon	477,27	157,60	181,55	90,84	40,34	37,66	13,06	142,62
F500>výluh	65,02	65,63	89,37	27,81	20,14	10,42	5,49	40,55
F500>F100	21,64	34,93	19,39	10,30	12,46	24,71	1,75	17,88
F100>kon	374,58	90,91	135,82	73,02	24,79	10,39	11,12	102,95
F100>výluh	35,66	22,75	58,61	15,87	6,83	-11,46	3,68	18,85
Výluh>kon	249,83	55,53	48,68	49,32	16,81	24,68	7,18	64,57
Koňský hnůj								
F500>kon	149,60	216,97	143,75	46,59	54,04	6,17	16,91	90,58
F500>výluh	52,74	69,78	100,74	31,94	34,07	17,81	13,06	45,73
F500>F100	30,39	61,02	40,00	7,35	9,70	7,50	8,10	23,44
F100>kon	91,43	96,85	74,11	36,56	40,43	-1,23	8,15	49,47
F100>výluh	17,14	5,44	43,38	22,90	22,22	9,59	4,59	17,90
Výluh>kon	63,41	86,70	21,43	11,11	14,89	-9,88	3,41	27,30