

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin



Vliv kapalné frakce digestátu na vlastnosti výluhů z vermikompostu

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Markéta Bisová

Vedoucí práce: Ing. Aleš Hanč, PhD.

Konzultant: Ing. *et* Ing. Markéta Drešlová

© 2016 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv kapalné frakce digestátu na vlastnosti výluhů z vermikompostu" 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 _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu diplomové práce Ing. Aleši Hančovi, PhD. za pomoc, ochotu, poskytnutí materiálů a čas, který mi věnoval při tvorbě mé diplomové práce. Velký dík také patří mé konzultantce Ing. *et* Ing. Markétě Drešlové, za její ochotu a pomoc při tvorbě výluhů a zpracování výsledků.

Vliv kapalné frakce digestátu na vlastnosti výluhů z vermikompostu

Souhrn

Cílem práce bylo vyhodnotit vliv doby vyluhování a přídavku kapalné frakce digestátu na vlastnosti vodných výluhů z vermikompostů. Vstupními materiály pro produkci vermikompostů byly jablečné výlisky, koňský hnůj, kuchyňský bioodpad a matolína. Vodné výluhy byly připraveny extrakcí vermikompostů v demineralizované nebo strukturované vodě bez přídavku fugátu či s přídavkem 100 ml nebo 500 ml fugátu. Vzorky výluhů byly odebrány v pěti časových intervalech vyluhování – 1, 6, 12, 24 a 48 h. Celkem bylo odebráno 120 vzorků. Výluhy byly podrobeny analýze pro stanovení obsahu organického uhlíku (DOC), celkového dusíku (N_t) a vybraných nutrientů (P, Ca, Mg, S, Fe).

Při výrobě výluhů bylo sledováno pH, obsah rozpuštěného kyslíku a elektrická vodivost. Hodnota pH u všech vzorků rostla úměrně době extrakce. Obsah rozpuštěného kyslíku se pohyboval mezi 5 až 8 mg O_2/l . Tento obsah rozpuštěného O_2 zajistil, že výluhy zůstaly po dobu extrakce aerobní. Stejný vývoj jako u pH byl pozorován u elektrické vodivosti – s delší dobou extrakce rostla hodnota elektrické vodivosti.

První hypotéza, která říká, že doba aerace má přímý vliv na vyluhovatelnost prvků, byla potvrzena. Vrůst celkového obsahu nutrientů byl potvrzen u 91,67 % výluhů. Vyluhovatelnost se s delším časem extrakce zvyšovala u 95 % variant. Z hlediska doby aerace a celkového obsahu nutrientů je u 79 % variant nejlepší čas odběru po 48 h vyluhování.

Druhá hypotéza, že přídavek kapalné frakce digestátu zlepší agrochemické vlastnosti výluhů, byla také potvrzena. Téměř u všech variant (87,5 %) došlo ke zvýšení obsahu živin. U výluhů s demineralizovanou vodou se obsah DOC v průměru zvýšil 2x, obsah N_t v průměru 2,6x, obsahy P, Ca a Mg byly v průměru stabilní, obsah S se v průměru zvýšil 1,2x a obsah Fe 4x. U výluhů se strukturovanou vodou se obsah DOC v průměru zvýšil 1,7x, obsah N_t 2,7x, obsah P se v průměru snížil 0,9x, obsah Ca se v průměru zvýšil 1,5x, obsah Mg 1,3x, obsah S v průměru 1,4x a obsah železa se v průměru zvýšil 2x.

Klíčová slova: výluh, vermikompost, fugát, aerace, změna parametrů

Effect of liquid fraction of digestate on properties of extracts from vermicompost

Summary

The aim of this work was to evaluate the effect of time of extraction and adding the liquid fraction of the digestate on the agrochemical properties of aqueous extracts from vermicomposts made from apple pomace waste, horse manure, kitchen biowaste and grape marc. Aqueous extracts of vermicompost were prepared by extraction in demineralized or structured water without fugate or with the content 100 ml or 500 ml fugate. Samples were taken after 1, 6, 12, 24, and 48 hours of leaching. A total of 120 samples were collected. In the aqueous extracts were monitored parameters including pH, electrical conductivity (EC), dissolved organic carbon (DOC), total nitrogen (N_t) and the selected macro-elements (P, Ca, Mg, S, Fe). The pH value rose in all of the treatments during extraction. The content of dissolved oxygen ranged between 5 – 8 mg O_2 /l. The content of dissolved O_2 ensure that leachate remained for extraction aerobic. The EC increased in all of the treatments.

The first hypothesis, which says that the aeration time has a direct impact on the leachability of the elements was confirmed. Ingrowth total nutrient content was confirmed at 91.67 % leachates. The leachability of a longer time of extraction increased in 95 % of the variance. The sampling is the best after 48 hours of aeration in terms of time and contents of microelements in 79 % of the treatments.

The second hypothesis that the addition of the liquid fraction of the digestate improves agrochemical properties of the aqueous extracts were also confirmed. Nutrient value increased in nearly all variants (87.5 %). The N_t values were on average 2.6 times higher, the DOC on average 2 times higher, the values of P, Ca and Mg were stable, the values of S 1.2 times higher and the values of Fe 4 times higher in demineralized water. The N_t values were on average 2.7 times higher, the DOC on average 1.7 times higher, the values of P decrease, the values of Ca increased on average 1.5 times higher, the values of Ca on average 1.3 times higher, the values of S 1.4 times higher and the values of Fe 2 times higher in structured water.

Key words: aqueous extract, vermicompost, fugate, aeration, changing parameters

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Cíl práce.....	10
3	Literární rešerše	11
3.1	Vybrané druhy biologicky rozložitelných odpadů	11
3.1.1	Jablečné výlisky	11
3.1.2	Koňský hnůj.....	11
3.1.3	Kuchyňský bioodpad	12
3.1.4	Matolína	12
3.2	Žížaly a jejich význam	13
3.2.1	Stavba těla žížal	14
3.2.2	Ekologická strategie žížal	15
3.2.3	Životní cyklus a rozmnožování.....	17
3.2.4	Prostředí a výživa.....	17
3.3	Vermikompostování.....	18
3.3.1	Faktory ovlivňující vermikompostování a kritéria hodnocení.....	19
3.3.2	Žížaly a mikroorganismy	22
3.3.3	Vermikompost jako hnojivo	23
3.3.4	Nevýhody vermikompostování.....	25
3.4	Vodné výluhy.....	26
3.4.1	Výluhy s aerací	26
3.4.2	Výluhy bez aerace.....	27
3.4.3	Faktory ovlivňující přípravu výluhů	27
3.4.4	Využití výluhů	31
3.5	Vybrané prvky.....	32
3.5.1	Makronutrienty	32
3.5.2	Mikronutrienty	34

3.6	Aditiva.....	35
3.6.1	Fugát	35
3.6.2	Šungit	36
4	Materiál a metody	37
4.1	Proces přípravy vermikompostů	37
4.1.1	Stanovení sušiny	38
4.1.2	Stanovení pH a elektrické vodivosti	38
4.1.3	Mikrovlnný rozklad	38
4.2	Proces přípravy výluhů	39
4.3	Odběr a zpracování vzorků vodných výluhů	40
4.3.1	Optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (OES-ICP)	40
4.3.2	Stanovení pomocí přístroje Skalar	41
4.3.3	Vyluhovatelnost prvků.....	41
4.3.4	Statistická analýza.....	42
5	Výsledky	43
5.1	Analýza vermikompostů	43
5.1.1	Hodnota pH, elektrické vodivosti a sušiny	43
5.1.2	Obsah vybraných makronutrientů.....	44
5.1.3	Obsah vybraných mikronutrientů	44
5.1.4	Obsah rizikových prvků.....	45
5.2	Analýza výluhů	46
5.2.1	Hodnota pH.....	46
5.2.2	Koncentrace rozpuštěného kyslíku	49
5.2.3	Elektrická vodivost (EC)	52
5.2.4	Celkový obsah dusíku (N _t).....	55
5.2.5	Celkový obsah uhlíku (DOC)	58
5.2.6	Obsahy vybraných prvků	62
5.2.7	Vyluhovatelnost prvků.....	78

6	Diskuse.....	87
7	Závěr	94
8	Seznam literatury	95
9	Seznam použitých zkratk	101
10	Přílohy.....	Chyba! Záložka není definována.

1 Úvod

Současné generace čelí jednomu z největších problémů – rychlému nárůstu objemu odpadů. Tento problém je jedním z aspektů krize životního prostředí podpořený globálním vývojem – zvyšováním počtu obyvatel, zvyšováním spotřeby přírodních zdrojů, urbanizací atd.

Zemědělci po celém světě se snaží vymanit ze začarovaného kruhu používání chemických hnojiv, protože množství a náklady na používání těchto látek stoupají s tím, jak se snaží udržet výnos a produktivitu z let minulých. Tento trend přináší poškozování životního prostředí. Obecně je známo, že chemická hnojiva nepodporují růst mikroorganismů, snižují přirozenou úrodnost půdy a zvyšují náchylnost k chorobám a snižují odolnost vůči škůdcům.

Vermikompostování by mohlo přinést malou revoluci na poli hnojení a využívání biologicky rozložitelných odpadů. Tato technologie zpracování bioodpadů je všeobecně známá, i když ne úplně populární, a jejím alternativním způsobem nakládání s biologickými odpady vzniká významný a zajímavý produkt. Vermikompostování je kompatibilní s principy ochrany životního prostředí o zachování zdrojů a udržitelných postupů. Komposty jsou nejpřirozenější a nejstarší hnojivo používané ke zlepšování půdy.

Výroba vodných výluhů byla známá již v dobách římského impéria. První výluhy byly připravovány ve velkých kádích, které se provzdušňovaly mícháním kapaliny. Větší pozornost se ve vědeckých kruzích začala věnovat výluhům z vermikompostů v 90. letech minulého století v USA. Odtud se rozšířila dále po celém světě. Současné vědecké práce se věnují porovnávání kvality aerovaných a neaerovaných výluhů a hodnocení kvality a vlivu na růst rostlin a na potlačování chorob a škůdců s přidáním nějakého aditiva. Výsledky těchto prací dokazují, že výluhy z vermikompostů dokáží svými vlastnostmi potlačit škůdce a choroby rostlin za současného dodání živin. Z tohoto důvodu by mohlo dojít v budoucnu k postupnému nahrazení chemických postřiků těmito výluhy za dosažení stejných výsledků s nižším negativním environmentálním dopadem na životní prostředí.

2 Cíl práce

Cílem práce bylo vyhodnotit vliv doby vyluhování a přídavku kapalné frakce digestátu na vlastnosti vodných výluhů z vermikompostů.

Stanovené hypotézy této práce jsou:

1. Doba aerace má přímý vliv na vyluhovatelnost prvků
2. Přídavek kapalné frakce digestátu zlepší agrochemické vlastnosti výluhů

3 Literární rešerše

3.1 Vybrané druhy biologicky rozložitelných odpadů

3.1.1 Jablečné výlisky

Jablečné výlisky jsou vedlejším produktem procesu extrakce jablečné šťávy (Guerrero et al., 2014). Představují asi 35 % z celkové hmotnosti jablka (Jiang et al., 2014). Jedná se o směs slupek, semen, stonků a dřeně (Guerrero et al., 2014).

Výlisky jsou bohaté na vlákninu (Jiang et al., 2014), zejména na celulózu, hemicelulózu, lignin a pektin (Guerrero et al., 2014) a na sacharidy. Nicméně je tento produkt nevhodný pro výrobu krmiv, díky nízkému obsahu bílkovin (Jiang et al., 2014). Vzhledem ke svému složení se dají zpracovávat na bioethanol (Evcan et Tari, 2015).

Jablečné výlisky jsou vhodným substrátem pro vermikompostování (viz. Příloha č. 14). Výsledný vermikompost má kyselé až neutrální pH, elektrickou vodivost 1,6 – 4,4 mS/cm a poměr C: N 13 – 14: 1. Celkový obsah živin se pohybuje u dusíku okolo 2,8 %, u fosforu 0,85 %, u draslíku 2,3 % a u hořčíku 0,38 % (Hanc et Chadimova, 2014).

3.1.2 Koňský hnůj

Koňský hnůj patří mezi statková hnojiva a jedná se o zušlechtěnou směs podestýlky s tuhými a tekutými výkaly hospodářských zvířat případně zbytky krmiv. Statková hnojiva neobsahují jen nejúčinnější makroprvek dusík, ale i o organické látky, širší spektrum makro a mikroprvků, bakterie a látky stimulující povahy (heteroauxiny) (Fiala et al., 2007). Celkové koncentrace jsou ale nižší a proto se aplikují na jednotku plochy ve velkých množstvích. Aplikace hnoje na půdu pozitivně ovlivňuje půdní úrodnost – obohacuje půdu o snadno rozložitelné uhlíkaté a dusíkaté látky, obsahuje v sušině asi 1 – 2 % mikroorganismů, obsahuje růstové látky, je zdrojem vody a prostřednictvím organických látek zlepšuje fyzikální a fyzikálně-chemické vlastnosti půdy (Hlušek, 2004).

Jeden kůň denně vyprodukuje zhruba 27 kg odpadu. Mnoho majitelů koní nemá dostatek půdy, kam mohou aplikovat dávky hnoje. Nesprávným skladováním hrozí vyplavování živin do životního prostředí s následnou kontaminací půdy a vody (Smith et Swanson, 2009).

Kvalita hnoje se velmi liší, závisí na kvalitě krmiva, podestýlky a způsobu nakládání (Smith et Swanson, 2009). Koňský hnůj obsahuje méně živin a velké množství podestýlky, proto je vhodnější jako zdroj organické hmoty (Cogger, 2004). Průměrný obsah sušiny je 29 % (Fiala et al., 2007).

3.1.3 Kuchyňský bioodpad

Všechny rostlinné odpady z přípravy jídel (zbytky z čištění ovoce a zeleniny), usazeniny z kávy, slupky z tropického ovoce (banány, pomeranče, citróny), zbytky vařené stravy, potraviny po záruční lhůtě, uvadlé kytice, opotřebovaná zemina z květináčů, vlasy, zbytky vlny, papírové kapesníčky, papír, lepenka, čistý dřevní popel patří mezi kuchyňský bioodpad (Ventour, 2007). Žízály preferují vegetariánskou stravu a nevhodnými potravinami pro ně jsou mastné a kořeněné potraviny, potraviny živočišného původu či citrusy (Anon., 2015).

Kuchyňský bioodpad je dobře dostupná surovina, obsahující dostatek dusíku, fosforu a draslíku (Choy et al., 2015). Hlavním problémem kuchyňského odpadu může být při kompostování a vermikompostování vysoký obsah vlhkosti okolo 80 – 85 %. Vzhledem k jejímu obsahu je vhodné přebytečnou vlhkost odstraňovat (Nair et al., 2006).

3.1.4 Matolina

Matolina je odpad vznikající ve vinařské produkci, jedná se o zbytek po lisování vinných hroznů (Freixas et Landa, 2012). Matolina je tvořena z 8 % semen, 10 % stopkami a úlomky třepin, 25 % slupkou a 57 % dřeviny z bobulí. Matolina se uplatňuje ve výrobě matolinového vína, výrobě grappy, separaci semen a jejich následným lisováním za účelem získávání oleje, výrobě krmiv pro hospodářská zvířata, energetickém využití matolin a ve výrobě kompostu (Burg et Zemánek, 2012).

Průměrné pH zbytků z vinařství se pohybuje v rozmezí 3,8 až 6,8, elektrická vodivost je 1,62 – 6,15 dS.m⁻¹. Zbytky se vyznačují i vysokými koncentracemi makronutrientů, zejména K (11,9 až 72,8 g/kg), vysokou koncentrací polyfenolických látek (1,2 až 19,0 g/kg), nízkými koncentracemi mikroživin a těžkých kovů (Devesa-Rey et al., 2011) a obsahem vlhkosti 65% (Fabbri et al., 2015).

Likvidace matoliny je dlouhodobý problém vinařského průmyslu (Fabbri et al., 2015). Přímé začlenění do zemědělské půdy způsobuje vážné problémy (Diaz et al., 2002). Hlavními

problémy jsou vysoký poměr C: N, přítomnost fyto toxických sloučenin, např. ethanolu, organických kyselin (nejčastěji kyseliny octové a kyseliny mléčné), přítomnost fenolických látek, či kyselost. Přímou aplikací do půdy může dojít k imobilizaci dusíku, zvýšení elektrické vodivosti půdy nebo zpomalení mineralizace, to je způsobeno vysokými koncentracemi polyfenolických látek (Paradelo et al., 2013). Vzhledem ke složení je lepší odpady z vinařství stabilizovat (Devesa-Rey et al., 2011).

Vermikompostování matoliny může být jednou z technik zpracování tohoto odpadu, oproti kompostování je rychlejší a levnější (Freixas et Landa, 2012). Kvalita vermikompostu je dána kvalitativními a kvantitativními vlastnostmi matoliny, ty jsou dány například typem odrůdy, podnebím, umístění kultur, vinařskými postupy (Sagdic et al., 2011) a především zvoleným způsobem lisování (Burg et Zemánek, 2012). Hotový vermikompost vypadá jako jemný štěrk, zhruba 50 % částic měří více než 2 mm. Tlustší částice jsou semena a zbytky stonků, které nebyly zcela zpracovány vzhledem ke své lignocelulókové povaze (Fabbri et al. 2015).

3.2 Žížaly a jejich význam

Žížaly jsou suchozemští bezobratlí živočichové. Hrají důležitou roli v procesu rozkladu organických látek a koloběhu půdy. Jsou označovány jako indikátory zdravé půdy. Hlavní činnost žížal spočívá v pozření organického materiálu společně s půdou a vyloučení koprolitů, díky čemuž je organická hmota převedena do půdy ve formě humusu (Ansari et Ismail, 2012).

Žížaly se podílejí na vytváření půdního profilu (Pommeresche et al., 2010). Využitím jejich metabolických produktů – vermikompostu – napomáhají zvyšovat úrodnost půdy a výnosy hospodářských plodin. Vylučují do půdy prospěšné látky, jako jsou polysacharidy, proteiny a jiné dusíkaté sloučeniny a zvyšují počty mikroorganismů. Dále podporují fragmentaci půdy a její provzdušňování, zvyšují vododržnost půdy a zároveň půdu mechanicky obracejí (Sinha et al., 2010).

Mezi nejčastěji používané druhy žížal pro vermikompostování patří žížaly rodu *Eisenia* (viz. Příloha č. 11) a *Lumbricus* (Dickerson, 2001).

Nejúčinnějšího využití žížal v hospodaření s bioodpady je dosaženo, pokud je známa dopodrobna biologie užitečných druhů žížal, jejich populační dynamika, produktivita a jejich životní cyklus (Adhikary, 2012).

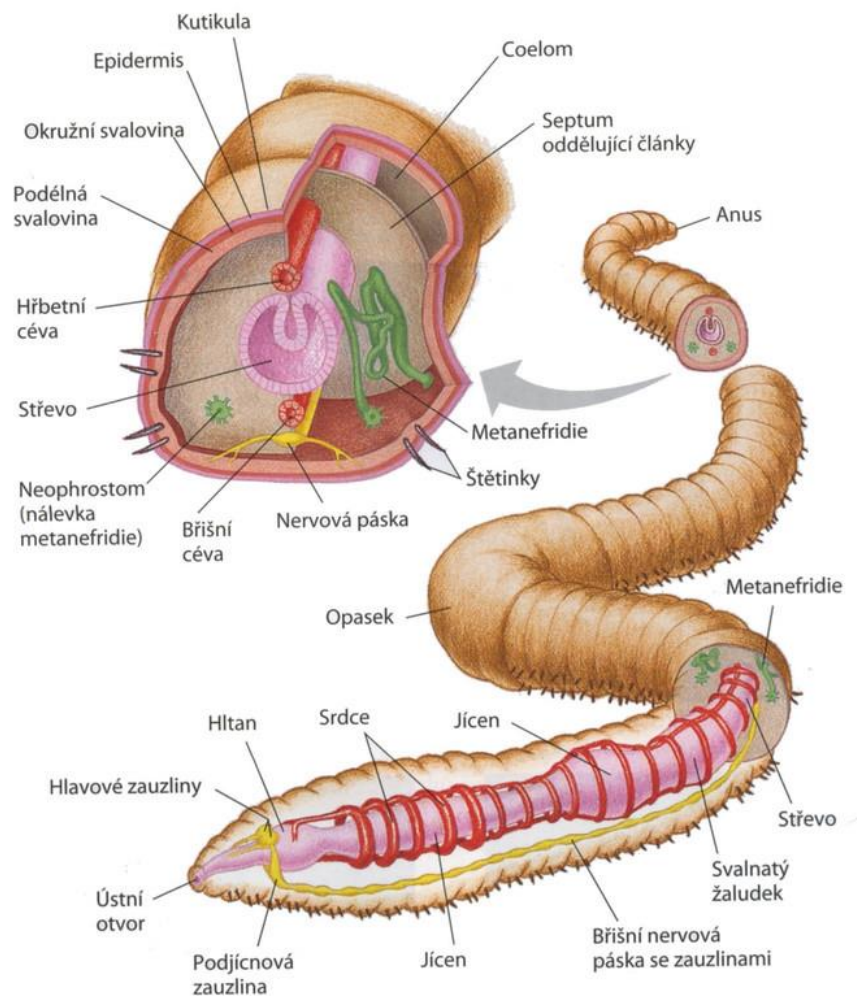
3.2.1 Stavba těla žížal

Žížaly mají podlouhlý válcovitý tvar těla (Gajalakshmi et Abasi, 2004), jsou bilaterálně symetrické (Domínguez et Edwards, 2011a). Měkké tělo se skládá ze segmentů (článků) uspořádaných lineárně v řadě, navenek jsou zvýrazněné drážkami zvanými mezikruží (Gajalakshmi et Abasi, 2004).

Po stranách těla na povrchu každého segmentu jsou 4 páry krátkých štětín. Štětiny zajišťují pohyb žížal v zemi. Hlava není zřetelná. Na každém konci těla mají žížaly otvor (Gajalakshmi et Abasi, 2004), v přední části těla na prvním článku mají sensorický lalok úst (prostomium) (Domínguez et Edwards, 2011a) a ústa, přičemž na zadním konci mají řitní otvor. Přední část těla je zašpicatělá a zadní část je mírně zploštělá (Dickerson, 2001).

Tělo je neustále udržováno vlhké a slizké sekrecí hlenu přes stěnu těla a také pomocí tělních tekutin, které jsou přiváděny na povrch těla v pravidelných intervalech nepatrnými póry v pokožce (Gajalakshmi et Abasi, 2004). Vylučovaný sliz a další tekutiny mají pH okolo 5,6 – 5,7, které je příznivé pro půdní mikroflóru (Pandit et Maheshwari, 2012).

Žížaly nemají specifický orgán zraku, sluchu ani čichu, ale mají speciální buňky, rozmístěné po celé délce těla, které přebírají všechny tyto funkce. V dospělosti se vyvine poblíž hlavové části opasek (clitellum) (Gajalakshmi et Abasi, 2004; Pommeresche et al., 2010). Opasek má světlejší zbarvení a oproti zbytku těla je mírně vystouplý (Domínguez and Edwards, 2011a).



Obr. č. 1: Stavba těla žížaly (Zdroj: www.eluc.kr-olomoucky.cz)

3.2.2 Ekologická strategie žížal

Většina žížal žijících v Evropě, Severní Americe, západní Asii a v mnoha dalších částech světa patří do čeledi *Lumbricidae* (Domínguez et Edwards, 2011a). Nejčastěji se žížaly dělí do tří ekologických skupin na základě ekologické strategie, na epigeické, anetické a endogeické (Ansari et Ismail, 2012; Tuf, 2013).

3.2.2.1 Epigeické

Žijí na povrchu půdy, respektive v místech s nadbytkem organické hmoty (Tuf, 2013) a vylučují koprolity obsahující pouze organické látky. Mají vysokou metabolickou aktivitu (Domínguez et Edwards, 2011a) a vyšší reprodukční potenciál a krátký životní cyklus (Tuf, 2013). Významně se podílejí na změnách podmínek na povrchu půdy (Domínguez et Edwards, 2011a).

3.2.2.2 Anetické

Žijí v půdě, konkrétně ve svrchní vrstvě půdy, ve které je dostatek mrtvé organické hmoty. Jsou geofytofágní, požírají organický materiál s příměsí půdy. Hrají důležitou roli v mísení minerální části půdy se svrchní vrstvou organického materiálu (Gajalakshmi et Abasi, 2004).

3.2.2.3 Endogeické

Neboli hlubinné, žijí v hlubších půdních horizontech (řádově desítky centimetrů). Tyto žížaly jsou často poměrně velké, jsou světlé a mají menší reprodukční potenciál. Činností těchto žížal vzniká nejpokročilejší forma humusu (Tuf, 2013). Oproti epigeickým a anetickým druhům žížal spotřebují endogeické více půdy (Ansari et Ismail, 2012) a jsou geofágní (Gajalakshmi et Abasi, 2004).

Pro vermikompostování vykazují největší potenciál epigeické druhy žížal, které mají přirozenou schopnost kolonizovat organické odpady, vysokou spotřebu potravy, jsou tolerantní k široké řadě faktorů životního prostředí, mají krátký životní cyklus, vysokou reprodukční schopnost a jsou tolerantní k manipulaci (Domínguez et Edwards, 2011a). Musejí být snadno kultivovatelné, mít vysokou afinitu k substrátu, který je kompostovaný, a mít vysokou kvalitu produktů na výstupu na žížalu a objem materiálu (Gajalakshmi et Abasi, 2004). Všechny tyto vlastnosti splňuje pouze pět druhů žížal, *Eisenia andrei*, *Eisenia foetida*, *Dendrobaena veneta*, a v menší míře *Perionyx excavatus* a *Eudrilus euginae* (Domínguez et Edwards, 2011a).

Eisenia foetida a *Eisenia andrei*

Pro život potřebují velké množství organických zbytků. Původně se vyskytovali v silně zamokřené opadance listnatých lesů, dnes jsou výrazně závislé na prostředí vytvořeném člověkem a můžeme je nalézt zejména v kompostech a kupách hnoje (Pommeresche et al., 2010).

Oba druhy jsou nejčastěji využívány v systému vermikompostování hlavně díky své snadné dostupnosti, vyskytují se po celém světě. Přirozeně kolonizují organické substráty, mají krátký životní cyklus, vyznačují se tolerancí k širokému teplotnímu a vlhkostnímu rozsahu (Domínguez et Edwards, 2011a), rychle se množí a rostou, a proto patří k nejčastěji komerčně využívaným žížalám (Pommeresche et al., 2010).

Oba druhy jsou drobnější, dosahují délky 4 – 12 cm a liší se zbarvením (Pommeresche et al., 2010). *Eisenia foetida* (žížala hnojní) je typická pruhovaným zbarvením, v drážce mezi tělními články je žížala světle žlutá nebo není pigmentovaná vůbec. *Eisenia andrei* (žížala kalifornská)

má rovnoměrné červené zbarvení po celém těle. Kromě zbarvení, jsou si oba druhy morfologicky podobné a mají stejné požadavky na prostředí. Reprodukční schopnost a životní cyklus se výrazně neliší, i když tempo růstu a produkce kokonů jsou mírně vyšší u *Eisenia andrei* (Domínguez et Edwards, 2011a).

Doposud nejsou vyřešeny dohady ohledně toho, zda se jedná o dva různé druhy. Většina literatury udává, že se jedná o dva odlišné biologické a fylogenetické druhy (Domínguez et Edwards, 2011a). Studie (Domínguez et al., 2004) tento fakt potvrzuje, kdy křížením obou druhů vzniklo potomstvo, které nebylo životaschopné. Často se však oba druhy vyskytují v kulturách dohromady (Domínguez et Edwards, 2011a).

3.2.3 Životní cyklus a rozmnožování

Rozmnožování, růst a vývoj žížal jsou ovlivněny podmínkami prostředí. Epigeické žížaly jsou relativně tolerantní k podmínkám životního prostředí a mají dobře definované meze tolerance vůči ekologickým parametrům. Odpady nejefektivněji zpracovávají za příznivého úzkého rozsahu chemických podmínek okolního prostředí (Domínguez et Edwards, 2011a).

Žížaly jsou hermafrodité, mohou vytvářet jak vajíčka, tak spermie, ale většinou se páří s jinými jedinci, s nimiž si spermie vyměňují. Většina žížal se páří v půdě (Pommeresche et al., 2010), po spáření každá žížala naklade kokony. Klady jsou do hlubších vrstev půdy (Domínguez et Edwards, 2011a).

Eisenia foetida a *Eisenia andrei* dosahují pohlavní dospělosti 21 – 30. den. Páření probíhá ve vrstvě organického materiálu nebo v půdě. Kokon je snesen do 48 hodin od páření. Inkubační doba se pohybuje mezi 18 – 26 dny a životaschopnost kokonů se pohybuje mezi 72 – 82 %. Počet vylíhnutých životaschopných žížal ze zátoček se pohybuje mezi 2,5 – 3,8 v závislosti na teplotě (Domínguez et Edwards, 2011a).

3.2.4 Prostředí a výživa

Žížaly se živí různým organickým materiálem. Většinou konzumují odumřelé zbytky rostlinného i živočišného původu. S přijatou potravou tráví také hyfy mikroskopických hub, mikroorganismy a řasy obsažené v půdě (Pommeresche et al., 2010). Žížaly mají potenciál zvýšit rychlost aerobního rozkladu organického materiálu o více než 75 %, a tím stabilizovat organické zbytky – odstranit škodlivé patogeny a těžké kovy (Sinha et al., 2010).

Každá žížala průměrně váží asi 0,5 – 0,6 g a denně spotřebuje přibližně 50 % organického materiálu ze své celkové váhy. Pouze 5 – 10 % potravy je absorbováno do těla žížal a zbytek je vylučován ve formě granulovaných agregátů potažených hlenem, které jsou bohaté na NPK (nitráty, fosfáty a uhličitan draselný), stopové prvky a prospěšné půdní mikroorganismy (Adhikary, 2012).

Stravitelnost a velikost rostlinných zbytků jsou rozhodující proto, co si žížala vybere. Obecně si žížaly vybírají rostlinné zbytky obsahující méně vlákniny a více bílkovin a sacharidů. Zjednodušeně se dá říct, že preferují potravu s nízkým poměrem C: N. Vyhýbají se zbytkům jedovatých rostlin, jejichž jedovaté látky by mohly způsobovat podráždění pokožky a sliznice (Pommeresche et al., 2010).

3.3 Vermikompostování

V Japonsku už začátkem sedmdesátých let začali zpracovávat zemědělské odpady pomocí dešťovek, a tak vyrábět vermikompost. K výrobě tohoto biohumusu chovali žížaly, především druhu *Eisenia foetida*. Tato technologie se rychle rozšířila i v USA a v Evropě. U nás se začala uplatňovat od roku 1985 (Kalina, 2004). Hlavním cílem vermikompostování je ekologická likvidace organického odpadu a získání kvalitního výrobku, který je možno použít pro komerční využití (Domínguez et Edwards, 2011b).

Vermikompostování představuje biooxidaci a stabilizaci organického materiálu za společného působení žížal a mikroorganismů (Domínguez and Edwards, 2011b).

Vermikompostování se liší od kompostování v několika bodech. Jedná se o mezofilní proces v součinnosti žížal a mikroorganismů při teplotě 10 – 32 °C. Vermikompostování je rychlejší proces oproti kompostování, protože materiál prochází přes trávicí soustavu žížal, kde ale nedochází k jeho úplné přeměně, přičemž koprolity jsou obohaceny o mikroorganismy a rostlinné regulátory růstu (Adhikary, 2012).

Výroba vermikompostu je složitý proces rozkladu organické hmoty (Ansari et Ismail, 2012). Je výsledkem mikrobiální aktivity, neboť žížaly nejsou schopné strávit rostlinný materiál obsahující hůře rozložitelné látky (Domínguez et Edwards, 2011b), zpracováním odpadu dochází k rozkladu celulózy, hemicelulózy, škrobu atd. (Pandit et Maheshwari, 2012). Ačkoliv mikroorganismy zajišťují biochemické odbourávání organické hmoty, tak proces

vermikompostování je zásadně řízen žížalami, neboť podporují zvýšenou mikrobiální aktivitu, díky provzdušňování, obracení a fragmentaci materiálu (Domínguez et Edwards, 2011b).

Při vermikompostování lze rozlišit dvě fáze: aktivní fázi a fázi dozrávání. Aktivní fáze, se vyznačuje tím, že žížaly zpracovávají odpad, který je předkompostovaný mikrobi, dochází ke změně jeho fyzikálních vlastností a ke změně mikrobiálního složení. Fáze zrání je charakteristická přemísťováním žížal do čerstvějších vrstev nestráveného odpadu. Doba trvání aktivní fáze závisí na druhu a hustotě populace žížal, rychlosti příjmu odpadního materiálu, na fyzikálních a chemických vlastnostech půdy a odpadního materiálu (Lazcano et al., 2008). Humifikace je rychlejší a vyšší ve fázi zrání, což vede ke snížení podílu biologicky přístupných těžkých kovů (Domínguez et Edwards, 2011b). V některých případech je nutné organické zbytky předběžně upravit než se budou vermikompostovat, neboť mohou obsahovat látky, které mohou být pro žížaly toxické (např. kyselé sloučeniny, amoniak či organické soli) (Lazcano et al., 2008). Zhruba jedna čtvrtina z organické hmoty je převedena na humus (Sinha et al., 2010).

3.3.1 Faktory ovlivňující vermikompostování a kritéria hodnocení

Proces vermikompostování a migrace žížal v půdě je ovlivněna fyzikálními a chemickými vlastnostmi půdy (viz. Tab. č. 1), jako je teplota, pH, vlhkost, množství organické hmoty a strukturou půdy (Ansari et Ismail, 2012; Gajalakshmi et Abasi, 2004).

Tab. č. 1: Parametry zahradního kompostu a vermikompostu (Domínguez et Edwards, 2011b)

Parametry	Zahradní kompost	Vermikompost
Teplota	50 – 60 °C	15 – 25 °C
Vlhkost	55 – 60 %	80 – 85 %
pH	6 – 8	5 – 9
C: N	25 – 30: 1	25 – 30: 1
Provzdušnění	0,6 – 1,8 m ³ /den/kg	Aerobní podmínky
Elektrická vodivost	3,6 mmhos/cm	11,70 mmhos/cm

3.3.1.1 Teplota

Teplotní optimum se liší druh od druhu. Obecně se optimální teplota pro rod pohybuje v mezofilních podmínkách v rozmezí 15 – 25 °C (Domínguez et Edwards, 2011b).

Na počátku procesu vermikompostování dosahuje teplota vyšších hodnot, okolo 30 °C, postupem času dochází k jejímu snižování na hodnoty okolo 22 °C (Nagavallemma et al., 2004).

Činnost metabolismu, růst, dýchání a reprodukce jsou do značné míry ovlivněny teplotou (Ansari et Ismail, 2012). Plodnost, období růstu, životaschopnost kokonů i počet vylíhlých žížal jsou také závislé na teplotě (Gajalakshmi et Abasi, 2004). *Eisenia foetida* má optimální teplotu 25 °C s tolerancí 0 – 35 °C. Teploty pod 10 °C mají obecně za následek snížení příjmu potravy, teploty nižší než 4 °C zapříčiňují, že se žížaly nerozmnožují a vývoj mladých žížal v kokonech je zastaven. V extrémních teplotních podmínkách mají žížaly tendenci stěhovat se a přezimovat v hlubších vrstvách substrátu. Vyšší teploty nad 30 °C nemají na žížaly přímý vliv, ale podporují chemické procesy a mikrobiální aktivitu v rozkládajícím se materiálu, což vede ke snižování koncentrace kyslíku a ten je pro žížaly limitující (Domínguez et Edwards, 2011b).

3.3.1.2 pH

Žížaly jsou citlivé na koncentraci vodíkových iontů v půdě (Ansari et Ismail, 2012). pH je limitující faktor ovlivňující jejich migraci, počet a druh vyskytující se v půdě (Gajalakshmi et Abasi, 2004). Většina epigeických žížal (včetně rodu *Eisenia*) je tolerantní k pH, mohou tolerovat pH v rozsahu 5 – 9 (Domínguez et Edwards, 2011b). Preferují neutrální pH (Ansari et Ismail, 2012), pokud dojde ke změně pH, tak hynou nebo migrují na vhodnější stanoviště (Gajalakshmi et Abasi, 2004).

V průběhu vermikompostování se pH materiálu nejprve zvyšuje a poté začíná klesat. Obecně se alkalita postupně snižuje (Punde et Ganorkar, 2012).

3.3.1.3 Vlhkost

Voda tvoří 75 – 90 % tělesné hmotnosti žížal, z toho důvodu je voda důležitý faktor ovlivňující přežití žížal v půdě. Nepříznivý vlhkostní režim jsou schopny přežít migrací do míst s vyšší vlhkostí nebo pomocí letní hibernace. Dostatek půdní vlhkosti určuje jejich aktivitu – ovlivňuje nejen počet žížal v půdě, ale také jejich biomasu (Ansari et Ismail, 2012).

Existuje přímý vztah mezi obsahem vlhkosti organického odpadu a rychlostí růstu žížal. *Eisenia foetida* a *Eisenia andrei* tolerují obsah vlhkosti v rozmezí 50 – 90 %, ale nejrychleji rostou při vlhkosti 80 % (Domínguez et Edwards, 2011b). Přebytková vlhkost vede k anaerobním podmínkám, což snižuje množství kyslíku a pH v substrátu. Většina druhů zaplavení půdy nepřežije, některé žížaly mohou, pokud je voda provzdušňována (Gajalakshmi et Abasi, 2004).

3.3.1.4 Provzdušnění

Žížaly nemají speciální dýchací orgány a kyslík přijímají přes kůži. V důsledku toho jsou žížaly velmi citlivé na anaerobní podmínky prostředí. *Eisenia foetida* i další druhy žížal v důsledku přemokření substrátu, ve kterém došlo k vyčerpání kyslíku nebo v němž se nahromadil oxid uhličitý či sulfan, migrují na jiná stanoviště (Domínguez et Edwards, 2011b).

3.3.1.5 Amoniak a soli

Žížaly jsou také velmi citlivé na přítomnost amoniaku v substrátu. Pokud se v organické hmotě vyskytuje ve vyšších koncentracích, tak žížaly nedokáží v tomto prostředí přežít. Žížaly nepřežijí ani velká množství anorganických solí v organické hmotě. Amoniak i anorganické soli mají poměrně dobře definovanou hranici mezi toxickou a netoxickou koncentrací, u amoniaku to je < 1 mg/g a u solí je to $< 0,5$ %. Odpady obsahující amoniak lze upravit předkompostováním nebo vyluhováním vodou (Domínguez et Edwards, 2011b).

3.3.1.6 Organická hmota

Žížaly se hlavně živí rozkládající se organickou hmotou nacházející se v půdě nebo na povrchu půdy (Gajalakshmi et Abasi, 2004). Mezi počtem, množstvím biomasy žížal a množstvím organické hmoty je přímá korelace. Migrace žížal je do značné míry ovlivněna distribucí organické hmoty. V půdách, které jsou chudé na organické látky, nejsou populace žížal příliš vysoké (Ansari et Ismail, 2012). Kromě kyslíku a vody, mikroorganismy vyžadují i zdroje uhlíku, stopových látek, N, P a K pro svůj růst a rozmnožování. Tyto podmínky poskytuje právě organická hmota, která při zpracovávání uvolňuje CO₂, vodu, živiny a energii. Část této energie se spotřebovává na metabolické procesy a zbytek je uvolněn ve formě tepla (Domínguez et Edwards, 2011b).

3.3.1.7 Světlo

Žížaly jsou velmi citlivé na světlo. Pokud buňky fotoreceptorů detekují světlo, žížaly se stáhnou do hlubších vrstev. Z tohoto důvodu anetické druhy žížal vylézají na povrch jen v noci (Gajalakshmi et Abasi, 2004).

3.3.1.8 C: N

Poměr C: N je jeden z nejvíce sledovaných parametrů materiálu podrobeného procesu kompostování nebo vermikompostování (Domínguez et Edwards, 2011b), který může výrazně ovlivnit populace žížal (Gajalakshmi et Abasi, 2004). Obsah uhlíku při vermikompostování klesá, protože organické látky jsou použity jako zdroj energie pro žížaly. Poměr C: N závisí na složení a kvalitě výchozích surovin (Punde et Ganorkar, 2012), u zralého kompostu by měl být

v ideálním případě kolem 10, ale toho je dosaženo jen výjimečně díky přítomnosti hůře rozložitelných organických sloučenin (Domínguez et Edwards, 2011b). Poměr C: N se obvykle pohybuje okolo 15 až 20: 1 (Punde et Ganorkar, 2012).

3.3.1.9 Elektrická vodivost

Elektrická vodivost v průběhu kompostování klesá. Dobrý vermikompost se vyznačuje nižšími hodnotami elektrické vodivosti (Punde et Ganorkar, 2012).

3.3.1.10 Predátoři

Žížaly mohou být cílem celé škály predátorů, parazitů i patogenů (Domínguez et Edwards, 2011a).

Tvoří důležitou složku potravy některých obratlovců, především ptáků a savců (Domínguez et Edwards, 2011a), například kosů, drozdů, špačků, krtků, ježků, lišek, jezevců (Pommeresche et al., 2010), ropuch, mloků, hadů, koček či potkanů (Gajalakshmi et Abasi, 2004). Žížalami se živí také stonožky, mravenci, střevlíci, drabčící a jejich larvy (Domínguez et Edwards, 2011a).

Žížaly mají také mnoho vnitřních parazitů, včetně prvoků, ploštěnek, vírníků, hlístic (*Nematoda*) a larev much (Domínguez et Edwards, 2011b).

Kromě podmínek okolního prostředí má vliv na rozmnožování a růst i hustota populace žížal a hustota populace žížal do určité míry ovlivňuje fyzikálně-chemické vlastnosti prostředí (Domínguez et Edwards, 2011b).

3.3.2 Žížaly a mikroorganismy

Rozklad organické hmoty v půdě zabezpečují žížaly i mikroorganismy (Pommeresche et al., 2010). Vzájemný vztah mezi nimi je složitý (Ansari et Ismail, 2012). Za příznivých podmínek žížaly a mikroorganismy působí symbioticky a synergicky (Sinha et al., 2010). Kooperace mezi nimi je důležitá pro výměnu živin mezi půdou a rostlinami (Pommeresche et al., 2010). Díky synergickému působení vlhkosti, pH a mikrobiálních populací ve střevech žížal vzniká kvalitní vedlejší produkt v podobě vermikompostu (Adhikary, 2012).

Většina druhů mikroorganismů, které se vyskytují v zažívacím traktu žížal, jsou stejné jako ty, které se vyskytují v půdě, ve které žížaly žijí. Žížaly stráví pouze některé mikroorganismy, ostatní projdou jejich zažívacím traktem nepoškozené, případně jsou přirozenou součástí trávicího systému žížal. U mnoha druhů žížal jsou v trávicím traktu běžné mikroorganismy, které pomáhají štěpit lignin a celulózu z rostlinných zbytků, a navíc mikroorganismy, které

poutají vzdušný dusík a vytvářejí aminokyseliny (Pommeresche et al., 2010). Mikrobiální populace v žížalích výměšcích je značně vyšší ve srovnání s okolní půdou (Ansari et Ismail, 2012), výkaly obsahují přístupnější živiny a mají optimální vlhkost (Pommeresche et al., 2010).

3.3.3 Vermikompost jako hnojivo

Vermikompost je jedním z nejlepších a nejvíce výživných přírodních hnojiv na světě. Výhodou oproti chemickým hnojivům je, že vermikompost lze vyrobit ze 100 % recyklovatelných lokálních zdrojů a je o 75 % levnější než výroba chemických hnojiv (Sinha et al., 2010).

Žížaly dokáží rozložit organický materiál poměrně rychle, výsledkem je stabilní, netoxický substrát s lepší strukturou, s vyšším obsahem mikroorganismů a živin. Zralý vermikompost by měl být tmavě hnědý až černý, s granulovanou, houbovitou nebo vláknitou strukturou a vonět by měl jako zemina. Zralý kompost se vyznačuje nejen výbornou strukturou podobnou rašelině, ale také vysokou pórovitostí a schopností zvyšovat provzdušnění půdy a zadržovat vodu (Domínguez et Edwards, 2011b).

Organická hmota, která prochází skrz trávicí trakt žížal, je vyměšována v podobě mnohem jemnějších částic, což zvětšuje aktivní povrch, zvyšuje mikrobiální činnost (Ansari et Ismail, 2012) a vede ke zlepšení poměru voda – vzduch v půdě (Nagavallemma et al., 2004). Slizem spojené části hydrofobicky absorbují vodu a zabraňují tak protékání vody do spodních horizontů a zlepšují vododržnost půd (Ansari et Ismail, 2012). Vermikompost příznivě ovlivňuje pH půdy, mikrobiální populace a enzymové aktivity půdy, také snižuje ve vodě rozpustné chemické látky, které mohou způsobit případné kontaminace životního prostředí (Nagavallemma et al., 2004).

Pokud se vermikompost aplikuje na půdu pravidelně, tak zvyšuje přirozenou úrodnost půdy. Dojde k celkovému zlepšení fyzikálních, chemických i biologických vlastností (Sinha et al., 2010), podporuje růst rostlin a má příznivý vliv na všechny parametry užitkovosti plodin (Ansari et Ismail, 2012). Žížaly uvolňují coelomické tekutiny, které mají antibakteriální vlastnosti (Sinha et al., 2010). Vermikompost obsahuje enzym chitinázu, který je schopen štěpit chitin obsažený v exoskeletu hmyzu (Adhikary, 2012). Aplikace vermikompostu výrazně snižuje spotřebu pesticidů (Sinha et al., 2010).

Obsah živin (viz. Tab. č. 2) ve vermikompostu značně závisí na vstupním materiálu, obvykle obsahuje minerální látky v dostupnější formě, než jaké byly ve vstupním materiálu (Ansari et Ismail, 2012; Punde et Ganorkar, 2012). Obohacuje půdu dusíkem, fosforem, draslíkem, makro i mikroprvky důležitými pro rostliny, zvyšuje počty bakterií a mykorrhizních hub v půdě a je vynikajícím stimulatorem růstu (Sinha et al., 2010).

Ve vermikompostu jsou také obsaženy rostlinné růstové hormony auxiny, cytokininy a gibbereliny, dále obsahuje enzymy amylázu, celulózu a chitinázu. Oproti jiným organickým hnojivům vermikompost obsahuje vysoké procento humusu. Přítomné huminové kyseliny ve vermikompostu poskytují vazebná místa pro navázání živin. Týká se to především vápníku, železa, draslíku, síry a fosforu, tyto prvky jsou uloženy ve vermikompostu ve snadno dostupných formách pro rostliny a v případě potřeby jsou uvolňovány (Adhikary, 2012).

Vermikompost zvyšuje oproti chemickým hnojivům výnos o 30 – 40 % a uvolňuje živiny po delší časový horizont (Sinha et al., 2010). Přítomnost humusu v půdě dokonce napomáhá lépe využít chemická hnojiva (Adhikary, 2012).

Přestože koprolity obsahují dostatek živin, nezpůsobují popálení kořenů rostlin. Vermikompost je vhodný substrát pro pokojové i skleníkové rostliny, lze ho využít v zahradnictví i na zemědělskou půdu. Využití má na hnojení stromů, zeleniny, keřů a květin. Vermikompost stimuluje růst rostlin, podporuje klíčení semen, růst a vývoj sazenic. Má pozitivní vliv na vegetativní růst, podporuje rozvoj kořenové soustavy a prýtu, dále stimuluje kvetení a výnos plodů (Adhikary, 2012).

Tab. č. 2: Porovnání obsahu živin u zahradního kompostu a vermikompostu (Adhikary, 2012)

Živiny	Zahradní kompost (%)	Vermikompost (%)
Organický uhlík	9,8 – 13,4	12,2
Dusík	0,51 – 1,61	0,8
Fosfor	0,19 – 1,02	0,35
Draslík	0,15 – 0,73	0,48
Vápník	1,18 – 7,61	2,27
Hořčík	0,093 – 0,568	0,57
Sodík	0,058 – 0,158	< 0,01
Zinek	0,0042 – 0,110	0,0012
Měď	0,0026 – 0,0048	0,0017
Železo	0,2050 – 1,3313	1,1690
Mangan	0,0105 – 0,2038	0,0414

3.3.4 Nevýhody vermikompostování

Jelikož vermikompostování je závislé na živých organismech, má i tento systém svá úskalí. V systému vermikompostování existují dva hlavní problémy. Žížaly mohou z mnoha důvodů hynout. Prvním z nich je nedostatek potravy, dalším problémem je příliš suchá anebo příliš vlhká potrava. Žížaly jsou citlivé na teplotu, nesnesou příliš nízké ani příliš vysoké teploty. Dalším problémem vermikompostování může být zápach. Vermikompostování probíhá správně, pokud v průběhu vermikompostování není cítit zápach, to signalizuje správnou skladbu potravy, která je použita. Zápach také vzniká v prostorech, které jsou nedostatečně větrané. Okolní vzduch by měl neustále cirkulovat (Adhikary, 2012).

Přestože jsou dokázány pozitivní účinky vermikompostů na růst a vývoj rostlin, je také fakt, že tyto účinky nejsou obecně platné či konstantní, neboť existuje velká variabilita v kvalitě vermikompostů. Některé vermikomposty mohou dokonce růst rostlin inhibovat. Kvalita závisí na vstupním materiálu, na průběhu vermikompostování, stáří vermikompostu a druhu žížal. Rozdíly v účincích vermikompostu se liší nejen v závislosti na rostlinném druhu, ale dokonce v závislosti na odrůdě. Nicméně druh a rozsah těchto účinků závisí na fyzikálních vlastnostech vstupních surovin, době zpracování a zralosti vermikompostu (Lazcano et Domínguez, 2011).

3.4 Vodné výluhy

Vodné výluhy z kompostů se vyrábí smícháním kompostu s vodou a inkubují se po definované období, a to buď s aktivním provzdušňováním nebo bez provzdušňování, s možností přidáním přísad pro zvýšení mikrobiálních populací (Scheuerell et Mahaffee, 2004). Důležitým faktorem přípravy výluhů je, aby živiny a prospěšné mikroorganismy přešly z vermikompostu do výluhu (Pant et al., 2012).

Výroba výluhů z kompostů je charakteristická čtyřmi etapami: přípravou, extrakcí, filtrací a indukci. Každá z etap má několik specifických podmínek. Při přípravě se čerstvý kompost mísí s vodou ve stanovém poměru, který byl experimentálně odvozen. Při extrakci se suspenze nechá buď odstát po stanovený čas a za stanovené teploty v případě výluhů bez aerace nebo se provzdušňuje, opět za stanovených podmínek, u výluhů s aerací. Po extrakci následuje filtrace. Filtrace se provádí z důvodů zamezení zanesení trysek pro aplikaci kapalných hnojiv. Uvedení výluhu do prostředí se nazývá indukce (Brinton et al., 1996).

3.4.1 Výluhy s aerací

Aktivní provzdušňování výluhů z kompostů je novější technologie, v níž se směs kompostu a vody aktivně provzdušňuje, například akvariijními čerpadly či perlátory (Dearborn, 2011). Aerobní výluhy vyžadují provzdušňování po celou dobu extrakce (Pant et al., 2011b). Vysoká koncentrace kyslíku stimuluje růst populace aerobních mikroorganismů (Lanthier, 2007). Díky využití kyslíku probíhá proces kratší dobu v rozmezí od 12 hodin do 72 hodin (Dearborn, 2011). Pro zvýšení biologické aktivity se k provzdušňovaným výluhům přidávají různá aditiva v podobě cukrů, obilí, huminových kyselin atd., která slouží jako potrava pro mikroorganismy (Pant et al., 2011a). U provzdušňovaných výluhů je vyšší vyluhovatelnost antibiotik, které hrají důležitou roli při potlačování rostlinných patogenů (Lanthier, 2007). Pant et al. (2011b) uvádí, že u provzdušňovaných výluhů je riziko zamoření lidskými patogeny minimální, neboť hůře snášejí aerobní podmínky, zatím ale neexistuje žádný výzkum, který by tvrzení potvrdil.

3.4.2 Výluhy bez aerace

Tento typ výroby výluhů je praktikován již po staletí, ale v současné době se dává přednost výluhům s aerací. Výluhy bez provzdušňování jsou připravovány pasivním způsobem, kde není vyžadován kyslík (Dearborn, 2011). Výluhy bez aerace se připravují smísením kompostu s vodou a nechají se při určité teplotě po stanovenou dobu stát s minimálním narušením (Lanthier, 2007). U těchto výluhů je aktivita mikroorganismů nižší. Nižší aktivita zapříčiňuje, že mikroorganismy často nepřežijí aplikaci do půdy či na list (Pant et al., 2011a). Technologie výroby je závislá na kvalitě kompostu bez použití aditiv a průměrná doba extrakce je 14 dní (Dearborn, 2011).

Tab. č. 3: Výhody a nevýhody výluhů s aerací a bez aerace (Dearborn, 2011)

	Výhody	Nevýhody
Výluhy s aerací	Vyšší mikrobiologické populace Kratší doba extrakce	Ekonomicky náročnější Vyšší energetická náročnost Technicky náročnější Nižší stabilita
Výluhy bez aerace	Ekonomicky méně náročné Vyšší stabilita Nižší energetická náročnost	Nižší populace mikroorganismů Delší doba extrakce

Obě techniky se dají využít jak v průmyslové výrobě, tak i v domácím prostředí (Dearborn, 2011). V současné době neexistuje žádný výzkum, který by potvrdoval, že provzdušňování výluhů má lepší výsledky než neprovzdušňované výluhy, a nelze tak mluvit o nadřazenosti jednoho z nich (Pant et al., 2011b).

Konečný výluh by měl mít jednotnou strukturu a hnědou barvu. Hnědá barva značí, že ve výluhu jsou přítomné huminové kyseliny (Pant et al., 2012).

3.4.3 Faktory ovlivňující přípravu výluhů

Výluhy (vodné extrakty) se mohou připravovat za použití široké škály kompostů. Charakter kompostu ovlivňuje biologické, fyzikální a chemické vlastnosti výluhů. Kvalitní výluh lze získat z vyzrálého kompostu. Kvalita výluhů není ovlivněna pouze stabilitou kompostů, ale také

dalšími faktory: kvalitou vody, provzdušněním, časem přípravy či použitím přídatných látek (El-Haddad et al., 2014). Typ použitého kompostu dále ovlivňuje elektrickou vodivost, pH a koncentraci huminových kyselin (Pant et al., 2012).

3.4.3.1 Kyslík

U provzdušňovaných výluhů je optimální obsah rozpuštěného kyslíku 6 ppm nebo 70 až 80 %. Čím menší velikost bublin, tím účinnější je přenos kyslíku do vody a větší aktivní povrch. Pokud je aerace rychlejší než spotřeba kyslíku mikroorganismy, výluh zůstane aerobní, pokud je spotřeba kyslíku vyšší, stane se výluh anaerobní. V případě, že přísun kyslíku není dostatečný, ve výluhu mohou růst bakterie a houby, které mohou být potencionálně fytotoxické (Pant et al., 2012).

3.4.3.2 Doba extrakce

Čím déle probíhá extrakce kompostů, tím je vyšší obsah rozpustných živin a množství mikroorganismů v konečném výluhu (Pant et al., 2012). Účinnost výluhů se zvyšuje s prodlužující se dobou extrakce do maxima, poté začíná klesat (Pant et al., 2011b). Pant et al. (2011b) uvádí, že ideální doba extrakce pro maximální mikrobiální aktivitu je 12 až 24 hodin. U výluhů bez aerace je optimální doba extrakce 8 – 16 dnů. Doporučuje se, aby doba přípravy byla delší, neboť se delší dobou extrakce podporuje vyšší výluh živin a akumulace antibiotik ve výluzích. U výluhů s aerací je doba optimální extrakce mnohem kratší, 18 – 24 hodin, což výluhy činí dostupnější (Dearborn, 2011).

3.4.3.3 Kvalita a původ kompostu

Všechny rozpustné sloučeniny obsažené v kompostu mohou být extrahovány do výluhu. Pouze dobře zpracovaný vermikompost z kvalitních surovin může být kvalitním zdrojem vyšší hladiny rozpustných minerálních živin a nižší hladiny fytotoxických organických kyselin a těžkých kovů oproti nezralému materiálu (Pant et al., 2012). Ze surovin bohatých na uhlík, např. suché listí, piliny, štěpka, drcené noviny apod., vznikají komposty bohatší na obsah hub, kdežto ze surovin bohatších na dusík, např. plevele, kávová sedlina, travní hmota, hnůj apod., vznikají komposty s vyšším obsahem bakterií (Dearborn, 2011).

Problémem při výrobě výluhů je různorodost vstupujících kompostů do procesu či nedostatečná stabilita a zralost kompostů. To vše ovlivňuje kvalitu výluhů a je problematické zajistit stejné vlastnosti jako u předchozích výluhů (Brinton et al., 1996).

Pant et al. (2012) ve své studii prokázali, že vyžralost kompostu ovlivňuje účinnost extrakce živin, mikrobiální aktivitu, obsah fytohormonů a celkový obsah živin.

3.4.3.4 Míchání

Míchání je důležitým faktorem vyluhování kompostů. Míchání nesmí být příliš intenzivní, ale nesmí být ani pomalé. Rychlé promíchávání nepodporuje nárůst biomasy a pomalé promíchávání nedokáže z kompostu vytáhnout dostatečné množství biomasy mikroorganismů a živin. U pomalého míchání také hrozí nárůst bio-filmu, v němž se mohou vyvíjet nežádoucí fytotoxické sloučeniny v důsledku vytvoření anaerobních podmínek (Pant et al., 2012).

3.4.3.5 Pěna

Přítomnost pěny na povrchu výluhu je považována za pozitivní signál, že vyluhování probíhá správně. Znamená, že se do výluhu uvolňují volné proteiny, aminokyseliny a sacharidy. U vermikompostů nadměrná pěna naznačuje, že se v kompostu vyskytovala mrtvá těla žížal a ta teď vykonávají funkci zdroje bílkovin a sacharidů. Pěna se dá potlačit použitím organických povrchově aktivních látek, avšak komerční odpěňovadla nejsou vhodná, neboť usmrcují prospěšné organismy (Pant et al., 2012).

3.4.3.6 Mikroorganismy

Výluhy se vyznačují rozmanitostí bakterií, plísní, prvoků a hlístic, které jsou přítomny v kompostu a které mají řadu užitečných funkcí (Ingham, 2003). Ze zralého a kvalitního kompostu můžeme izolovat bakterie rodu *Enterobacteria*, *Serratia*, *Nitrobacter*, *Bacillus*, *Staphylococcus*, *Actinomycetes* či *Trichoderma* spp. Jedná se o druhy fakultativně anaerobní, které jsou schopné růst i za aerobních podmínek. Provzdušňování výluhů podporuje rozvoj různorodých skupin prospěšných mikroorganismů oproti neprovzdušňovaným, kde naopak může dojít k růstu lidských patogenů. Některé studie ale dokazují opak a ve výluzích bez aerace s kratší dobou extrakce došlo ke zvýšení rozmanitosti aktivních mikroorganismů a zamezení rozvoji patogenních organismů (Dearborn, 2011). Čím větší je rozmanitost prospěšných mikroorganismů, tím větší je pravděpodobnost, že budou potlačeny patogeny a choroby rostlin. Kvalitní kompost je rozhodujícím faktorem ovlivňující hodnotu výluhů z mikrobiologického hlediska (Pant et al., 2012).

Následná filtrace či ředění výluhů může způsobit snížení populace mikroorganismů odstraněním suspendovaných částic (Dearborn, 2011).

3.4.3.7 Patogeny

Výluhy mohou obsahovat fekální koliformní bakterie. Přítomnost těchto bakterií nasvědčuje nedávnému fekálnímu znečištění a nehygienickému zpracování surovin kompostu. Znečištění může být přímé, například kontaktem s výkaly (hnojem), či nepřímé, od zašpiněných lidských

rukou. Nejčastěji přítomnými patogeny jsou *Escherichia coli*, *Streptococcus*, *Salmonella* a *Clostridium perfringens* (Brinton et al., 2004). Zpracovávaný kompost nesmí obsahovat lidské patogeny a fyto toxické sloučeniny (Pant et al., 2012).

3.4.3.8 Voda

Voda určená pro přípravu výluhu nesmí obsahovat chlór a chloraminy, neboť tyto látky mohou způsobit inhibici růstu a množení mikroorganismů v procesu výroby (Dearborn, 2011). Hodnoty pH nesmí být příliš nízké ani příliš vysoké, mohly by způsobit problémy při extrakci (Ingham, 2003). Optimální poměr kompostu k vodě je variabilní (Pant et al., 2012) v závislosti na procesu přípravy, kvalitě kompostu a následnému použití. Vyluhování nezralého kompostu bude mít za následek nízké koncentrace živin a nízké populace mikroorganismů. Nejlepší výsledky růstu rostlin vykazují výluhy při poměru vermikompost: voda v rozmezí 1: 10 až 1: 20 (Pant et al., 2011b).

3.4.3.9 Teplota

Teplota, vlhkost, odpařování a jiné abiotické podmínky mají vliv na tempo růstu mikroorganismů a ovlivňují kvalitu výluhů (Pant et al., 2012).

3.4.3.10 Přídavné látky

Přídavné látky v podobě řas, rybiho hydrolyzátu, melasy či huminových kyselin se přidávají jako katalyzátory nebo mikrobiální startéry, které mají podporovat zvýšení populací mikroorganismů. Aditiva by měla být přidávána obezřetně, protože některé studie dokazují, že například přídavek melasy může podpořit růst lidských patogenů (*Salmonella* a *E. coli*) (Dearborn, 2011).

3.4.3.11 Technologie

Kvalitu výluhů lze snížit i nesprávným zacházením či špatným výrobním procesem, přestože je kompost kvalitní (Brinton et al., 1996).

3.4.4 Využití výluhů

Hlavním přínosem výluhů je obsah rozpustných živin s možností využití jako kapalného hnojiva na list i do půdy (Deepthi et Reddy, 2013). Další z předních výhod výluhů je schopnost potlačovat choroby a patogeny rostlin biologickými interakcemi. Tyto interakce mohou nastat prostřednictvím řady mechanismů, např. antibiózou, kompeticí či parazitismem. První výzkumy týkající se účinků výluhů na rostliny a půdní úrodnost se objevují v 80. letech minulého století (Dearborn, 2011).

Výluhy obsahují prospěšné mikroorganismy, rozpustné minerální živiny, huminové látky, fytohormony a nízké organické kyseliny. Aplikací vodných výluhů se zvyšuje biologická aktivita půd, koncentrace organických kyselin, rostlinných regulátorů růstu, minerálních živin a dodávají se do půdy jemné organické částice (Pant et al., 2012). Prospěšné mikroorganismy vytvářejí ochranný film kolem listů nebo kořenů a zabraňují vstupu infekce do rostlin. Kromě potlačení nákazy, udržují živiny v půdě, napomáhají půdní agregaci, díky čemuž se zvyšuje vododržnost půdy a provzdušnění půdy. Jedná se o jakousi „detoxikaci“ půdy a půdní vody, která usnadňuje růst rostlin (Ingham, 2003).

Výluhy mají uplatnění u plísňových onemocnění šířících se z listu na list či z povrchu kmene. Příkladem může být strupovitost (*Venturia inaequalis*), plísně a padlí révy vinné (*Plasmopara viticola* a padlí révové) či plíseň rodu *Botrytis*, často napadající ovoce a zeleninu (Brinton et al., 1996). Výluhy z kompostů, kromě schopnosti potlačit bakteriální a plísňová onemocnění rostlin (Ingham, 2003), inhibují růst mycelia patogenů, klíčení spor (Deepthi et Reddy, 2013) či rozmnožování organismů, které způsobují onemocnění (Ingham, 2003). Mohou fungovat na principu antagonismu k jednotlivým patogenům nebo mohou zlepšovat indukovanou rezistenci vůči patogenu (Brinton et al., 1996).

Výluhy z vermikompostů obsahují tři základní živiny – dusík ve formě dusičnanů a amonných iontů, fosfor a draslík (Balfanz et al., 2016).

Výhodou vodných výluhů je snadnější manipulace a aplikovatelnost na plodiny oproti vermikompostu, který je objemný a při hnojení je třeba ho zapravit do půdy (Edwards et al., 2006). Výluhy je možné použít jako alternativu chemických hnojiv a pesticidů a lze je aplikovat v zemědělství, při úpravě golfových hřišť či parků (Dearborn, 2011). Postřik z výluhů využívající se pro potlačení chorob ovoce, zeleniny či okrasných rostlin lze aplikovat v pravidelných intervalech každých 5 – 10 dní. Pro trávníky s vysokou údržbou je vhodná

aplikace 2x týdně (Balfanz et al., 2016). Rozpustné minerální živiny jsou snadno dostupné pro rostliny a podporují růst a výnos zemědělských plodin (Pant et al., 2011b). Růst a výnos jsou podporovány, pokud nedojde k aplikaci koncentrovaných dávek výluhů, neboť nadměrná aplikace růst naopak inhibuje (Edwards et al., 2006).

Použití výluhů je vhodné v kombinaci s kompostem či vermikompostem. Nemělo by docházet k nahrazení kompostu výluhy, neboť zapravením do půdy komposty působí jako dlouhodobý zdroj živin a ochrana proti patogenům. Výhoda výluhů spočívá ve snadné aplikaci na list, kde ale působí mnohem kratší dobu (Brinton et al., 1996).

3.5 Vybrané prvky

3.5.1 Makronutrienty

Dusík (N), fosfor (P) a draslík (K) jsou primární makronutrienty. Sekundární makronutrienty rostliny potřebují v menších množstvích, patří mezi ně hořčík (Mg), vápník (Ca) a síra (S) (Streich et al., 2014).

Tab. č. 4: Přijímané formy makronutrientů rostlinami (Streich et al., 2014)

Dusík	Fosfor	Draslík	Hořčík	Vápník	Síra
NH ₄ ⁺	H ₂ PO ₄ ⁻	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻
NO ₃ ⁻	HPO ₄ ²⁻				

3.5.1.1 Dusík

Patří do skupiny V A v periodické tabulce prvků. Ze současných poznatků vyplývá, že dusík je 30. nejhojnější prvek na Zemi (Krebs, 2012).

Celkový obsah dusíku v půdách se pohybuje od 0,02 do 0,5 % a to zejména ve formě organických látek. Rostliny přijímají dusík ve formě iontů a to kationtu amonného nebo aniontu nitratového neboli dusičnanového (viz. Tab. č. 4). Množství dusíku v sušině rostlin se v průměru pohybuje v rozmezí 1 – 3 %. V rostlinách plní řadu funkcí, např. stavební, metabolickou, transportní i zásobní. Je obsažen zejména v bílkovinách, nukleových kyselinách, chlorofylu, chitinu i enzymech. Jedná se o živinu, která nejvíce limituje rostlinnou produkci. (Mikanová et Šimon, 2013). V kyselém prostředí převažuje příjem NO₃⁻ a v neutrálním až alkalickém

prostředí se příjem vyrovná nebo převažuje příjem NH_4^+ . Příjem NO_3^- podporuje příjem ostatních iontů, hlavně K^+ , Ca^{2+} a Mg^{2+} (Vaněk et al., 2007).

Nedostatek dusíku u rostlin způsobuje omezení tvorby stavebních a funkčních bílkovin, což se projevuje omezením růstu a následně snížením výnosu doprovázený zhoršením kvality produkce (Mikanová et Šimon, 2013).

3.5.1.2 Fosfor

Stejně jako dusík je zařazen do skupiny V A v periodické tabulce prvků. Je to 12. nejhojnější prvek na světě a tvoří asi 0,1 % zemské kůry (Krebs, 2012).

Celkové množství fosforu v půdě kolísá od 0,01 do 0,15 %. Obsah fosforu v rostlinách se průměrně pohybuje v rozmezí 0,3 – 0,4 %. Fosfor rostliny přijímají aktivně ve formě aniontů kyseliny trihydrogenfosforečné (viz. Tab. č. 4) (Vaněk et al., 2007). Fosfor je nezbytný pro všechny metabolické procesy růstu a vývoje u rostlin i mikroorganismů a je jedním z rozhodujících faktorů tvorby výnosu (Mikanová et Šimon, 2011).

Při nedostatku jsou narušeny významné procesy v rostlinách, hlavně související s fotosyntézou. Snížený obsah fosforu omezuje růst a tvorbu květů, semen, plodů a letorostů. Snižuje se odolnost proti mrazu (Vaněk et al., 2007).

3.5.1.3 Vápník

Vápník je zařazen mezi kovy alkalických zemin skupiny II A periodické tabulky. Jedná se o pátý nejhojnější prvek v zemské kůře (Krebs, 2012).

Jeho celkový obsah v půdách se může pohybovat v širokém rozmezí od 0,15 do 10 %. Obsah vápníku v sušině je velmi variabilní a většinou se pohybuje v rozmezí 0,4 – 1,5 % v závislosti na druhu rostlin, orgánu a jeho stáří. Vápník je přijímán převážně pasivně rostlinami jako kationt Ca^{2+} . Příjem může být významně ovlivněn přítomností jiných iontů, především H^+ , NH_4^+ , Mg^{2+} , Mn^{2+} a K^+ . Fyziologický význam vápníku v rostlinných pletivech spočívá především ve stabilizaci buněčných stěn a membrán. (Vaněk et al., 2007).

Nedostatek vápníku je nejčastěji důsledek antagonistického působení K^+ . Vyvolává vážné fyziologické poruchy při dozrávání a skladování ovoce. Dále způsobuje pihovatost, moučnatost, sklovitost či hnilobu plodů (Vaněk et al., 2007).

3.5.1.4 Hořčík

Stejně jako vápník patří i hořčík do skupiny kovů alkalických zemin II A. a je sedmý nejhojnější prvek nacházející se na Zemi (Krebs, 2012).

Půdy obsahují v průměru 0,4 – 0,6 % hořčíku. Obsah hořčíku v rostlinách se pohybuje od 0,04 do 0,3 %. Rostliny přijímají hořčík převážně pasivně ve formě hořečnatého kationtu (viz. Tab. č. 4) rozpuštěného v půdním roztoku. Rozhodující je i vztah k dalším kationtům, především draslíku. Hořčík je v rostlinách přítomen ve sloučeninách, jako je chlorofyl, fyтин, oxaláty apod., dále sorpčně vázaný nebo ve formě chelátů a volných iontů. Aktivuje četné enzymové systémy či působí na syntézu bílkovin (Vaněk et al., 2007).

Výrazný nedostatek se projevuje omezením tvorby a obnovy chlorofylu a chloroplastů a tím omezením fotosyntézy. Dále se projevuje snížením obsahu bílkovin, cukru, škrobu a dalších látek, což má za následek pokles výnosů (Vaněk et al., 2007).

3.5.1.5 Síra

Síra patří mezi nekovy skupiny VI A a tvoří 1 % zemské kůry (Krebs, 2012).

Obsah síry ve většině zemědělských půd kolísá v širokém rozsahu, běžně od 50 do 500 mg S/kg. Síra je rostlinami přijímána převážně jako aniont SO_4^{2-} z půdy. Přijatá síra je u vyšších rostlin zabudována do organických sloučenin – aminokyselin cysteinu a methioninu. Redukovaná síra (-SH) má významné postavení v řadě sloučenin v oxidačně-redukčních procesech (Vaněk et al., 2007).

Nedostatek síry se projevuje omezením syntézy bílkovin, včetně enzymů. Snížená fotosyntetická asimilace vede k nižší produkci cukrů, a tím následně ke snížení obsahu hlavních energetických složek rostlin, škrobu, cukrů apod. (Vaněk et al., 2007).

3.5.2 Mikronutrienty

Mikronutrienty rostliny využívají v mnohem nižších množstvích oproti makroživinám. Jsou součástí enzymů a kofaktorů a podílejí se na přenosu energie. Mikronutrienty zahrnují železo (Fe), zinek (Zn), molybden (Mo), mangan (Mn), bor (B), měď (Cu) a nikl (Ni) (Streich et al., 2014).

Tab. č. 5: Přijímané formy mikronutrientů rostlinami (Streich et al., 2014)

Železo	Bór	Mangan	Zinek	Měď	Nikl	Molybden
Fe ²⁺ Fe ³⁺	H ₂ BO ₃ ⁻	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Cu ⁺ Cu ²⁺	Ni ⁺	MoO ₄ ²⁻

3.5.2.1 Železo

Železo se řadí v periodické tabulce do skupiny VIII B a je to čtvrtý nejhojněji zastoupený prvek v zemské kůře (Krebs, 2012).

Většina půd vykazuje poměrně vysoký obsah železa (okolo 2 %). Rostliny železo přijímají ve formě železnatých a železitých kationtů (viz. Tab. č. 5). Příjem je značně ovlivňován hodnotou pH půdy – optimum 5,0 – 6,5. Většina železa je soustředěna v chloroplastech a mitochondriích. Velká část je také vázána ve fosfoproteinech a je součástí četných enzymů (Vaněk et al., 2007).

Při nedostatku Fe je omezena tvorba chlorofylu hlavně ve vrcholových částech rostliny (Vaněk et al., 2007).

3.6 Aditiva

3.6.1 Fugát

Fugát je čirá kapalná frakce digestátu, tvořená převážně vodou (90 %) a nízkým obsahem zbytkového substrátu a anorganických sloučenin (Balsari et al., 2014). Barva je tmavě šedá až černá (Tlustoš et al., 2014). Přirozeně je obsah sušiny nízký, obvykle se pohybuje v rozmezí 0,8 – 3 % (Kolář et al., 2010) a pH v rozmezí od 7 – 9,5 stejně jako u digestátu (Tlustoš et al., 2014). Většina živin po separaci digestátu zůstává v kapalně frakci. Do půdy je obvykle aplikován jako organické hnojivo nebo ve směsi s vodou za účelem zavlažování (Balsari et al., 2014). Při aplikaci na půdu je důležité znát celkový obsah živin v sušině i obsah přijatelných živin v čerstvé hmotě (Tlustoš et al., 2014). Vzhledem k tomu, že se jedná o vysoce zředěné roztoky, živiny v nich obsažené jsou zastoupeny v setinách maximálně desetinach procent. To je dáno tím, že v kapalně části digestátu je dusík sice v minerální podobě, tzn. rostlinám přístupný, a v sušině fugátu ho může být až 10 %, ale obsah sušiny fugátu je jen 1 – 3 %, tj. obsah dusíku ve fugátu je jen 0,15 – 0,30 % (Kolář et al., 2010). Fugát obsahuje

převážně draslík a amonný dusík (Al Seadi et Lukehurst, 2012). Kromě aplikace na půdu je možné fugat částečně nebo úplně recyklovat v provozu ČOV nebo BPS.

Přebytek vody při hnojení může způsobovat problémy v lehkých i těžších půdách. Nevhodnou aplikací v lehkých půdách může zvyšovat vymývání živin do spodních vrstev a v těžších půdách může zhoršovat poměr voda-vzduch (Kolář et al., 2010).

3.6.2 Šungit

Šungit tvoří různorodou skupinu prekambriických hornin (Kovalevski et al., 2001). Představuje vysoce kondenzovanou uhlíkatou hmotu. Nejznámější naleziště šungitu je v ruské Karélii. Šungit může být lesklý, polomatný a matný. Všechny odrůdy jsou velmi tvrdé a kompaktní, na lomu lasturnaté. Lesklý šungit je černé kovové barvy. Matná forma obsahuje četné anorganické příměsi, jako jsou pyrit, křemen, hlinky či uhličitany. Polomatný šungit je přechod mezi těmito formami (Kwiecinska et al., 2007).

Tento nerost obsahuje křemík a uhlík v neobvyklé kulovité formě tzv. fullerenů. Šungit dezinfikuje a čistí vodu, absorbuje z ní těžké kovy, železité přísady, organické sloučeniny s chlorem, dusičnany a amoniak, vodě dodává pramenitou chuť, ničí bakterie a pohlcuje volné radikály (Pejša, 2010). Také je významným zdroje makro- a mikroprvků a stopových prvků (Khomiakova, 2016).

4 Materiál a metody

Práce byla zadána v listopadu roku 2014 na katedře agroenvironmetální chemie a výživy rostlin na České zemědělské univerzitě v Praze. Základem práce bylo zhodnocení kvality samotných výluhů z vermikompostu a zhodnocení přídavku kapalné frakce digestátu na vlastnosti výluhů z hlediska obsahu živin. Výzkum byl provázen studiem odborné literatury týkající se problematiky výluhů a chovu žížal v systému vermikompostování. Fotografická dokumentace byla pořizována fotoaparátem Nikon COOLPIX L310. Pokud není uvedeno jinak, fotografie byly pořízeny autorkou.

Výsledky obsahují zhodnocení jednotlivých výluhů dle druhu vermikompostu bez přídavku fugátu a s přídavkem fugátu. Jednotlivé varianty jsou mezi sebou porovnávány a vyhodnoceny. Dále je zhodnoceno časové hledisko a jsou zdůrazněny ty časové intervaly, u nichž bylo dosaženo nejlepší vyluhovatelnosti.

4.1 Proces přípravy vermikompostů

Vermikompostování probíhalo ve speciálně upravené místnosti ve sklepních prostorech na výzkumné stanici Červený Újezd FAPPZ ČZU. Místnost je vybavena klimatizační jednotkou pro regulaci teploty a cirkulaci vzduchu. Teplota se udržuje automatickým nastavením na 25 °C a relativní vlhkosti 80 %. Místnost se pravidelně větrá každých 12 h (ráno a večer) po dobu 15 minut. V průběhu vermikompostování se v místnosti permanentně svítilo, aby nedocházelo k únikům a migraci žížal mezi vermikompostéry.

Pro pokus byly založeny čtyři varianty vermikompostů s použitím čtyř druhů biologicky rozložitelného odpadu, tj. jablečných výlisků, koňského hnoje, kuchyňského bioodpadu a matoliny. Vermikompostování probíhalo ve speciálních plastových vermikompostérech (viz. Příloha č. 12) od firmy WormFactory. Vermikompostéry jsou tvořeny miskami o rozměrech 40 x 40 x 18 cm s perforovaným dnem, které bylo překryté geotextilií, aby se zabránilo úniku žížal ze substrátu a ke ztrátám vermikompostu. Nejspodnější miska slouží k zachytávání přebytečné vlhkosti ze substrátu (tzv. žížalí čaj). Spodní misky jednotlivých vermikompostérů se naplnily 10 litry substrátu obsahující žížaly. Jeden litr substrátu obsahoval kolem 200 jedinců žížal rodu *Eisenia* (viz. Příloha č. 11). Po naplnění spodní misky se na ni postavila svrchní miska, která se naplnila 5 litry vybraného biologicky rozložitelného odpadu

určeného k vermikompostování. Po naplnění byla každá nádoba navlhčena, aby se zabránilo vysychání odpadu. Vermikompostovaný substrát se jednou týdně kontroloval a v případě potřeby ovlhčil pomocí rozprašovače. Pravidelně každých 14 dní se doplňoval substrát až do vytvoření stabilních vermikompostů. Z hotových vermikompostů se odebraly vzorky, u nichž se zjistilo chemické složení a stanovila měrná vodivost, pH a obsah spalitelných látek.

4.1.1 Stanovení sušiny

Pro stanovení sušiny vermikompostů se navážilo 30 g čerstvého vzorku do hliníkové misky, která byla předem zvážena. Miska se vzorkem se vložila do sušárny, kde se nechala 48 hodin při teplotě 105 °C. Poté byl vzorek vyjmut a nechal se vychladnout. Po zchladnutí se opět zvážil a ze zjištěné hmotnosti se odečetla hmotnost misky a spočítalo se procentuální zastoupení sušiny ve vzorku (viz. Tab. č. 6).

4.1.2 Stanovení pH a elektrické vodivosti

Do dvou plastových třepacích baněk bylo naváženo 10 g čerstvého vermikompostu (2 opakování), který byl zalit 50 ml demineralizované vody. Poté se daly baňky třepat po dobu 20 minut při 220 ot./min. Po třepání bylo změřeno pH pH-metrem 315i/SET a elektrická vodivost konduktometrem TESTO 240 (viz. Tab. č. 6). Získané hodnoty byly porovnány s pH a elektrickou vodivostí výluhů.

4.1.3 Mikrovlnný rozklad

Pro stanovení obsahu prvků v čerstvých vermikompostech se použila metoda rozkladu vzorků za zvýšeného tlaku s mikrovlnným ohřevem pomocí mikrovlnného laboratorního mineralizačního systému ETHOS 900 s technologií MDR (Microwave Digestion Rotor).

Pro stanovení bylo naváženo do rozkladné teflonové nádoby 0,5 g vzorku na 2 opakování. Následně byla navážka zalita mineralizačním činidlem – 8 ml 65 % HNO₃ a 2 ml H₂O₂. Takto připravené vzorky se vložily do segmentu rotoru a poté se vložily do rotoru mineralizační jednotky a 35 minut byly ponechány mikrovlnnému rozkladu. Po rozkladu se ze vzorků nechala odpařit přebytečná reakční směs. Poté se vzorky převedly do zkumavek a doplnily se demineralizovanou vodou na objem 25 ml. Takto připravené vzorky se podrobily stanovení koncentrace přístupných živin (mg/l) pomocí ICP-OES (viz. kapitola 4.3.1).

4.2 Proces přípravy výluhů

Produkce vodných výluhů z výše popsaných vermikompostů probíhala v laboratoři katedry agroenvironmentální chemie a výživy rostlin v Demonstrační a pokusné stáji ČZU.

Pro náš pokus se testovaly výluhy s aerací, k jejichž přípravě se použila demineralizovaná voda a strukturovaná voda. Demineralizovaná voda byla připravena v laboratoři. Voda strukturovaná se vyrobila ze studánkové vody, která byla obohacena šungitem (150 g šungitu na 3 l studánkové vody). Šungit pochází z oblasti ruské Karélie a voda ze studánky (Zázračná studánka) z oblasti Praha – Lysolaje z dolní části údolí Housle při modré turistické stezce.

Výroba výluhů spočívala v naplnění skleněné kádinky (o objemu 10 l) 9 litry demineralizované vody/strukturované vody o teplotě kolem 27 °C. Na dno kádinky bylo umístěno magnetické míchadlo, které zajistilo mísení suspenze, s nastavením na 750 otáček za minutu, po určenou dobu extrakce. Pro stanovený objem vody tvořila navážka jednotlivých vermikompostů 1 kg. Čerstvý vermikompost byl navážen do koše, který se vložil do kádinky, zalil se demineralizovanou/strukturovanou vodou u výluhů bez přídavku fugátu a u výluhů s přídavkem fugátu se zalil 100 ml/500 ml fugátu a demineralizovanou/strukturovanou vodou dle varianty. U arovaných výluhů byl zajištěn přívod vzduchu (10 Nm/l) pomocí perforované PVC trubičky a teplota výluhu se automaticky udržovala na 30 °C. Laboratorní zařízení pro výrobu vodných výluhů (viz. Příloha č. 15) se skládá ze 4 na sobě nezávislých sond, které po celou dobu extrakce zaznamenávají měrnou vodivost, obsah rozpuštěného kyslíku, teplotu a pH. Teplota a obsah rozpuštěného kyslíku jsou regulovatelné, čímž je zajištěn správný proces extrakce a kontrola procesu.

4.3 Odběr a zpracování vzorků vodných výluhů

Odběr vzorků vodných výluhů probíhal v průběhu extrakce po 1, 6, 12, 24 a 48 h. Odebraný vzorek o objemu 280 ml se pomocí plastové stříkačky přemístil do sterilní plastové baňky. Po odběru se extrahované vermikomposty nedoplňovaly novou demineralizovanou vodou.

Chemické rozborů vodných výluhů probíhaly v laboratořích na katedře agroenvironmentální chemie a výživy rostlin FAPPZ ČZU. Odebrané vzorky byly centrifugovány na laboratorní centrifuze při 6 tis. ot./min po dobu 10 minut. Centrifugované výluhy byly rozděleny do sterilních zkumavek pro stanovení jednotlivých analýz. Na stanovení DOC a celkového N bylo celkem odebráno dvakrát 30 ml výluhu na dvě opakování do třech plastových kyvetek. Pro stanovení makroprvků se odebralo celkem dvakrát 30 ml na dvě opakování a na mikroprvky také dvakrát po 30 ml výluhu do skleněných zkumavek.

4.3.1 Optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (OES-ICP)

Pomocí optické emisní spektrometrie (spektrometr Vista-Pro) se v odebraných vzorcích stanovily obsahy vybraných živin.

OES je založena na registrování fotonů vzniklých přechody valenčních elektronů z vyšších energetických stavů na nižší. Měří se zářní emitované atomy nebo ionty v excitovaném stavu (Mihaljevič et al., 2004). Optický emisní spektrometr funguje na principu zahřívání jedné látky, která přechází ze skupenství pevného přes kapalné až do plynného. Dalším zvyšováním teploty přecházejí látky složitější povahy na látky jednodušší až na samotné atomy. Ty potom dalším zvyšováním teploty přecházejí ze základního stavu, na vyšší vybuzené energetické stavy až po ionizaci a buzení vyšších iontových stavů (Száková et al., 2005).

Pro měření pomocí OES-ICP se přivedl 1 ml/min vzorku do ICP-spektrometru, který stanovil obsah vybraných živin.

4.3.2 Stanovení pomocí přístroje Skalar

Analyzátor Skalar SANPLUS System má široké využití. Hodí se pro měření BSK, CHSK, kyvetové testy (celkový fosfor, celkový dusík, atd.), pH, vodivost, alkalitu apod. Analyzátor Skalar je zcela automatický robotický přístroj, který obstará řešení pro operaci se vzorkem, jako je pipetování, míchání, ohřev, chlazení a měření jakýchkoli vzorků vody za použití kyvetových testů (Anon., 2016).

Vzorky byly vyhodnoceny flexibilním víceúčelovým programem Software RoboticAccess pro ovládání robotických analyzátorů Skalar (Anon., 2016).

4.3.2.1 Stanovení organického uhlíku (DOC)

Vzorky se nejprve okyselí roztokem kyseliny sírové a nechají se probublávat dusíkem. Díky tomu dochází k uvolňování anorganického a organického těžkého organického uhlíku. Roztok se poté mísí s boraxem a vkládá do UV-detektoru. Tím dochází k oxidaci organického uhlíku na oxid uhličitý. Oxid uhličitý je vyloučen z roztoku okyselením a probubláváním. Množství oxidu uhličitého se detekuje pomocí infračerveného záření.

4.3.2.2 Stanovení celkového dusíku (N_T)

Vzorek je míchán s boraxovým pufrem. Po promíchání se přidá přebytek persíranu draselného a směs se dá do UV-detektoru. Dusičnany jsou stanoveny pomocí Griessovy reakce. Vzniká tak azobarvivo, které se měří při 540 nm.

4.3.3 Vyluhovatelnost prvků

Na základě získaných celkových obsahů živin v čerstvých vermikompostech, které byly stanoveny pomocí optické emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem, bylo spočteno procento jejich vyluhovatelnosti do roztoku.

$$\text{Vyluhovatelnost (A)} = \frac{c_A \times V}{w_A \times w \times m} \times 100 [\%]$$

A	- Sledovaný prvek	[%]
cA	- Koncentrace prvku ve výluhu	[mg/l]
V	- Objem vody	[l]
wA	- Celkový obsah prvku ve vzorku	[ppm]
w	- Sušina	
m	- Hmotnost navážky	[mg]

4.3.4 Statistická analýza

Všechna získaná data byla statisticky vyhodnocena pomocí programu STATISTICA 12 s hladinou významnosti 95 % ($\alpha = 0,05$). Ke zjištění zda se výsledné hodnoty statisticky významně liší, byla použita jednofaktorová ANOVA. Pokud se hodnoty statisticky významně lišily, byl použit Tukey t – test pro podrobnější zhodnocení.

5 Výsledky

Tato diplomová práce testuje vyluhovatelnost živin z vermikompostů a vliv fugátu na vlastnosti výluhů s ohledem na druh vermikompostu, druh použité vody, čas vyluhování vermikompostu a na množství přidaného fugátu.

Výsledky diplomové práce budou rozděleny na tři části. První část se bude zabývat analýzou vermikompostů a analýzou hodnot výluhů naměřených přístrojem na přípravu výluhů. Všechny získané hodnoty byly zapsány a zpracovány do grafů a tabulek. Druhá část výsledků bude zaměřena na zhodnocení naměřených obsahů celkového dusíku, rozpuštěného organického uhlíku (DOC) a vybraných prvků (P, Ca, Mg, S, Fe). Třetí část výsledků se bude zabývat porovnáváním jednotlivých hodnot mezi sebou z hlediska obsahu vyluhovatelných živin a času odběru.

5.1 Analýza vermikompostů

5.1.1 Hodnota pH, elektrické vodivosti a sušiny

Průměrné pH čerstvých vermikompostů se pohybovalo mezi hodnotami 6,47 až 6,86. Nejnižší bylo u vermikompostu z matoliny a nejvyšší z kuchyňského bioodpadu a z koňského hnoje (viz. Tab. č. 6).

V čerstvých vermikompostech byla naměřena nejnižší vodivost u koňského hnoje (1,16 mS/cm) a nejvyšší u kuchyňského bioodpadu (2,38 mS/cm) (viz. Tab. č. 6).

Obsah sušiny se pohyboval v rozmezí 17,0 – 35 % (viz. Tab. č. 6). Vermikompost z kuchyňského bioodpadu vykazoval nejvyšší obsah sušiny (35,0 %) a nejnižší s jablečnými výlisky (17 %).

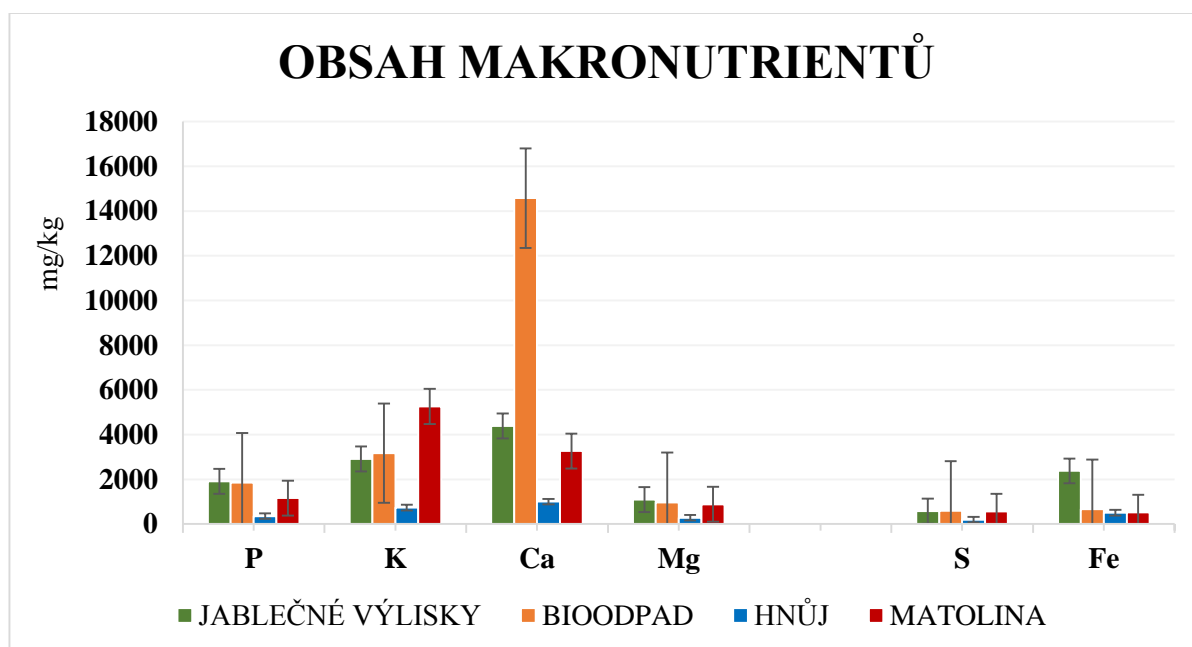
Tab. č. 6: Průměrné hodnoty pH a elektrické vodivosti u čerstvých vermikompostů

Druh vermikompostu	pH	Vodivost (mS/cm)	Sušina %
Jablečné výlisky	6,51	1,83	17,0
Kuchyňský bioodpad	6,86	2,38	35,0
Koňský hnůj	6,81	1,16	20,3
Matolina	6,47	1,49	25,4

5.1.2 Obsah vybraných makronutrientů

V čerstvých vermikompostech byly zjištěny obsahy P, K, Ca a Mg. Jednotlivé obsahy se lišily dle druhu vermikompostu. V Grafu č. 1 je vidět, že nejnižší hladina obsahu makronutrientů je u vermikompostu z koňského hnoje, naopak nejvyšší je u vermikompostu z bioodpadu. Společně s makronutrienty byly ve vyšších koncentracích zjištěny také síra a železo – z hlediska jejich obsahu byly zařazeny do grafu k makronutrientům (viz. Graf č. 1). Mezi nejvíce zastoupené makroživiny z hlediska obsahu patří vápník a draslík. V opačném případě je nejméně zastoupeným prvkem z hlediska obsahu síra a hořčík.

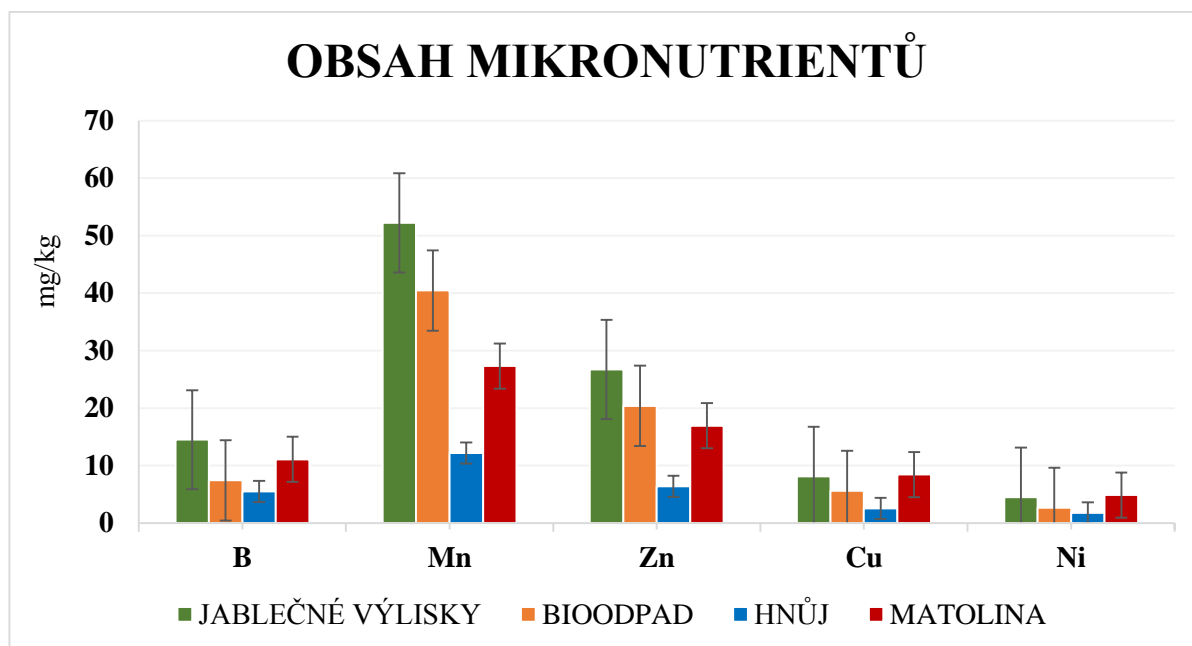
Graf č. 1: Průměrný obsah vybraných makronutrientů (síry a železa) v čerstvých vermikompostech



5.1.3 Obsah vybraných mikronutrientů

Z mikronutrientů byly ve vermikompostech sledovány B, Mn, Zn, Cu a Ni (viz. Graf č. 2). U vermikompostu z koňského hnoje byly zaznamenány nejnižší hladiny obsahu mikronutrientů. Naopak nejvyšší u vermikompostů z jablečných výlisků a kuchyňského bioodpadu. Z hlediska obsahu je nejvíce zastoupeným prvkem mangan (viz. Graf č. 2) a nejméně zastoupenými měď a nikl (viz. Graf č. 2).

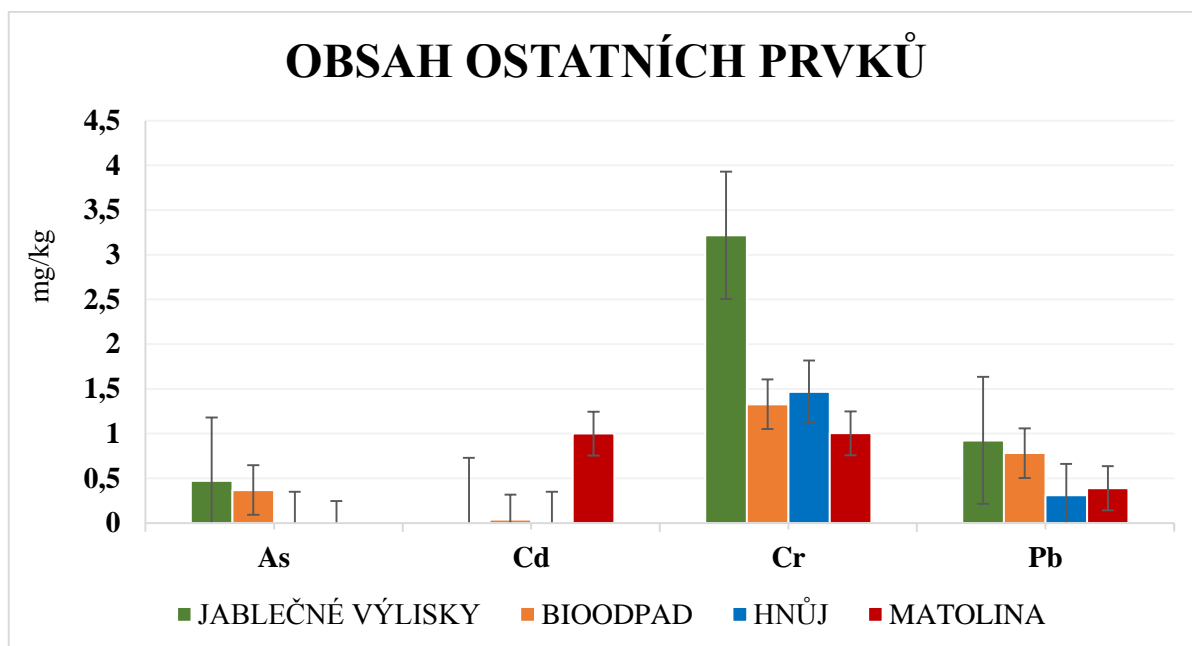
Graf č. 2: Průměrný obsah mikronutrientů v čerstvých vermikompostech



5.1.4 Obsah rizikových prvků

Kromě makro- a mikronutrientů byly v čerstvých vermikompostech zaznamenány koncentrace As, Cd, Cr a Pb (viz. Graf č. 3). Chrom byl nejvíce zastoupeným prvkem z hlediska obsahu v jednotlivých druzích vermikompostů. Druhým nejčastěji zastoupeným prvkem z hlediska obsahu bylo olovo. Arsen a kadmium bylo zjištěno pouze u vermikompostů z jablečných výlisků a z kuchyňského bioodpadu, avšak ve velice nízkých koncentracích blížících se k hranici detekce přístrojem (As <0,03; Cd <0,001).

Graf č. 3: Průměrné obsahy rizikových prvků



5.2 Analýza výluhů

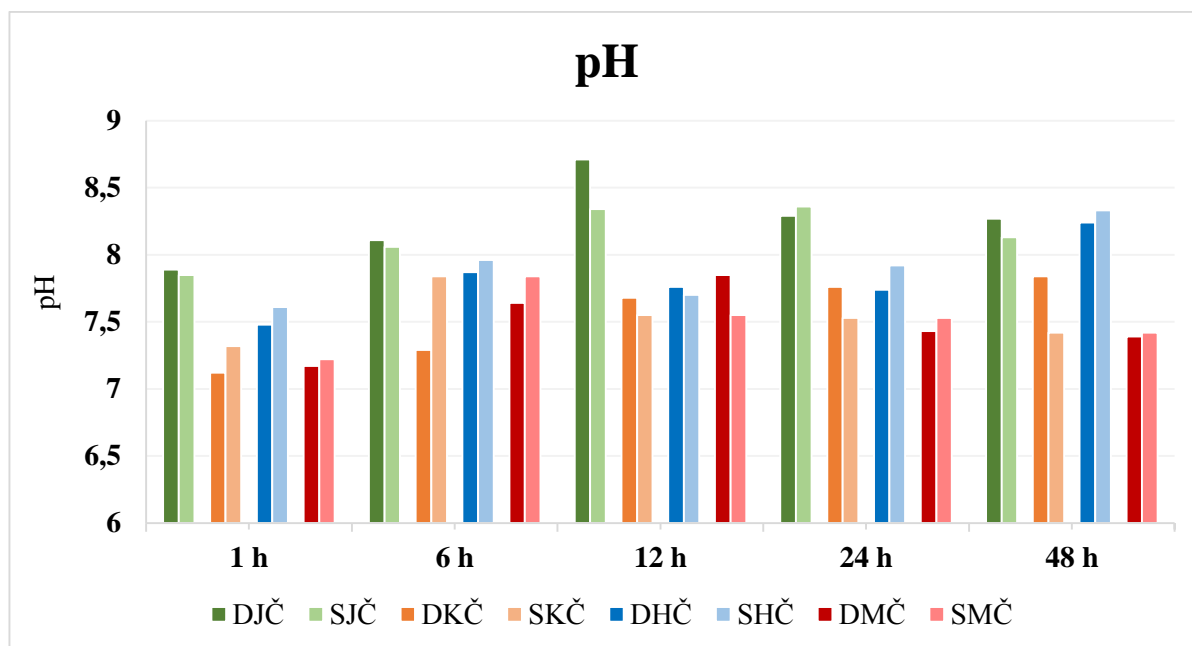
5.2.1 Hodnota pH

Průměrné pH čerstvých vermikompostů se pohybovalo mezi hodnotami 6,47 až 6,86. Nejnižší bylo ve vermikompostu z matoliny a nejvyšší ve vermikompostu z kuchyňského bioodpadu a koňského hnoje (viz. Tab. č. 6). Hodnota pH výluhů se pohybovala od 6,74 až do 8,71 na základě druhu vermikompostu. Jedná se tedy o neutrální až zásadité pH. Celkově lze říci, že byl u všech typů výluhů zaznamenán stoupající trend pH v závislosti na delším čase vyluhování a aeraci výluhů.

Nejnižší hodnota pH u výluhů s demineralizovanou vodou bez přídavku fugátu (viz. Graf č. 4) byla zaznamenána v první hodině měření u všech výluhů. Z grafu je patrné, že s delším časem extrakce se pH zvyšuje. Nejvyšší pH bylo zaznamenáno u vermikompostů z jablečných výlisků – 8,71 a koňského hnoje – 8,24.

U výluhů se strukturovanou vodou bez přídavku fugátu (viz. Graf č. 4) lze vyčíst podobný trend jako u výluhů s demineralizovanou vodou. Nejnižší hodnoty pH byly změřeny po 1. hodině vyluhování s postupným nárůstem pH s delší dobou extrakce. Nejvyšší pH bylo u vermikompostů z jablečných výlisků – 8,36 a u koňského hnoje – 8,33.

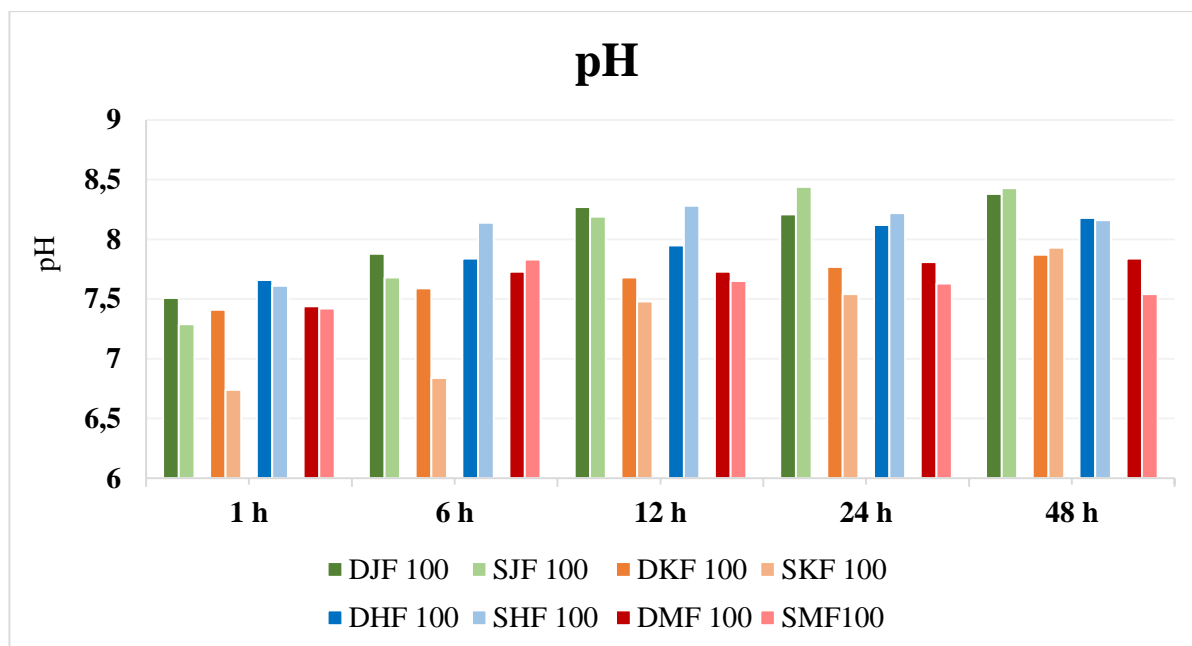
Graf č. 4: Hodnota pH vodných výluhů s demineralizovanou a strukturovanou vodou



U výluhů s demineralizovanou vodou a přídavkem 100 ml fugátu (viz. Graf č. 5) jsou nejnižší hodnoty pH v první hodině vyluhování. Úměrně dobře extrakce roste i pH u všech variant a svého maxima dosahují po 48 h vyluhování. Nejvyšší pH bylo zaznamenáno u vermikompostů z jablečných výlisků – 8,38 a z koňského hnoje – 8,18.

Výluhy se strukturovanou vodou a přídavkem 100 ml fugátu (viz. Graf č. 5) u vermikompostů z kuchyňského bioodpadu a jablečných výlisků dosahují nejnižšího pH na počátku vyluhování a maximálního pH dosahují po 48 h. U vermikompostů z matoliny a koňského hnoje byl zaznamenán mírně klesající trend pH. Nejvyšší hodnota pH byla opět naměřena u výluhů s vermikomposty z jablečných výlisků a koňského hnoje.

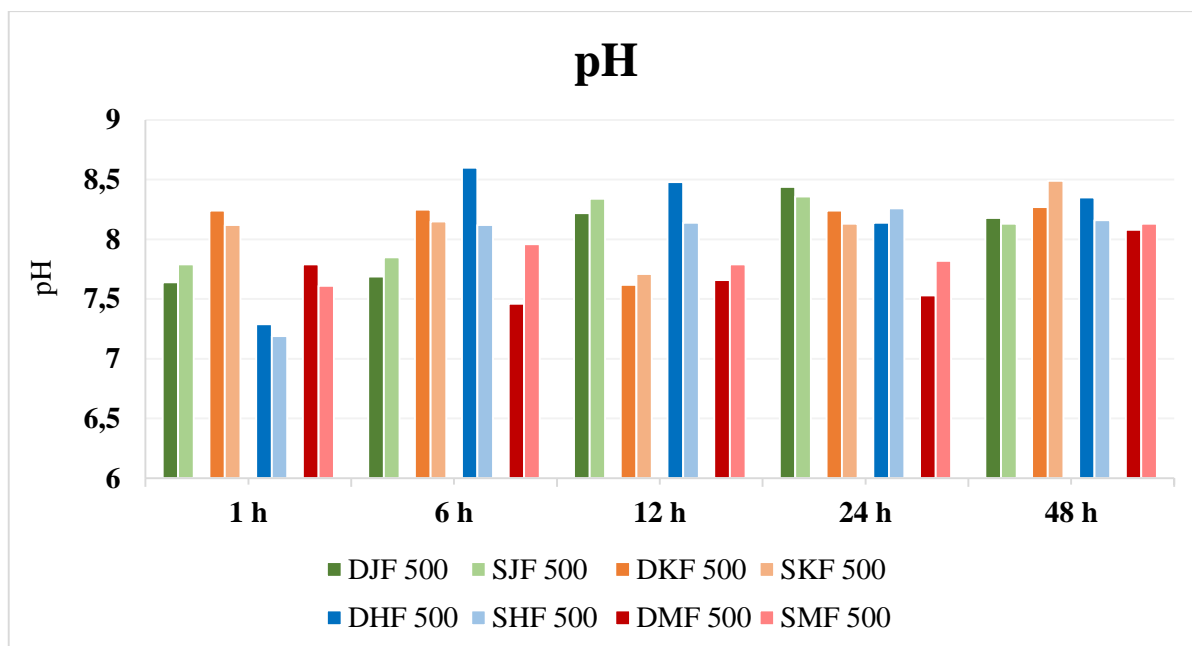
Graf č. 5: Hodnota pH vodných výluhů s demineralizovanou a strukturovanou vodou s přidavkem 100 ml fugátu



Hodnoty pH výluhů s demineralizovanou vodou a přidavkem 500 ml fugátu (viz. Graf č. 6) jsou rozdílné oproti variantě se 100 ml fugátu. Výluhy s vermikomposty z jablečných výlisků, koňského hnoje a kuchyňského bioodpadu dosahují pH kolem 8 s klesajícím trendem vůči delší době vyluhování. Naopak u výluhu s vermikompostem z matoliny pH roste úměrně době extrakce.

U výluhů se strukturovanou vodou a přidavkem 500 ml fugátu byly naměřené hodnoty variabilní. Stejně jako u demineralizované vody a přidavku 500 ml fugátu (viz. Graf č. 6) lze vidět podobný trend u všech variant. U výluhu s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu klesá pH ve 12. hodině vyluhování a následně roste. U výluhů s vermikomposty z jablečných výlisků a z koňského hnoje dochází k nárůstu a poté ve 48. hodině k poklesu hodnoty pH. Výluh s vermikompostem z matoliny má nejprve klesající trend s nárůstem pH ve 48. hodině vyluhování.

Graf č. 6: Hodnota pH vodných výluhů s demineralizovanou a strukturovanou vodou s přidavkem 500 ml fugátu



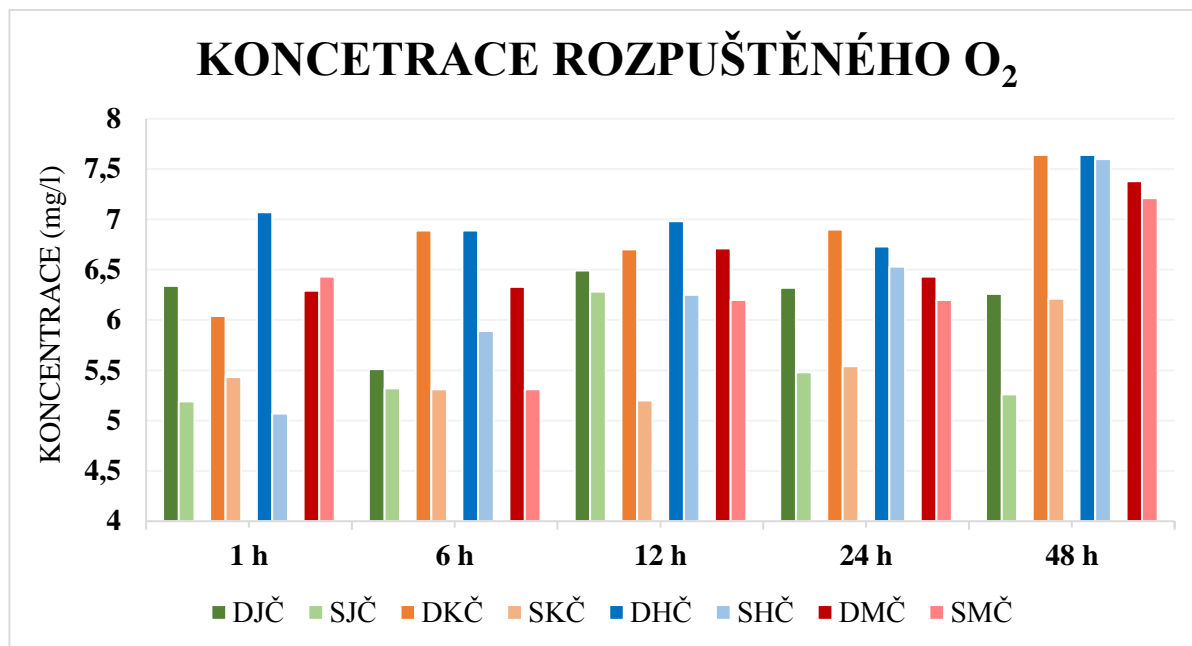
5.2.2 Koncentrace rozpuštěného kyslíku

U provzdušňovaných výluhů by se obsah rozpuštěného kyslíku měl pohybovat mezi 5 až 8 mg/l, aby výluh zůstal aerobní. Toto kritérium splňovaly všechny výluhy a celkově se koncentrace rozpuštěného kyslíku pohybovala v jednotlivých typech výluhů od 5,19 do 7,64 mg O₂/l.

U výluhu s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu s demineralizovanou vodou bez přidavku fugátu se během vyluhování koncentrace rozpuštěného kyslíku téměř neměnila a po 48 h se koncentrace zvýšila. Z Grafu č. 7 je patrné, že u výluhů s vermikomposty z matoliny a koňského hnoje se spotřeba kyslíku během vyluhování snížila. Oproti tomu u výluhu s vermikompostem z jablečných výlisků se koncentrace zvýšila.

Koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodných výluzích se strukturovanou vodou se pohybovala mezi 5,51 – 7,64 mg O₂/l (viz. Graf č. 7). Stejně jako u výluhů s demineralizovanou vodou došlo celkově ke zvýšení obsahu rozpuštěného kyslíku s rostoucím časovým horizontem vyluhování ke konci pokusu.

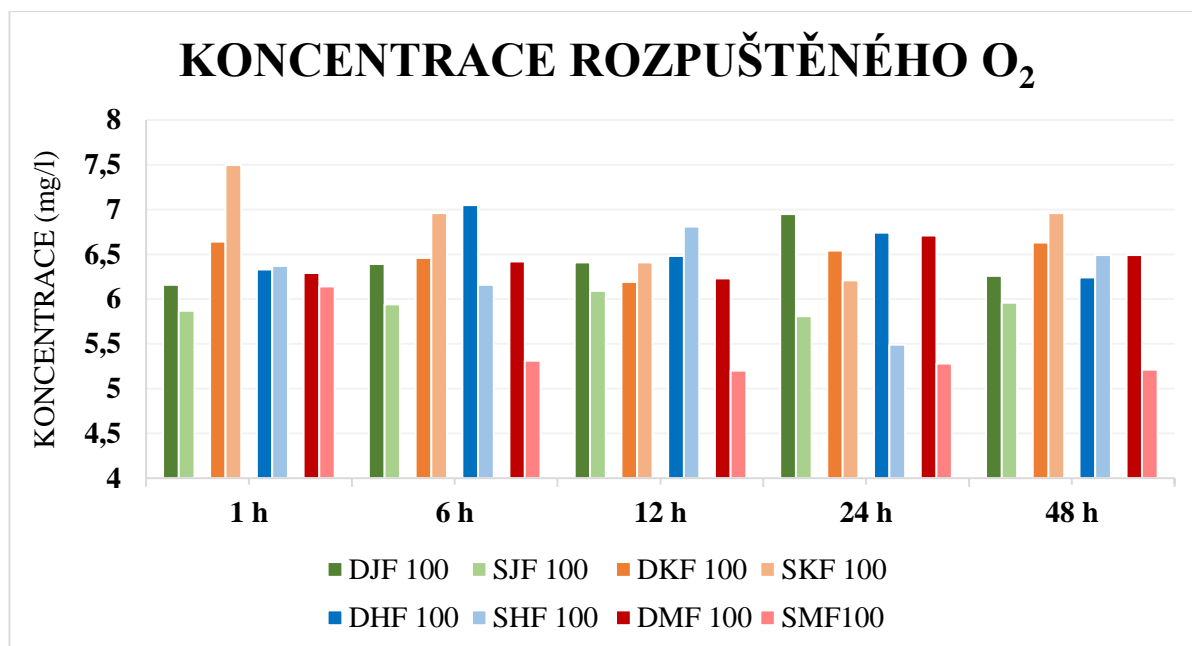
Graf č. 7: Koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodných výlužích s demineralizovanou a strukturovanou vodou



Z Grafu č. 8 je patrný stejný vývoj pro všechny varianty výluhů s demineralizovanou vodou a přidavkem 100 ml fugátu. Po 6 h vyluhování došlo ke vzrůstu obsahu rozpuštěného kyslíku, výjimku tvoří výluh s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu, u něhož došlo k mírné spotřebě. Tento nárůst je nejvíce patrný u výluhu s vermikompostem z koňského hnoje (7,05 mg O₂/l). Po 12 h vyluhování se zvýšila spotřeba kyslíku u všech variant kromě DJF 100, zde se spotřeba mírně snížila (6,41 mg O₂/l). Zvýšení koncentrace kyslíku bylo naměřeno u všech variant po 24 hodinách vyluhování bez rozdílu, následované spotřebou kyslíku s výjimkou bioodpadu, kde spotřeba mírně klesla.

Výluhy s vermikomposty z matoliny a z kuchyňského bioodpadu se strukturovanou vodou a přidavkem 100 ml fugátu (viz. Graf č. 8) dosáhly nejvyššího obsahu rozpuštěného kyslíku v 1. hodině vyluhování. U matoliny došlo k postupné spotřebě kyslíku po celou dobu vyluhování, kdežto u bioodpadu došlo po 24. hodině ke zvýšení koncentrace rozpuštěného kyslíku. Oproti tomu SHF 100 a SJF 100 dosáhly nejnížší spotřeby kyslíku ve 12. hodině (6,81 mg O₂/l a 6,09 mg O₂/l) vyluhování a nejvyšší ve 24. hodině vyluhování (5,49 mg O₂/l a 5,81 mg O₂/l).

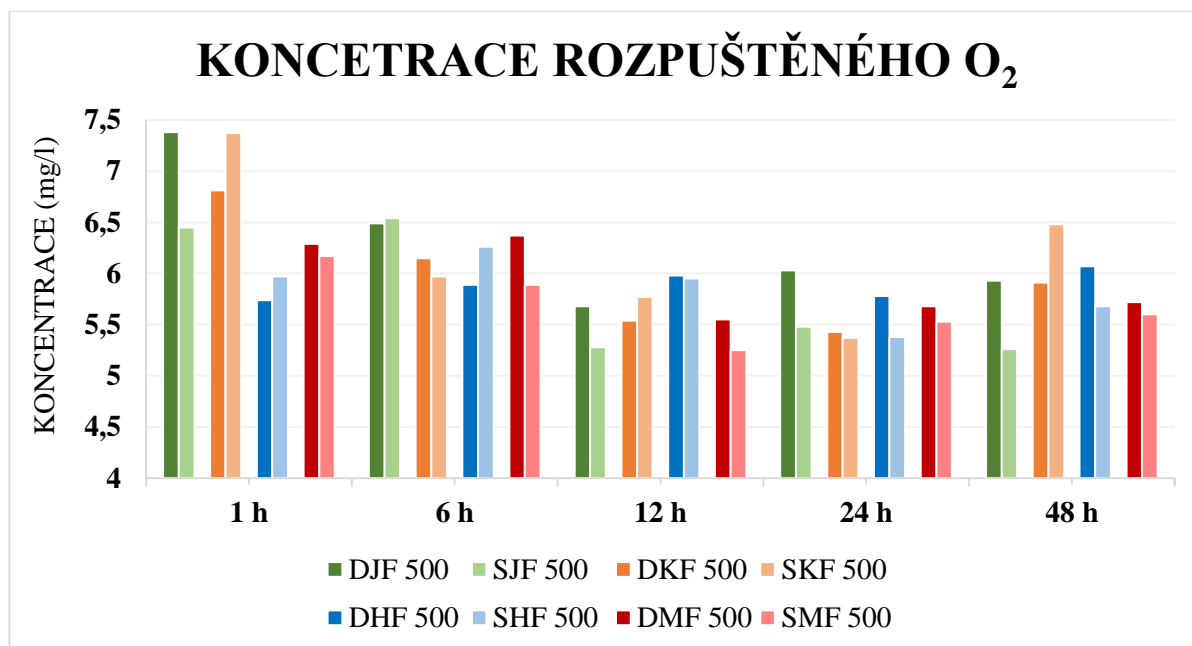
Graf č. 8: Koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodných výluzích s demineralizovanou a strukturovanou vodou s přidavkem 100 ml fugátu



Koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodných výluzích s demineralizovanou vodou a přidavkem 500 ml (viz. Graf č. 9) byla nejvyšší na počátku u výluhů s vermikomposty z jablečných výlisků (7,38 mg O₂/l) a kuchyňského bioodpadu (6,81 mg O₂/l). Poté byl kyslík spotřebováván a k mírnému nárůstu koncentrace došlo až po 24 h vyluhování. U výluhu s vermikompostem z matoliny mírně vzrostla po 6 hodinách vyluhování a u výluhu s vermikompostem z koňského hnoje po 12 hodinách vyluhování. Po 24 h dochází ke spotřebě kyslíku a poklesu jeho koncentrace u obou typů výluhů následovaná mírným vzrůstem koncentrace.

Mírný pokles koncentrace rozpuštěného kyslíku se strukturovanou vodou a přidavkem 500 ml fugátu (viz. Graf č. 9) je patrný u výluhů s vermikomposty z jablečných výlisků, koňského hnoje a matoliny. U výluhu s vermikompostem z bioodpadu se prudce zvýšila spotřeba kyslíku. Nejvyšší byla po 12 hodinách vyluhování (5,77 mg O₂/l). Poté se spotřeba snížila (6,48 mg O₂/l). Celkově se koncentrace kyslíku snížila u všech variant.

Graf č. 9: Koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodných výluzích s demineralizovanou a strukturovanou vodou s přidavkem 500 ml fugátu



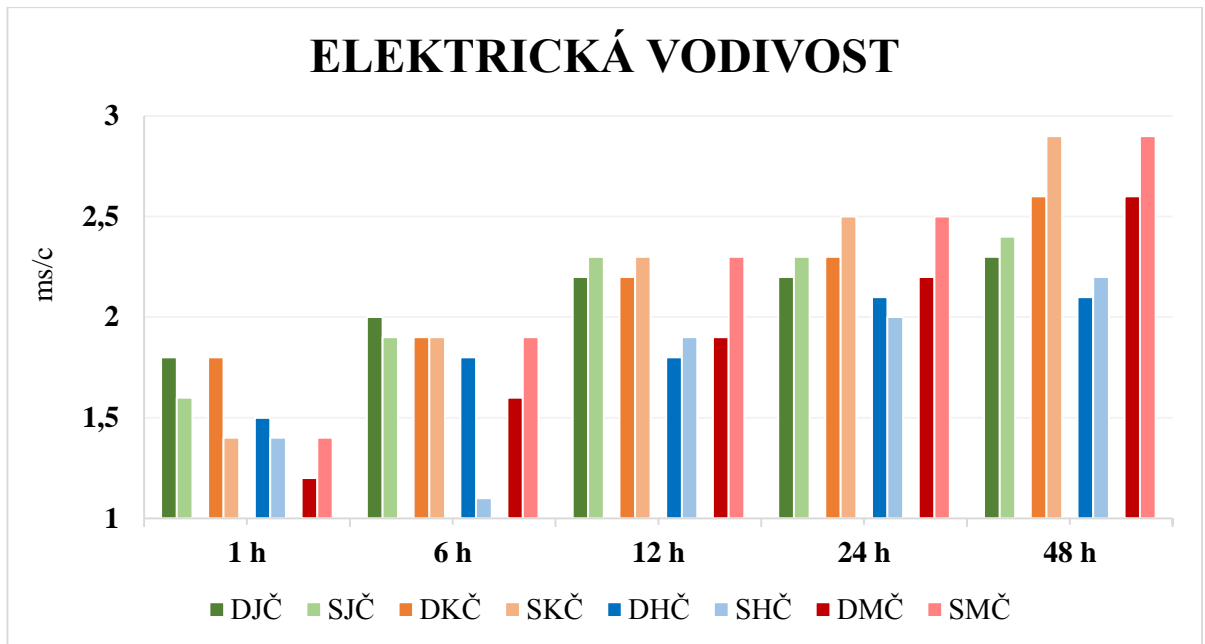
5.2.3 Elektrická vodivost (EC)

V čerstvých vermikompostech byla naměřena nejnižší vodivost u vermikompostu z koňského hnoje (1,16 mS/cm) a nejvyšší u kuchyňského bioodpadu (2,38 mS/cm) (viz. Tab. č. 6). U vodných výluhů se hodnoty měrné vodivosti pohybovaly v rozmezí 1,1 – 3,1 mS/cm a s delším časem vyluhování se hodnoty zvýšily oproti počátečním hodnotám. Z toho je patrné, že se obsah rozpuštěných solí ve výluzích zvyšoval.

Hodnota elektrické vodivosti vodných výluhů s demineralizovanou vodou (viz. Graf č. 10) v průběhu pokusu stoupala u všech variant.

U vodných výluhů se strukturovanou vodou se hodnota měrné vodivosti mírně zvyšovala u všech variant (viz. Graf č. 10).

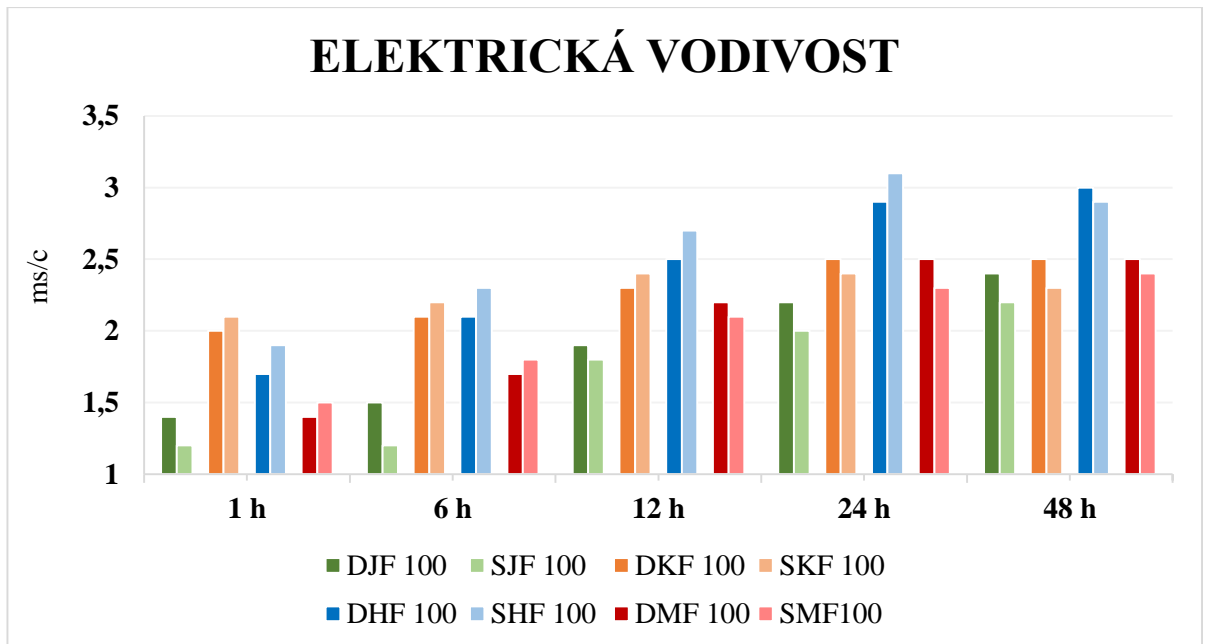
Graf č. 10: Hodnota elektrické vodivosti vodných výluhů s demineralizovanou a strukturovanou vodou



Měrná vodivost mírně stoupala i u výluhů s demineralizovanou vodou a přidavkem 100 ml fugátu (viz. Graf č. 11). Nejvýraznější byl nárůst u výluhu s vermikompostem z koňského hnoje.

U vodných výluhů se strukturovanou vodou a přidavkem 100 ml fugátu (viz. Graf č. 11) došlo v průběhu pokusu ke zvýšení měrné vodivosti. Nejvýraznější nárůst byl zaznamenán u výluhu s vermikompostem z koňského hnoje.

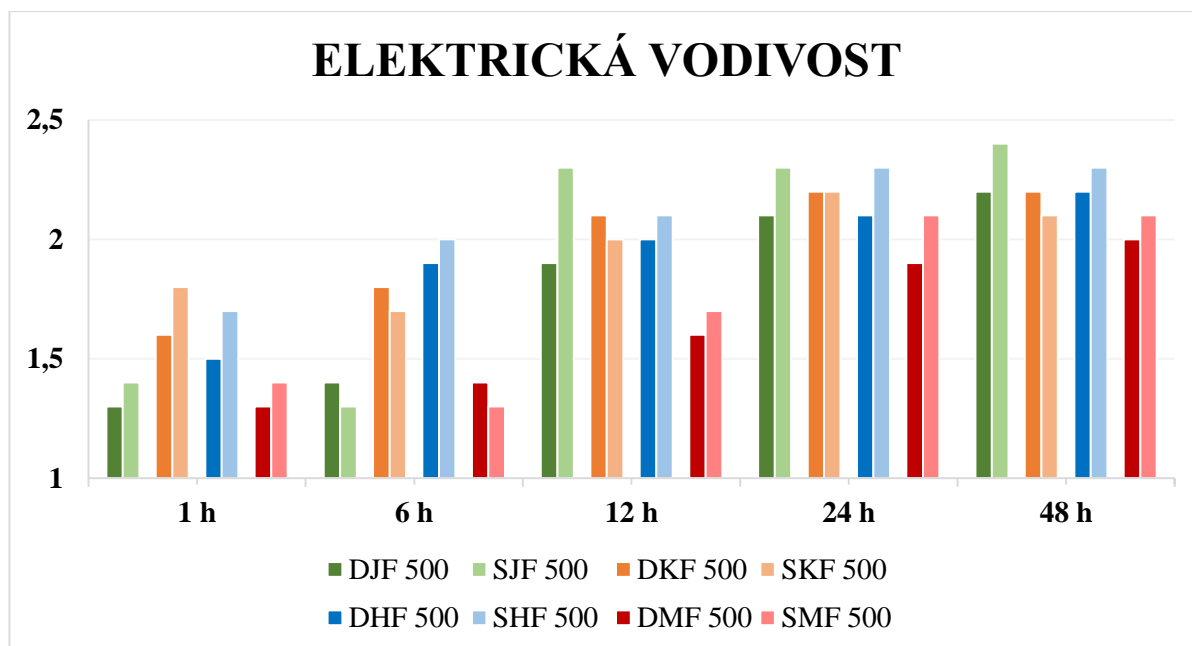
Graf č. 11: Hodnota elektrické vodivosti vodných výluhů se strukturovanou vodou a přidavkem 100 ml fugátu



Podobný průběh, jako u varianty s demineralizovanou vodou a 100 ml fugátu, je patrný i u vodných výluhů s demineralizovanou vodou a přidavkem 500 ml fugátu (viz. Graf č. 12).

Stejně jako u ostatních variant je z Grafu č. 12 patrný vzrůst měrné vodivosti s delším časem vyluhování – nejvyšší je po 48 h.

Graf č. 12: Hodnota elektrické vodivosti vodných výluhů se strukturovanou vodou a přidavkem 500 ml fugátu



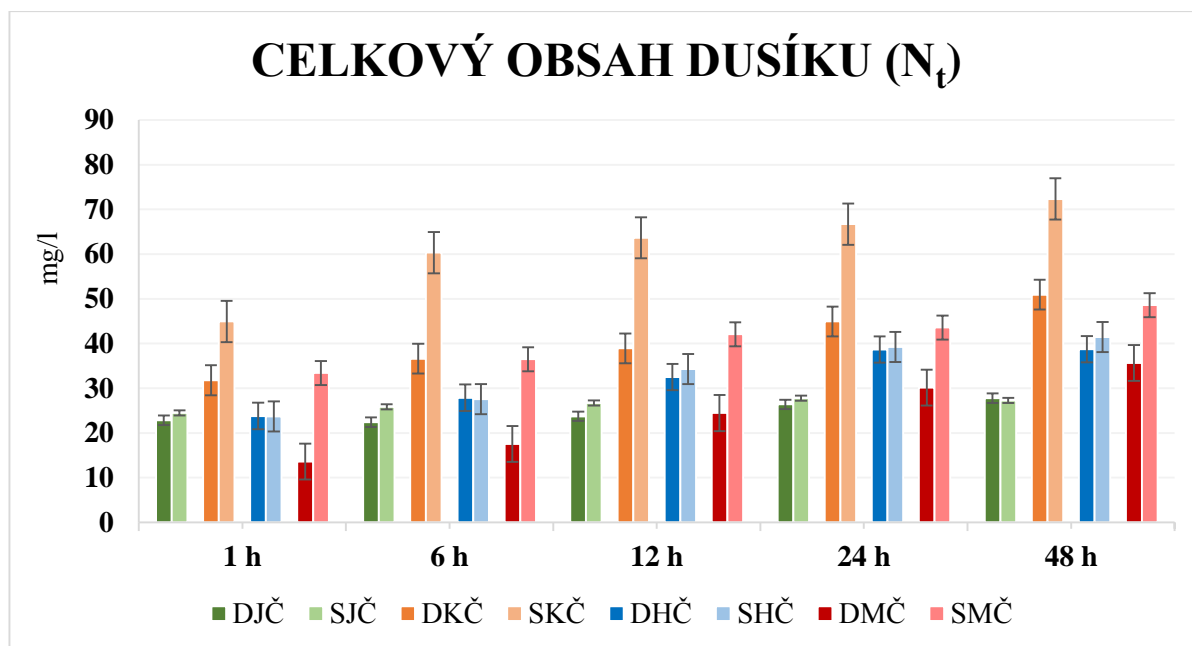
5.2.4 Celkový obsah dusíku (N_t)

V Grafu č. 13 je vidět, že celkový obsah dusíku vzrůstá úměrně době extrakce. U všech variant dosáhl maxima po 48 h vyluhování – u výluhů s vermikomposty z jablečných výlísků 27,77 mg/l, z kuchyňského bioodpadu 50,92 mg/l, z koňského hnoje 38,71 mg/l a z matoliny 35,62 mg/l.

U výluhu s vermikompostem z jablečných výlísků se strukturovanou vodou (viz. Graf č. 13) obsah N_t dosáhl maxima po 24 h extrakce (27,76 mg/l). Ostatní varianty měly nejvyšší obsah N_t na konci pokusu – kuchyňský bioodpad 72,33 mg/l, koňský hnůj 41,43 mg/l a matolína 48,59 mg/l.

Při porovnání variant se strukturovanou vodou a demineralizovanou vodou bez fugátu (viz. Graf č. 13) je zřejmé, že u všech výluhů se strukturovanou vodou je celkový obsah dusíku vyšší – u výluhu s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu je nárůst obsahu nejvýraznější (v průměru 1,5x).

Graf č. 13: Celkový obsah dusíku ve vodných výluzích s demineralizovanou a strukturovanou vodou



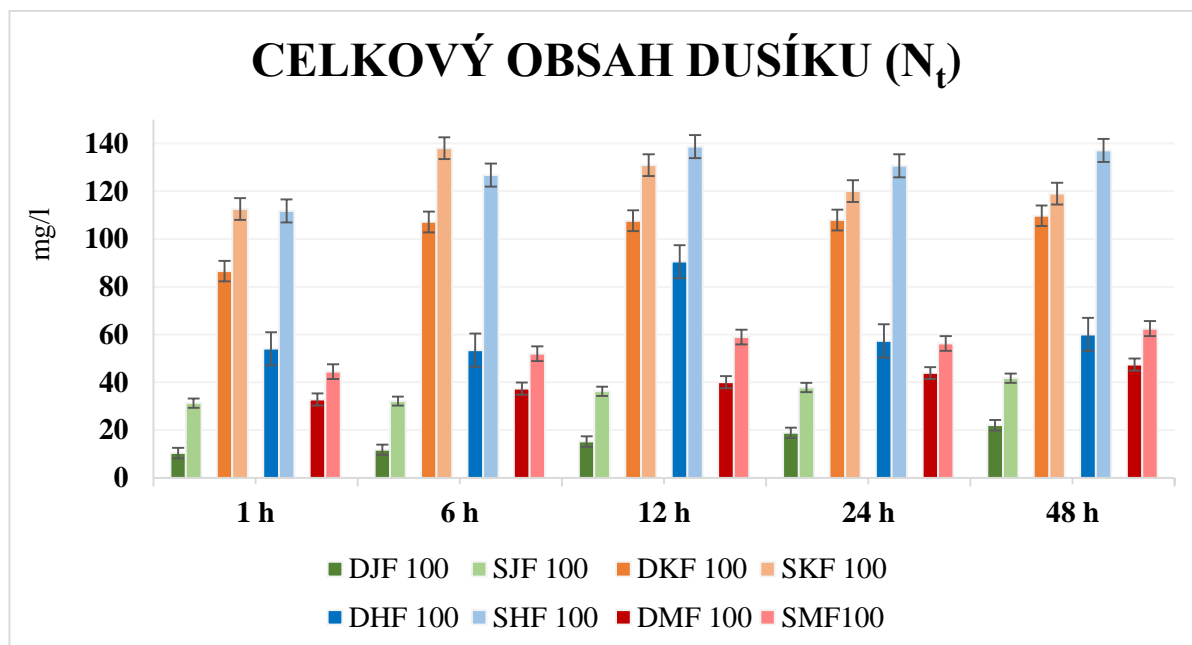
Z Grafu č. 14 lze vyčíst u výluhu s vermikompostem z jablečných výlisků s demineralizovanou vodou a přidavkem 100 ml fugátu, že maxima dosáhl po 48 hodinách extrakce (22,00 mg/l). U výluhu s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu byl obsah celkového dusíku také nejvyšší po 48 h extrakce (109,92 mg/l). Oproti tomu výluh s vermikompostem z koňského hnoje dosáhl nejvyšší hladiny po 12 h extrakce (90,50 mg/l) a u varianty s matolinou byl zaznamenán postupný nárůst s nejvyšší hodnotou po 48. hodině vyluhování (47,35 mg/l).

V Grafu č. 14 je vidět, že obsah N_t u výluhu s vermikompostem z jablečných výlisků se strukturovanou vodou a přidavkem 100 ml fugátu došlo ke zvýšení obsahu dusíku s maximem ve 48. hodině vyluhování (41,73 mg/l). U varianty s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu byla nejvyšší hodnota naměřena po 6 hodinách extrakce (138,00 mg/l). Výluh s vermikompostem z koňského hnoje měl nejvyšší obsah N_t ve 12. hodině vyluhování (138,66 mg/l), po němž následoval pokles (130,67 mg/l) a poté vzrůst. U varianty s matolinou je patrný rostoucí obsah úměrně době extrakce, kde maxima obsahu N_t bylo dosaženo po 48 h vyluhování (62,47 mg/l).

U variant se strukturovanou vodou a přidavkem 100 ml fugátu je patrný nárůst celkového obsahu dusíku oproti variantě s demineralizovanou vodou se 100 ml fugátu (viz. Graf č. 14).

Ke dvojnásobnému zvýšení obsahu N_t došlo u výluhů s vermikomposty z koňského hnoje a z jablečných výlisků.

Graf č. 14: Celkový obsah dusíku ve vodných výluzích s demineralizovanou a strukturovanou vodou a přídavkem 100 ml fugátu

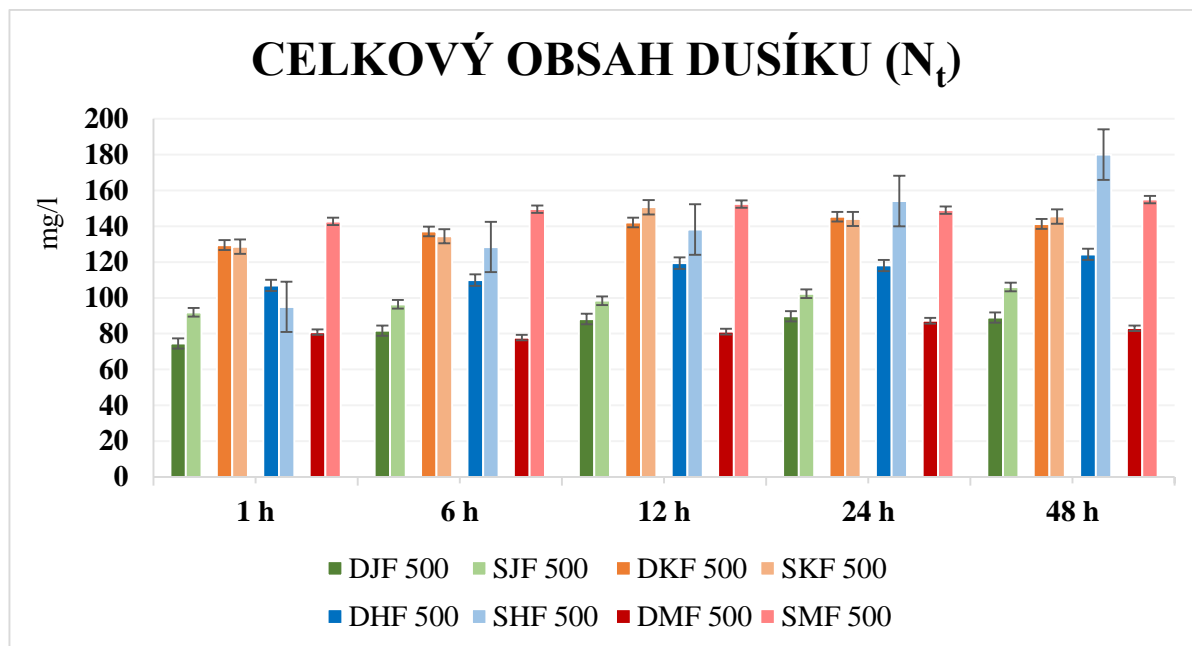


U výluhu s vermikompostem z jablečných výlisků s demineralizovanou vodou a přídavkem 500 ml fugátu (viz. Graf č. 15) s delší dobou vyluhování došlo k mírnému vzrůstu N_t s maximem ve 24. hodině extrakce (89,74 mg/l). Varianta s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu také dosáhla maxima celkového obsahu dusíku 24. hodině vyluhování (145,27 mg/l). U výluhu s vermikompostem z koňského hnoje je rovněž patrný vliv delší doby vyluhování, kdy nejvyššího obsahu N_t bylo dosaženo po 48. hodině (124,28 mg/l). U varianty s vermikompostem z matoliny z počátečního celkového obsahu dusíku (80,87 mg/l) bylo naměřeno maximum ve 24. hodině extrakce (87,21 mg/l).

Z Grafu č. 15 je patrné, že obsah celkového dusíku u výluhu s vermikompostem z jablečných výlisků se strukturovanou vodou a přídavkem 500 ml fugátu maxima dosáhl po 48 h extrakce (106,04 mg/l). Obsah N_t u výluhu s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu byl nejvyšší v první polovině vyluhování a maxima dosáhl ve 12. hodině (150,58 mg/l). U varianty s vermikompostem z koňského hnoje byla zaznamenána nejvyšší hodnota po 48 hodinách vyluhování (179,97 mg/l). Varianta s matolinou dosáhla maxima obsahu N_t ve 48. hodině extrakce (154,91 mg/l) – podobný obsah byl naměřen i ve 12 h (152,40 mg/l).

Nejvyšších obsahů N_t dosáhly výluhy se strukturovanou vodou a přidavkem 500 ml fugátu oproti variantě s demineralizovanou vodou a 500 ml fugátu (viz. Graf č. 15). Největší rozdíl je vidět u výluhu s vermikompostem z matoliny – v průměru 1,5x vyšší obsah.

Graf č. 15: Celkový obsah dusíku ve vodných výluzích s demineralizovanou a strukturovanou vodou s přidavkem 500 ml fugátu



5.2.5 Celkový obsah uhlíku (DOC)

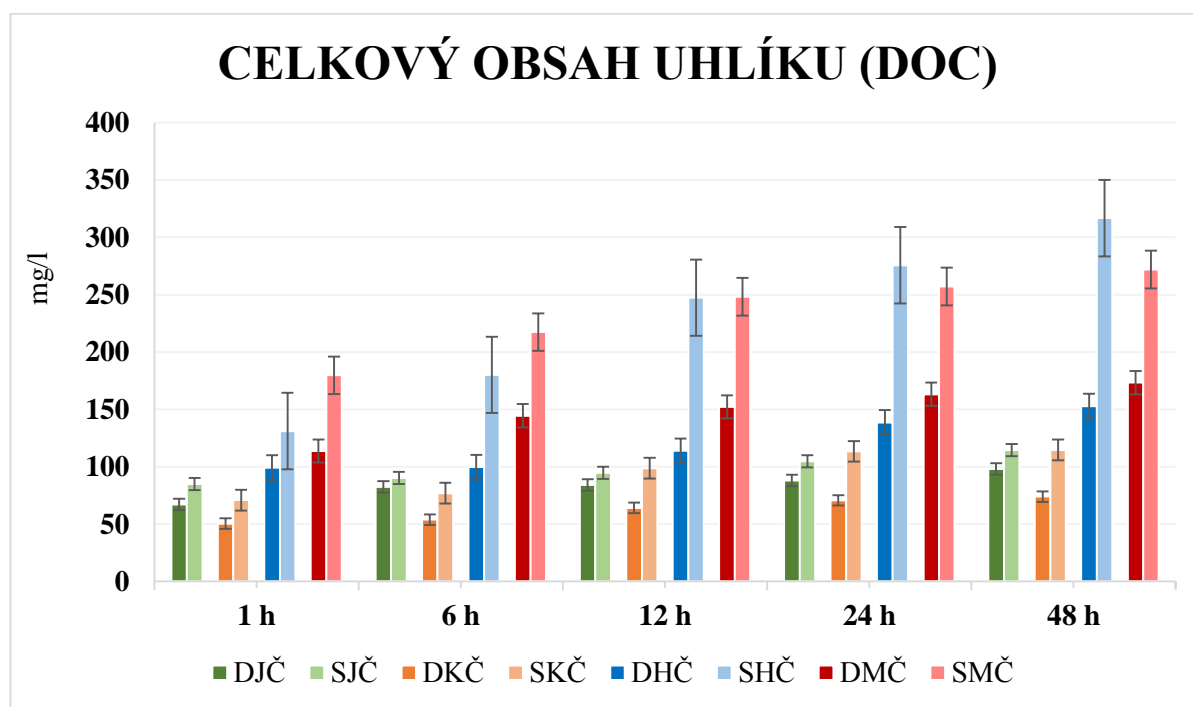
U výluhu s vermikompostem z jablečných výlisků s demineralizovanou vodou (viz. Graf č. 16) obsah uhlíku maxima dosáhl po 48 h (98,13 mg/l). U varianty s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu také obsah DOC s delší dobou vyluhování mírně vzrůstal na nejvyšší hodnotu – 73,99 mg/l. Výluh s vermikompostem z koňského hnoje měl nejvyšší obsah DOC po 48 hodinách vyluhování (152,81 mg/l). Také u výluhu s vermikompostem z matoliny obsah mírně vzrůstal úměrně době extrakce až na maximální hodnotu 173,28 mg/l na konci pokusu.

U varianty s vermikompostem z jablečných výlisků se strukturovanou vodou (viz. Graf č. 16) došlo v průběhu extrakce k mírnému nárůstu obsahu DOC, kdy maximální hodnoty bylo dosaženo ve 48. hodině vyluhování (114,45 mg/l). V průběhu extrakce u výluhu s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu je patrný během přípravy výluhu pozvolný nárůst. K výraznějšímu zvýšení obsahu uhlíku došlo po 12 h (98,64 mg/l), následované

pokračující vzrůstem (114,61 mg/l). U varianty s vermikompostem z koňského hnoje je výrazný nárůst obsahu DOC od počáteční naměřené hodnoty (131,10 mg/l) do konečné hodnoty (316,73 mg/l). Od počátku extrakce vermikompostu z matoliny se obsah DOC zvyšoval až do konce pokusu (173,28 mg/l).

Při porovnání výluhů s demineralizovanou vodou a výluhů se strukturovanou vodou bez přídavku fugátu (viz. Graf č. 16) je vidět, že u výluhů se strukturovanou vodou je obsah DOC vyšší než u výluhů s demineralizovanou vodou. Tento trend je nejvíce patrný u výluhů s vermikomposty z koňského hnoje (v průměru dvojnásobně) a z matoliny (v průměru 1,5x), kde se obsah DOC více než zdvojnásobil. S delší dobou extrakce se u výluhů se strukturovanou vodou i u výluhů s demineralizovanou vodou obsah celkového uhlíku zvyšuje.

Graf č. 16: Celkový obsah uhlíku ve vodných výluzích s demineralizovanou a strukturovanou vodou



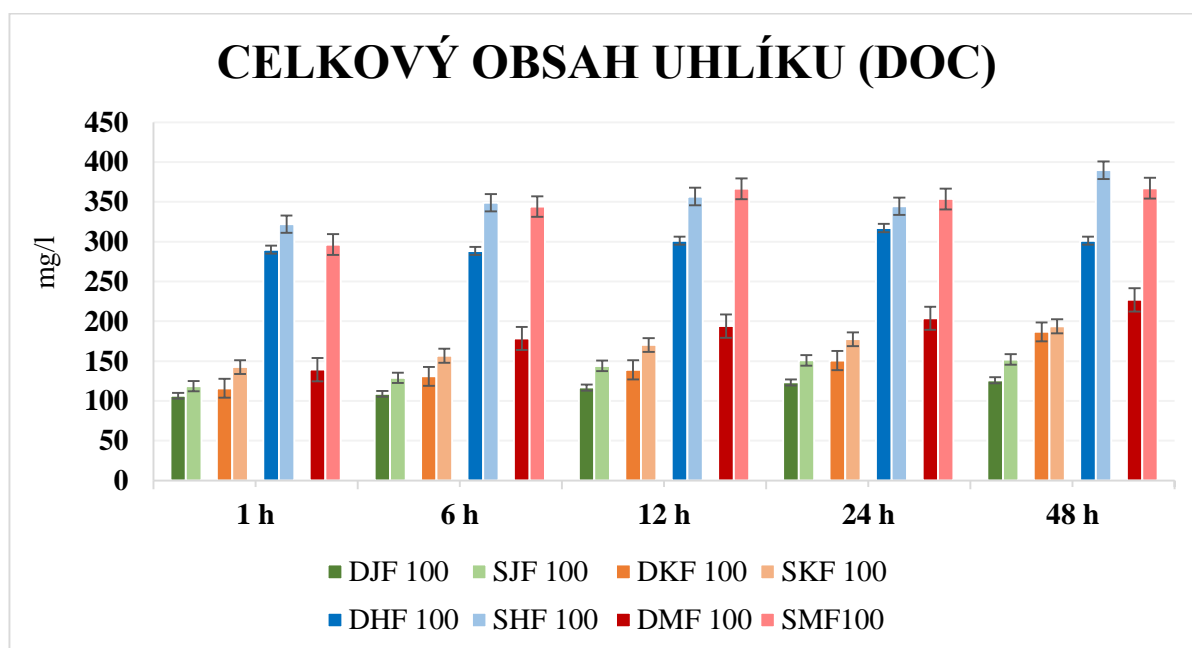
Celkový obsah uhlíku u výluhu s vermikompostem z jablečnými výlisky s demineralizovanou vodou a přídavkem 100 ml fugátu (viz. Graf č. 17) dosáhl nejvyšší hodnoty 125,76 mg/l, které bylo dosaženo po 48 h extrakce. Obsah DOC dosáhl maxima ve 48. hodině vyluhování (186,74 mg/l). Z grafu u výluhu s vermikompostem z koňského hnoje je jasně patrný mnohonásobně vyšší obsah DOC oproti ostatním variantám, kdy jeho nejvyšší hodnoty bylo dosaženo po 24. hodině extrakce (317,14 mg/l). Varianta s vermikompostem

z matoliny měla nárůst obsahu DOC poměrně výrazný, a maxima bylo dosaženo po 48 hodinách vyluhování (226,95 mg/l).

U výluhů s vermikomposty z jablečných výlisků a z kuchyňského bioodpadu se strukturovanou vodou a přidavkem 100 ml fugátu (viz. Graf č. 17) obsah DOC vzrůstal úměrně době extrakce a nejvyšší hodnoty dosáhly po 48 hodinách vyluhování – jablečné výlisky 152,03 mg/l a kuchyňský bioodpad 193,74 mg/l. U varianty s vermikompostem z koňského hnoje byl celkový obsah uhlíku nejvyšší na konci vyluhování (389,80 mg/l). U výluhu s vermikompostem z matoliny byly vrcholy obsahu DOC dva – po 12 h vyluhování (366,48 mg/l) a po 48 h vyluhování (367,08 mg/l).

Po přidání 100 ml fugátu do výluhů se obsah DOC zvýšil u všech variant (viz. Graf č. 17). U výluhů s demineralizovanou vodou a přidavkem 100 ml fugátu se s delší dobou vyluhování celkový obsah uhlíku zvyšuje u všech variant kromě varianty DHF 100, kde došlo k poklesu obsahu DOC na konci pokusu. Vliv doby extrakce je zřetelný i u výluhů se strukturovanou vodou. Největší rozdíl v celkovém obsahu uhlíku mezi variantou s demineralizovanou vodou a strukturovanou vodou je u výluhů s vermikompostem z matoliny – v průměru se obsah zvýšil téměř dvojnásobně.

Graf č. 17: Celkový obsah uhlíku ve výluzích s demineralizovanou a strukturovanou vodou s přidavkem 100 ml fugátu

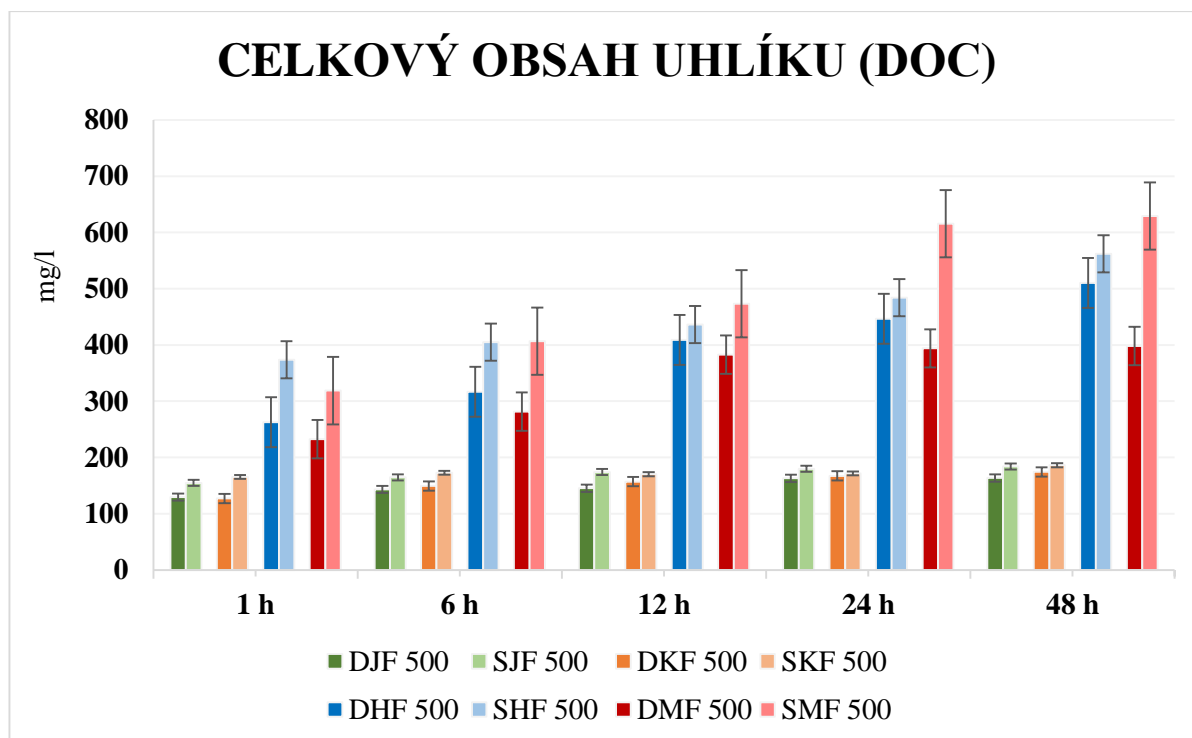


Z Grafu č. 18 je patrný u výluhu s vermikompostem z jablečných výlisků s demineralizovanou vodou a přídatkem 500 ml fugátu opět mírný nárůst obsah DOC s maximální hodnotou po 48 h (163,42 mg/l). Také ostatní varianty výluhů dosáhly maximální hladiny obsahu DOC na konci pokusu – varianta s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu měla obsah DOC 174,39 mg/l, z koňského hnoje 562,26 mg/l a z matoliny 398,25 mg/l.

Výluh s vermikompostem z jablečných výlisků se strukturovanou vodou a přídatkem 500 ml fugátu (viz. Graf č. 18) dosáhl maximální hodnoty po mírném vzrůstu ve 48. hodině extrakce (183,88 mg/l). U varianty s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu byl také zaznamenán nárůst s maximálním dosažením obsahu DOC (186,20 mg/l) po 48 h. Maximální hodnota obsahu DOC byla naměřena po 48 h vyluhování (562,26 mg/l) rovněž u varianty z koňského hnoje. Vysoké obsahy DOC jsou zřetelné i u výluhu s vermikompostem z matoliny. Úměrně době extrakce vzrůstá obsah DOC s maximem naměřeným na konci pokusu (629,32 mg/l).

U výluhů s 500 ml fugátu došlo ke zvýšení celkového obsahu uhlíku u výluhů s demineralizovanou vodou i se strukturovanou vodou (viz. Graf č. 18). Nejvyššímu nárůstu obsahu DOC došlo u varianty s vermikompostem z matoliny – v průměru 1,5krát. U variant se strukturovanou vodou i demineralizovanou se s delší dobou extrakce obsah DOC zvyšoval.

Graf č. 18: Obsah celkového uhlíku ve výluzích s demineralizovanou a strukturovanou vodou s přidavkem 500 ml fugátu



5.2.6 Obsahy vybraných prvků

5.2.6.1 Fosfor

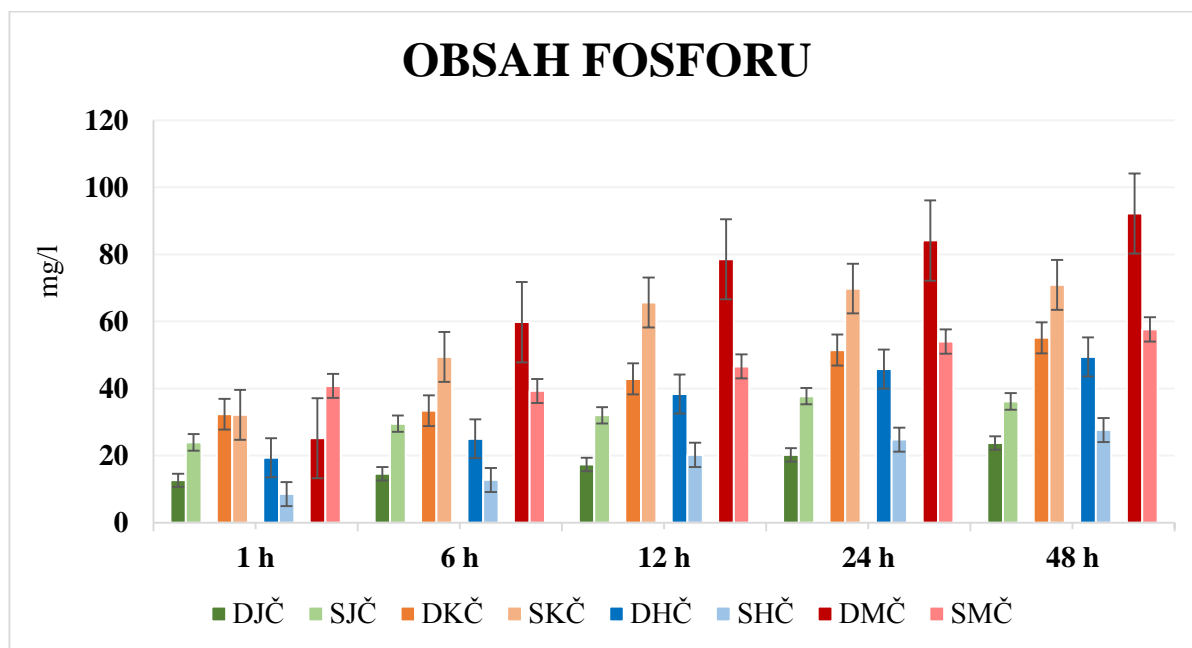
Z Grafu č. 19 je zřetelné, že výluh s vermikompostem z jablečných výlisků s demineralizovanou vodou bez přidavku fugátu obsahoval nejnižší obsah fosforu. S delší dobou extrakce se jeho obsah zvyšoval s maximem po 48 hodinách vyluhování (23,78 mg/kg). Výluh s vermikompostem z bioodpadu měl stejný trend jako z jablečných výlisků – na počátku byla naměřena nejnižší hladina obsahu P (32,33 mg/l) a nejvyšší (55,13 mg/l) na konci pokusu. U výluhů s vermikomposty z matoliny i z koňského hnoje se obsah P s delší dobou extrakce zvyšoval a maxima dosáhl po 48 h vyluhování – koňský hnůj (49,45 mg/l) a matolína (92,23 mg/l).

Výluh se strukturovanou vodou s vermikompostem z jablečných výlisků bez přidavku fugátu (viz. Graf č. 19) dosáhl minima na počátku měření (23,93 mg/l) a maxima po 24 h (37,74 mg/l). U varianty s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu došlo k nárůstu obsahu fosforu s delší extrakcí s nejvyšší hladinou P po 48 h vyluhování (70,89 mg/l). U výluhu s vermikompostem z koňského hnoje obsah P postupně vzrůstal a nejvyšší byl ve 48. hodině extrakce (27,63 mg/l).

U varianty s vermikompostem z matoliny je také zřejmý postupný nárůst s maximálním obsahem po 48 hodinách vyluhování (57,66 mg/l).

Při porovnání variant se strukturovanou vodou a demineralizovanou vodou bez fugátu (viz. Graf č. 19) je zřejmé, že u výluhů se strukturovanou vodou je obsah fosforu vyšší u výluhů s vermikomposty z jablečných výlisků a kuchyňského bioodpadu – u jablečných výlisků je nárůst nejvýraznější (téměř dvojnásobný) a kuchyňského bioodpadu je v průměru 1,5x vyšší. Naopak u výluhů se strukturovanou vodou s vermikomposty z koňského hnoje a z matoliny došlo ke snížení obsahu fosforu – nejvýraznější je pokles u koňského hnoje (v průměru 2x nižší) a u matoliny je v průměru 1,5x nižší obsah P oproti variantě bez fugátu. Z grafu je také patrné, že obsah fosforu roste úměrně době extrakce.

Graf č. 19: Průměrný obsah fosforu ve výluzích s demineralizovanou a strukturovanou vodou

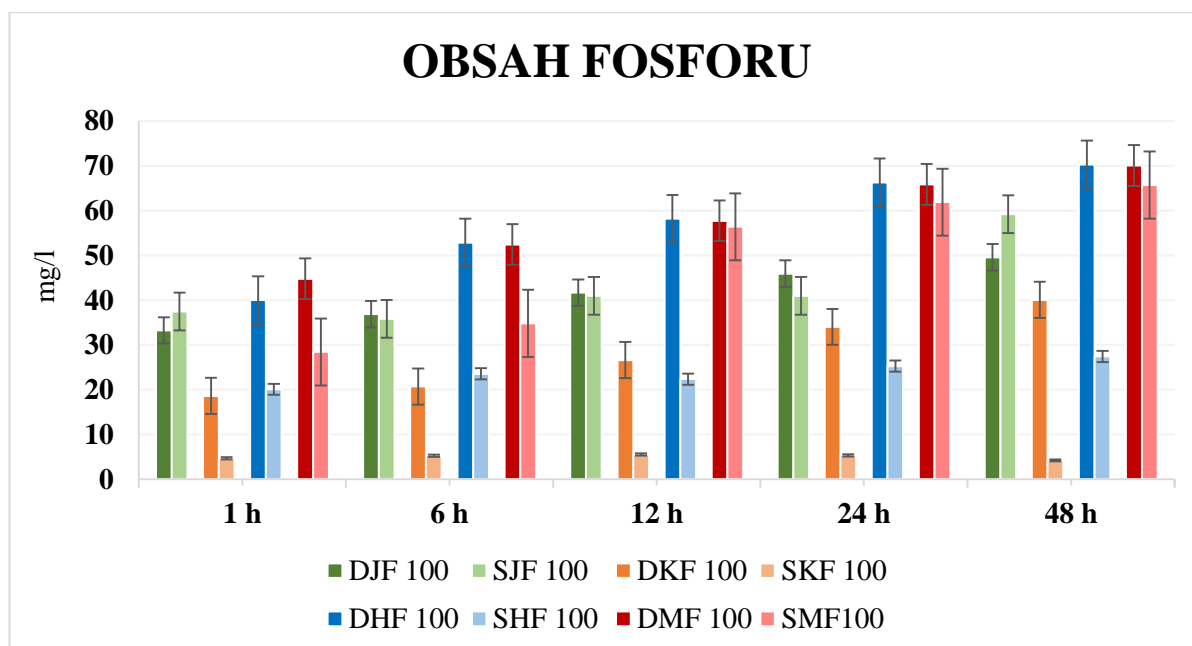


Nejvyšší hodnoty obsahu P dosáhl výluh s jablečnými výlisky s demineralizovanou vodou a přidavkem 100 ml fugátu (viz. Graf č. 20) po 48 h vyluhování (49,58 mg/l). U varianty s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu došlo ke skokovému nárůstu obsahu fosforu s maximem ve 24. hodině extrakce (45,93 mg/l). U výluhu s vermikompostem z koňského hnoje byl zaznamenán postupný vzrůst obsahu fosforu a nejvyšší hodnota byla změřena na konci pokusu (70,28 mg/l). Nejnižší hodnota u výluhu s vermikompostem z matoliny je na počátku vyluhování (44,79 mg/l) a nejvyšší na konci vyluhování (70,07 mg/l).

Obsah fosforu u varianty s vermikompostem z jablečných výlisků se strukturovanou vodou a přídávkem 100 ml fugátu (viz. Graf č. 20) byl vyšší v 1. hodině vyluhování oproti 6 h vyluhování, poté mírně vzrostl a stagnoval až do 24. hodiny vyluhování a maxima dosáhl až po 48 h extrakce (59,21 mg/l). Oproti tomu varianta s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu dosáhla maxima již po 12 h vyluhování (5,53 mg/l). Výluh s variantou z koňského hnoje měl dva vrcholy obsahu P – první ve 12. hodině extrakce (23,53 mg/l) a druhý ve 48. hodině (27,43 mg/l). Varianta s matolinou měla nejvyšší hladinu obsahu P po 48 h extrakce (65,73 mg/l).

S přídávkem šungitu u varianty s vermikompostem z jablečných výlisků se 100 ml fugátu (viz. Graf č. 20) hodnoty obsahu fosforu mírně vzrostly oproti variantě s demineralizovanou vodou. Naopak u výluhů s vermikomposty z kuchyňského bioodpadu, z koňského hnoje a z matoliny došlo k poklesu obsahu P u variant se strukturovanou vodou oproti variantám s demineralizovanou vodou.

Graf č. 20: Průměrný obsah fosforu ve výluzích s demineralizovanou a strukturovanou vodou s přídávkem 100 ml fugátu

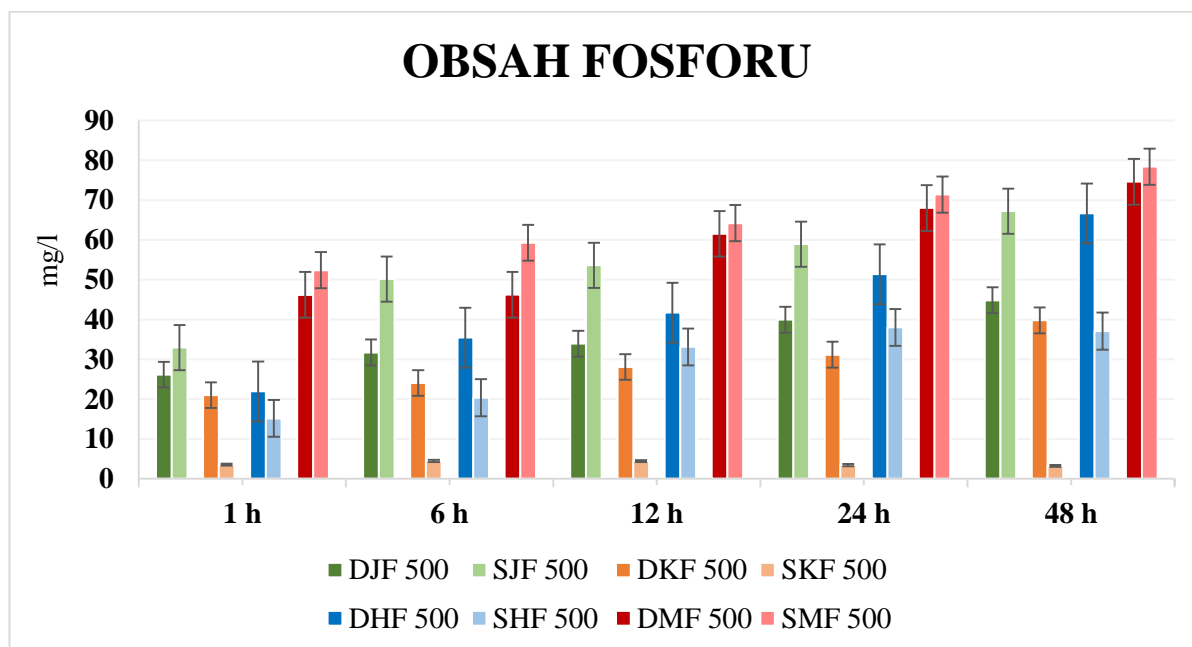


U výluhů s vermikompostem z jablečných výlisků s demineralizovanou vodou a přídávkem 500 ml fugátu (viz. Graf č. 21) byl naměřen nejvyšší obsah P na konci extrakce (44,81 mg/l). U varianty s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu došlo k výraznému nárůstu s maximem po 48 hodinách vyluhování (67,21 mg/l). Stejný trend byl zaznamenán i u vermikompostů z koňského hnoje (max. 66,67 mg/l) a z matoliny (74,63 mg/l).

Oproti variantě s vermikompostem z jablečných výlisků a demineralizovanou vodou s přísávkem 500 ml fugátu se obsah P u výluhu se strukturovanou vodou (viz. Graf č. 21) zvýšil a nejvyšší hladiny dosáhl po 48 h (67,21 mg/l). Výluh s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu měl dva vrcholy, kdy hodnota obsahu fosforu dosáhla maxima – v 6. hodině (4,47 mg/l) a ve 12. hodině (4,41 mg/l). Nejvyšší hodnota u varianty s vermikompostem z koňského hnoje byla naměřena po 24 hodinách extrakce (38,03 mg/l). Oproti tomu varianta s vermikompostem z matoliny dosáhla maximální hladiny po 48 h extrakce (78,38 mg/l).

U variant s vermikomposty z jablečných výlisků a z matoliny se strukturovanou vodou a přísávkem 500 ml fugátu (viz. Graf č. 21) došlo k nárůstu obsah P oproti variantám s demineralizovanou vodou. Výraznější byl nárůst u výluhu s vermikompostem z jablečných výlisků (v průměru 1,5x). U výluhů se strukturovanou vodou s vermikomposty z koňského hnoje a z kuchyňského bioodpadu byl zaznamenán pokles obsahu P oproti variantě s demineralizovanou vodou. Zřejmější byl pokles u výluhu s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu – v průměru pětinasobný.

Graf č. 21: Průměrný obsah fosforu ve výluzích s demineralizovanou a strukturovanou vodou s přísávkem 500 ml fugátu



5.2.6.2 Vápník

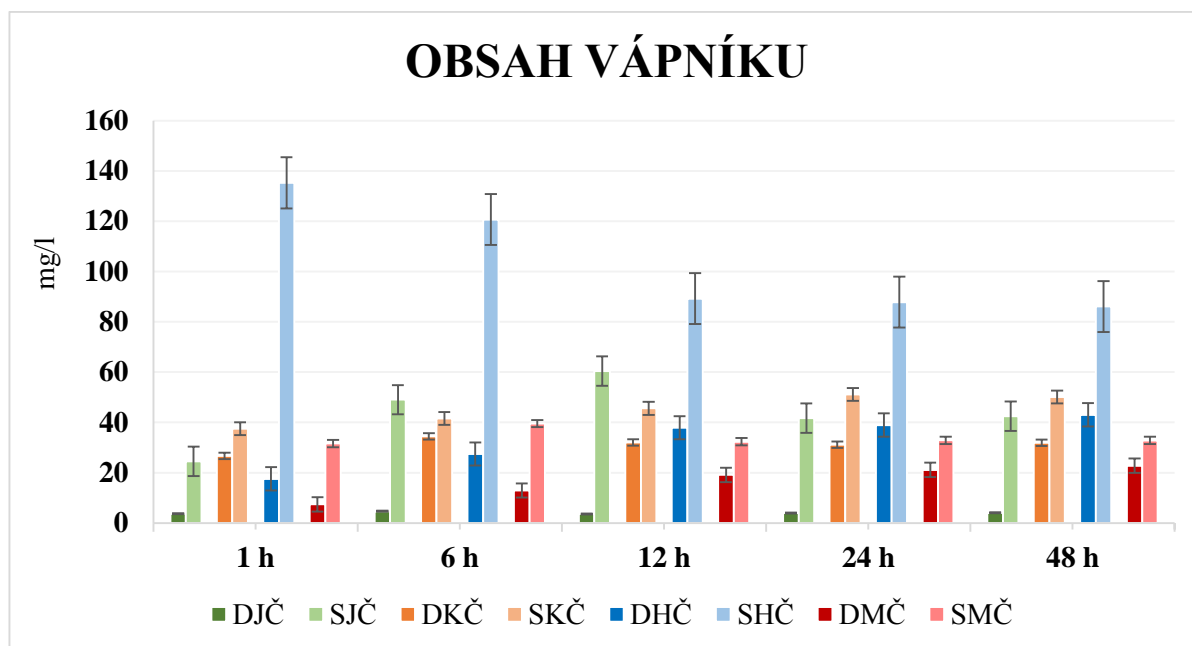
Výluh s vermikompostem z jablečných výlisků s demineralizovanou vodou bez přísávku fugátu (viz. Graf č. 22) s vykazoval s delší dobou extrakce mírný pokles obsahu Ca po 12 h

vyluhování následovaný mírným vzrůstem. Nejvyšší hodnota byla naměřena po 6 h vyluhování (4,72 mg/l). U varianty s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu bylo dosaženo maximálního obsahu Ca po 6 h vyluhování (34,46 mg/l). Oproti předcházejícím variantám u výluhu s vermikompostem z koňského hnoje bylo maximálního obsahu Ca dosaženo ve 48. hodině extrakce (43,02 mg/l). Nejvyšší hladina Ca byla opět naměřena u výluhu s vermikompostem z matoliny ve 48. hodině extrakce.

U strukturovaných výluhů (viz. Graf č. 22) s vermikompostem z jablečných výlisků byla max. hodnota vápníku naměřena po 12 h vyluhování (60,42 mg/l). Obsah Ca u varianty s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu se postupně zvyšoval a maxima dosáhl po 24 h (51,10 mg/l), poté obsah klesl. Výluh s vermikompostem z koňského hnoje dosáhl nejvyšší hladiny na počátku vyluhování (135,26 mg/l) s následným poklesem po celou dobu extrakce. Nejvyšší obsah Ca u výluhu s vermikompostem z matoliny byl zjištěn po 6. hodině vyluhování (39,54 mg/l) s následným poklesem.

Při porovnání variant s demineralizovanou a strukturovanou vodou (viz Graf č. 22) vyplývá, že výluhy se strukturovanou vodou mají vyšší obsah Ca. Nejvíce je patrný rozdíl u výluhu s vermikompostem z koňského hnoje – v průměru o trojnásobný vzrůst oproti variantě s demineralizovanou vodou.

Graf č. 22: Průměrný obsah vápníku ve vyluzích s demineralizovanou a strukturovanou vodou

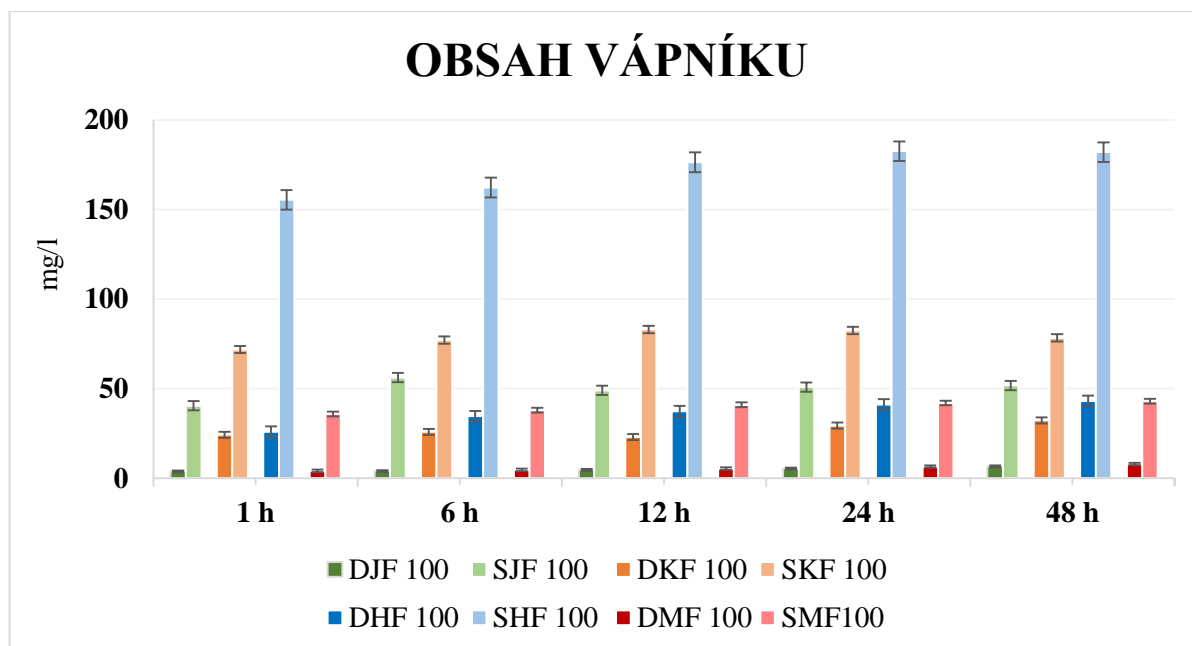


U vyluhu s vermikompostem z jablečných vylisků a demineralizovanou vodou s přidavkem 100 ml fugátu (viz. Graf č. 23) byl naměřen nejvyšší obsah vápníku po 48. hodině vyluhování (6,60 mg/l). Varianta s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu dosáhla maxima obsahu Ca ve 48. hodině (32,28 mg/l), ale v polovině vyluhování byl zaznamenán pokles následovaný vzrůstem. U vyluhů s vermikomposty z koňského hnoje a z matoliny byl zaznamenán stejný vývoj s naměřeným maximem po 48 hodinách vyluhování – pro koňský hnůj 43,03 mg/l a pro matolinu 23,23 mg/l.

Naopak u varianty s vermikompostem z jablečných vylisků a strukturovanou vodou s přidavkem 100 ml fugátu (viz. Graf č. 23) se dosáhlo maxima obsahu Ca po 6 h vyluhování (56,18 mg/l). U vyluhu s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu byla naměřena nejvyšší hladina obsahu vápníku po 12 hodinách extrakce (83,00 mg/l). Varianta s vermikompostem z koňského hnoje dosáhla maximální hodnoty obsahu vápníku ve 24. hodině vyluhování (182,56 mg/l). Oproti zbývajícím variantám byl u vyluhu s vermikompostem z matoliny naměřen nejvyšší obsah Ca po 48 hodinách (43,03 mg/l).

U všech variant se strukturovanou vodou došlo k vzrůstu obsahu vápníku. Tento jev je nejvíce zřetelný u vyluhů s vermikomposty z jablečných vylisků (v průměru 10x) a koňského hnoje (v průměru 4,5krát).

Graf č. 23: Průměrný obsah vápníku ve výluzích s demineralizovanou a strukturovanou vodou s přidavkem 100 ml fugátu



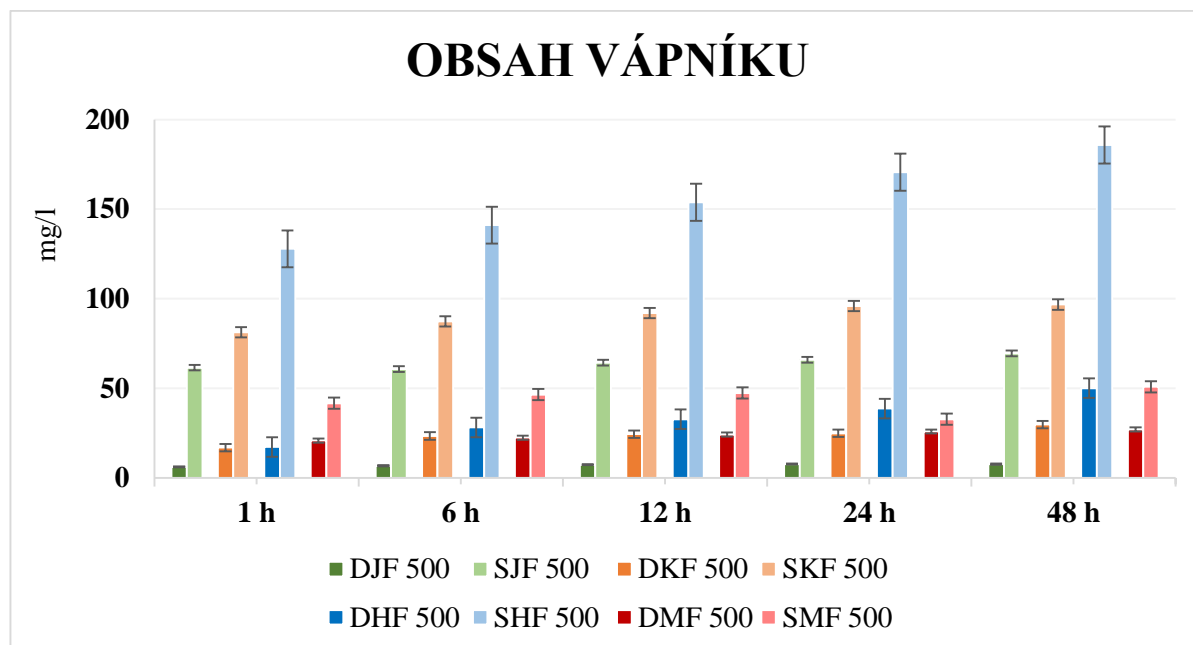
Nejvyšší hladiny vápníku bylo dosaženo u výluhu s vermikompostem z jablečných výlisků s demineralizovanou vodou a přidavkem 500 ml fugátu (viz. Graf č. 24) po 24 h vyluhování (7,65 mg/l). U výluhu s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu obsah Ca rostl úměrně době extrakce a maximální hodnoty dosáhl po 48 h vyluhování (29,73 mg/l). Výluh s vermikompostem z koňského hnoje také dosáhl maximální hodnoty ve 48. hodině vyluhování (50,03 mg/l). V tomto případě byl nárůst skokový oproti počáteční hodnotě (17,23 mg/l). Naopak u varianty s vermikompostem z matoliny byl nárůst postupný s nejvyšším obsahem vápníku po 48 hodinách extrakce (26,98 mg/l).

Stejně jako u varianty s vermikompostem z jablečných výlisků s demineralizovanou vodou, tak i varianta se strukturovanou vodou a přidavkem 500 ml fugátu (viz. Graf č. 24) dosáhla maxima obsahu Ca na konci pokusu (69,42 mg/l). Obdobný trend byl zaznamenán u výluhů s vermikomposty z kuchyňského bioodpadu, koňského hnoje i matoliny. Nejvyšší hladina obsahu vápníku byla u kuchyňského bioodpadu 96,71 mg/l, u koňského hnoje 185,82 mg/l a u matoliny 50,83 mg/l.

Při porovnání obou typů výluhů je zřejmé, že došlo k vzrůstu obsahu Ca u všech variant se strukturovanou vodou. K nejvyššímu vzrůstu (viz. Graf č. 24) došlo u výluhů s vermikomposty z jablečných výlisků a koňského hnoje. Průměrný nárůst obsahu Ca, oproti variantě

s demineralizovanou vodou, byl u varianty SJF 500 devítinásobný a varianty SHF 500 téměř pětinasobný.

Graf č. 24: Průměrný obsah vápníku ve výluzích s demineralizovanou a strukturovanou vodou s přidavkem 500 ml fugátu



5.2.6.3 Hořčík

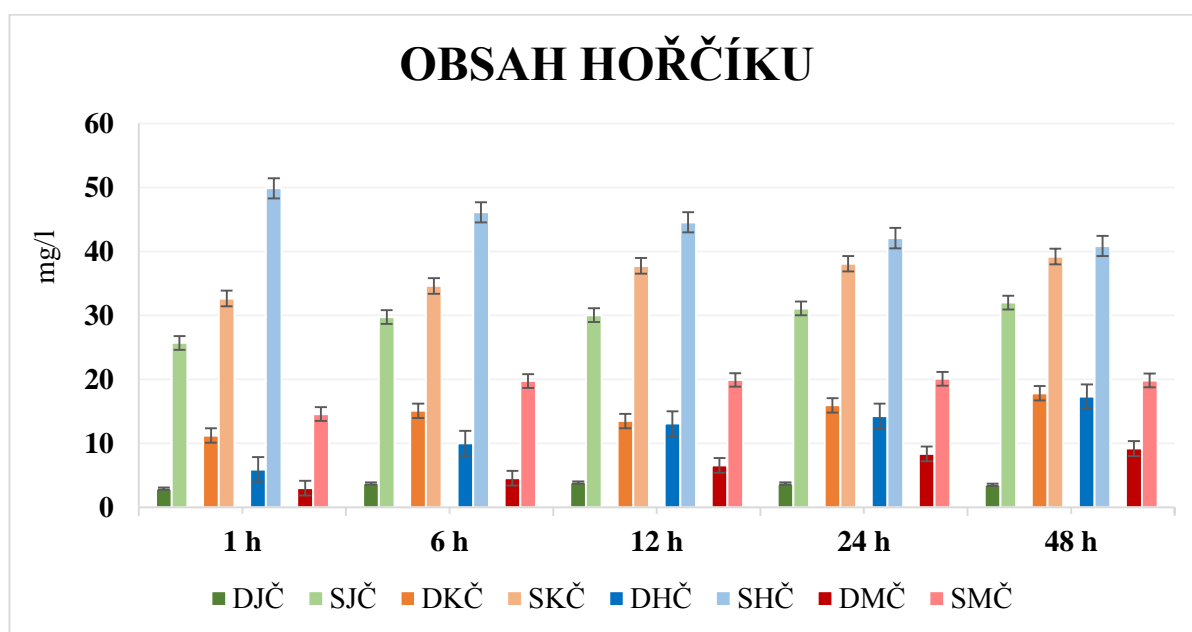
Maximální obsah Mg výluhu s vermikompostem z jablečných výlisků a demineralizovanou vodou bez přidavku fugátu (viz. Graf č. 25) byl naměřen ve 12. hodině extrakce (3,865 mg/l). U varianty s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu došlo k mírnému nárůstu obsahu Mg do 6 h, poté obsah poklesl a následně vzrostl na maximální hodnotu (17,831 mg/l) po 48 h extrakce. U výluhu s vermikompostem z koňského hnoje bylo nejvyšší hodnoty Mg dosaženo ve 48. hodině extrakce (17,292 mg/l) po postupném nárůstu od počátku pokusu. S delší dobou extrakce také kontinuálně rostl obsah Mg u varianty s vermikompostem z matoliny s dosaženým maximem ve 48. hodině (9,172 mg/l).

Oproti variantě s demineralizovanou vodou dosáhl výluh se strukturovanou vodou s vermikompostem z jablečných výlisků (viz. Graf č. 25) nejvyššího obsahu Mg na konci pokusu (32,006 mg/l). Stejný trend byl zjištěn u výluhu s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu – max. obsah hořčíku je 39,207 mg/l. Oproti variantě s demineralizovanou vodou je nejvyšší obsah Mg na počátku extrakce v 1. hodině (49,879 mg/l) s následným poklesem až do

konce vyluhování. Naopak výluh s matolinou dosáhl nejvyšší hladiny po 24 h extrakce (20,096 mg/l).

U všech výluhů se strukturovanou vodou byl zaznamenán nárůst hořčíku oproti výluhům s demineralizovanou vodou a nárůst byl u nich poměrně výrazný – nejvýraznější u výluhů s vermikompostem z jablečných výlisků, kdy se obsah Mg v průměru zvýšil téměř 8x. U výluhu s vermikompostem z koňského hnoje se obsah zvýšil skoro 4x a u matoliny 3x. Nejnižší nárůst byl u kuchyňského bioodpadu (v průměru 2,5x).

Graf č. 25: Průměrný obsah hořčíku ve výluzích s demineralizovanou a strukturovanou vodou



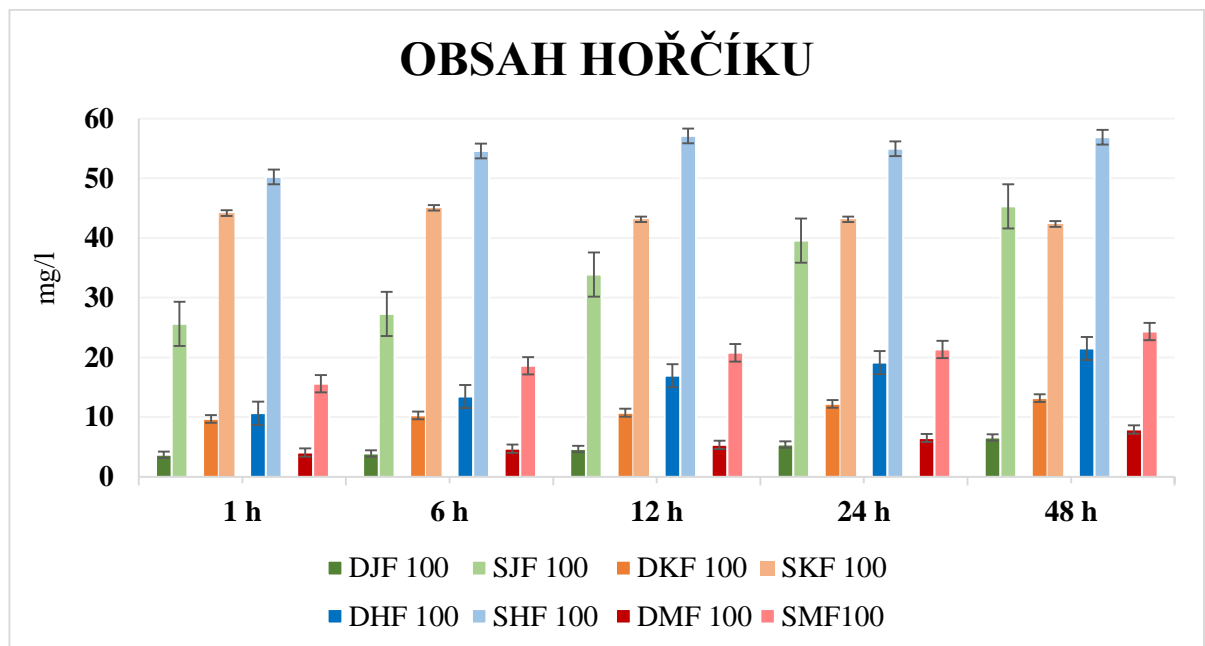
S delší dobou vyluhování se obsah Mg u výluhu s vermikompostem z jablečných výlisků a demineralizovanou vodou s přidavkem 100 ml fugátu (viz. Graf č. 26) zvýšil téměř dvojnásobně a maxima dosáhl po 48 h extrakce (6,60 mg/l). U výluhu s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu byl nárůst obsahu hořčíku mírný a nejvyšší hladina byla změřena na konci pokusu (13,19 mg/l). Stejně jako u výluhu s vermikompostem z jablečných výlisků se obsah Mg u výluhů s vermikomposty z matoliny a koňského hnoje zvýšil téměř dvojnásobně s delší dobou extrakce – matolína (4,08 – 7,93 mg/l) a koňský hnůj (10,63 – 21,48 mg/l).

Maxima obsahu Mg dosáhly po 48 hodinách vyluhování výluhy se strukturovanou vodou a přidavkem 100 ml fugátu (viz. Graf č. 26) s vermikomposty z jablečných výlisků (45,29 mg/l) a z matoliny (24,33 mg/l). Oproti tomu varianta s koňským hnojem měla nejvyšší obsah hořčíku

po 12 h vyluhování (57,09 mg/l) a varianta s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu po 6 hodinách vyluhování (45,04 mg/l).

Při porovnání variant (viz. Graf č. 26) je opět zřejmý několikanásobný nárůst obsahu hořčíku u všech výluhů se strukturovanou vodou oproti výluhům s demineralizovanou vodou – nejvyšší je u výluhu s vermikompostem z jablečných výlisků (v průměru sedminásobný).

Graf č. 26: Průměrný obsah hořčíku ve výluzích s demineralizovanou a strukturovanou vodou s přidavkem 100 ml fugátu



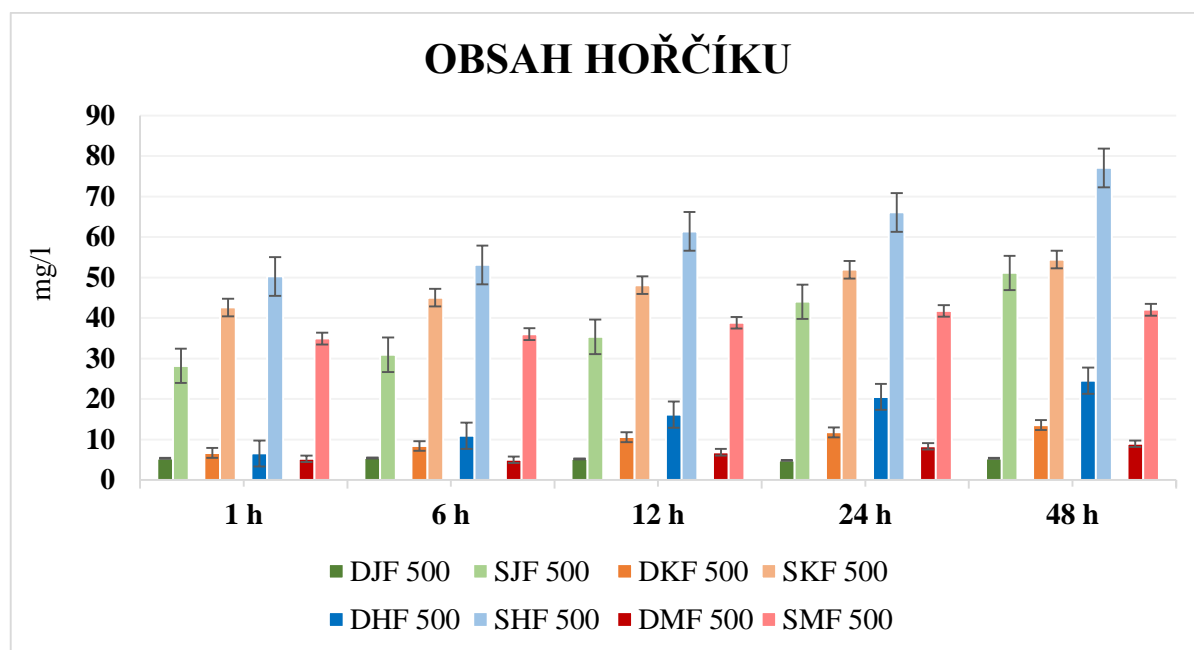
Varianta s vermikompostem z jablečných výlisků a demineralizovanou vodou s přidavkem 500 ml fugátu (viz. Graf č. 27) dosáhla nejvyšší hladiny obsahu hořčíku po 6 hodinách přípravy výluhu (5,44 mg/l). U výluhu s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu byla změřena nejvyšší koncentrace hořčíku ve 48. hodině (13,56 mg/l). U varianty s vermikompostem z koňského hnoje hodnota hořčíku kontinuálně stoupala a maximální hodnoty dosáhla na konci vyluhování (24,53 mg/l). U výluhu s vermikompostem z matoliny byl zaznamenán stejný vývoj jako u koňského hnoje s nejvyšší hodnotou obsahu hořčíku 8,97 mg/l.

Na rozdíl od varianty s vermikompostem z jablečných výlisků a demineralizovanou vodou s přidavkem 500 ml fugátu (viz. Graf č. 27) dosáhla varianta se strukturovanou vodou maxima až na konci vyluhování (51,14 mg/l). U ostatních variant byl vývoj obsah Mg stejný jako u

jablečných výlisků. Nejvyššího obsahu Mg dosáhly po 48 h vyluhování – kuchyňský bioodpad (54,45 mg/l), koňský hnůj (77,09 mg/l) a matolína (42,04 mg/l).

Z Grafu č. 27 je patrný vzrůst obsahu hořčíku u všech variant se strukturovanou vodou. Nejvyšší rozdíl mezi variantou s demineralizovanou a strukturovanou vodou je vidět u výluhů s vermikomposty z jablečných výlisků (v průměru se obsah Mg zvýšil 7,5krát) a z matoliny – v průměru se obsah zvýšil téměř 6x.

Graf č. 27: Průměrný obsah hořčíku ve výluzích s demineralizovanou a strukturovanou vodou s přidavkem 500 ml fugátu



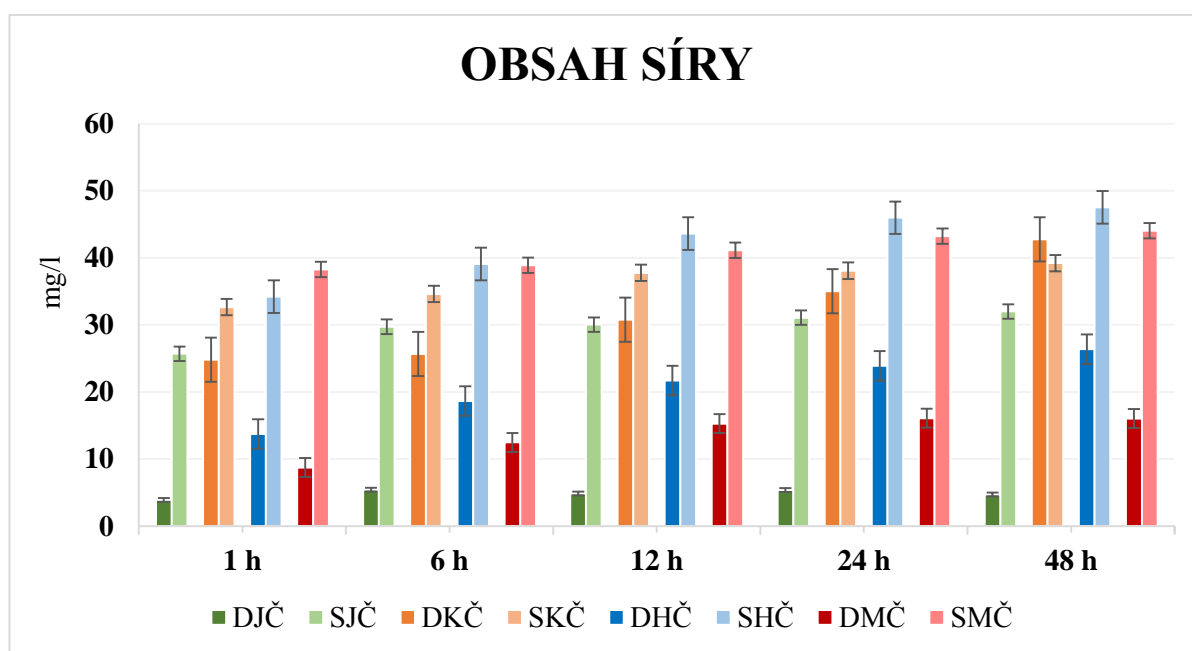
5.2.6.4 Síra

Nejvyšší hladiny obsahu S dosáhl výluh s demineralizovanou vodou s vermikompostem z jablečných výlisků (viz. Graf č. 28) po 6 hodinách extrakce (5,448 mg/l). Podobné hodnoty bylo dosaženo ještě po 14 h extrakce (5,381 mg/l). U výluhu s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu obsah síry postupně vzrůstal s delší dobou extrakce, kdy nejvyšší hladina obsahu S byla zjištěna na konci pokusu (42,743 mg/l). Stejný vývoj je patrný u koňského hnoje – max. obsah S je 26,378 mg/l. Oproti tomu u výluhu s vermikompostem z matoliny je nejvyšší obsah síry zaznamenán po 24 hodinách vyluhování (16,081 mg/l). Velmi podobná je i koncentrace síry po 48 h extrakce (16,038 mg/l).

U výluhu s vermikompostem z jablečných výlisků a strukturovanou vodou (viz. Graf č. 28) je patrný kontinuální nárůst obsahu síry s nejvyšší hladinou na konci vyluhování (32,006 mg/l). Po 48 h extrakce byl také naměřen nejvyšší obsah síry u výluhu s vermikompostem z bioodpadu (39,207 mg/l). U varianty s vermikompostem z koňského hnoje došlo po 6 hodinách k vyššímu nárůstu obsahu síry a následným mírnějším vzrůstem do maxima (47,532 mg/l) po 48. hodině vyluhování. Také u výluhu s matolinou byl zjištěn nejvyšší obsah síry na konci vyluhování (44,068 mg/l).

Při srovnání variant s demineralizovanou vodou a strukturovanou vodou (viz. Graf č. 28) je zřejmé, že s přidavkem šungitu ve strukturované vodě se zvýšil obsah síry u všech těchto výluhů oproti variantě s demineralizovanou vodou. Nejvíce je tento nárůst patrný u výluhů s vermikomposty z jablečných výlisků (téměř v průměru 6,5 krát vyšší nárůst) a z matoliny – v průměru trojnásobný.

Graf č. 28: Průměrný obsah síry ve výluzích s demineralizovanou a strukturovanou vodou

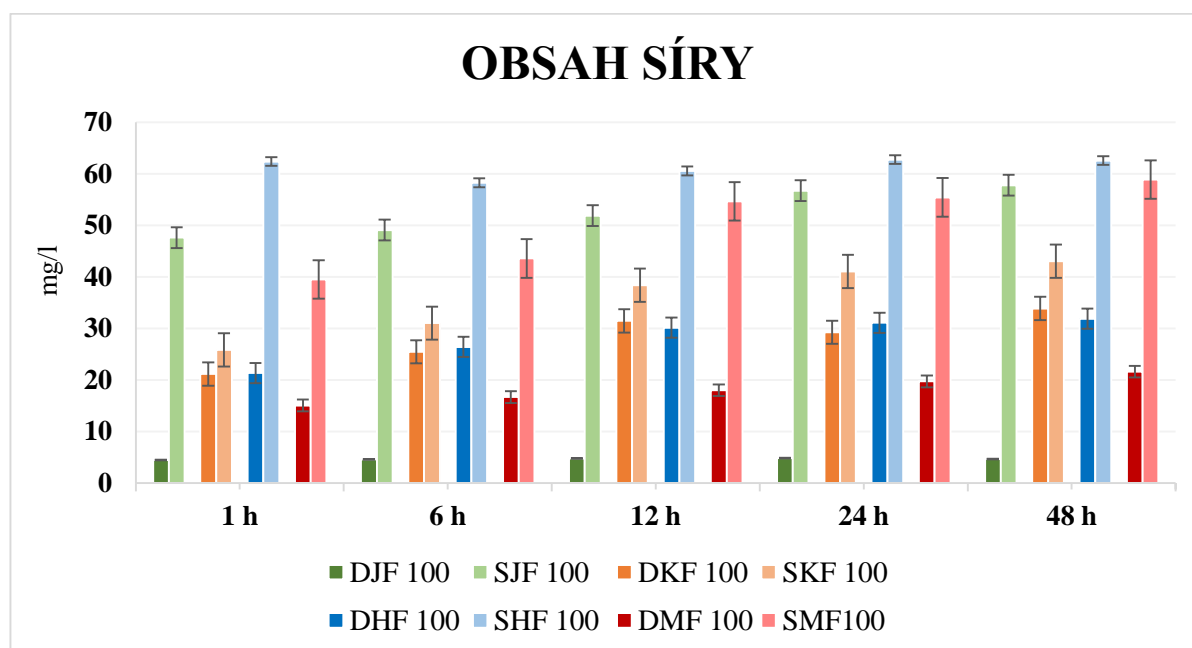


Nejvyšší hladina obsahu síry (viz. Graf č. 29) byla změřena u varianty s vermikompostem z jablečných výlisků a demineralizovanou vodou s přidavkem 100 ml fugátu po 24 hodinách (4,84 mg/l). U výluhů s vermikomposty z kuchyňského bioodpadu, z koňského hnoje a matoliny bylo zjištěno, že maximálních hodnot obsahu S dosáhly po 48 hodinách vyluhování – kuchyňský bioodpad (33,90 mg/l), koňský hnůj (31,90 mg/l) a matolina (21,63 mg/l).

Z Grafu č. 29 je patrné, že výluhy s vermikomposty z jablečných výlisků a kuchyňského bioodpadu se strukturovanou vodou a přidavkem 100 ml fugátu mají stejný trend vývoje obsahu síry s maximem po 48 h extrakce – pro jablečné výlisky (57,80 mg/l) a pro kuchyňský bioodpad (43,04 mg/l). Výluh s vermikompostem z koňského hnoje si zachoval po celou dobu vyluhování stabilní obsah síry s maximem po 24 h extrakce (62,78 mg/l) – podobných hodnot bylo dosaženo i v 1., 12. a 48. hodině vyluhování. Naopak u varianty s vermikompostem z matoliny byl vývoj obsahu síry postupný s nejvyšší hodnotou obsahu na konci pokusu (58,88 mg/l).

Při porovnání výluhů s demineralizovanou vodou a se strukturovanou vodou s přidavkem 100 ml fugátu (viz. Graf č. 29) je zřejmé, že u strukturovaných výluhů došlo k nárůstu obsahu síry. Nejvíce patrný je tento trend u jablečných výlisků – v průměru vzrůst činil 11ti násobek.

Graf č. 29: Průměrný obsah síry ve výluzích s demineralizovanou a strukturovanou vodou s přidavkem 100 ml fugátu



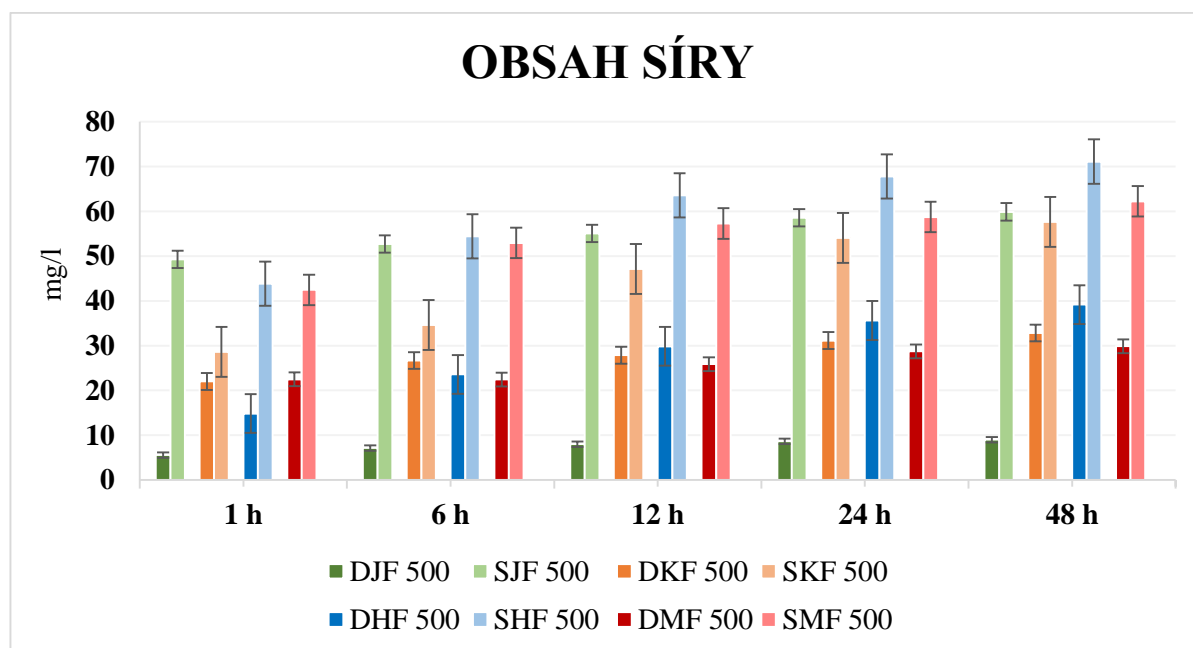
V Grafu č. 30 je vidět, že u všech výluhů s demineralizovanou vodou a přidavkem 500 ml fugátu se obsah síry zvyšoval s delším časem vyluhování a nejvyšší hladiny dosáhl po 48 h extrakce – u výluhů s vermikomposty z jablečných výlisků obsah činil 8,99 mg/l, z kuchyňského bioodpadu 32,83 mg/l, z koňského hnoje 39,16 mg/l a z matoliny 29,88 mg/l.

U výluhů se strukturovanou vodou a přidavkem 500 ml fugátu (viz. Graf č. 30) byl zaznamenán stejný trend jako u výluhů s demineralizovanou vodou, kdy byl naměřen

maximální obsah S po 48. hodině vyluhování – u jablečných výlisků 59,88 mg/l, u kuchyňského bioodpadu 57,62 mg/l, u koňského hnoje 71,10 mg/l a u matoliny 62,30 mg/l.

Při porovnání obou typů výluhů je patrné, že u výluhů se strukturovanou vodou se zvyšoval obsah síry úměrně době extrakce. Největší rozdíl obsahu síry mezi výluhy s demineralizovanou vodou a strukturovanou vodou je opět u výluhu s vermikompostem z jablečných výlisků – v průměru 7x vyšší u SJF 500 oproti DJF 500.

Graf č. 30: Průměrný obsah síry ve výluzích s demineralizovanou a strukturovanou vodou s přidavkem 500 ml fugátu



5.2.6.5 Železo

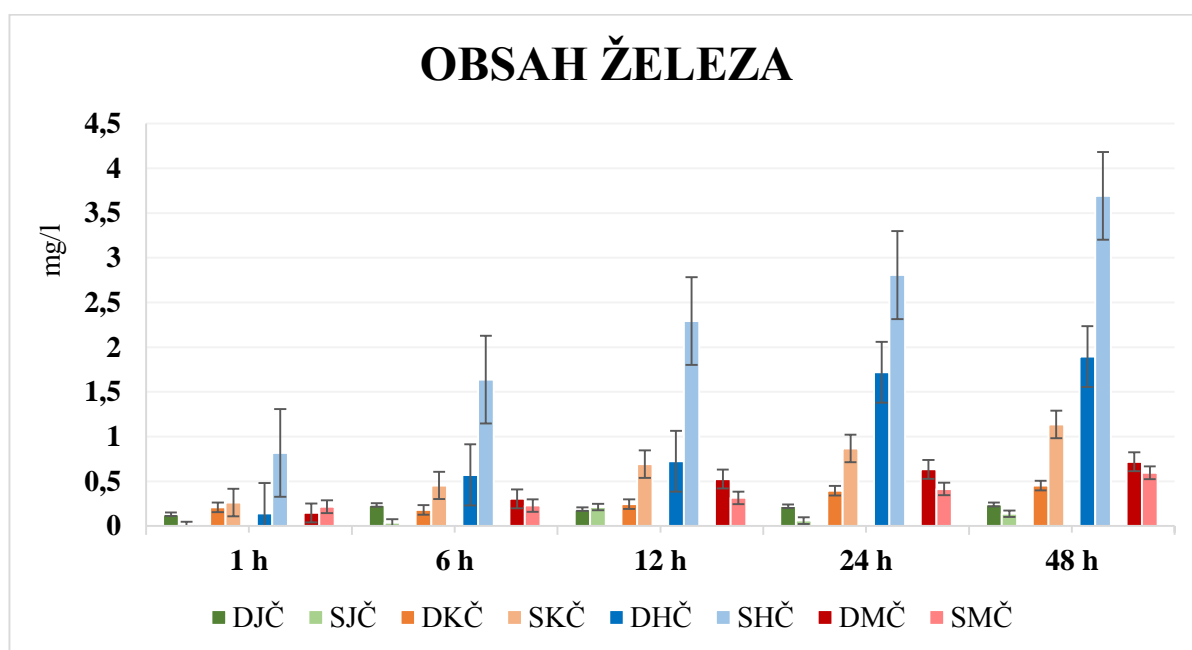
Obsah železa u výluhu s vermikompostem z jablečných výlisků a demineralizovanou vodou (viz. Graf č. 31) dosáhl dvou vrcholů – v 6. hodině vyluhování (0,235 mg/l) a ve 48. hodině vyluhování (0,241 mg/l). U ostatních výluhů s delší dobou extrakce vzrůstá obsah Fe a nejvyšší hladiny dosahuje po 48 h vyluhování – u variant s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu je max. hodnota 0,453 mg/l, z koňského hnoje 1,896 mg/l a z matoliny 0,718 mg/l.

Výluh se strukturovanou vodou a s vermikompostem z jablečných výlisků (viz. Graf č. 31) měl naměřenou maximální hladinu obsahu železa po 12 h vyluhování (0,213 mg/l). Stejně jako u výluhů s demineralizovanou vodou byla u zbývajících výluhů zjištěna nejvyšší hodnota obsah

Fe na konci pokusu – pro kuchyňský bioodpad 1,136 mg/l, pro koňský hnůj 3,692 mg/l a pro matolinu 0,596 mg/l.

Při porovnání výluhů se strukturovanou vodou a demineralizovanou vodou je u varianty s vermikompostem z jablečných výlisků patrné, že ve výluhu se strukturovanou vodou došlo ke snížení obsahu Fe. Stejný trend lze vyčíst z Grafu č. 31 i u matoliny. Naopak u výluhů s vermikomposty z kuchyňského bioodpadu a z koňského hnoje se obsah železa u variant se strukturovanou vodou zvýšil – v průměru dvojnásobně.

Graf č. 31: Průměrný obsah železa ve výluzích s demineralizovanou a strukturovanou vodou



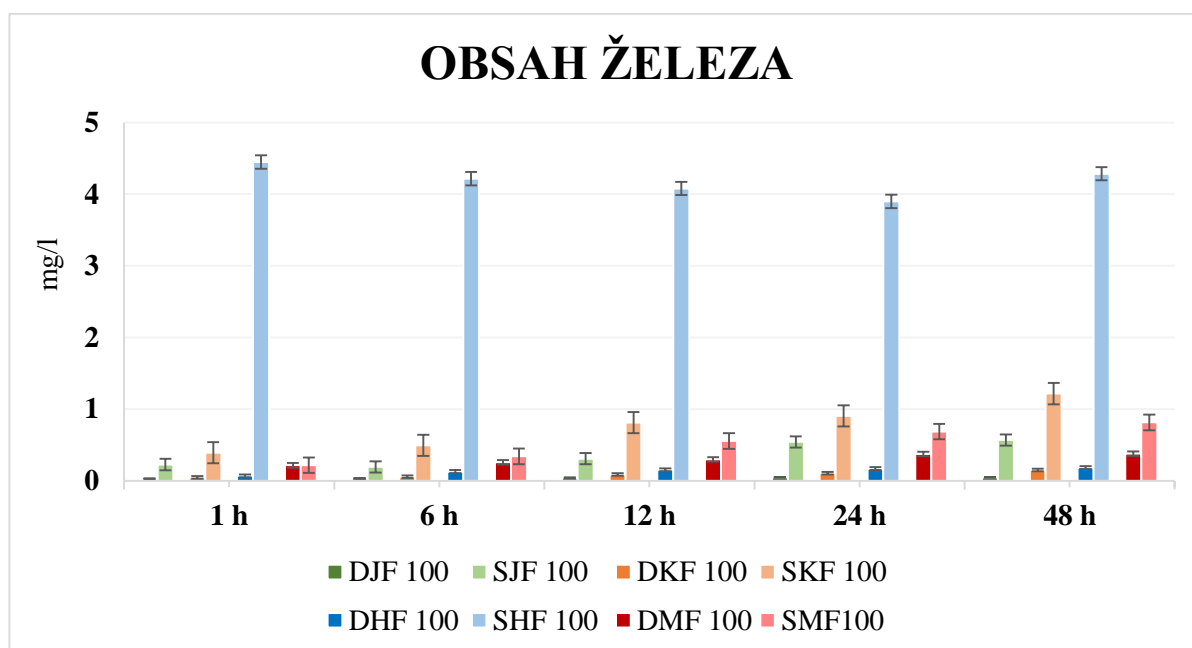
Všechny výluhy s demineralizovanou vodou a přidavkem 100 ml fugátu (viz. Graf č. 32) dosáhly maximálního obsahu železa po 48 h vyluhování. Výluhy s vermikomposty z jablečných výlisků měly maximální hodnotu obsahu Fe 0,884 mg/l, kuchyňského bioodpadu 1,108 mg/l, koňského hnoje 5,328 mg/l a matoliny 1,425 mg/l. U varianty s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu byla ještě vyšší hodnota obsah Fe naměřena po 12 h extrakce (1,091 mg/l).

U výluhů se strukturovanou vodou a přidavkem 100 ml fugátu (viz. Graf č. 32) byla zjištěna nejvyšší hodnota obsahu Fe na konci pokusu, kromě varianty s vermikompostem z koňského hnoje, kde nejvyšší hodnoty bylo dosaženo po 1 h vyluhování (4,450 mg/l). Poté následoval

pokles obsahu Fe. U výluhu s vermikompostem z jablečných výlisků byla naměřena nejvyšší hodnota 0,569 mg/l, kuchyňského bioodpadu 1,217 mg/ a z matoliny 0,814 mg/l.

Při srovnání obou typů výluhů (viz. Graf č. 32) je zřejmé, že u výluhů se strukturovanou vodou došlo k poklesu obsahu Fe oproti výluhům s demineralizovanou vodou. Nejvyšší obsah železa měla varianta s koňským hnojem u obou typů výluhů.

Graf č. 32: Průměrný obsah železa ve výluzích s demineralizovanou a strukturovanou vodou s přídavkem 100 ml fugátu



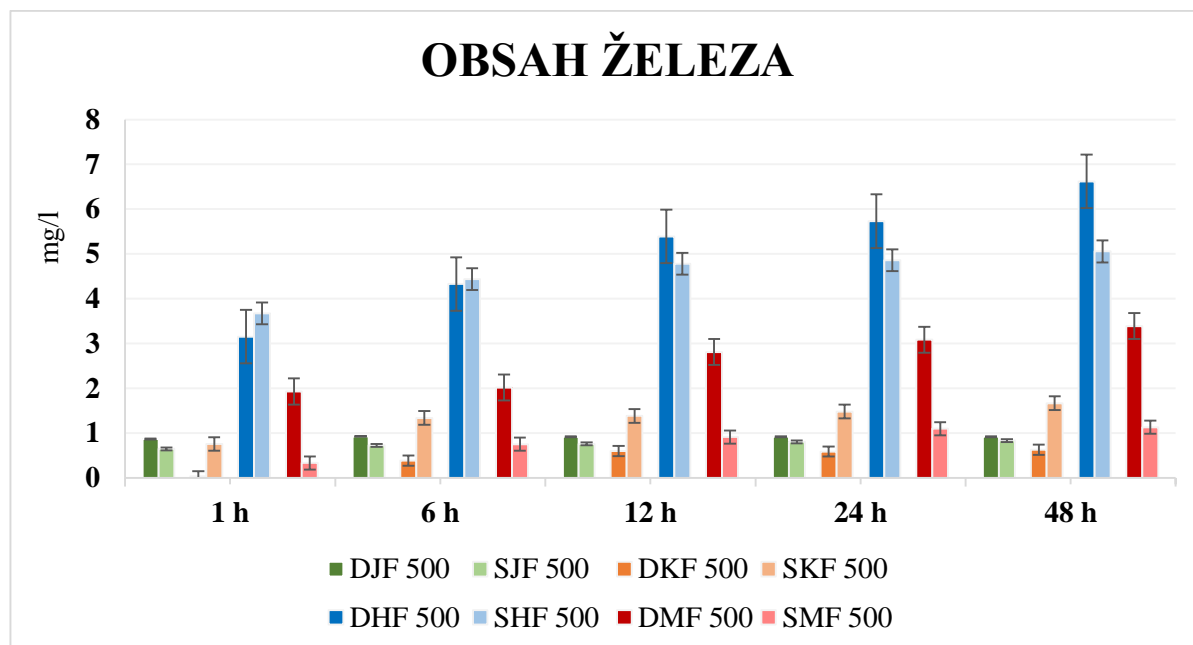
Z Grafu č. 33 lze vyčíst, že výluh s vermikompostem z jablečných výlisků s demineralizovanou vodou a přídavkem 500 ml fugátu dosáhl maximálního obsahu železa po 6. hodině vyluhování (0,926 mg/l). S delším časem se obsah příliš neměnil a na konci pokusu byl 0,917 mg/l. Naproti tomu ostatní varianty měly nejvyšší hladinu obsahu Fe po 48 hodinách vyluhování – kuchyňský bioodpad 0,626 mg/l, koňský hnůj 6,619 mg/l a matolína 3,386 mg/l.

U všech výluhů se strukturovanou vodou a přídavkem 500 ml fugátu (viz. Graf č. 33) se s delší dobou extrakce postupně zvyšoval obsah Fe a maximální hodnoty byly naměřeny na konci vyluhování – pro výluh s vermikompostem z jablečných výlisků 0,830 mg/l, z kuchyňského bioodpadu 1,655 mg/l, z koňského hnoje 5,055 mg/l a z matoliny 1,129 mg/l.

Největší obsah železa měl opět výluh s vermikompostem z koňského hnoje u obou variant (viz. Graf č. 33). U jediné varianty se zvýšil obsah Fe u výluhu se strukturovanou vodou,

konkrétně u kuchyňského bioodpadu. U ostatních variant se strukturovanou vodou došlo ke snížení obsahu železa.

Graf č. 33: Průměrný obsah železa ve vyluzích s demineralizovanou a strukturovanou vodou s přidavkem 500 ml fugátu



Kromě výše popsaných prvků byl ve vyluzích detekovány koncentrace Zn, Ni, Mn, Mo, Cu, B, Al, Na, As a Cr. Největší zastoupení měl sodík, jehož obsah byl srovnatelný s obsahem vápníku. Hliník, bór a zinek se svými obsahy blížily obsahu železa. Ostatní prvky byly zjištěny ve velmi nízkých koncentracích až na hranici detekce nebo pod hranicí detekce (Ni <0,005; Mn <0,005; Mo <0,005; Cu <0,005). Oproti vermikompostům nebylo ve vyluzích detekováno kadmium a olovo. Arsen byl naměřen u variant SHF 500 ve 12 – 48 h vyluhování, u SHF 100 po celou dobu extrakce, u DHF 100 ve 24 – 48 h vyluhování a DHF 500 ve 24 – 48 h vyluhování. Chrom byl detekován u variant SJF 500 po dobu 6 – 48 h extrakce, u SHF 500 po dobu 6 – 48 h, u SJF 100 po dobu 1 – 48 h, u DHF 500 po dobu 12 – 48 h, u DMF 500 po dobu 12 – 48 h, u DHF 100 po dobu 12 – 48 h a u varianty DMF 100 po dobu 24 – 48 h.

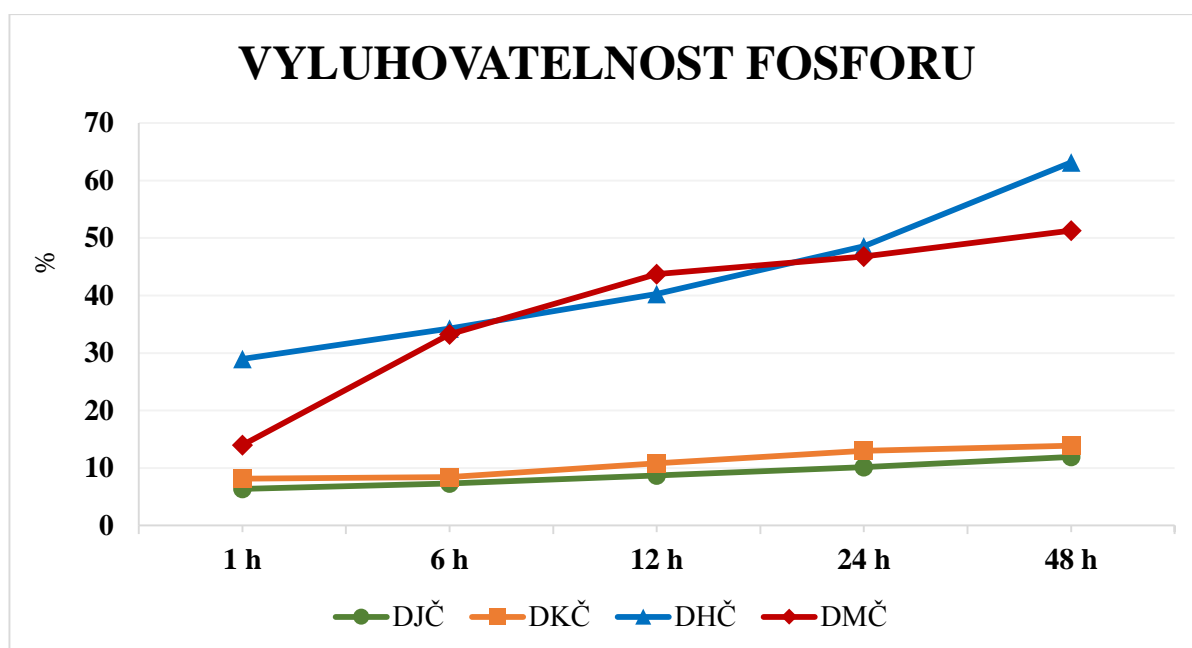
5.2.7 Vyluhovatelnost prvků

5.2.7.1 Fosfor

Jak ukazuje Graf č. 34, vyluhovatelnost fosforu se zvyšovala úměrně době extrakce u všech vyluhů s demineralizovanou vodou. V první polovině extrakce byla vyluhovatelnost nižší u

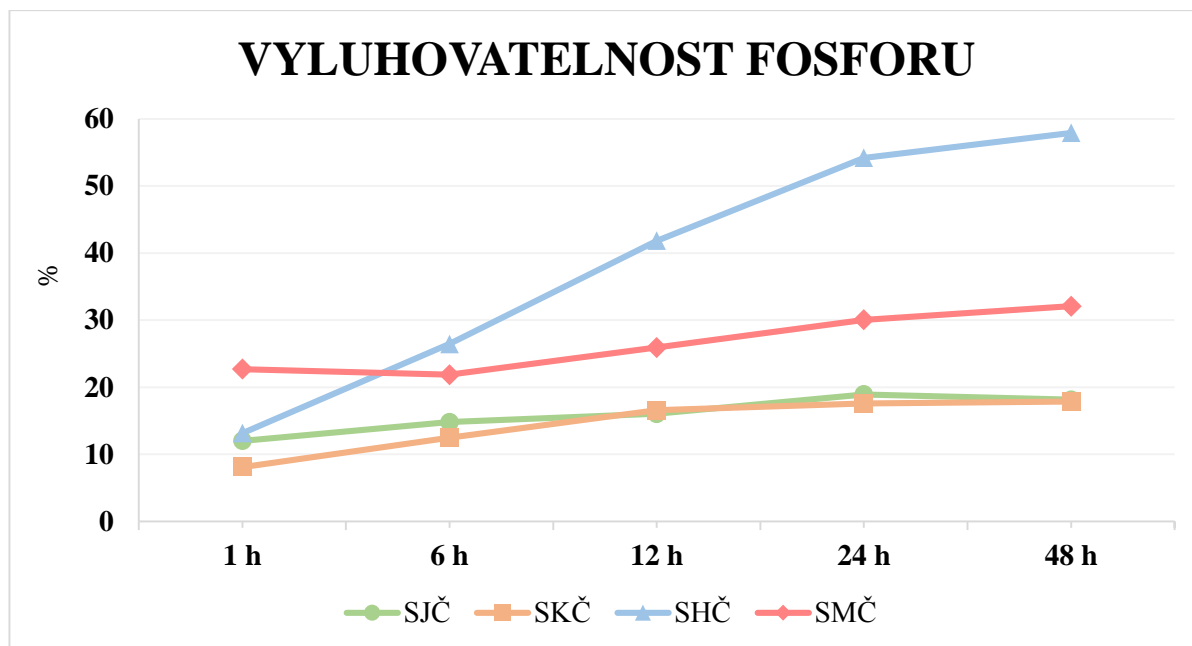
všech variant a zvyšovat se začala až po 6 h extrakce. Nejvyšší byla u výluhu s vermikompostem z koňského hnoje po 48 h (63,17 %) a od počátku vyluhování se zvýšila o 34,21 %. Naopak nejnižší vyluhovatelnost byla u variant s vermikomposty z jablečných výlísků (11,92 % po 48 h) – zvýšení o 5,58 % a z kuchyňského bioodpadu s demineralizovanou vodou (po 48 h 13,89 %) – vzrůst o 5,74 %. U výluhu s vermikompostem z matoliny došlo v průběhu vyluhování k největšímu nárůstu vyluhovatelnosti o 37,30 %.

Graf č. 34: Vyluhovatelnost fosforu ve vyluzích s demineralizovanou vodou



Také u výluhů se strukturovanou vodou (viz. Graf č. 35) se v závislosti na čase vyluhovatelnost zvyšovala a byla tak v druhé polovině extrakce vyšší. Nejvyšší je u varianty s vermikompostem z koňského hnoje po 48 h extrakce (57,93 %) – došlo ke zvýšení o 44,77 % oproti počátku. Nejnižší byla zaznamenána u kuchyňského bioodpadu s maximální hodnotou po 48 h (17,87 %).

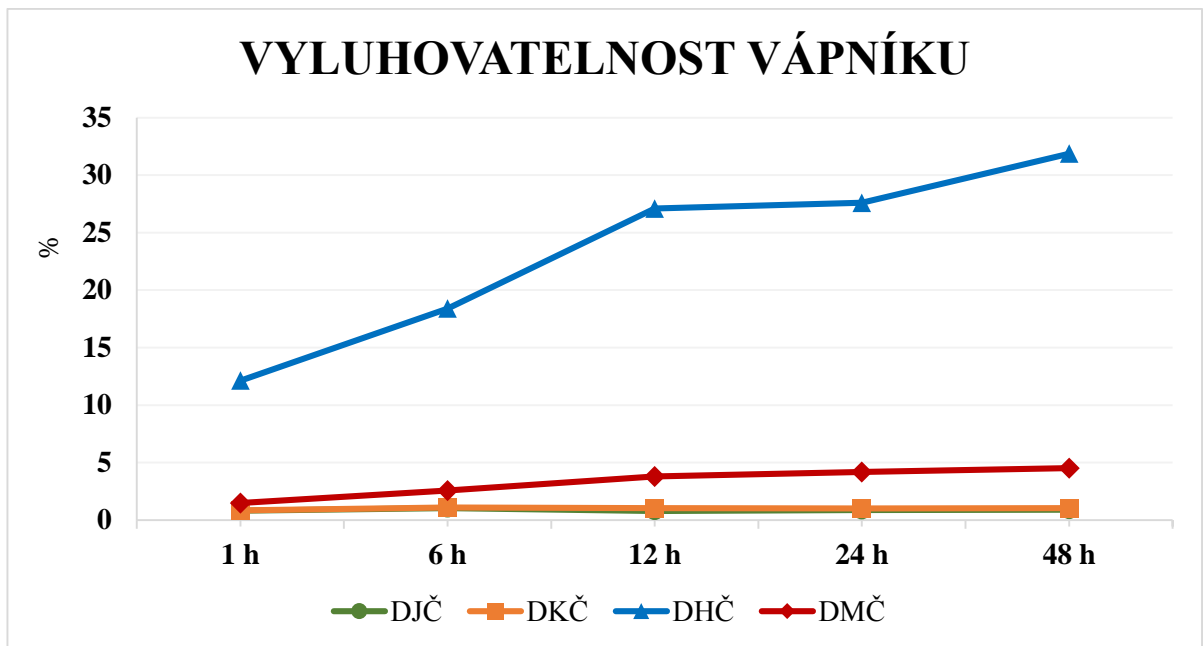
Graf č. 35: Vyluhovatelnost fosforu ve vyluzích se strukturovanou vodou



5.2.7.2 Vápník

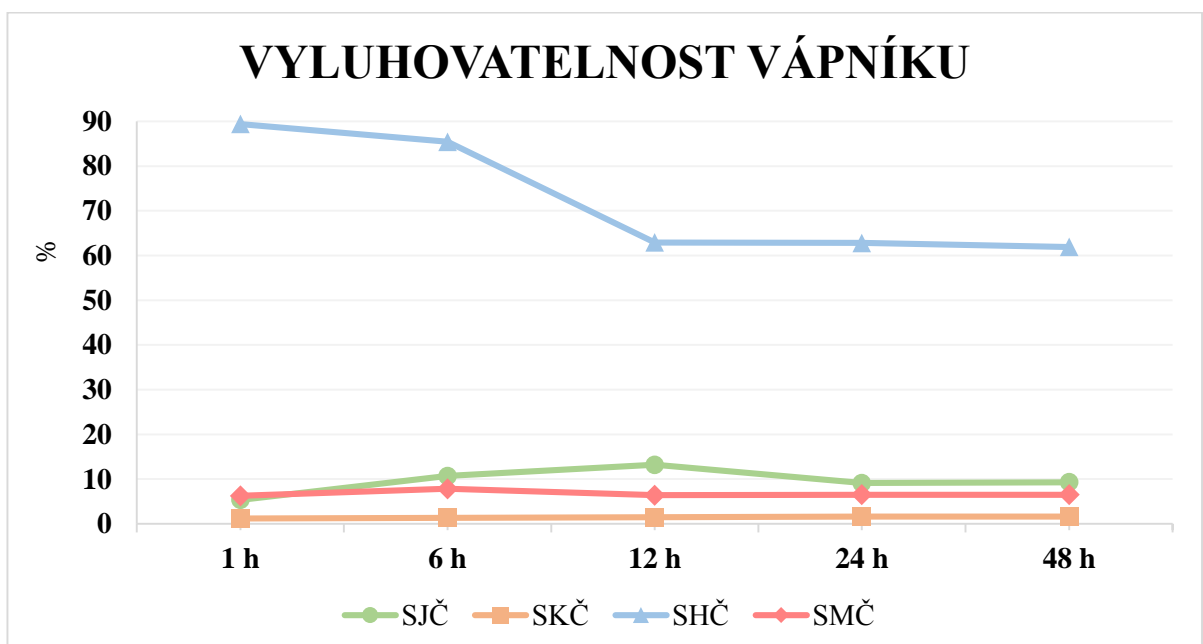
U vápníku ve výluzích s demineralizovanou vodou (viz. Graf č. 36) se vyluhovatelnost s delší dobou extrakce zvyšovala a nejvyšší byla na konci pokusu kromě variant s vermikomposty z kuchyňského bioodpadu a z jablečných výlisků – zde byla nejvyšší vyluhovatelnost po 6 h. U zbývajících dvou variant se zvýšila v druhé polovině extrakce. Výluh s vermikompostem z koňského hnoje dosáhl nejvyšší vyluhovatelnosti vápníku (31,86 %) – se vzrůstem o 19,74 %. Nejnižší byla vypočtena u výluhů s jablečnými výlisky s maximem 1,03 % a s kuchyňským bioodpadem (1,10 %).

Graf č. 36: Vyluhovatelnost vápníku ve výluzích s demineralizovanou vodou



Vyluhovatelnost ve výluzích se strukturovanou vodou (viz. Graf č. 37) se v závislosti na čase zvyšovala kromě varianty s vermikompostem z koňského hnoje, kde došlo k poklesu. Přesto varianta s koňským hnojem měla vyluhovatelnost nejvyšší – a to po 1. hodině vyluhování (89,40 %) a postupně se snížila o 27,48 %. Naopak nejnižší byla u výluhů s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu s max. hodnotou po 24 h vyluhování (1,63 %).

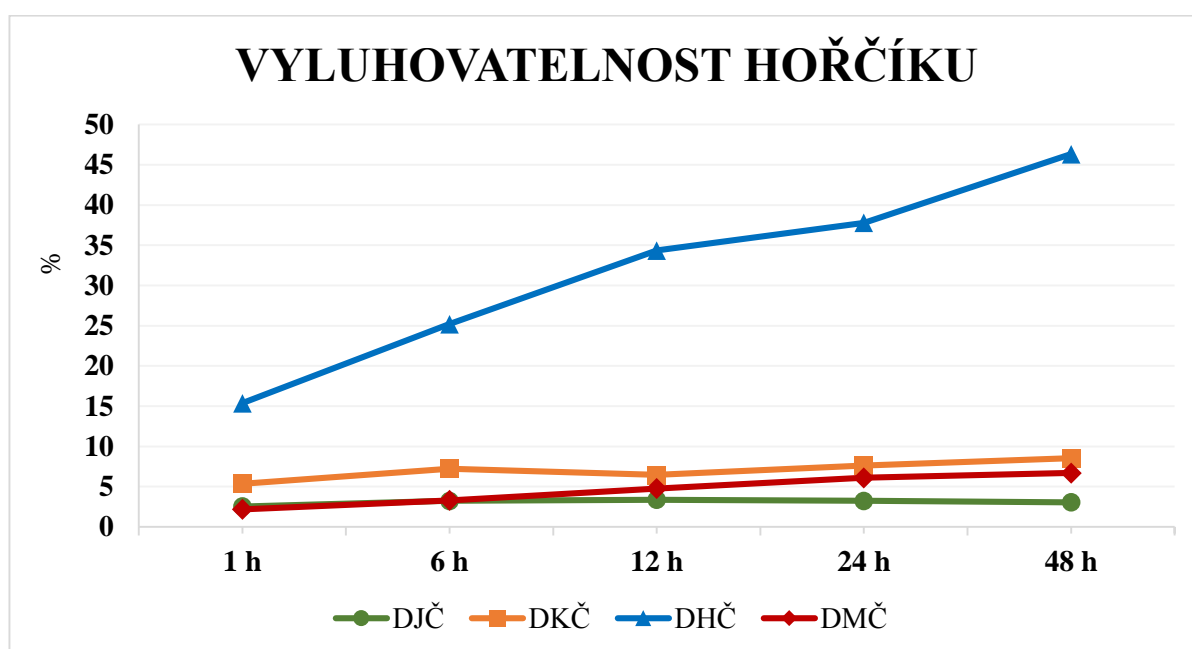
Graf č. 37: Vyluhovatelnost vápníku ve výluzích se strukturovanou vodou



5.2.7.3 Hořčík

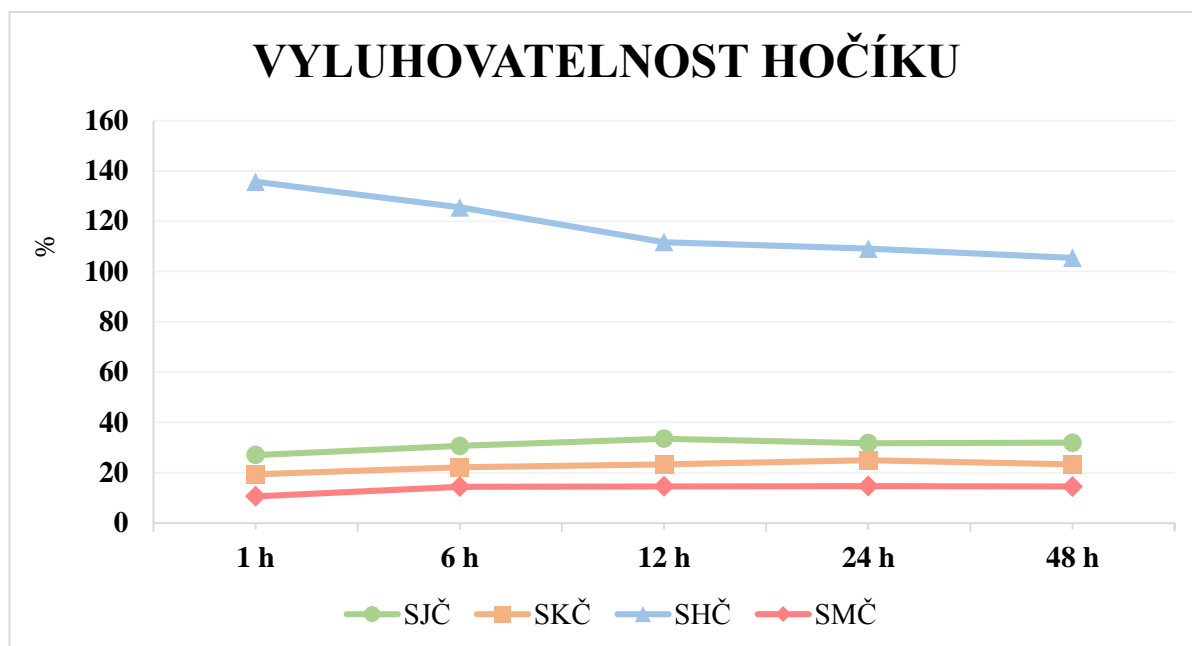
Vyluhovatelnost hořčíku u výluhů s demineralizovanou vodou (viz. Graf č. 38) vzrůstala úměrně době extrakce oproti počátečním hodnotám u všech variant, takže vyšší byla v druhé polovině pokusu. Kromě výluhu s vermikompostem z jablečných výlisků kde maxima dosáhla po 12 h, ostatní varianty dosáhly maxima po 48 h – nejvyšší byla u výluhu s vermikompostem z koňského hnoje (46,32 %) se vzrůstem o 30,95 % a nejnižší z jablečných výlisků (3,38 %), s nejmenším zvýšením vyluhovatelnosti o 0,84 %, a z matoliny (6,70 % po 48 h) s nárůstem o 4,52 %.

Graf č. 38: Vyluhovatelnost hořčíku ve výluzích s demineralizovanou vodou



V Grafu č. 39 je vidět zvýšení vyluhovatelnosti u všech variant výluhů se strukturovanou vodou s delším časem extrakce (kromě varianty s koňským hnojem). Vyšší vyluhovatelnosti bylo dosaženo až v druhé polovině extrakce, kdy nejvyšší byla opět u výluhu z vermikompostu z koňského hnoje (135,68 %) na počátku pokusu a na konci se snížením o 30,23 %. Nejnižší byla vypočítána u matoliny s nejvyšší hodnotou ve 12. hodině vyluhování (14,68 %) se vzrůstem o 4,04 %.

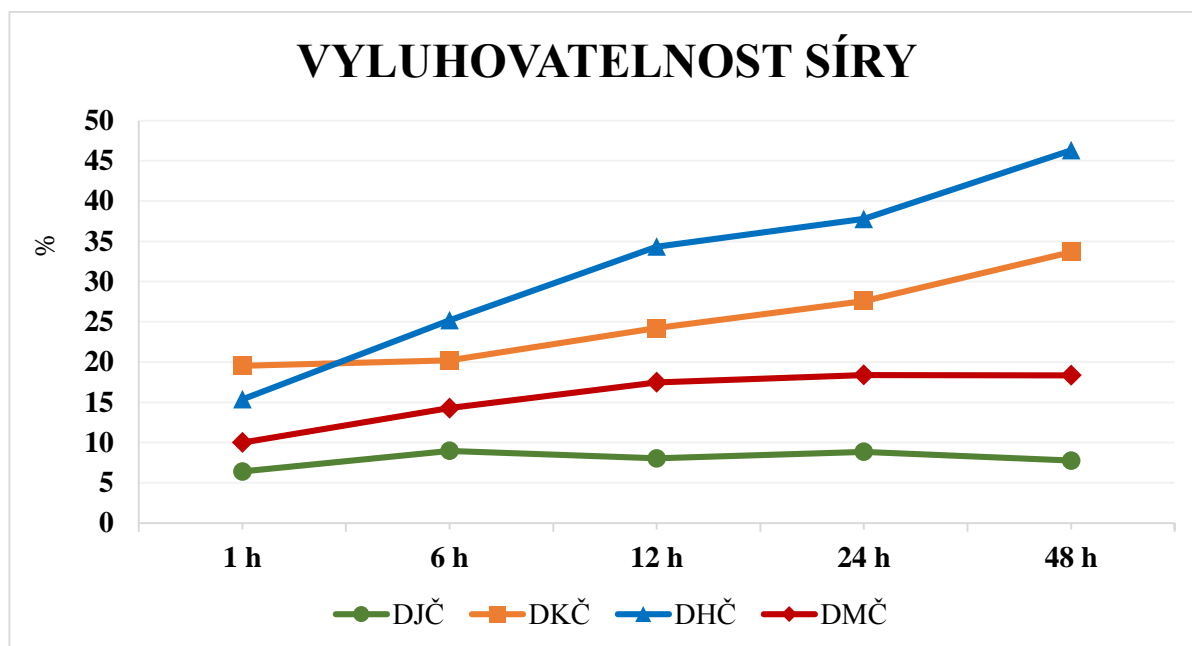
Graf č. 39: Vyluhovatelnost hořčíku ve výluzích se strukturovanou vodou



5.2.7.4 Síra

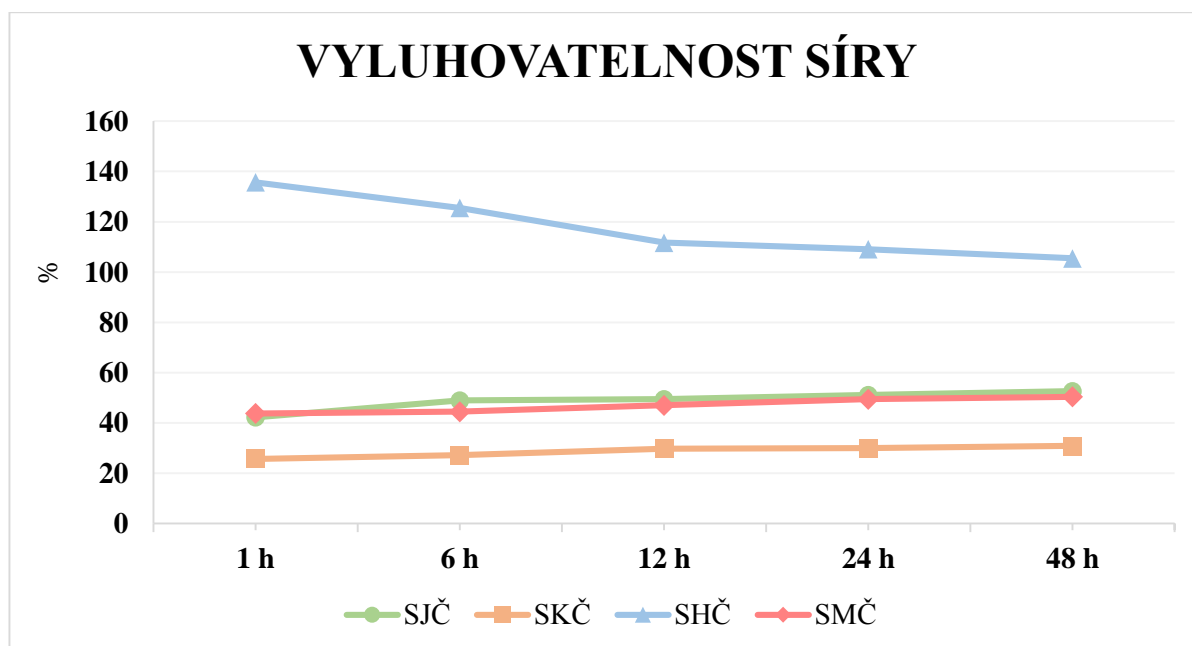
Jak ukazuje Graf č. 40, u všech variant s demineralizovanou vodou vyluhovatelnost síry v závislosti na čase vzrůstá a výrazněji se začíná zvyšovat po 6. hodině extrakce a nejvyšších hodnot dosahuje po 48 h, kromě výluhu s vermikompostem z jablečných výlisků, kde maxima bylo dosaženo po 24 h. Nejvyšší byla opět u výluhu z vermikompostu s koňským hnojem – 89,88 % se vzrůstem o 52,40 %. Nejnižší byla u jablečných výlisků (7,74 %) s nárůstem o 1,35 %.

Graf č. 40: Vyluhovatelnost síry ve výluzích s demineralizovanou vodou



Graf č. 41 ukazuje, že vyluhovatelnost síry u výluhů se strukturovanou vodou v čase vzrůstá a nejvyšší je na konci pokusu. Výluh s vermikompostem z koňského hnoje dosahoval nejvyšší vyluhovatelnosti (max. 180,14 %) se zvýšením o 54,31 %. Varianta s jablečnými výlisky dosáhla vyluhovatelnosti po 48 h 52,66 % a s matolinou 50,41 %. Naopak nejnižší hodnoty byly stanoveny u výluhu s bioodpadem (30,88 %) s navýšením o 5,17 %.

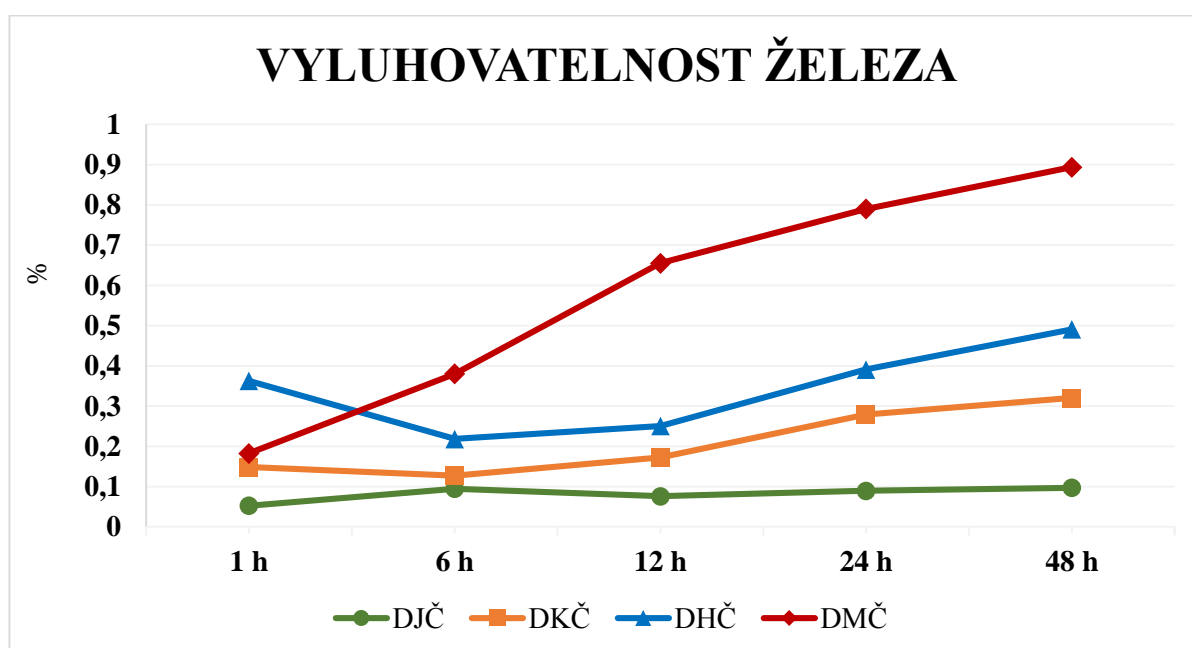
Graf č. 41: Vyluhovatelnost síry ve výluzích se strukturovanou vodou



5.2.7.5 Železo

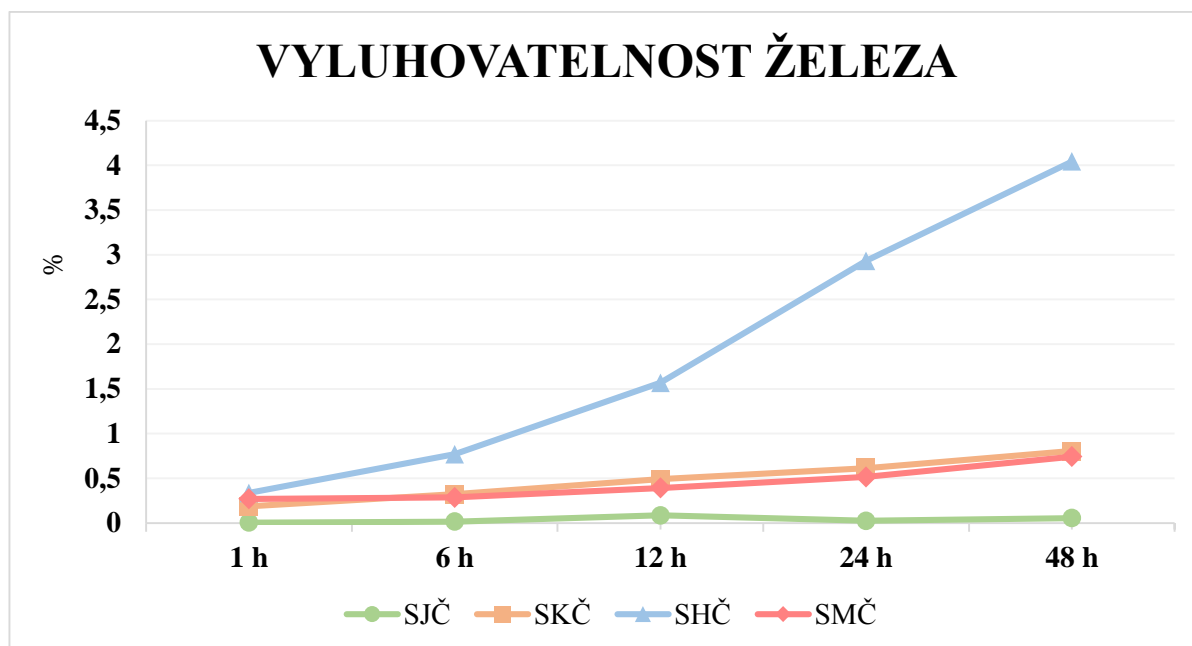
Vyluhovatelnost železa u výluhů s demineralizovanou vodou (viz. Graf č. 42) s delší dobou extrakce rostla u všech variant a vyšší byla po 6 hodinách extrakce. Varianta s vermikompostem z jablečných výlisků, která měla nejnižší vyluhovatelnost (max. 0,10 % po 48 h) ze všech výluhů. Po 48 hodinách extrakce byla vyluhovatelnost u výluhů s vermikomposty z kuchyňského bioodpadu 0,32 %, z koňského hnoje 0,49 % a z matoliny 0,89 %. Největší progres je vidět u výluhu s matolinou (o 0,71 %).

Graf č. 42: Vyluhovatelnost železa ve výluzech s demineralizovanou vodou



Vyluhovatelnost železa u výluhů se strukturovanou vodou (viz. Graf č. 43) vzrůstala v závislosti na čase a maxima dosáhla po 48 h extrakce u všech variant. Nejnižší byla u výluhu s vermikompostem s jablečnými výlisky – maximální hodnota vyluhovatelnosti byla 0,06 %. Nejvyšší vyluhovatelnost je opět u varianty s koňským hnojem – konkrétně 4,04 % s největším vzrůstem o 3,7 %.

Graf č. 43: Vyluhovatelnost železa ve výluzích se strukturovanou vodou



6 Diskuse

Hodnoty pH a EC se liší napříč typy vyrobených výluhů. Průměrné pH čerstvých vermikompostů se pohybovalo mezi hodnotami 6,47 až 6,86 (viz. Tab. č. 6). Nejvyšší pH bylo naměřeno u kuchyňského bioodpadu (pH = 6,86) a koňského hnoje (pH = 6,81). pH výluhů se pohybovalo na hodnotách 6,74 až 8,71 – nejnižší bylo u varianty SKF 100 a nejvyšší u varianty DJČ. Naměřené hodnoty jsou v souladu s těmi, které uvádějí Scheurell et Mahaffee (2004) ve své studii pro kvalitní výluhy. El-Haddad et al. (2014) uvádějí podobné závěry – pro kvalitní výluh udávají hodnoty mezi 7 až 8. Jedná se tedy o neutrální až zásadité pH. U všech typů výluhů byl zaznamenán stoupající trend pH v závislosti na delším čase vyluhování a aeraci výluhů. Nejvyšších hodnot bylo dosaženo po 48 h extrakce u všech výluhů kromě výluhu s vermikompostem z jablečných výlisků, kde bylo nejvyššího pH dosaženo po 24 h extrakce. Také přidavek aditiv vedl k vyšším hodnotám pH – nejvyšší hodnoty byly naměřeny u variant s 500 ml fugátu. Pant et al. (2011a) ve své studii došli ke stejnému závěru, že pH a elektrická vodivost jsou ovlivněny extrakcí a přidavkem aditiv.

Lazcano et al. (2008) uvádějí, že elektrická vodivost (EC) udává koncentrace solí. Vysoká koncentrace solí může vyvolat fytoxicitu a nízká koncentrace znamená nízkou dostupnost živin pro rostliny. Proto je elektrická vodivost dobrý ukazatelem využití vermikompostů a jejich výluhů pro zemědělské účely. V našem pokusu byla změřena v čerstvých vermikompostech nejnižší elektrická vodivost u výluhu s vermikompostem z koňského hnoje (1,16 mS/cm) a nejvyšší z kuchyňského bioodpadu (2,38 mS/cm) (viz. Tab. č. 6). U vodných výluhů se hodnoty měrné vodivosti pohybovaly v rozmezí 1,1 – 3,1 mS/cm. Nejvyšších hodnot EC většinou dosahovaly výluhy s vermikompostem z koňského hnoje a kuchyňského bioodpadu – nejvyšší byla u varianty SHF 100 a nejnižší u varianty SHČ. Podobné výsledky přinesly i studie Welke (2001) a Pant et al. (2012), kde došli k závěru, že výluhy s vermikomposty na bázi statkových hnojiv a bioodpadu dosahují nejvyššího pH a EC. Výluhy bez přídatku fugátu dosáhly nejvyšších hodnot EC po 48 h extrakce. Stejně výsledky byly změřeny u výluhů s demineralizovanou vodou a přidavkem fugátu. U výluhů se strukturovanou vodou a přidavkem fugátu se zvýšila hodnota EC po 24 h extrakce a poté zůstávala poměrně stabilní. Ze získaných výsledků se nepotvrdilo, že by výluhy s přidavkem 500 ml fugátu měly vyšší EC než výluhy se 100 ml fugátu.

Obsahy živin ve vodných výluzích se lišily dle druhu vstupních surovin, době extrakce či použitých aditiv. Nejbohatší na celkové obsahy vybraných nutrientů u výluhů

s demineralizovanou vodou byl výluh na bázi kuchyňského bioodpadu (N, Ca, Mg, S) a koňského hnoje (N, Ca, Mg, Fe), u výluhů se strukturovanou vodou výluh s vermikompostem z jablečných výlisků (P, Ca, Mg, S, Fe) a u výluhů s fugátem výluh s vermikompostem na bázi matoliny (C, Ca, Mg, S).

U výluhů s demineralizovanou vodou bez přídavku aditiv měly nejvyšší hladinu celkového dusíku výluhy s vermikomposty z kuchyňského bioodpadu a koňského hnoje – kuchyňský bioodpad měl dvojnásobně vyšší obsah N_t (viz. Příloha č. 3). Scheurell et Mahaffee (2004) v závěru své studie uvádějí, že nejvyšší hladiny celkového obsahu dusíku dosáhly výluhy s vermikomposty z kuchyňského bioodpadu společně s výluhy s vermikomposty na bázi slepičího hnoje. Ke stejným závěrům došli i Pant et al. (2012), v jejichž studii výluh z vermikompostu se slepičím hnojem bez přídavku aditiva měl téměř 1,5x vyšší koncentraci N_t oproti výluhu s kuchyňským bioodpadem. Obohacení vody o šungit zvýšilo hladinu obsahu N_t u všech výluhů. Nejvíce patrný je nárůst u výluhu s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu – téměř o dvojnásobek (viz. Příloha č. 3). Doplněním výluhů o fugát se u všech vzorků (kromě DJF 100) zvýšil celkový obsah dusíku. Nárůst je nejvíce patrný u výluhů s přídavkem 500 ml fugátu. Tuto skutečnost potvrzují Pant et al. (2012), kdy použitím aditiv v podobě řas a huminových kyselin zvýšili obsah dusíku ve vodných výluzích o 22 – 33 %. U varianty s vermikompostem z jablečných výlisků s demineralizovanou vodou s 500 ml fugátu je nárůst čtyřnásobný oproti variantě bez fugátu, z kuchyňského bioodpadu je obsah 3,5x vyšší, z koňského hnoje je nárůst pětinašobný a z matoliny je obsah 3x vyšší. Výluh ve strukturované vodě s vermikompostem z koňského hnoje a 500 ml fugátu měl v průměru 4x vyšší obsah N_t než bez přídavku fugátu. Podobný výsledek byl změřen i u matoliny s 500 ml fugátu, kde obsah N_t byl téměř čtyřnásobný oproti variantě bez fugátu. Nejvyšší hodnota celkového dusíku byla naměřena pro SKF 500 – 179,97 mg/l (bez fugátu 41,43 mg/l) a nejnižší u DJF 100 (10,33 mg/l) (viz. Příloha č. 3). V průběhu extrakce se zvyšoval obsah N_t u všech variant, pouze u kuchyňského bioodpadu (varianty DKF 100 a SKF 500) a jablečných výlisků (varianta DJF 500) došlo s delším časem extrakce k poklesu. Ze získaných výsledků z hlediska času a celkového obsahu dusíku je odběr výluhů po 6 hodinách nejlepší pro varianty SJČ, SHF 100, po 12 hodinách pro varianty DHF 100, DHF 500, SHF 100 a SMF 500, po 24 hodinách pro varianty DJF 500, DKF 100, SKF 500 a DMF 500. Pro ostatní varianty platí jako nejlepší čas odběru 48. hodina extrakce.

Rozpuštěný organický uhlík je prvek, který byl ve výluzích zastoupen v největší míře. To vypovídá o správnosti procesu výroby výluhů a kvalitě vstupních surovin. Nejvyšší hladina

DOC u výluhů s demineralizovanou vodou bez fugát byla zjištěna u výluhů s vermikomposty z jablečných výlisků a matoliny (viz. Příloha č. 4). S přidavkem šungitu se hladina obsahu DOC zvýšila u všech variant – nejvíce u koňského hnoje (v průměru 2x) a u matoliny (v průměru 1,5x) (viz. Příloha č. 4). Přídavek fugátu u všech variant zvýšil obsah DOC – nejvíce u výluhů s 500 ml fugátu. U výluhů s vermikompostem z jablečných výlisků a demineralizovanou vodou se obohacením o 500 ml fugátu obsah DOC zvýšil v průměru 2,5x, u matoliny a kuchyňského bioodpadu byl nárůst téměř dvojnásobný oproti variantám bez fugátu (viz. Příloha č. 4). Ve výluzích se strukturovanou vodou je nejvíce patrný téměř trojnásobný nárůst celkového obsahu uhlíku v průměru u výluhů s vermikomposty z koňského hnoje a z matoliny v průměru dvojnásobný oproti variantám bez přídavku fugátu. Nejvyšší hodnota obsahu DOC byla naměřena u varianty SHF 500 – 389,80 mg/l (bez fugátu 316,73 mg/l) a nejnižší u DKČ (50,37 mg/l) (viz. Příloha č. 4). S delší dobou extrakce se zvyšoval obsah DOC u všech variant kromě varianty SKF 500, u které se s delším časem obsah DOC snižoval. Výsledky ukazují, že z hlediska času a obsahu celkového uhlíku je nejlepší odběr po 6 hodinách extrakce u varianty SKF 500, po 12 h u varianty SMF 500 (u této varianty by byl vhodný i odběr 48 h; hodnoty DOC byly téměř totožné), po 24 h u varianty DKF 500 a DHF 100. Pro zbývající varianty je nejvhodnější doba odběru po 48 h vyluhování.

U variant bez fugátu s demineralizovanou vodou byl fosfor nejvíce obsažen ve výluhu s vermikompostem z matoliny (viz. Příloha č. 5). Pant et al. (2009) uvádějí pro aerovaný výluh bez aditiv po 12 h vyluhování nižší obsah fosforu (16,5 mg/l) oproti našim výsledkům. Obohacení o šungit nevedlo u všech výluhů ke zvýšení obsahu fosforu. Fosfor se zvýšil jen u varianty s vermikompostem z jablečných výlisků (v průměru 1,8x) a z kuchyňského bioodpadu (v průměru 1,3x) (viz. Příloha č. 5). Přidáním fugátu se zvýšil obsah P jen u variant DJČ, SJČ, SHČ, DHČ a SMČ. Nejvýraznější byl nárůst u výluhů s vermikompostem jablečných výlisků s demineralizovanou i strukturovanou vodou – v průměru dvojnásobný po přidání 500 ml fugátu oproti variantám bez fugátu. U variant s s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu došlo s každým zvýšením objemu fugátu ke snížení koncentrace P ve výluzích (viz. Příloha č. 5), takže nejnižší je u variant DKF 500 a SKF 500. U varianty SKF 500 se jednalo o nejmenší obsah P vůbec – 3,220 mg/l (bez fugátu 70,893 mg/l) a nejvyšší byl u DMČ 92,225 mg/l (s 500 ml fugátu 74,625 mg/l). S provzdušňováním a delší dobou extrakce a se obsah P zvyšuje u všech variant kromě variant SKF 100 a SKF 500. Vliv aerace na obsah P Pant et al. (2009) u výluhu připraveného z vermikompostu na bázi slepičího hnoje nepotvrdili, ale v další studii Pant et al. (2011) uvádějí, že se obsah fosforu u provzdušňované varianty po

12 h extrakce zvýšil. Ze získaných měření vyplývá, že z hlediska času a obsahu fosforu je nejlepší odběr po 6 h vyluhování pro variantu SKF 500, po 12 h pro variantu SKF 100, po 24 h pro variantu SJČ a SHF 500. Zbytek variant dosáhl maximální hodnoty obsahu P po 48h vyluhování. Vyluhovatelnost byla vypočtena pro výluhy s demineralizovanou a strukturovanou vodou bez přídavku fugátu. U fosforu v závislosti na čase roste u obou typů výluhů a maxima dosáhne po 48 h. U výluhů s demineralizovanou vodou se lépe vyluhoval u variant s vermikomposty z koňského hnoje a matoliny oproti variantám s jablečnými výlisky a kuchyňským bioodpadem, u nichž se fosfor více vyluhoval ve výluzích se strukturovanou vodou. Největší hodnota vyluhovatelnosti byla u DHČ průměrně 43,05 % a u SHČ 38,71 %. Při srovnání výluhů s demineralizovanou a strukturovanou vodou je zřejmé, že u výluhu s vermikompostem z matoliny je rozdíl největší – v průměru 1,5krát vyšší u varianty DMČ.

V našem pokusu dosáhly nejvyššího obsahu vápníku výluhy s demineralizovanou vodou z vermikompostů s kuchyňským bioodpadem a koňským hnojem (viz. Příloha č. 6). Obohacením o šungit došlo ke zvýšení vápníku u všech variant. Nárůst je nejvíce patrný u varianty s vermikompostem z jablečných výlisků (v průměru desetinásobný) a z koňského hnoje (v průměru trojnásobný) (viz. Příloha č. 6). Dodáním 100 ml fugátu se obsah vápníku nezvyšuje u variant DKF 100, DMF 100 a SMF 100. Přidáním 500 ml fugátu se nezvyšuje obsah Ca jen u variant DKF 500 a SKF 500. U ostatních variant došlo ke zvýšení. Největší nárůst byl zaznamenán u výluhu s vermikompostem z matoliny s demineralizovanou vodou a 500 ml fugátu – v průměru přírůstek činil čtyřnásobek oproti variantě bez fugátu. Nejvyšší koncentrace vápníku byla naměřena u SHF 500 185,819 mg/l (bez fugátu 86,071 mg/l) a nejnižší u varianty DJČ 3,624 mg/l. Pant et al. (2009) u vápníku po 12 h aerace bez aditiv uvedli hodnotu 49,0 mg/l a u výluhu s přídavkem mikrobiálního aditiva hodnotu 83,4 mg/l (viz. Příloha č. 6). O dva roky později naměřili Pant et al. (2011a) v provzdušňovaném výluhu po 12 h extrakce bez aditiv hodnotu Ca 185,9 mg/l a u provzdušňovaného výluhu obohaceném o mikrobiální aditivum se obsah Ca snížil na 149,6 mg/l. U vápníku měl přídavek fugátu výraznější vliv na výluhy se strukturovanou vodou (viz. Příloha č. 6). S delší dobou extrakce se obsah Ca zvyšoval. Výjimkou byla varianta SHČ, kde postupně jeho hodnota klesala. Výsledky ukazují, že z hlediska času a obsahu vápníku je nejlepší odběr po 1 h extrakce u varianty SHČ, 6 h u varianty DJČ a DKČ, po 12 h u varianty SJČ a SKF 100, po 24 h u varianty SKČ, SMČ, SHF 100 a DJF 500. Ostatní varianty dosáhl maximální hladiny obsahu Ca po 48 h vyluhování. Vyluhovatelnost vápníku byla vyšší u výluhů se strukturovanou vodou bez přídavku fugátu. S delším časem vyluhování se zvyšovala u všech variant, kromě varianty DJČ a SHČ, proto by

nebylo nutné u těchto variant provádět extrakci celých 48 h. Nejvyšší vyluhovatelnosti dosáhl výluh DHČ (v průměru 23,41 %) a SHČ (v průměru 72,50 %). Při porovnání výluhů s demineralizovanou a strukturovanou vodou je patrné, že výluhy se strukturovanou vodou mají vyšší vyluhovatelnost u všech variant. Největší rozdíl je u výluhů s vermikomposty z jablečných výlisků – v průměru desetinásobný a z hnoje – v průměru trojnásobný.

Variety s vermikomposty z kuchyňského bioodpadu a z koňského hnoje s demineralizovanou vodou bez přídavku fugátu obsahovala nejvíce hořčíku oproti ostatním variantám (viz. Příloha č. 7). U všech variant se šungitem se obsah hořčíku zvýšil (viz. Příloha č. 7). Přídavkem fugátu se obsah hořčíku také zvýšil, výjimkou je varianta DKF 100, DJF 100, DMF 100, SKF 100 a SJF 100. Nárůst je nejvíce patrný u výluhů s 500 ml fugátu, toto tvrzení neplatí pro varianty DKF 500 a DHF 500, u kterých měly výluhy se 100 ml fugátu vyšší obsah Mg. Největší rozdíl mezi variantou bez přídavku fugátu a variantou s 500 ml fugátu byl u výluhu s vermikompostem z matoliny, kde došlo ke zvýšení o dvojnásobek. U hořčíku byl nejvyšší obsah zjištěn pro SHF 500 – 77,091 mg/l (bez fugátu 40,862 mg/l) a nejnižší pro DJČ 2,903 mg/l. Obdobné hodnoty naměřili ve své studii Pant et al. (2009) – u 12 h provzdušňovaného výluhu s vermikompostem na bázi slepičího hnoje bez přídavku aditiv (43,9 mg/l) a u výluhu s přídavkem mikrobiálního aditiva 61,5 mg Mg/l. K velmi podobným hodnotám dospěli Pant et al. (2011a) i v další studii – výluh bez aditiv měl 80,1 mg Mg/l a s aditivem (61,4 mg/l) S delší dobou vyluhování se obsah Mg zvyšoval u všech výluhů kromě variant SKF 100 a SHČ (viz. Příloha č. 7). Z hlediska délky vyluhování a obsahu hořčíku je nejlepší odběr po 1 h extrakce pro SHČ, po 6 h extrakce pro DJF 500, SKF 100 a DJF 500, po 12 h extrakce pro DJČ, po 24 h extrakce pro SHČ a SMČ. Ostatní výluhy dosáhly maximální hladiny obsahu Mg po 48 h extrakce. Vyluhovatelnost hořčíku v závislosti na čase vzrůstala u výluhů s demineralizovanou i strukturovanou vodou a maxima dosáhla po 48 h – výjimkou je varianta SHČ, kde maxima bylo dosaženo po 1 h extrakce. Přestože se u variant DJČ a SMČ vyluhovatelnost zvýšila na konci pokusu oproti počáteční hodnotě, svého maxima dosáhly po 12 h extrakce (viz. Příloha č. 7). Nejvyšší vyluhovatelnosti dosáhly výluhy DHČ (v průměru 31,80 %) a SHČ (117,48 %). Při porovnání obou typů výluhů je patrné, že ve strukturované vodě je vyluhovatelnost vyšší. Nejmarkantnější rozdíl je mezi výluhy s vermikompostem z jablečných výlisků – v průměru je nárůst desetinásobný a z koňského hnoje je v průměru vyšší 3,5x.

Z variant s demineralizovanou bez přídavku fugátu byla síra nejvíce zastoupena u výluhu s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu (viz. Příloha č. 8). Obohacením o šungit vzrostl

obsah síry u všech variant, kdy nejnápadnější byl vzrůst u výluhu s vermikompostem z jablečných výlisků – v průměru o šestinásobek (viz. Příloha č. 8). Téměř u všech variant s fugátem se obsah síry zvýšil – neplatí pro DJF 100, DKF 100 a SKF 100. Nejvíce patrný je tento nárůst u variant s 500 ml fugátu – konkrétně u variant s vermikomposty z matoliny a z jablečných výlisků v průměru s 1,5krát. Nejvyšší koncentrace obsahu síry byla u varianty SHF 500 – 71,100 mg/l (bez fugátu 47,532 mg/l) a nejnižší u DJČ 3,886 mg/l. Obsah síry se u všech variant také zvyšoval s delší dobou vyluhování. Z hlediska obsahu síry a délky vyluhování je nejlepší odběr po 6 h vyluhování u varianty DJČ, po 24 h SJF 100 a SHF 100. U ostatních variant maxima obsahu síry bylo dosaženo po 48 h extrakce (viz. Příloha č. 8). Vyluhovatelnost síry v závislosti na čase vzrůstala jak u výluhů s demineralizovanou vodou, tak strukturovanou s nejvyššími hodnotami po 48 h vyluhování – výjimkou je varianta DJČ s maximem po 12 h. Nejvyšší vyluhovatelnost opět byla v průměru u DHČ 31,70 % a u SHČ 117,48 %. Srovnáním výluhů s demineralizovanou a strukturovanou vodou je vidět, že vyluhovatelnost síry je vyšší u výluhů se strukturovanou vodou – jen u varianty SHČ došlo k poklesu. Nejzřetelnější je zvýšení u variant s vermikomposty z jablečných výlisků – v průměru šestinásobně a z koňského hnoje – v průměru 3,5krát.

Koncentrace železa ve výluzích s demineralizovanou vodou je nejvyšší u vermikompostu z koňského hnoje (viz. Příloha č. 9). Přídavkem šungitu se obsah Fe nezvyšuje u výluhů s vermikomposty z jablečných výlisků a z matoliny (viz. Příloha č. 9). Fugát pozitivně ovlivnil obsah železa ve výluzích, neboť došlo po jeho přidání k výraznému zvýšení Fe. Nejvyšší obsahy byly zaznamenány u výluhů s 500 ml fugátu kromě varianty s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu – zde byl obsah u varianty se 100 ml vyšší. U varianty SHF 100 s delším časem vyluhování došlo k poklesu obsahu Fe. U ostatních variant obsah vzrůstal (viz. Příloha č. 9). Výluh s vermikompostem z koňského hnoje obsahoval nejvíce Fe a přidáním fugátu se tento obsah zvýšil u varianty s demineralizovanou vodou v průměru 11,5krát a u varianty se strukturovanou vodou téměř 6x. Nejlepší výsledek z hlediska obsahu Fe byl naměřen pro variantu DHF 500 – 6,619 mg/l (bez fugátu 1,896 mg/l) a nejhorší pro DJF 100 0,029 mg/l (viz. Příloha č. 9). Odběr po 1 h extrakce je nejlepší pro variantu SHF 100, po 6 h extrakce pro variantu DJF 500 a po 12 h pro variantu SJČ. Ostatní varianty dosáhly maxima po 48 h vyluhování. Vyluhovatelnost železa vzrůstala v závislosti na čase a maxima dosáhla po 48 h extrakce u výluhů s demineralizovanou i strukturovanou vodou. Varianta DMČ a SHČ dosáhly v průměru nejvyšší vyluhovatelnosti – 0,58 % a 1,93 % v psaném pořadí. S výjimkou výluhu s vermikompostem z jablečných výlisků a strukturovanou vodou, se u zbývajících variant

vyluhovatelnost zvýšila oproti výluhům s demineralizovanou vodou. Nejvýraznější nárůst je u koňského hnoje, kde u SHČ vyluhovatelnost průměrně stoupla 5,5x.

Z hlediska obsahu prvků patří mezi nejlepší výluhy výluh s vermikompostem z koňského hnoje a matoliny, jak u demineralizované vody, tak u strukturované vody. Navíc výluhy z matoliny nejlépe reagují na přídavek fugátu u obou typů vodných výluhů. Na opačném konci leží výluhy s vermikomposty z jablečných výlisků v demineralizované i strukturované vodě, které mají nejnižší obsahy živin. Přídavek fugátu jejich obsah zvýšil, přesto tento typ výluhů vychází s nejnižšími obsahy prvků jako nejhorší varianta a reakce na fugát nebyla tak výrazná jako u ostatních variant (viz. Příloha č. 10).

Šungit je hornina obsahující téměř všechny prvky periodické soustavy, která se využívá k čištění pitné vody díky svým sorpčním, katalytickým a baktericidním schopnostem (Kovalevski et al., 2001; Kwiecinska et al., 2007). V našem pokusu předpoklad, že ve vodných výluzích obohacených o šungit se obsah prvků sníží, se nepotvrdil. Naopak u těchto výluhů došlo k uvolnění prvků, čímž se zvýšil jejich obsah oproti variantám s demineralizovanou vodou.

Z hlediska vyluhovatelnosti prvků do výluhů je nejlepší u výluhů s demineralizovanou vodou varianta s vermikompostem z koňského hnoje a matoliny a u výluhů se strukturovanou vodou s vermikompostem z koňského hnoje a jablečných výlisků. Nejlépe se z vermikompostů uvolňovala síra. Vyluhovatelnost se teoreticky pohybuje od 0 do 100 %. Přesto u variant SHČ pro síru a SHČ pro hořčík přesahovala 100 %. To bylo způsobeno patrně tím, že se při mikrovlnném rozkladu vermikompostu z hnoje neuvolnil veškerý obsah prvků. Tuto skutečnost je potřeba ověřit dalšími analýzami.

Po vyhodnocení všech výše uvedených aspektů mají nejlepší výsledky analýz výluhy s vermikompostem z matoliny.

7 Závěr

Výsledky výzkumu vlivu doby vyluhování a přídavku kapalné frakce digestátu na vlastnosti vodných výluhů z vermikompostů lze shrnout následovně:

- Zkoumáno bylo 120 vzorků výluhů – ze 4 druhů vermikompostů (na bázi jablečných výlisků, kuchyňského bioodpadu, koňského hnoje a matoliny) v demineralizované nebo strukturované vodě (studánková voda obohacená o šungit) s přídavkem 100 ml nebo 500 ml fugátu s dobou odběru po 1, 6, 12, 24 a 48 h extrakce
- pH výluhů se pohybovalo na hodnotách 6,74 až 8,71 a s delším časem extrakce se mírně zvyšovalo
- Elektrická vodivost se pohybovala v rozmezí 1,1 – 3,1 mS/cm a s delším časem extrakce se zvyšovala
- Koncentrace rozpuštěného kyslíku klesala s delším časem extrakce téměř u všech variant a pohybovala se od 5,19 do 7,64 mg O₂/l
- Průměrná koncentrace prvků ve výluzích s demineralizovanou vodou klesala v pořadí P > Ca > S > Mg > Fe a ve výluzích se strukturovanou vodou Ca > S > Mg > P > Fe
- Průměrná vyluhovatelnost prvků u výluhů s demineralizovanou vodou klesala v pořadí P > S > Mg > Ca > Fe a u výluhů se strukturovanou vodou S > Mg > Ca > P > Fe
- První stanovená hypotéza, že doba aerace má přímý vliv na vyluhovatelnost prvků, byla potvrzena – vzrůst celkového obsahu nutrientů byl potvrzen u 91,67 % výluhů
- Z hlediska doby aerace a celkového obsahu nutrientů je u 79 % variant nejlepší čas odběru po 48 h vyluhování
- Druhá hypotéza, že přídavek kapalné frakce digestátu zlepší agrochemické vlastnosti výluhů, byla potvrzena – téměř u všech variant (87,5 %) došlo ke zvýšení celkového obsahu živin
- Z hlediska obsahu prvků, reakce na přídavek fugátu a uvolňování prvků do výluhu bylo nejlepších výsledků dosaženo u výluhu s vermikompostem z matoliny
- Tato práce prokázala, že na kvalitu výluhů – celkový obsah živin a vyluhovatelnost – má doba extrakce a přídavek aditiv výrazný vliv
- Jednoletý výzkum slouží pouze k orientačním účelům, vzhledem k různé kvalitě vstupních surovin, významnosti, zajímavosti a rozsáhlosti tématu doporučuji v pokračování výzkumu

8 Seznam literatury

- Adhikary, S., 2012. Vermicompost, the story of organic gold: A review. *Agricultural Sciences*. 3(7): 905 – 917.
- Al Seadi, T., Lukehurst, C. 2012. and Clare Lukehurst. Quality management of digestate from biogas plants used as fertiliser. IEA Bioenergy, Task. p. 38.
- Ansari, A. A., Ismail, S. A., 2012. Role of Earthworms in Vermitechnology. *Journal of Agricultural Technology*. 8 (2): 405 – 415.
- Brinton, W., Tränkner, A. Droffner, M. 1996. Investigations into liquid compost extracts (“teas”) for the control of plant pathogenic fungi. *Biocycle*. 37 (11): 68 – 70.
- Brinton, W., Storms, P., Hill, J. 2004. Compost Teas: Microbial Hygiene and Quality In Relation to Method of Preparation. *Biodynamics*. (2004): 36 – 45.
- Choy, S. Y., Wang, K., Qi, W., Wang, B., Chen, Ch., Wang, J. 2015. Co-composting of horticultural waste with fruit peels, food waste, and soybean residues. *Environmental Technology*. 36 (11): 1448 – 1456.
- Dearborn, Y. 2011. Compost tea: Literature review on production, application and plant disease management. *EnviroSurvey*. San Francisco.
- Deepthi, P., Reddy, P. N. 2013. Compost Teas – An Organic Source For Crop Disease Management. *International Journal of Innovative Biological Research*. 2 (1): 51 – 60.
- Devesa-Rey, R., Vecino, L., Varela-Alende, J. L., Barral, J. M., Moldes, A. B. 2011. Valorization of winery waste vs. the costs of not recycling. *Waste Management*. 31 (2011) 2327 – 2335.
- Diaz, M. J., Madejón, E., López, F., López, R., Cabrera, F. 2002. Optimization of the rate vinasse/grape marc for co-composting proces. *Process Biochemistry*. 37 (2002): 1143 – 1150.
- Domínguez, J., Velando, A., Ferreiro, A. 2004. Are *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) and *Eisenia andrei* Bouche´ (1972) (Oligochaeta, Lumbricidae) different biological species?. *Pedobiologia*. 49 (2005): 81 – 87.
- Domínguez, J., Edwards, C. A., 2011a. Biology and Ecology of Earthworm Species Used for Vermicomposting. In: Edwards, C. A., Aracon, N. Q., Sherman, R. (eds.). *Vermiculture*

- Technology: Earthworms, Organic Waste and Environmental Management. CRC Press. p. 27-40. ISBN: 978-1-4398-0987-7.
- Domínguez, J., Edwards, C. A., 2011b. Relationships between Composting and Vermicomposting. In: Edwards, C. A., Aracon, N. Q., Sherman, R. (eds.). Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Waste and Environmental Management. CRC Press. p. 12-24. ISBN: 978-1-4398-0987-7.
- Edwards, C. A., Arancon, N. Q., Greytak, S. 2006. Effects of vermicompost teas on plant growth and disease. *Biocycle*. (2006): 28 – 29.
- Evcan, E., Tari, C. 2015. Production of bioethanol from apple pomace by using cocultures: Conversion of agro-industrial waste to value added product. *Energy*. 3 (2015): 1 – 8.
- Fabrizi, A., Bonifazi, G., Serranti, S. 2015. Micro-scale energy valorization of grape marcs in winery production plants. *Waste Management*. 36 (2015): 156 – 165.
- Fiala, J., Kohout, A., Klír, J. 2007. Výživa a hnojení travních a jetelovino travních porostů. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. Praha. 36 s. ISBN: 978-80-87011-25-6.
- Freixas, A. J., Landa, I. 2012. Use of Vermicomposting for Utilization of Waste from Wine Production. *Waste forum*. 3: 100 – 158.
- Gajalakshmi, S., Abasi, S. A. 2004. Earthworms and vermicomposting. *Indian Journal of Biotechnology*. 3 (2004): 486 – 494.
- Guerrero, R. M. B, Paula, M. M. S., Zaragoza, M. M., Gutiérrez, J. S., Velderrain, V. G., Ortiz, A. L., Collins-Martínez, V. 2014. Thermogravimetric study on the pyrolysis kinetics of apple pomace as waste biomass. *International journal of hydrogen energy*. 39 (2014): 166 – 167.
- Hanc, A., Chadimova, Z. 2014. Nutrient recovery from apple pomace waste by vermicomposting technology. *Bioresource Technology*. 168 (2014): 240 – 244.
- El-Haddad, M. E., Zayed, M. S., El-Sayed, G. A. M., Hassanein, M. K., Abd El-Satar, A. M. 2014. Evaluation of compost, vermicompost and their teas produced from rice straw as affected by addition of different supplements. *Annals of Agricultural Science*. 59(2): 243 – 251.
- Ingham, E. 2003. Compost Tea *Promises & Practicalities*. Acres U.S.A. 33 (12): 1 – 4.

- Jiang, J., Huang, Y., Liu, X., Huang, H. 2014. The effects of apple pomace, bentonite and calcium superphosphate on swine manure aerobic composting. *Waste Management*. 34 (2014): 1595 – 1602.
- Kalina, M. 2004. *Kompostování a péče o půdu*. Grada Publishing, a.s. Praha. 116 s. ISBN 80-247-0907-4.
- Kolář, L., Kužel, S., Peterka, J., Borová-Batt, J. 2010. Agrochemical value of the liquid phase of wastes from fermenters during biogas production. *PLANT SOIL ENVIRON*. 56 (1): 23 – 27.
- Kovalevski, V. V., Buseck, P. R., Cowley, J. M. 2001. Comparison of carbon in shungite rocks to other natural carbons: An X-ray and TEM study. *Carbon*. 39 (2001): 243 – 256
- Krebs, R. E. 2012. *The history and use of our earth's chemical elements : a reference guide*. Greenwood Press. p. 423. ISBN: 0-313-33438-2.
- Kwecinska, B., Pusz, S., Krzesinska, M., Pilawa, B. 2007. Physical properties of shungite. *International Journal of Coal Geology*. 71 (2007): 455 – 461.
- Lanthier, M. 2007. Compost Tea and Its impact On Plant Diseases. *BC Organic Grower*. 10 (2): 7 – 11.
- Lazcano, Ch., Gómez-Brandón, M., Domínguez, J. 2008. Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. *Chemosphere*. 72 (2008): 1013 – 1019.
- Lazcano, Ch., Domínguez, J. 2011. The use of vermicompost in sustainable agriculture: impact on plant growth and soil fertility. In: Miransari, M. (ed.). *Soil Nutrients*. Nova Science Publishers. ISBN 978-1-61324-785-3.
- Mihaljevič, M., Strnad, L., Šebek, O. 2004. Využití hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem v geochemii. *Chemické listy*. 98 (2004). 123 – 130.
- Mikanová, O., Šimon, T. 2011. *Alternativní výživa rostlin fosforem: Metodika pro praxi*. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. 21 s. ISBN 978-80-7427-080-2.
- Mikanová, O., Šimon, T. 2013. *Alternativní výživa rostlin dusíkem: Metodika pro praxi*. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. 25 s. ISBN: 978-80-7427-143-4.

- Nagavallemma, K. P., Wani, S. P., Lacroix, S., Padmaja, V. V., Vineela, C., Babu Rao, M., Sahravat, M. 2004. Vermicomposting: Recycling wastes into organic fertilizer. *Global Theme on Agroecosystems*. 8 (2004): 1 – 16.
- Nair, J., Sekiozoic, V., Anda, M. 2006. Effect of pre-composting on vermicomposting of kitchen waste. *Bioresource Technology*. (2006): 2091 – 2095.
- Pandit, P. P., Maheshwari, S. K. 2012. Optimization of vermicomposting technique for sugarcane waste management by using *Eisenia fetida*. *International Journal of Biosciences*. 2 (10). 143 – 155.
- Pant, A. P., Radovich, T. J. K., 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. P., Radovich, T. J. K., Hue, N. V., Arancon, N. Q. 2011a. Effect of Vermicompost Tea (Aqueous Extract) on Pak Choi Yield, Quality, and on Soil Biological Properties. *Compost Science & Utilization*. 19(4): 279 – 292.
- Pant, A. P., Radovich, T. J. K., Hue, N. V. 2011b. Compost Tea Production. In: Radovich, T. J. K., Arancon, N. Q. (eds.). *Tea Time In the Tropics - A handbook for compost tea production and use*. College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawaii. p. 19 – 24.
- Pant, A. P., Radovich, T. J. K., Hue, N. V., Paull, R. E. 2012. Biochemical properties of compost tea associated with compost quality and effects on pak choi growth. *Scientia Horticulturae*. 148 (2012): 138 – 146.
- Paradelo, R., Moldes, A. B., Barral, M. T. 2013. Evolution of organic matter during the mesophilic composting of lignocellulosic winery wastes. *Journal of Environmental Management*. 116 (2013): 18 – 26.
- Pommeresche, R., Hansen, S., Løes, A., Sveistrup, T. 2010. Žížaly a jejich význam pro zlepšování kvality půdy. *Bioinstitut. Olomouc*. 23 s. ISBN: 978-80-87371-02-2.
- Punde, B. D., Ganorkar, R. A. 2012. Vermicomposting-recycling waste into valuable organic fertilizer. *International Journal of Engineering Research and Applications*. 2 (3). 2342 – 2347.

- Sagdic, O, Ozturk, I., Ozkan, G., Yetim, H., Ekici, L., Yilmaz, M. T. 2011. RP-HPLC–DAD analysis of phenolic compounds in pomace extracts from five grape cultivars: Evaluation of their antioxidant, antiradical and antifungal activities in orange and apple juices. *Food Chemistry*. 126 (2011): 1749 – 1758.
- Sinha, R. K., Herat, S., Valani, D., Chauhan, K. 2010. Earthworms-the environmental engineers: Review of vermiculture technologies for environmental management and resource development. *International Journal of Global Environmental Issues*. 10 (3-4): 265 – 292.
- Smith. C., Swanson. C. 2009. Horse Manure Management. *Communications and Marketing*. College of Agriculture and Life Sciences. Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Scheuerell, S. J., Mahaffee, W. F. 2004. Compost Tea as a Container Medium Drench for Suppressing Seedling Damping-Off Caused by *Pythium ultimum*. *Phytopathology*. 94:1156 – 1163.
- Streich, A. M., Mamo, M., Wortmann, Ch. S., Holding, D. R. 2014. Plant Nutrients and Soil Fertility. The Board of Regents of the University of Nebraska on behalf of the University of Nebraska – Lincoln Extension.
- Száková, J., Tlustoš, P., Koliňová, D. 2005. Použití instrumentálních analytických technik pro stanovení rizikových prvků v zemědělských materiálech. Česká zemědělská univerzita v Praze. 48 s. ISBN: 80-231-1407-9.
- Tlustoš, P., Kaplan, L, Dubský, M., Bazalová, M., Száková J. 2014. Stanovení fyzikálních a chemických vlastností pevných a kapalných složek digestátu v bioplynových stanic. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. 25 s. ISBN: 978-80-213-2513-5.
- Tuf, I. H. 2013. Praktika z půdní zoologie. Univerzita Palackého v Olomouci. Olomouc. 91 s. ISBN 978-80-244-3479-7.
- Vaněk, V., Balík, J., Pavlíková D., Tlustoš, P. 2007. Výživa polních a zahradních plodin. Profi Press. Praha. 176 s. ISBN: 976-80-86726-25-0.
- Ventour, L. 2007. The food we waste. WRAP. Branbury, Oxon. p. 236. ISBN: 1-84405-383-0.
- Welke, S. 2001. Effectiveness of compost extracts as disease suppressants in fresh market crops in British Columbia. Organic Farming Research Foundation. Santa Cruz.

Elektronické zdroje

Anon. Vermikompostování. [online]. Praha. www.kompostuj.cz. 2015. [cit. 2015-09-11]. Dostupné z <<http://www.kompostuj.cz/vime-jak/vermikompostovani/>>.

Anon. Robotické analyzátoři. [online]. Praha. www.cs.skalar.com. 2016. [cit. 2016-02-24]. Dostupné z <<http://cs.skalar.com/analyzatory/roboticke-analyzatory1>>.

Balfanz, L., Meyer, M. H., Rosen, C. Vermicompost tea (VCT). [online]. University of Minnesota. www.extension.umn.edu. 2016. [cit. 201-02-09]. Dostupné z <<http://www.extension.umn.edu/garden/yard-garden/soils/vermicompost-tea/>>.

Balsari, P., Gioelli F., Menardo S., Paschetta E. The (re)use of mechanical separated solid fraction of digested or not digested slurry in anaerobic digestion plants. [online]. Torino University. Department of Agricultural, Forestry, Environmental Engineering and Land based Economics (DEIAFA). 2014. [cit. 2015-09-09]. Dostupné z <[http://www.researchgate.net/publication/260025697_THE_\(RE\)USE_OF_MECHANICAL_SEPARATED_SOLID_FRACTION_OF_DIGESTED_OR_NOT_DIGESTED_SLURRY_IN_ANAEROBIC_DIGESTION_PLANTS](http://www.researchgate.net/publication/260025697_THE_(RE)USE_OF_MECHANICAL_SEPARATED_SOLID_FRACTION_OF_DIGESTED_OR_NOT_DIGESTED_SLURRY_IN_ANAEROBIC_DIGESTION_PLANTS)>.

Burg, P., Zemánek, P. Možnosti využití matolin z vinařské produkce. [online]. Vinařský obzor. 2012. [cit. 2015-09-14]. Dostupné z <http://issuu.com/vinarsky_obzor/docs/vo_05_2012>.

Cogger, C. Manure on Your Farm: Asset or Liability?. LPES Small Farms Fact Sheet. [online]. 2004. [cit. 2015-09-16]. Dostupné z <http://www.cals.ncsu.edu/waste_mgt/smallfarms/Manure.pdf>.

Dickerson, G. W., Vermicomposting [online]. New Mexico State University Cooperative Extension Service, College of Agriculture and Home Economics. www.aces.nmsu.edu. 2001. [cit. 2015-06-22]. Dostupné z <http://aces.nmsu.edu/pubs/_h/H164/>.

Hlušek, J.. Statková hnojiva [online]. Ústav agrochemie a výživy rostlin, MZLU v Brně. web2.mendelu.cz. 2004. [cit. 201-02-21]. Dostupné z <http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/hnojiva/hnojiva_statkova.ht>.

Khomiakova, A. [online]. Russia. www.shungite.com. 2016. [cit. 2016-02-17]. Dostupné z <<http://www.shungite.com/>>.

Pejša, K. 2010. [online]. Praha. www.krystal-sedlcany.com. 2010. [cit. 2016-02-17]. Dostupné z <<http://www.krystal-sedlcany.com/cz/page/0/sungit.html?detail=16884>>.

9 Seznam použitých zkratek

DJČ	Výluhy z vermikompostu s jablečnými výlisky s demineralizovanou vodou bez přídavku fugátu
DJF 100	Výluhy s vermikompostem z jablečných výlisků s demineralizovanou vodou se 100 ml fugátu
DJF 500	Výluhy s vermikompostem z jablečných výlisků s demineralizovanou vodou s 500 ml fugátu
DKČ	Výluhy s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu s demineralizovanou vodou bez přídavku fugátu
DKF 100	Výluhy s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu s demineralizovanou vodou se 100 ml fugátu
DKF 500	Výluhy s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu s demineralizovanou vodou s 500 ml fugátu
DHČ	Výluhy s vermikompostem z koňského hnoje s demineralizovanou vodou bez přídavku fugátu
DHF 100	Výluhy s vermikompostem z koňského hnoje s demineralizovanou vodou se 100 ml fugátu
DHF 500	Výluhy s vermikompostem z koňského hnoje s demineralizovanou vodou s 500 ml fugátu
DMČ	Výluhy s vermikompostem z matoliny s demineralizovanou vodou bez přídavku fugátu
DMF 100	Výluhy s vermikompostem z matoliny s demineralizovanou vodou se 100 ml fugátu
DMF 500	Výluhy s vermikompostem z matoliny s demineralizovanou vodou s 500 ml fugátu
SJČ	Výluhy s vermikompostem z jablečných výlisků se strukturovanou vodou bez přídavku fugátu
SJF 100	Výluhy s vermikompostem z jablečných výlisků se strukturovanou vodou se 100 ml fugátu
SJF 500	Výluhy s vermikompostem z jablečných výlisků se strukturovanou vodou s 500 ml fugátu

SKČ	Výluhy s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu se strukturovanou vodou bez přídavku fugátu
SKF 100	Výluhy s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu se strukturovanou vodou se 100 ml fugátu
SKF 500	Výluhy s vermikompostem z kuchyňského bioodpadu se strukturovanou vodou s 500 ml fugátu
SHČ	Výluhy s vermikompostem z koňského hnoje se strukturovanou vodou bez přídavku fugátu
SHF 100	Výluhy s vermikompostem z koňského hnoje se strukturovanou vodou se 100 ml fugátu
SHF 500	Výluhy s vermikompostem z koňského hnoje se strukturovanou vodou s 500 ml fugátu
SMČ	Výluhy s vermikompostem z matoliny se strukturovanou vodou bez přídavku fugátu
SMF 100	Výluhy s vermikompostem z matoliny se strukturovanou vodou se 100 ml fugátu
SMF 500	Výluhy s vermikompostem z matoliny se strukturovanou vodou s 500 ml fugátu

