

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin



**Pěstování bazalky v substrátech složených z rašeliny,
digestátu a dolomitického vápence**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Jan Hoblík

Vedoucí práce: Ing. Martin Kulhánek, Ph.D.

© 2014 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Pěstování bazalky v substrátech složených z rašeliny, digestátu a dolomitického vápence", jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne datum odevzdání

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Martinovi Kulhánkovi Ph.D. za odbornou pomoc v průběhu pokusu a zejména pak při analýze vzorků.

Pěstování bazalky v substrátech složených z rašeliny, digestátu a dolomitického vápence

Souhrn

Cílem této práce bylo dokázat, že substrát složený z neseparovaného digestátu, rašeliny a dolomitického vápence může vytvořit vhodné pěstební prostředí pro růst rostlin, v našem případě bazalky (*Ocimum basilicum*).

Předpokladem bylo, že samotná rašelina obsahuje velmi málo živin a má nízkou hodnotu pH a neseparovaným digestátem dodáme potřebné živiny jako je amonný a nitrátový dusík, draslík a další. Digestát s hodnotou pH 7,7 zvýší hodnotu pH krátkodobě. Z tohoto důvodu byl v našem pokusu použit vápnitý dolomit.

Abychom toto tvrzení dokázali, použili jsme směs rašeliny, neseparovaného digestátu a vápnitého dolomitu ve čtyřech variantách, a to 1) 5 % neseparovaného digestátu, 95 % rašeliny a 10 g/l vápnitého dolomitu, 2) 5 % neseparovaného digestátu, 95 % rašeliny a 15 g/l vápnitého dolomitu, 3) 10 % neseparovaného digestátu, 90% rašeliny a 10 g/l vápnitého dolomitu, 4) 10 % neseparovaného digestátu, 90 % rašeliny a 15 g/l vápnitého dolomitu. Jako kontrolní varianta byl použit běžný pěstební substrát. Sledovanými parametry substrátu byly: základní charakteristiky (objemová hmotnost, pH, vodivost,...) a obsah přístupných makroprvků v substrátech před i po sklizni pokusu. U rostlin byly sledovány výnosy a celkový obsah makroprvků v nadzemní hmotě.

Výsledky pokusů potvrdily původní předpoklad, že přidáním vápnitého dolomitu do směsi neseparovaného digestátu a rašeliny se pH po sklizni snížilo jen minimálně. S přidavkem digestátu v substrátech po sklizni se rovněž průkazně zvýšily obsahy přístupného N-NH₄⁺, P, K, Mg.

Nejlepších výnosů v porovnání se substrátem Primaflora dosáhly oba substráty s vyšším podílem digestátu. Přídavek digestátu měl průkazný vliv na zvýšení obsahu celkového dusíku a draslíku v nadzemní hmotě rostlin.

Klíčová slova: neseparovaný digestát, substráty, agrochemické charakteristiky, bazalka

Basil growing in the substrates consisting of peat, digestate and dolomitic limestone

Summary

The aim of this study was to prove that the substrate composed of unseparated digestate, peat and dolomitic limestone can create a suitable growing environment for plant growth, in this case, basil (*Ocimum basilicum*).

The assumption was that the peat itself is low in nutrients and has a low pH value and non-separated digestate delivers essential nutrients such as ammonium and nitrate nitrogen, potassium and other nutrients. Digestate with a pH 7.7 increases the pH value temporarily. For this reason, we used calcareous dolomite in this case.

To prove this aim, we used a mixture of peat, unseparated digestate and dolomitic limestone in four variants, namely 1) 5% unseparated digestate, 95% peat and 10 g/l of dolomitic limestone, 2) 5% unseparated digestate, 95% peat and 15 g/l of dolomitic limestone, 3) 10% unseparated digestate, 90% peat and 10 g/l of dolomitic limestone, 4) 10% unseparated digestate, 90% peat and 15 g/l of dolomitic limestone. As a control option was used common growing substrate (Primaflora). The monitored parameters of the substrate were: basic characteristics (density, pH, conductivity, ...) and amount of accessible macroelements both before and after harvest of the experiment. The plants were observed for yields and the total content of macroelements in aboveground biomass.

The experimental results confirmed the initial assumption that by adding dolomitic limestone to the mixture of unseparated digestate and peat, pH after harvest decreased only minimally. With the addition of digestate in substrates after harvest also significantly increased contents of accessible NH_4^+ , P, K, Mg.

The best yields in comparison with the substrate Primaflora reached both substrates with a higher proportion of digestate. The addition of digestate had significant effect on the increase of the total nitrogen and potassium in aboveground plant matter.

Keywords: unseparated digestate, substrates, agrochemical characteristics, basil

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Cíl práce.....	9
3	Vědecká hypotéza	10
4	Literární přehled	11
4.1	Bioplynové stanice	11
4.1.1	Struktura a součásti bioplynové stanice	11
4.1.1.1	Anaerobní fermentace	13
4.1.1.2	Anaerobní fermentace vybraných zemědělských odpadů.....	14
4.1.2	Úprava biologického odpadu	15
4.1.3	Rozdělení bioplynových stanic.....	16
4.1.3.1	Zemědělské (také farmářské BPS).....	16
4.1.3.2	Čistírenské	17
4.1.3.3	Ostatní.....	17
4.1.4	Základní rozdělení bioplynových stanic dle použité fermentace	18
4.1.4.1	Suchá fermentace	18
4.1.4.2	Mokrý fermentace	19
4.2	Neseparovaný digestát	20
4.2.1	Co je digestát	20
4.2.2	Vlastnosti digestátu	22
4.2.3	Digestát jako hnojivo	24
4.2.3.1	Použití digestátu na zemědělské půdě.....	25
4.2.3.2	Digestát v ekologickém zemědělství	26
4.2.3.3	Použití digestátu mimo zemědělskou a lesní půdu.....	27
4.2.3.4	Další použití digestátu	27
4.2.4	Uvádění digestátu do oběhu.....	28
4.3	Pěstební substráty	28
5	Metodika a materiál.....	31
5.1	Základní informace o podmínkách pokusu	31
5.2	Stanovení vybraných makroprvků metodou CAT	32
5.3	Stanovení obsahu přístupného vápníku vodním výluhem.....	32
5.4	Stanovení hodnoty pH a vodivosti	33
5.5	Analýzy rostlin.....	33
5.6	Obsah N v nadzemní hmotě.....	33

5.7	Zpracování výsledků	33
6	Výsledky	34
6.1	Vstupní hodnoty.....	34
6.2	Výsledky analýz po sklizni pokusu	35
6.2.1	Základní charakteristika substrátů a makroprvky.....	35
6.2.2	Nadzemní hmota bazalky.....	43
7	Diskuze	47
8	Závěr	50
9	Literatura.....	52
	Příloha: Fotodokumentace pokusu	57

1 Úvod

V dnešní době, kdy neustále narůstá potřeba energie z různých zdrojů, se rozrůstá jedna z alternativ k neobnovitelným zdrojům energie. Touto alternativou jsou obnovitelné zdroje energie jako například bioplynové stanice, které se za posledních několik let nebývale rozrostly. S rozmachem bioplynových stanic se též rozrůstá zpracování biologických odpadů ze zemědělských výrobních podniků, čistíren odpadních vod a dalších.

Z veškerého odpadu, který zpracovávají bioplynové stanice a přeměňují jej na užitečný bioplyn však vzniká další odpad, a to neseparovaný digestát k jehož využití se již několik let vede výzkum a polní pokusy. Pohledů na jeho využití je mnoho, ale na jednom se mnoho odborníků shoduje, a to na možnosti využití digestátu jako hnojiva.

Jednou z těchto možností je jeho přídavek do pěstebních substrátů.

V současné době se do substrátů pro pěstování rostlin používá jako výchozí materiál především rašelina, do které se přidávají v požadovaném poměru živiny v minerálních hnojivech. Pro úpravu pH se do těchto substrátů přimíchává dolomitický vápenec v poměru dle použití substrátu. Minerální hnojiva jsou v současné době drahá a mnohá z nich patří k neobnovitelným zdrojům. Stojí tedy za zamyšlení, zda by se nedala něčím nahradit. V úvahu připadá právě digestát, který je jako odpadní produkt levný a zároveň obsahuje potřebné živiny pro růst rostlin.

2 Cíl práce

Cílem práce je srovnání směsi rašeliny, neseparovaného digestátu a vápence s běžně používanými substráty pro pěstování bazalky (*Ocimum basilicum*), a to z hlediska základních agrochemických charakteristik substrátů a výnosových parametrů rostlin.

3 Vědecká hypotéza

Na základě výsledků pokusů z let 2011-2013 lze předpokládat, že smícháním vhodného poměru neseparovaného digestátu je možno vytvořit vhodný substrát pro pěstování bazalky pouze pod podmínkou, že je zvýšeno pH pokusného substrátu dostatečným přidáním vápence. Přidání digestátu pravděpodobně povede ke zvýšení obsahu amonného dusíku a draslíku v substrátu. Dolomitickým vápencem bude kromě zvýšení hodnoty pH doplněn vápník a hořčík.

4 Literární přehled

4.1 Bioplynové stanice

Bioplynová stanice je technologické zařízení, které slouží k zpracování bioodpadu nebo jinak biologicky rozložitelné látky. Při tomto zpracování se využívá procesu zvaného anaerobní digesce, při které vzniká řada produktů, především bioplyn a digestát. Bioplyn jako hlavní produkt se využívá pro výrobu elektrické energie a tepla.

Digestát je tvořen převážně dvěma složkami, z částečně rozloženého i nerozloženého vstupního substrátu a z hmoty, kterou tvoří mikroorganismy přítomné při fermentaci. Digestát můžeme upravovat separací na tuhý zbytek tzv. separovaný digestát, a tekutý zbytek, tzv. fugát.

Fugát má podobu odpadní vody a je většinou odváděn do čistírny odpadních vod (BILÍK et al., 2010; MATĚJKA et al., 2010).

Energetické využití biomasy pomáhá diverzifikovat výrobu elektřiny a snižovat naši závislost na neobnovitelných zdrojích energie tj. fosilních palivech. Kromě tohoto má využití bioodpadu příznivý dopad na životní prostředí, protože jeho zpracováním snižujeme celkové množství odpadu, který produkujeme (MOTLÍK a VÁŇA, 2002).

Pro představu, podle RIGBY and SMITH (2011) jenom samotné Spojené království ročně vyprodukuje přes 100 milionů tun biologicky rozložitelného odpadu.

U nás o lepší nakládání s odpady usiluje zákon o odpadech (č. 185/2001 Sb.) a zákon o integrované prevenci před znečištěním ovzduší a registraci znečišťovatelů (č. 76/2002 Sb.).

4.1.1 Struktura a součásti bioplynové stanice

Proces zpracování odpadů bioplynovou stanicí se skládá z více fází. První fáze procesu výroby bioplynu je navážení neboli příjem substrátů. Při navážení je důležité provést vizuální vstupní kontrolu a dále se zaznamenává váha a všechny dostupné vstupní údaje. Pokud je dovezeného materiálu více, tak není přímo dodáván do bioplynového reaktoru a je tedy nezbytné jeho uskladnění. Vzhled a velikost skladu závisí na používaných substrátech a jejich množství.

V případě, že se jedná o zemědělskou bioplynovou stanicí, je potřeba dbát na přísné oddělení přijímací stanice od zemědělského provozu. Pro zmírnění zápachu by skladování mělo probíhat v halách, z nichž je odváděný vzduch čištěn přes biofiltr. Před dalším použitím je nutné odpad náležitě upravit. Odpad se upravuje proto, aby se splnily zákonné požadavky, a

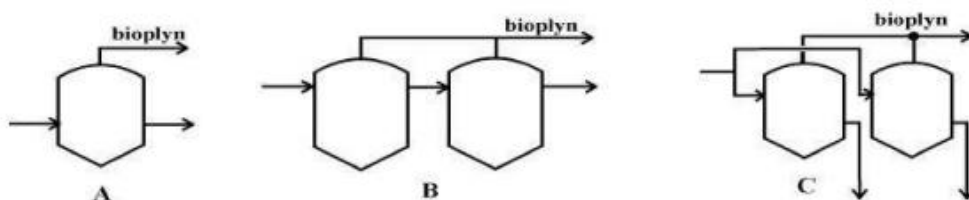
aby se vytvořily optimální podmínky pro mikroorganismy, které svou aktivitou produkují cílový metan.

Nejdůležitější součástí bioplynové stanice je anaerobní reaktor, který sestává z velké vyhřívané nádrže s možností míchání. Zde probíhá anaerobní fermentace, a proto se můžeme setkat s pojmem fermentor. Ve fermentoru jsou mikrobiální kultury, pro jejichž činnost je nutné udržovat stálou optimální teplotu. Toho je dosaženo pomocí soustavy trubek s horkou vodou, které ohřívají substrát přímo ve fermentoru.

Velikost nádrží je dána množstvím a kvalitou materiálu, množstvím aktivní biomasy v reaktoru a požadovanou dobou zdržení.

Rozlišujeme dva typy systémů zapojení anaerobních reaktorů, jednoduchý a kombinovaný. Jednoduché systémy obsahují jeden nebo více reaktorů, které zpracovávají stejný druh odpadu. Tyto reaktory můžeme zapojit sériově nebo paralelně (obrázek 4.1). Společným znakem jednoduchých systémů je sdružený odběr bioplynu. Kombinované systémy mají nejméně dva reaktory s odlišným prostředím (KÁRA et al., 2007).

Obrázek 4.1: Způsoby zapojení anaerobních reaktorů (KÁRA et al., 2007)



A - reaktor jednostupňový průtočný

B - reaktory sériové (jednostupňový průtočný systém)

C - reaktory paralelní (jednostupňový průtočný systém)

Fermentory mohou být zhotoveny z různého materiálu např. betonu, kovu, plastu. Podle orientace můžeme fermentory dělit na reaktory s osou vodorovnou nebo svislou. Z anaerobního reaktoru je plyn odváděn pomocí bioplynové koncovky. Ta se skládá z potrubí odvádějícího bioplyn a z bezpečnostních a kontrolních prvků (obrázek 4.2). Po odvedení bioplynu zůstává ve fermentoru digestát. K jeho odvedení slouží kalová koncovka. Ta se skládá z armatur, dopravních čerpadel, homogenizátorů, skladů a separačních zařízení. Pokud

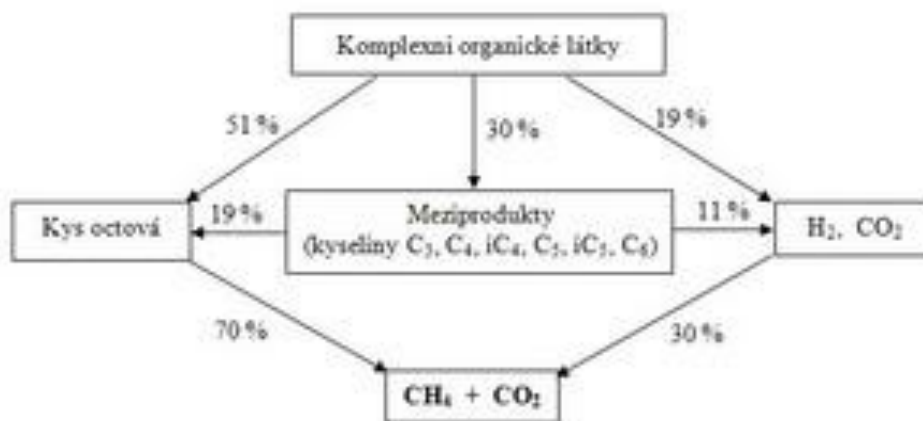
je digestát používán jako hnojivo, tak není chemicky čištěn, pokud je ale vypouštěn jako odpadní voda do řeky, pak je nutné provést chemické čištění (PASTOREK et al., 2004).

4.1.1.1 Anaerobní fermentace

Anaerobní fermentace je proces, při kterém mikroorganismy rozkládají organické látky bez přístupu vzduchu (obrázek 4.2). Tento proces probíhá v přírodě za určitých podmínek samovolně v bažinách, na dně jezer nebo na skládkách komunálního odpadu, nebo je vyvolán záměrně pomocí biotechnických zařízení. Ekvivalentní výrazy k anaerobní fermentaci jsou anaerobní digesce, metanová fermentace nebo metanové kvašení (MUŽÍK a KÁRA, 2009).

Optimálním materiálem pro fermentaci by měla být organická látka s vysokým podílem biologicky rozložitelných látek a s nízkým obsahem anorganického podílu (popelovin). Obsah sušiny se liší podle druhu použitého odpadu. U pevných odpadů je podíl sušiny 22 - 25 %, u tekutých odpadů je 8 - 14 %. Dalším faktorem, který by se měl u vstupního materiálu sledovat, je hodnota pH, která ovlivňuje metanogenní fermentaci. Hodnota pH na vstupu do procesu by měla být 7 - 7,8. V průběhu procesu se tato hodnota mění. Dále je pro anaerobní fermentaci důležitý poměr uhlíkatých a dusíkatých látek. Za optimální poměr se považuje 30:1 (KÁRA et al., 2007; HOLEČKOVÁ, 2012).

Obrázek 4.2: Anaerobní fermentace (CZ Biom, 2013)



Jak už bylo řečeno, při anaerobní fermentaci vzniká řada produktů, hlavním cílem je ale vznik kvalitního bioplynu. Bioplyn je plynný produkt anaerobní methanové fermentace. Skládá se v ideálním případě ze dvou plynných složek, a to metanu (CH_4) a oxidu uhličitého

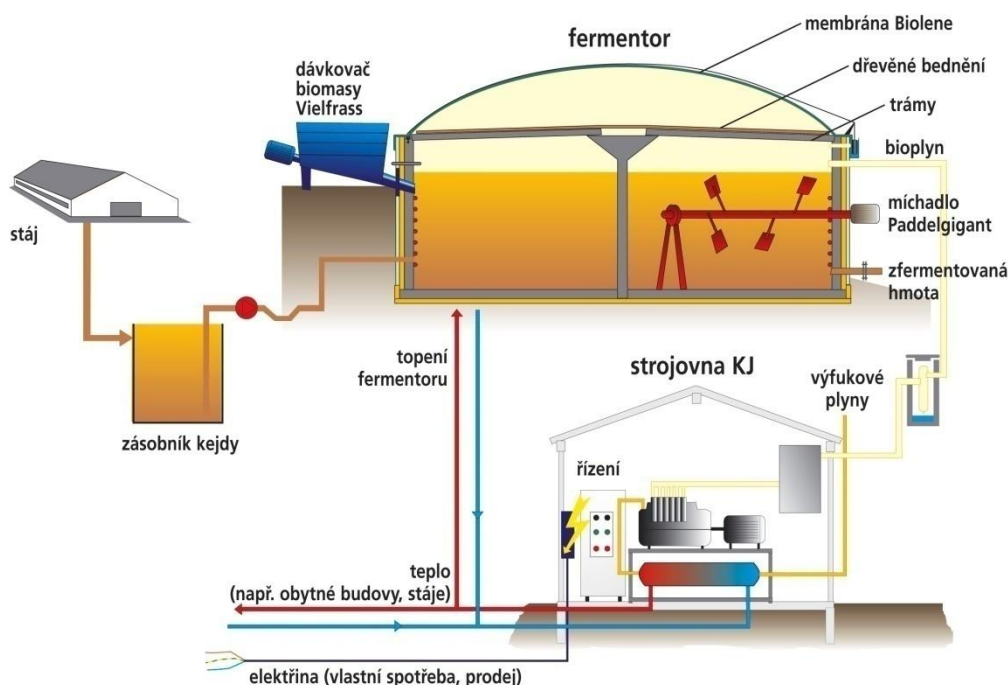
(CO₂). S tak dokonalým složením bioplynu se setkáváme málokdy, většinou součástí bioplynu jsou i další plyny např. vodík, dusík, kyslík. Tento proces ovlivňují další faktory např. složení materiálu, podíl vlhkosti, teplota prostředí, hodnota pH atd. (STRAKA a DOHÁNYOS, 2006). Mnoho autorů navrhuje používat digestát jako hnojivo. Tato hnojiva jsou bohatým zdrojem látek, potřebných pro růst rostlin, a mohou sloužit jako alternativa k průmyslově vyráběným hnojivům. Samotný pojem digestát je blíže charakterizován v kapitole 4.2.

4.1.1.2 Anaerobní fermentace vybraných zemědělských odpadů

Výběr fermentační technologie ovlivňuje druh, složení a množství dostupného odpadu. V České republice se z hospodářských zvířat nejvíce chová skot, prasata a drůbež. Skot zpracuje potravu s vysokým obsahem celulózy, což způsobuje, že exkrementy skotu jsou více rozloženy a mají nižší energetický potenciál než drůbež (ALTMANN et al., 2010). Pro lepší představu, o jak velké množství takto využitelného odpadu se jedná, lze například uvést údaj o roční produkci exkrementů hospodářských zvířat v Evropské unii - 1500 milionů tun (BUSTAMANTE et al., 2012). Anaerobní technologii neovlivňuje jen znalost kategorie zvířat, ale také jejich vlastnosti a složení např. používaných krmiv, typ ustájení atd. Přes všechny tyto okolnosti statková hnojiva tvoří významný potenciál substrátu pro bioplyn (ALTMANN et al., 2010).

Obrázek 4.3: Schéma bioplynové stanice (MARTANOVÁ, 2010)

Funkční schéma našich BPS



4.1.2 Úprava biologického odpadu

Mezi úpravy odpadů patří:

- Třídění a oddělování příměsí - podle složení substrátu probíhá třídění. Kameny jsou většinou oddělovány v předjímce.

- Hygienizace - hygienizace se provádí pro splnění zákonných požadavků pro některé skupiny odpadů (například vedlejší produkty živočišné výroby), aby vyhovovaly z hlediska epidemiologické hygieny a fytohygieny. Abychom tyto požadavky splnili, provádí se tepelná hygienizace, kdy se materiál prohřeje na 70 °C po dobu minimálně jedné hodiny. Díky tomu jsou substráty lépe zformovatelné a rozložitelné.

- Drcení - čím více substrát rozdrolíme, tím více stoupne rychlost biologického rozkladu. Výtěžek plynu ovšem nemusí nutně záviset na rychlosti rozkladu. Záleží totiž i na době, po kterou je odpad ve fermentoru a stupněm rozdrolení.

- Máčení a macerování - máčení je důležité, když potřebujeme zvýšit kapalnost substrátu. Provádí se v předjímce krátce po vložení substrátu do fermentačního procesu. Jako ředící tekutina je používána kejda nebo odpadní voda.

Po úpravě se odpad dopraví do bioplynového reaktoru. Použitá technika pro dopravu a vnášení substrátu závisí na fyzikálních vlastnostech materiálu. Rozlišujeme pumpovatelné a hrudkovité materiály, u kterých musíme dbát na jejich teplotu. Při přepravě pumpovatelných substrátů uvnitř bioplynové stanice jsou používány hlavně pumpy poháněné elektromotory. Na různé druhy substrátů se používá několik druhů pump. Odstředivé pumpy se používají hlavně v případě kejdy, vřetenová čerpadla slouží k přepravě hustých tekutých substrátů s vysokými obsahy sušiny a membránová čerpadla se využívají k přepravě hustých látek s velkými podíly cizích těles. Pro přepravu sypkých materiálů se používají nakladače. V případě automatického dávkování jsou nasazena drapáková dna, posuvné podlahy a šnekové dopravníky.

Ve snaze dosáhnout stejnorodé směsi jsou čerpatelné substráty zpravidla vnášeny do betonové předjímky, kde jsou dočasně skladovány a promíchávány. Velikost předjímky musí být dostatečná pro pojetí vícedenního množství substrátu. Pokud bioplynová stanice nemá

možnost dávkovat tuhé substráty přímo do fermentoru, v předjímce může též probíhat úprava sypkých materiálů.

Pevné látky jsou vnášeny přímo do fermentoru. Pokud by substrát nejdříve putoval do předjímky, bylo by ztíženo plynulé dávkování substrátu do fermentoru. Vnášení většího množství pevných látek umožňuje příjmová šachta (KRATOCHVÍLOVÁ et al., 2009; KÁRA et al., 2008).

4.1.3 Rozdělení bioplynových stanic

Rozdělení bioplynových stanic je podle zpracovávaného substrátu (suroviny/odpadů) následující:

- Zemědělské
- Čistírenské
- Ostatní

(ANONYM, 2009).

4.1.3.1 Zemědělské (také farmářské BPS)

Zpracovávají pouze výstupy ze zemědělské prvovýroby, zejména statková hnojiva (kejda, hnůj apod.) a cíleně pěstované plodiny (např. kukuřice) k energetickému využití. Jsou většinou situovány v areálech stávajících zemědělských provozů a zpracováním a stabilizací statkových hnojiv výrazně snižují dosavadní zatížení oblasti pachovými látkami. (Bačík, 2008)

Nejčastěji jsou takto zpracovávány exkrementy hospodářských zvířat a některé druhy rostlinných odpadů. Exkrementy hospodářských zvířat se využívají k přímému hnojení půdy, neboť představují významný zdroj organických látek, které je potřeba do půdy vracet. Ne vždy jsou ale exkrementy vhodné pro přímou aplikaci do půdy a často je třeba jejich úprava právě pomocí anaerobní nebo aerobní fermentace (kompostování) (ALTMANN et al., 2010).

Na rozdíl od ostatních BPS mají výrazně nižší emise pachových látek při zpracování surovin i ve výsledném digestátu. Doba fermentace (velikost fermentačních prostor) musí být navržena individuálně, musí být projektantem odůvodněna, zejména s ohledem na to, jaký substrát bude zpracováván. Provozovatel BPS musí zajistit dostatečnou velikost zásobníků na

digestát (minimálně 4 měsíce), pokud ho používá pro vlastní potřebu. Tyto nádrže není nutné zakrývat (ANONYM., 2009)

4.1.3.2 Čistírenské

Zpracovávají pouze kaly z čistíren odpadních vod (ČOV). Technologie anaerobní digesce je využívána za účelem anaerobní stabilizace kalu vznikajícího v čistírnách odpadních vod. Tyto technologie nejsou určeny ke zpracování bioodpadů a k nakládání s odpady, ale slouží pouze jako součást kalového hospodářství ČOV jako celku. Bioplyn je zde brán jako vedlejší produkt. Do tohoto zařízení nevstupují jiné materiály než kaly z ČOV, žump a septiků a odpadní voda. (AUTERSKÁ, 2010)

4.1.3.3 Ostatní

V případě, že jsou do čistírenské BPS přidávány také odpady podle zákona o odpadech, potom se jedná o ostatní bioplynové stanice. Zde může docházet k výkyvům v dávkování, a je tedy i vysoké riziko pachových emisí. Na dané zařízení se pak vztahují všechny požadavky zákona o odpadech a jeho prováděcích předpisů.

U ostatních BPS je mnohem složitější i řízení procesu, protože se mění vstupy podle charakteru zpracovaného odpadu. Stejně tak i digestát bývá z hlediska emisí pachů mnohem problematičtější. Zásobníky na digestát je bezpodmínečně nutné zakrýt a doprava suroviny na bioplynovou stanici musí být v uzavřených kontejnerech. Příjmové haly by měly být uzavřeny a vzduchotechnika by měla tvořit v hale lehký podtlak. Odsávaný vzduch by měl být dočištěván (spalování, biologické filtry nebo pračky vzduchu apod.). Biologický proces by měl být důsledně sledován a mělo by být dodrženo dávkování (AUTERSKÁ, 2010)

Nakládání s odpady zpracovávanými na těchto BPS bude řízeno vyhláškou o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady zpracovanou odborem odpadů MŽP na základě zmocnění v zákoně o odpadech č. 185/2001 Sb. Vzhledem k tomu, že hygienizace může být zdrojem zápachu, musí probíhat v uzavřeném prostoru se zabezpečením proti úniku pachových látek. Podobně příjem suroviny/odpadů a manipulace s nimi musí být zabezpečeny proti úniku pachových látek. Na provozu musí být zavřené zásobníky se surovinou/odpadem (např. uzavřené jímky, použité nepropustné fólie) a uzavřené nádrže pro přípravu vstupních surovin/odpadů apod. U těchto typů BPS je vyšší předpoklad emisí pachových látek z digestátu. Proto by měly být nádrže na digestát uzavřeny, nebo jinak ošetřeny v návaznosti na umístění zdroje. BPS musí disponovat dostatečnou velikostí

zásobníků na digestát (min. 4 měsíce). Na místo provozu BPS je vhodné umístit vybavení k čištění, popř. desinfekci vozidel a kontejnerů (ANONYM, 2009).

4.1.4 Základní rozdělení bioplynových stanic dle použité fermentace

Anaerobní fermentaci můžeme rozdělit na tzv. suchou a mokrou. Každá z těchto dvou technologií má své výhody a nevýhody, a používá se pro jiný druh substrátu.

4.1.4.1 Suchá fermentace

Suché technologie jsou používány u bioplynových stanic, které zpracovávají komunální odpad nebo biomasu. U mokré fermentace biomasu nelze bez předchozí úpravy zpracovat.

V posledních letech se rozvíjí bioplynové stanice využívající technologii suché fermentace v západní Evropě, a to díky jejich nižší energetické náročnosti. Vstupní materiály pro tuto technologii se vyznačují velkým podílem sušiny, obvykle kolem 30 %, a také minimálním použitím ředící kapaliny. Jako substrát může posloužit hnůj z živočišné výroby, kukuřičná siláž, travní senáž, trávy z veřejných prostranství nebo řada biologicky rozložitelných odpadů. Proces přeměny odpadu je zahájen navezením biomasy do fermentoru. Následuje uzavření plynotěsných vrat stanice po naplnění fermentoru. Bioplyn, který zde vzniká, je odsáván do plynových vaků umístěných nad fermentory. Následně plyn putuje do kogenerační jednotky, kde je využit na výrobu elektrické energie a tepla.

Celý proces je diskontinuální, neboli s přerušovaným provozem, kdy doba jednoho pracovního cyklu odpovídá době zdržení materiálu ve fermentoru. Po uplynutí určité doby je nutné celý fermentor vyprázdnit. Větší podíl vyfermentované biomasy je znovu smíchán s čerstvou biomasou a vrácen do fermentoru. Menší díl vyfermentované biomasy se používá jako hnojivo (ŠKORVAN et al., 2011).

Výhody a nevýhody suché fermentace:

Výhodou suché fermentace je nižší spotřeba elektrické energie, nižší nároky na obsluhu, vyšší obsah metanu a nižší obsah síry a biomasu není nutné před vstupem do fermentoru upravovat. Oproti tomu nevýhodou je nižší účinnost, nutnost otevřené manipulace s bioodpadem při naskladnění a vyskladnění a zařízení není vhodné pro bioodpady vyžadující hygienizaci.

4.1.4.2 Mokr  fermentace

Bioplynov  stanice s technologií mokr  fermentace jsou mnohem  etn j i než ty, které vyzuivaj  suchou fermentaci. Fermentace je prováděna ve fermentorech, kter  mají podobu nádrže. Tyto nádrže mohou být vertik ln , horizont ln , p r padn  kombinace obou dvou typů. Pracovní sušina substrátu vstupujícího do fermentoru se dle materiálu a použitého míchacího systému pohybuje mezi 4 až 12 %. Při zpracování biologicky rozložitelného odpadu metodou mokr  anaerobn  fermentace je vždy nutn  úprava zpracovávaného bioodpadu drcen m, p r padn  t r d n m před nanesen m materiálu do fermentoru.

Ve fermentorech je udržována st l  teplota kolem 35  C při mezofilních podmínkách, nebo kolem 55  C při termofilních podmínkách. Při termofilním procesu doch z i k hlubšímu rozkladu organick  hmoty, v  i produkci bioplynu, avšak tento proces je méně stabilní. Cel y proces přeměny odpadu na elektrickou energii a teplo je kontinu ln . (ŠKORVAN et al., 2011).

Výhody a nevýhody mokr  fermentace:

Mezi výhody pat i homogenita vstupního materiálu, možnost zpracovat tekut  materiály a st l  produkce bioplynu.

Mezi nevýhody pat i n ro n  předúprava bioodpadů, nutnost stálého p rsunu substrátu a produkce velkého množství kapalného výstupního digestátu.

Kromě dělení bioplynových stanic dle pouivan  technologie, je také můžeme dělit podle druh  substrátů, kter  do ní vstupují. Rozlišujeme tak zem d lsk  bioplynov  stanice, stanice zpracov vaj c i  ist rensk  kaly a ostatní bioplynov  stanice. Zem d lsk  bioplynov  stanice zpracovávají odpadní materiály ze zem d lsk  prvovýroby, a to buď živočišného původu (kejda, hnůj apod.), anebo rostlinného původu. Jak je psáno v z kon  č. 185/2001 Sb., o odpadech, nesmí se na těchto zemědělských BPS zpracovávat odpady ani jin  materiály, které spadají pod na izen  Evropského parlamentu a Rady (ES)  . 1069/2009 o vedlejších živočišných produktech (AUTERSKÁ, 2010).

4.2 Neseparovaný digestát

4.2.1 Co je digestát

Výsledkem fermentačního procesu v bioplynové stanici je stabilizovaný materiál v kapalně podobě, tzv. digestát, který lze použít jako kvalitní organominerální hnojivo nebo jako surovinu pro výrobu kompostu. Pro další zpracování může být digestát odvodněním převeden do tuhé formy. Způsob nakládání s digestátem je různý v závislosti na konkrétních podmínkách a je zapotřebí jej důsledně řešit ještě před realizací projektu bioplynové stanice. Pokud je odběr a využití digestátu částečně nebo zcela závislý na jiných subjektech (odběratelích), provozovatel bioplynové stanice by měl tuto věc s nimi ošetřit smluvním vztahem. Mimo vegetační období platí omezení pro aplikace digestátu na půdu, proto je nutné vyřešit jeho skladování (ANONYM, 2013).

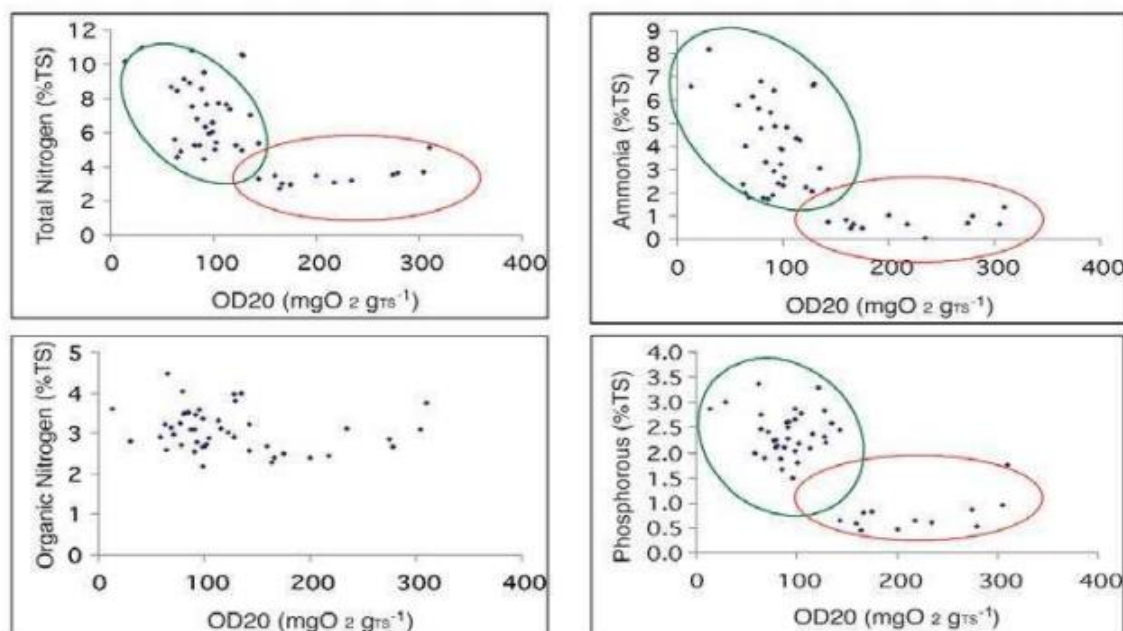
Digestát se skládá převážně ze dvou složek, z částečně rozloženého i nerozloženého vstupního substrátu a z hmoty, kterou tvoří mikroorganismy přítomné při fermentaci. Uhlík obsažený v substrátu, přechází z větší části (asi 95 %) do bioplynu, a z menší do biomasy mikroorganismů. Objem nerozložené biomasy je ovlivněn především dobou, po kterou se zdržuje substrát v anaerobním reaktoru, a podílem organických látek v původní biomase, které se při fermentaci rozkládají hůře (celulóza, hemicelulóza) nebo vůbec (lignin).

V případě nejběžnějších vstupních surovin zemědělského původu, jako je kejda nebo rostlinná biomasa, se rozloží 40 – 60 % původní organické hmoty. Ta část organické hmoty, která se nerozloží, obsahuje přibližně stejné množství dusíku a ostatních minerálních látek, jaké bylo obsaženo v původní hmotě. Digestát tedy lze použít jako hnojivo pro návrat živin do půdy (MATĚJKA et al., 2010).

Celkové množství dusíku a ostatních minerálních látek v digestátu by mělo zůstat zachované. To ve své práci potvrzujeme i SCHIEVANO et al., (2009) který porovnával relativní obsah organického a amonného dusíku a fosforu ve vstupních materiálech a výstupním digestátu. Jak se ukázalo, po procesu anaerobní fermentace, kdy se část bioodpadu rozložila, se skutečně zvýšila koncentrace amonného dusíku, zatímco koncentrace organického N zůstala na původních hodnotách. Obdobný nárůst koncentrace byl pozorován i pro fosfor. Nárůst koncentrace byl přímo úměrný biologické stabilitě. Výsledky měření zobrazuje obrázek 4.4. V zeleném kruhu se nachází hodnoty naměřené pro digestát, v červeném hodnoty naměřené pro původní vstupní substrát. Grafy znázorňují závislost koncentrací celkového množství N, dále koncentraci amonného a organického dusíku, a

fosforu na biologické stabilitě suroviny. Biologická stabilita byla měřená jako spotřeba kyslíku v miligramech na gram látky po dobu 20 hodin.

Obrázek 4.4 Závislost koncentrace látek na biologické stabilitě (SCHIEVANO et al., 2009)



Z obrázku 4.4 je patrné, že je digestát biologicky stabilnější než původní materiály, neboť jeho spotřeba kyslíku je menší, a také že s rostoucí stabilitou roste i koncentrace živin v digestátu.

Jelikož je amonná forma dusíku pro rostlinu lépe vstřebatelná než jeho organická forma, lze se domnívat, že digestát může být použit jako zdroj dusíku.

Digestát jako vedlejší produkt bioplynových stanic, je heterogenním materiálem s nižším podílem pevné fáze a vyšším podílem tekuté fáze - fugátu, kterou tvoří silně zředěný roztok minerálních solí. Tyto dvě složky mají zcela odlišné vlastnosti. Obsah rizikových prvků v digestátu je nízký, výrazně pod stanovenými limity.

Pevná složka digestátu – separát nachází své uplatnění při produkci kompostů. Vzhledem k vysokému obsahu rozpustných solí a vysokým koncentracím draslíku v kompostu vyrobeného ze separátu, se doporučuje jeho přidavek do zemin a pěstebních substrátů v dávce 10 % obj.

Sušené separáty ze zemědělských bioplynových stanic jsou vhodné pro přípravu pěstebních substrátů, zejména pro své příznivé fyzikální vlastnosti a jako nositelé živin.

Rašelinové substráty s podílem sušeného separátu cca 20 % obj. jsou vhodné pro většinu pěstovaných rostlin, u rostlin náročných na živiny se dávka separátu může pohybovat v rozmezí 40-60% obj. (VANĚK et al., 2014)

BUSTAMANTE et al. (2012) se zabývali vlivem kompostování digestátu na hnojivé účinky vzniklých kompostů. Testovali možnosti kompostování samotného digestátu, ale i digestátu s různými přísadami (10 a 20 %) odpadu z prořezávky vinné révy. Z jejich výsledků vyplývá, že přísada z prořezávky redukoval vodivost a ztráty dusíku a proto vznikl lepší výsledný kompost. Všechny vzniklé komposty byly dle jejich testování vhodné k použití jako pěstební substráty.

Digestát z bioplynových stanic je podle Mze ČR organické hnojivo. Digestát je stabilizovaný materiál v kapalné podobě, který je výsledkem fermentačního procesu v bioplynové stanici. (VANĚK et al., 2012)

4.2.2 Vlastnosti digestátu

Bioplynové stanice se staví primárně pro výrobu bioplynu. Nicméně, při výstavbě a provozu bioplynové stanice by se nemělo zapomenout ani na technickou a ekonomickou stránku využití digestátu. Při zpracování kejdy nebo fytomasy vzniká stejné množství digestátu, jako byl objem zpracovávané suroviny. Proto je potřeba do realizace zahrnout i náklady na uskladnění a potřebnou techniku pro práci s digestátem v souladu s platnými legislativními předpisy.

Jak už bylo několikrát zmíněno, digestát má dvě složky, kapalnou a tuhou. K jejich vzájemnému oddělení se používají kalolisy, centrifugy nebo šnekové separátory. Tyto dvě složky se od sebe oddělují proto, aby nedocházelo k sedimentaci ve skladovacích jímkách.

Tekutá část, neboli fugát, se po oddělení od pevné části skladuje v nepropustných nadzemních či částečně zapuštěných nádržích nebo v zemních jímkách. Lze jej znovu použít k ředění biomasy v bioplynové stanici nebo jako kapalné hnojivo.

Tuhý digestát se musí skladovat stejným způsobem jako fugát. Navíc je zde nutná sběrná jímka tekutého podílu. Lze ho rovněž skladovat na zabezpečených hnojištích nebo přímo použít pro výrobu kompostu. V obou uvedených případech se musí zamezit přítoku povrchových nebo srážkových vod do jímky nebo nádrže.

Při skladování hospodářských hnojiv může docházet k produkci emisních plynů. Mohou to být emise plynů jako je metan nebo oxid dusný, nebo emise amoniaku a zapáchajících látek. Emise amoniaku se vyskytují převážně během vynášení substrátu, protože díky

fermentaci stoupá podíl amoniaku ve fermentačním zbytku. Výroba bioplynu výrazně přispívá k omezení úniku skleníkových plynů do atmosféry. Například v případě kejdy výroba bioplynu snižuje celkově emise skleníkových plynů o 60 - 70 %. Dochází především ke snížení emisí metanu. Stupeň snížení emisí metanu závisí na stupni rozložení organické hmoty, a tedy na mnoha faktorech souvisejících s intenzitou fermentačního procesu (doba zdržení, teplota apod.) (KRATOCHVÍLOVÁ et al., 2009).

Stejně jako samotné bioplynové stanice, tak i digestát z nich pocházející můžeme dělit dle vstupních surovin. Podle vstupních materiálů pak klademe na výstupní digestát různé požadavky, které jsou často definované příslušnými zákony a nařízeními.

První typ digestátu pochází ze stanic, kde jsou jako vstupní surovina statková hnojiva a materiály rostlinného původu, tj. sláma všech typů obilovin i olejnin, bramborová nať, travní biomasa nebo kukuřičná siláž. V tomto případě nelze použít jako vstupní surovinu odpady podle zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech, tj. jako vstupní surovina nemohou sloužit například vedlejší produkty živočišné výroby. Požadavky na hnůj, zpracovaný hnůj a zpracované výrobky z hnoje se řídí nařízením ES č. 1069/2009. Jednou ze základních podmínek uvádění zpracovaných výrobků z hnoje na trh je hodnocení jeho hygienizace v průběhu nebo po zpracování.

Další typ digestátu pochází z bioplynových stanic, kde jednou ze vstupních surovin mohou být odpady. Takové bioplynové stanice zpracovávají bioodpady, statková hnojiva a materiály rostlinného původu. Tyto BPS lze provozovat pouze na základě rozhodnutí orgánu kraje. Tento orgán schvaluje provozní řád BPS. Pokud jsou BPS stanice součástí ČOV, vzniká anaerobně stabilizovaný kal. V těchto BPS se zpracovávají kaly pouze z ČOV, septiků, žump a odpadní voda.

Poslední typ digestátu pochází ze stanice, které mohou zpracovávat vedlejší živočišné produkty. Pokud digestát vzniká v BPS, kde se zpracovávají vedlejší živočišné produkty, je nutné dodržovat podmínky nařízení ES č. 1069/2009, a to je např. hygienizace suroviny. Tyto BPS musí být schváleny Krajskou veterinární správou. Na těchto stanicích lze zpracovávat např. jateční odpady, kuchyňské odpady, prošlé potraviny, hnůj a obsah trávicího traktu. S digestáty z této BPS musí být při uskladnění zacházeno tak, aby se zabránilo opětovnému znečištění (MARADA et al., 2008).

Kromě dělení dle vstupních surovin do bioplynové stanice lze fermentační zbytek dělit také dle obsahu sušiny. Vlastnosti digestátu závisí především na tom, jaký vstupní materiál byl použit. Vlastnosti se liší například u digestátu ze statkových hnojiv, z fytomasy a z odpadních materiálů.

To dokazuje například studie ALBURQUERQUE et al. (2011), kde výsledky ukazují, že složení a stupeň stability digestátu se může značně lišit v závislosti na použité surovině, délce rozkladu a způsobu zpracování. Anaerobní digesce, včetně výběru substrátu, proto musí zaručit dosažení určitého stupně stability organické hmoty v digestátu a zamezení škodlivých účinků v systému rostlina - půda. Toto je podmíněno především biologickou rozložitelností štěpeného materiálu.

Neseparovaný digestát dle ALBURQUERQUE et al. (2012) obsahuje velmi málo sušiny, proto je klasifikován jako tekutá látka. Hmotnostní zlomek sušiny v digestátu je pod 15 %.

Digestát vykazuje zásadité pH. Zvýšení hodnoty pH při anaerobní fermentaci je pravděpodobně způsobeno formami dusíku, které zde vznikají. Alkalické pH digestátu je tedy užitečná vlastnost kvůli celosvětovému problému okyselování půd (MAKÁDI et al. 2012).

Obsah lehce rozložitelné organické hmoty v digestátu je nízký. U většiny organické hmoty, která byla na počátku anaerobní fermentace, došlo během fermentace k přeměně především na metan (CH_4). Zbylá organická hmota je stabilní a těžko využitelná pro rostliny (KOLÁŘ et al., 2010).

4.2.3 Digestát jako hnojivo

Hnojivými vlastnostmi digestátu ve srovnání s čistírenskými kaly a komposty se zabývali TAMBONE et al. (2010). Z jejich výsledků vyplývá, že digestát měl v porovnání s uvedenými hnojivy výrazně vyšší podíly celkového dusíku, amonného dusíku, fosforu i draslíku. Průměrné obsahy amonného dusíku se v různých typech neseparovaných digestátů pohybovaly od 0,51 do 0,98 % sušiny. Celkový obsah fosforu v sušině činil 0,08 - 0,26 % a obsah fosforu 0,24 - 0,68 %.

ALBURQUERQUE et al. (2012) publikovali studii o možnostech využití dvanácti druhů zemědělských i průmyslových digestátů v zemědělství. Prokázali zde, že digestát může být velmi vhodným hnojivem, zejména díky vysokému obsahu amonného dusíku. Zároveň však upozorňují na to, že musí být brán ohled na různé rizikové faktory, jako jsou obsahy Cu a Zn, zasolenost, biodegradabilita, fytotoxicita a hygienické vlastnosti některých typů digestátů. Proto je důležité brát ohled již na vstupní substráty s návazností na další využití vzniklého digestátu.

Ne všechny typy digestátů jsou ale vhodné pro využití k hnojení rostlin. Například ALBURQUERQUE et al. (2012) srovnávali 6 různých digestátů, jejich základem byla kejda

skotu nebo prasat. Využitelnost pro zemědělství poté úzce souvisela s obsahem zbylé lehce rozložitelné organické hmoty. V případě vysokého podílu lehce rozložitelné organické hmoty docházelo vzhledem k nevhodnému poměru C:N k imobilizaci dusíku ve vzniklých substrátech. Způsob použití digestátu závisí na jeho kvalitě a řeší se před zprovozněním BPS. Digestát může mít různou jakost v závislosti na druzích zpracovávaných odpadů, technologii zpracování a stupni odvodnění.

4.2.3.1 Použití digestátu na zemědělské půdě

Při nejjednodušším způsobu využití digestátu, tj. jeho přímé aplikaci na zemědělskou či lesní půdu, je nutné brát v úvahu určitá omezení. Pevná i tekutá složka digestátu jsou podle zákona č. 254/2001 Sb., o vodách, tzv. závadné látky.

”Závadné látky jsou látky, které nejsou odpadními ani důlními vodami a které mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod.”

Aby nedošlo ke kontaminaci podzemních a povrchových vod nebo znečištění životního prostředí, je ten, kdo s takovými látkami nakládá, povinen přijmout soubor přiměřených opatření:

- aplikovat tyto látky pouze na pozemky, kde není provedena meliorace
- neaplikovat na zamokřenou půdu, půdu pokrytou sněhem nebo promrzlou půdu

Pokud aplikace digestátu na zemědělskou půdu, respektive jeho zpracování na organické hnojivo, probíhá ve shodě se zákonem č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd, pak se digestát nepovažuje za odpad, ale za hnojivo, a je nutné postupovat podle příslušných předpisů ministerstva zemědělství.

Dávka a čas hnojení digestátem není v legislativě omezená. Dávky by měly vycházet z obsahu dusíku v digestátu. Obsah dusíku se udává buď jako podíl ze sušiny nebo jako podíl z čerstvé hmoty.

Pro určení dávky digestátu je potřeba brát v úvahu celou řadu faktorů jako je: potřeba živin pro předpokládaný výnos a kvalitu produkce porostu, vliv klimatu, množství přípustných živin v půdě, vliv půdního typu, hodnoty půdní reakce (pH), poměr důležitých kationtů (vápníku, hořčíku a draslíku), množství humusu atd. (MARADA et al., 2008).

Nicméně, výhodnost použití digestátu jako hnojiva není jednoznačná. Jsou zde pochybnosti, zda vůbec lze považovat digestát za organické hnojivo. Aby hnojivo bylo označeno za organické, mělo by splňovat podmínku snadné rozložitelnosti. V případě digestátu jsou ale nejnárodněji rozložitelné složky již spotřebované, ať už v trávicím traktu

zvířat nebo při anaerobní fermentaci. Zbylá hmota je tak relativně stabilní, a živiny se z ní neuvolňují tak snadno.

To ovšem neznamená, že použití digestátu v zemědělství nemá smysl. Organická hmota pevné složky digestátu je totiž výborným prostředkem pro zlehčení těžkých půd a pro úpravu jejich vlastností. Tato hmota se pomalu rozkládá, což zvyšuje provzdušněnost těžkých půd. Provzdušněnost může mít mnohem lepší vliv na výnosnost, než nadměrné aplikace minerálních hnojiv na půdu s nevhodnými vlastnostmi (KUŽEL et al., 2010).

4.2.3.2 Digestát v ekologickém zemědělství

Použití digestátu v ekologickém zemědělství Podle nařízení Rady (ES) č. 834/2007 o ekologické produkci a označování ekologických produktů digestát v ekologickém zemědělství nemůžeme použít vždy. Můžeme ho použít v případě, že by BPS pracovala v režimu platném pro ekologicky hospodařící farmu. Potom by musely splňovat tyto požadavky i vstupní suroviny. Požadavkem na vstupní suroviny jsou podmínky organického hnojiva použitelného pro produkci ekologických výrobků. Je možné podle právních předpisů udělit výjimku pro částečné použití digestátu z ekologicky hospodařícího subjektu. Hnojení podle právních předpisů se provádí výrobkem vzniklým při anaerobní fermentaci propojené s výrobou bioplynu z rostlinných materiálů a živočišných odpadů tříděných u zdroje.

Mnozí pěstitelé rostlin, zejména pak ekologičtí zemědělci, se obávají toho, že aplikace digestátu na zemědělskou půdu může vést z důvodu nevhodného poměru C:N (malý obsah lehce rozložitelného uhlíku a vysoký obsah minerálního dusíku) k negativnímu dopadu na půdní mikroflóru a zvýšení emisí CO₂ a N₂O do vzduchu. Proto se Johansen et al. (2013) ve své práci zabývali vlivem aplikace různých typů digestátů (z kejdy skotu a kukuřičné siláže, kejdy a jetelotrávy) na obsahy C a N v půdě, emise CO₂ a N₂O a mikrobiální aktivitu. Jako srovnávací varianty použili zalévání vodou, aplikaci samotné kejdy skotu a aplikaci samotné jetelotrávy. Vzorky pro analýzy odebírali po 1, 3 a 9 dnech inkubace. Aplikace digestátů vedla ke 30-40% navýšení obsahu nitrátového dusíku ve srovnání s variantou kejda. K největším změnám z hlediska skladby mikroorganismů a emisí skleníkových plynů došlo při pěstování samotné jetelotrávy. Zde byla po 9 dnech inkubace zjištěna 4x vyšší koncentrace lehce rozložitelné organické hmoty - to vedlo k výraznému zvýšení mikrobiální aktivity a následnému ochuzení půdy o dusík. Zároveň zde byla naměřena přibližně 10x vyšší emise skleníkových plynů ve srovnání s aplikací kejdy a obou typů digestátů. Vzájemné srovnání aplikace kejdy a digestátů vedlo pouze ke zjištění neprůkazných rozdílů ve skladbě mikroorganismů a v emisích skleníkových plynů (JOHANSEN et al., 2013)

4.2.3.3 Použití digestátu mimo zemědělskou a lesní půdu

Použití digestátů mimo zemědělskou a lesní půdu řeší vyhláška č. 341/2008 Sb., upravující podrobnosti nakládání s biologicky rozložitelnými odpady. Digestáty, které jsou vyráběny z bioodpadů a používají se mimo zemědělskou a lesní půdu tak jsou nazývány rekultivační digestáty. Rekultivační digestáty lze použít např. na úpravu povrchu terénu u rekreačních a sportovních zařízení, při rekultivaci v průmyslových zónách nebo pro rekultivační vrstvy skládek.

Rekultivační digestáty musí splňovat určité požadavky. Jsou to požadavky na vlhkost hmoty, ta musí být maximálně 98 %, dále celkový obsah N v sušině musí být vyšší než 0,3 % a hodnota pH musí být v rozmezí 6,5 - 9,0. Tyto požadavky stanovuje vyhláška č. 341/2008 Sb. Jako stabilizované kaly, tak i rekultivační digestát má limitní ukazatele rizikových látek a prvků.

Podle uvedené vyhlášky se výstupy z BPS dělí na 4 skupiny. Třídou 1 lze použít na povrch terénu určeného nebo používaného pro městskou zeleň včetně parků a lesoparků. Digestáty 2. a 3. třídy jsou používány k pěstování energetických, technických a okrasných rostlin. Dále jsou určené k obohacování antropogenních půd a jako suroviny pro výrobu rekultivačních substrátů. Aby vše proběhlo, správně, měla by být teplota udržována ve fermentoru na 55 °C a to po dobu 24 hodin. Celková doba zdržení ve fermentoru by měla být 20 dnů.

Je nutné dávat pozor na zákon č. 254/2001 Sb., o vodách. I tento zákon má určité požadavky na rekultivační digestát a to např. aplikace pouze na pozemky, kde není provedeno odvodnění nebo zakazuje aplikaci na zamokřenou půdu, půdu pokrytou sněhem a promrzlou půdu. I když skladujeme digestát, musíme si dát podle uvedeného zákona pozor na místo, kde se tyto materiály skladují nebo dopravují, tak aby bylo zabráněno mísení s odpadními nebo srážkovými vodami atd.

Důležitý je také zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší. Tento zákon pojednává o zabezpečení BPS produkujících rekultivační digestát. Tyto BPS musí být zabezpečeny proti úniku zápachu (MARADA et al., 2008).

4.2.3.4 Další použití digestátu

Kromě použití digestátu jako hnojiva jej lze rovněž využít pro výrobu tuhých paliv. Z digestátu se kvůli tomu musí vyseparovat a vysušit jeho tuhá část. Tuto tuhou část lze kombinovat i s dalšími druhy biomasy. Výroba paliva z digestátu je však ekonomicky i

energeticky náročná, proto tato možnost využití digestátu není příliš rozšířená. Pokud je jedním ze vstupních materiálů do bioplynové stanice komunální odpad, může se stát, že ve výsledném digestátu bude překročen limit pro obsah rizikových látek. Takový digestát nemůže být aplikován na zemědělskou nebo jinou půdu, ale je nutné s ním zacházet jako s odpadem podle zákona o odpadech, tj. takový digestát musí být spálen, čištěn na ČOV nebo uložen na skládce. Likvidace digestátu je však krajní možností. Provozovatelé BPS se jí snaží vyhnout pomocí vhodného výběru surovin, které vstupují do fermentačního procesu (MARADA et al., 2008).

4.2.4 Uvádění digestátu do oběhu

Uváděním do oběhu se rozumí jakákoli forma převodu (nabízení formou inzerce). Do oběhu se smí uvést digestát, který:

- je registrován podle zákona o hnojivech
- nepoškozuje životní prostředí
- neohrožuje úrodnost půdy ani zdraví lidí nebo zvířat
- splňuje požadavky na označování, balení a skladování
- není znehodnocen

Naopak do oběhu se nesmí uvést digestát, který:

- je neoznačený
- je označený nepravdivými nebo klamavými údaji
- u něhož obsah rizikových prvků je vyšší, než stanovuje vyhláška č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva (VEČEŘOVÁ, 2009).

4.3 Pěstební substráty

Zahradnické substráty nemají charakter hnojiv, protože nejsou hlavním zdrojem živin. Řadíme je do speciální skupiny, a to do organických materiálů. Jedná se o pěstební média používaná na přípravu pěstebních záhonů a do pěstebních nádob. V zahradnictví se donedávna nejčastěji používaly zahradnické zeminy, které měly dobrý vliv na pěstování rostlin. Z hlediska pěstování rostliny je důležitý obsah organických látek, ale i fyzikální a chemické vlastnosti připravovaných zemin.

Pro pěstování rostlin ve skleníku byly nejčastěji používány dvě základní zemité směsi, směsi těžké o objemové hmotnosti 0,75 - 0,80 kg/l s převahou minerálních zemin a neutrální hodnotou pH, a směsi lehké s objemovou hmotností okolo 0,50 kg/l s převahou organických zemin a hodnotou pH v rozsahu 5,5 - 6,5.

V dnešní době se na výrobu substrátů nejvíce používá rašelina, která má nízkou objemovou hmotnost. Nejčastěji se rašelina kombinuje s fermentovanou kůrou. Jelikož už produkty nevykazují vlastnosti zahradních zemin, tak je pro ně používán termín substráty. Na substráty klademe řadu požadavků.

Tyto požadavky můžeme dělit na:

- biologické - nutná hygienická nezávadnost (bez zárodků chorob, škůdců, plevelů atd.)
- chemické - vhodná hodnota pH, obsah solí, obsah rizikových prvků, přiměřený obsah organických látek, poměr C:N, obsah přijatelných živin aj.
- fyzikální - velikost částic, vododržnost, struktura, pórovitost, sorpce živin atd.

Za nejvýznamnější údaje lze považovat obsah organických látek, vodivost a hodnotu pH. Důležitá je rovněž objemová hmotnost.

Hlavními materiály pro přípravu substrátů jsou rašelina, perlit i písek, které můžeme různě kombinovat nebo používat samostatně. Většina substrátů se ale připravuje jako kombinace různých materiálů (VANĚK et al., 2007, 2012).

1. Organické komponenty

ovlivňují fyzikální vlastnosti substrátů. Nejčastěji se používá rašelina. Rašelina se v půdě pomalu rozkládá, tak že působí delší dobu. O rašelině nelze říci, že je to hnojivo, protože není zdrojem živin ani snadněji rozložitelných organických látek. Kromě rašeliny se používá i kůra, což je odpadní produkt dřevozpracujícího průmyslu, který pro uplatnění v substrátech musí být fermentován. Při tomto procesu se podpoří mikrobiální procesy, a tak se postupně kůra vlivem fermentačních procesů při teplotách 60 - 80 °C zbavuje látek nepříznivě ovlivňujících biologické procesy a růst rostlin. Kromě těchto dvou organických komponentů jsou používány ještě další, a to například kokosová vlákna, rýžové plevy, dřevní vlákna nebo komposty (VANĚK et al., 2007, 2012).

2. Minerální komponenty

mezi ně patří zeminy. Zeminy je vhodné přidávat do substrátů, kde chceme docílit vyššího obsahu jílovitých částic. V substrátech zvyšují sorpční kapacitu a současně stabilitu vůči změnám hodnoty pH. Dále sem můžeme zařadit písek, který je v substrátech inertní (VANĚK et al., 2007, 2012).

4. Hnojiva

nejběžnějším je vápenec, případně dolomitický vápenec. Jedná se o hnojivo používané k úpravě hodnoty pH kyselých složek substrátů, hlavně rašelin. Další hnojiva se aplikují podle potřeby a účelu použití substrátů (VANĚK et al., 2007, 2012).

3. Meliorační komponenty

pro speciální substráty se používají materiály s mimořádnými vlastnostmi jako je např. vysoká pórovitost nebo sorpce živin. Jsou to materiály přírodní nebo syntetické. Příkladem je pemza - hornina vulkanického původu, která dobře poutá vodu a dokáže substrát provzdušnit. Dále sem řadíme: perlit, vermikulit, keramzit, hydroabsorbenty ad. (VANĚK et al., 2007, 2012).

5 Metodika a materiál

Pro skleníkový pokus, který byl prováděn v areálu České zemědělské univerzity v Praze, byl dodán neseparovaný digestát (vzniklý anaerobní fermentací kejdy skotu, kukuřičné siláže a travní senáže) z bioplynové stanice v Krásné Hoře nad Vltavou.

5.1 Základní informace o podmínkách pokusu

Skleníkový pokus s bazalkou (*Ocimum basilicum*, L.) byl založen v roce 2014 (24.4.2014). V pokusu bylo realizováno 5 níže uvedených variant ve čtyřech opakováních. Do každé nádoby (1,5 l) byly zasazeny čtyři rostliny bazalky, ty byly zalévány dle potřeby. Po sklizni proběhlo spočítání rostlin, zvážení nadzemní biomasy a její usušení a následné laboratorní analýzy

Principem pokusu bylo srovnání různých běžně vyráběných pěstebních substrátů s rašelinou smíchanou s přísádkem různého množství neseparovaného digestátu a vápnatého dolomitu (22 % Ca a 10 % Mg; firma Agro CS, Česká Skalice). Vycházeli jsme z předpokladu, že samotná rašelina je chudá na živiny a má nízké pH (kolem hodnoty 4,0) a neseparovaný digestát je naopak dobrým zdrojem živin a má pH zpravidla vyšší než 7,0. Jejich smícháním by tedy měl vzniknout optimální pěstební substrát využitelný pro většinu běžně pěstovaných zahradních plodin. Z předchozích pokusů je zřejmé, že přidání neseparovaného digestátu zvyšuje pH substrátu pouze krátkodobě, poté dochází k mineralizaci amonných iontů a tím i snížení hodnoty pH.

V následujících dvou tabulkách (5.1 a 5.2) jsou základní charakteristiky rašeliny a neseparovaného digestátu

Tabulka 5.1 základní charakteristiky rašeliny a ND

	OHV (g/l)	pH _{H2O}	Sušina (%)	N-NO ₃ (mg/kg)	N-NH ₄ (mg/kg)
Rašelina	425	3,8	39,6	13,0	361
ND (v sušině)	980	7,7	5,3	2212	31612

Tabulka 5.2 základní charakteristiky rašeliny a ND

	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Ca (mg/kg)
Rašelina	34	8	96	19
ND (v sušině)	18809	41207	4437	24679

Pro pokus byl jako kontrolní srovnávací substrát zvolen „Zahradnický substrát“ (firma Primaflora, šarže RM 29/11/13, Agro CS Česká Skalice). Dále byla využita rašelina zahradnické třídy 1 – vrchovištní (Agro CS a.s., Česká Skalice) namíchaná objemově s různými poměry neseparovaného digestátu (bioplynová stanice Krásná Hora nad Vltavou) a to v následujících poměrech:

1. 5 % neseparovaného digestátu a 95 % rašeliny + 10 g/l vápnitého dolomitu
2. 5 % neseparovaného digestátu a 95 % rašeliny + 15 g/l vápnitého dolomitu
3. 10 % neseparovaného digestátu a 90 % rašeliny + 10 g/l vápnitého dolomitu
4. 10 % neseparovaného digestátu a 90 % rašeliny + 15 g/l vápnitého dolomitu

5.2 Stanovení vybraných makroprvků metodou CAT

Dostupnost či obsah vybraných půdních živin a prvků se stanovuje dle normy EN 13651. Tato evropská norma popisuje extrakční metodu pro stanovení živin a prvky extrahovatelné chloridem vápenatým / DTPA (diethylentriaminpentaacetát). Norma není vhodná pro stanovení vápníku. Vzorek byl extrahován při pokojové teplotě s roztokem 0,01 mol / l CaCl₂ a 0,002 mol / l DTPA v poměru (pevná látka / kapalina) 1:10. Po 1 hodině třepání byly vzorky zfiltrány a získané extrakty měřeny. Obsah amonného a nitrátového dusíku byl stanoven spektrofotometricky na přístroji SKALAR SAN^{PLUS}SYSTEM. Pro stanovení přístupného P byl využit optický emisní spektrometr s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES) a pro stanovení přístupných K, Ca a Mg atomový absorpční spektrometr (AAS).

5.3 Stanovení obsahu přístupného vápníku vodním výluhem

Extrakty byly zhotoveny dle LUSCOMBE et al., (1979). K 10 g vzorku bylo doplněno 50 ml demineralizované vody. Vzorky byly třepány 2 hodiny a následně filtrovány. Vzniklé extrakty byly analyzovány na obsah přístupného vápníku pomocí ICP-OES.

5.4 Stanovení hodnoty pH a vodivosti

Pro stanovení hodnoty pH bylo naváženo 10 g čerstvého substrátu, který reagoval po dobu 2 hodin (1hod. třepání, 1 hod. ustálení) se 50 ml demineralizované vody ve 250 ml třepacích lahvičkách. Po ustálení proběhlo měření aktivního pH a současně i vodivosti přístrojem „HANNA Instruments, HI 991 300“ přímo v suspenzi.

5.5 Analýzy rostlin

Nadzemní hmota analyzovaných rostlin byla usušena a jemně namleta. Bylo naváženo 0,5 g ($\pm 0,005$ g) namletého materiálu. Ten byl rozložen pomocí rozkladu na suché cestě. Získaný vzorek byl poté převeden do roztoku pomocí 1,5% HNO_3 a analyzován ICP-OES pro změření obsahu celkového P a rovněž pomocí AAS pro získání hodnoty celkového obsahu K, Ca a Mg.

5.6 Obsah N v nadzemní hmotě

Obsah dusíku byl stanoven po rozkladu koncentrovanou kyselinou sírovou dle KJELDAHLA (ČSN 46 1011-18). Pro extrakci bylo naváženo 0,500 g suchého, jemně namletého materiálu. Toto množství bylo mineralizováno 10 ml koncentrované kyseliny sírové, za přítomnosti selenového katalyzátoru po dobu 1 hod při teplotě 400 °C. Mineralizovaný materiál byl následně měřen přístrojem Gerhardt Vapodest 50s.

5.7 Zpracování výsledků

Pro statistické vyhodnocení byly využity základní popisné charakteristiky vypočtené v programu Microsoft Excel (Excel, 2003) a pokročilé statistické vyhodnocení (A-NOVA) bylo realizováno prostřednictvím programu Statistica (StatSoft, Inc., 2010).

6 Výsledky

6.1 Vstupní hodnoty

V následujících dvou tabulkách jsou shrnuty výsledky vstupních rozborů substrátů.

První obsahuje základní charakteristiky jako je množství sušiny v % dále objemová hmotnost vlhkého a suchého substrátu, pH stanovené ve vodném výluhu a elektrická vodivost v mS/cm. V druhé tabulce jsou výsledky měření obsahu makroprvků a to amonného dusíku, nitratového dusíku, fosforu, draslíku, hořčíku, síry a vápníku.

Z tabulky 6.1 je zřejmé, že se vstupní substráty s přidavkem neseparovaného digestátu v uvedených vlastnostech téměř shodují. Oproti nim varianta 1 (kontrolní substrát) vykazuje vyšší objemovou hmotnost vlhkého i suchého substrátu a vyšší elektrickou vodivost, která je patrně způsobena přidavkem minerálních hnojiv. Testované varianty vykazují vyšší pH což je způsobeno přidavkem digestátu a vápence. U variant 4 a 5 byla naměřena nižší objemová hmotnost sušeného substrátu a to zřejmě díky vyššímu podílu digestátu. Přídavek dolomitického vápence vedl naopak ke zvýšení objemové hmotnosti substrátů.

Tabulka 6.1. Základní charakteristiky substrátů

Varianta	sušina (%)	OHV* (g/l)	OHS** (g/l)	pH _{H2O}	EC (mS/cm)
1	42,1	504	346	5,4	1,40
2	44,6	416	307	5,5	0,60
3	47,1	429	315	5,8	0,65
4	40,2	468	276	5,6	0,72
5	39,6	479	289	5,9	0,71

* Objemová hmotnost vlhkého substrátu

** Objemová hmotnost suchého substrátu

V tabulce 6.2 můžeme vidět, že oproti běžnému pěstebnímu substrátu (var. 1), obsahují testované varianty výrazně vyšší hodnoty amonného dusíku, fosforu, draslíku a hořčíku. Nejvyšší obsah draslíku byl naměřen ve variantách 4 a 5 kde byl přídavek digestátu 10 % obj. V obsahu nitratové formy dusíku a síry se varianty 1 – 5 téměř shodují. Výrazně se od ostatních variant liší kontrolní substrát obsahem vápníku a to až desetinásobně. To je pravděpodobně způsobeno tím, že hnojivo dodané do testovaných substrátů obsahovalo pouze malé množství vápníku ve vodou extrahovatelné formě.

Tabulka 6.2 Obsahy makroprvků stanovených extraktem CAT (mg/kg sušiny substrátu)

Varianta	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	P	K	Mg	S	Ca*
1	127,89	186	67,3	614,3	742	84,4	794
2	168,85	603	120	1026	1034	73,4	45,2
3	131,90	473	116	638	1284	91,9	77,4
4	115,68	827	248	2236	1082	113	55,6
5	115,32	522	257	2163	1322	104	86,2

* obsah Ca byl stanoven vodným výluhem

6.2 Výsledky analýz po sklizni pokusu

6.2.1 Základní charakteristika substrátů a makroprvky

Z tabulky 6.3 je zřejmé, že po sklizni pokusu jsou statisticky významné rozdíly pouze mezi hodnotami pH a vodivostí substrátů. V hodnotách pH se varianta 1 statisticky průkazně liší od varianty 2 a 3. U kontrolního substrátu bylo naměřeno pH nejnižší (5.2), zatímco u testovaných variant 2-5 se naměřené pH pohybovalo v rozmezí 5,3- 5,5. Vodivost kontrolního substrátu s hodnotou 1,20 mS/cm se statisticky průkazně liší od všech dalších variant, u kterých bylo naměřeno v průměru 0,46 mS/cm.

Substrát

Tabulka 6.3 Základní charakteristiky

var.	opakování	Sušina (%)	OHV (g/l)	pH _{H2O}	EC (mS/cm)
1	1	50,5	685	5,2	1,20
	2	52,7	657	5,1	1,40
	3	40,9	847	5,2	1,10
	4	53,8	643	5,2	1,10
	Průměr	49,4	708	5,2^a	1,20^a
2	1	51,3	675	5,4	0,39
	2	36,1	958	5,5	0,42
	3	62,9	550	5,6	0,38
	4	56,7	611	5,4	0,55
	Průměr	51,7	698	5,5^b	0,44^b
3	1	57,9	598	5,5	0,43
	2	41,5	835	5,3	0,38
	3	52,2	663	5,4	0,32
	4	60,0	576	5,4	0,38
	Průměr	52,9	668	5,4^b	0,38^b
4	1	62,8	551	5,2	0,54
	2	59,8	578	5,3	0,44
	3	63,6	544	5,1	0,65
	4	58,9	587	5,4	0,48
	Průměr	61,3	565	5,3^{ab}	0,53^b
5	1	65,7	526	5,4	0,45
	2	64,8	534	5,4	0,54
	3	61,3	564	5,4	0,50
	4	58,9	588	5,5	0,44
	Průměr	62,7	553	5,4^b	0,48^b
F-test		0,55	1,955	8,55	58,8
p		ns	ns	0,01	0,01

V tabulce 6.4 jsou uvedeny obsahy makroprvků po sklizni bazalky. Naměřené hodnoty nitrátů jsou u jednotlivých opakování poměrně vyrovnané, nejvíce NO_3^- (193 mg/kg) bylo naměřeno u varianty 2, která se statisticky průkazně lišila od variant 4 a 5. Nejméně NO_3^- bylo naměřeno u varianty 5 s hodnotou 143 mg/kg.

Výrazný rozdíl oproti kontrolnímu substrátu vykazovaly varianty 2 – 5 v obsahu amonného dusíku. Nejvyšší naměřené hodnoty byly u varianty 4 (757 mg/kg), naopak nejnižší u kontrolního substrátu (41,8 mg/kg). Statisticky průkazný byl rozdíl mezi variantou 1 a variantami 2 – 5. Varianty 4 a 5 se statisticky průkazně lišily od variant 2 a 3.

V obsahu fosforu se lišily od ostatních variant varianty 4 a 5, kde byly naměřené hodnoty 126 a 141 mg/kg. U variant 1-3 bylo naměřeno v průměru 51 mg/kg, přičemž kontrolní substrát měl nejméně a to 44,9 mg/kg.

Varianty 2-5 vykazovaly průkazně vyšší obsahy draslíku než kontrolní substrát. U kontrolního substrátu bylo naměřeno 98 mg/kg a u varianty 4 v průměru 1345 mg/kg. Statisticky průkazný byl rozdíl mezi variantou 1 a variantami 2-5 a mezi variantami 4,5 a 2,3. Vyšší obsah draslíku ve variantách 2-5 byl patrně způsoben přidavkem digestátu do substrátu, kde bylo k variantám 2 a 3 přidáno 5 % obj. a k variantám 4 a 5 10 % obj. digestátu.

U obsahu hořčíku byl opět statisticky významný rozdíl mezi variantou 1 a variantami 2-5.

Statisticky průkazný rozdíl byl též mezi variantami 3,5 a 2,4. Nejméně Mg (549 mg/kg) bylo naměřeno u kontrolního substrátu, naproti tomu nejvíce Mg (1627 mg/kg) u varianty 5.

Zvýšení obsahu Mg bylo pravděpodobně způsobeno přidavkem vápenitého dolomitu (10 % Mg) do testovaných substrátů.

Rozdíl v obsahu síry byl statisticky průkazný mezi variantami 1-3 a 4,5. Největší obsah síry (88,9 mg/kg) byl naměřen u varianty 5 a nejnižší (49,7 mg/kg) u varianty 3.

Obsah vápníku vykazoval statisticky průkazný rozdíl mezi variantou 1, kde ho bylo naměřeno nejvíce (458,7 mg/kg) a variantami 2-5, kde se hodnoty pohybovaly v rozmezí 45,7 mg/kg a 62,9 mg/kg.

Substrát

Tabulka 6.4 CAT mg/kg sušiny, Ca vodný výluh 1:5 mg/kg

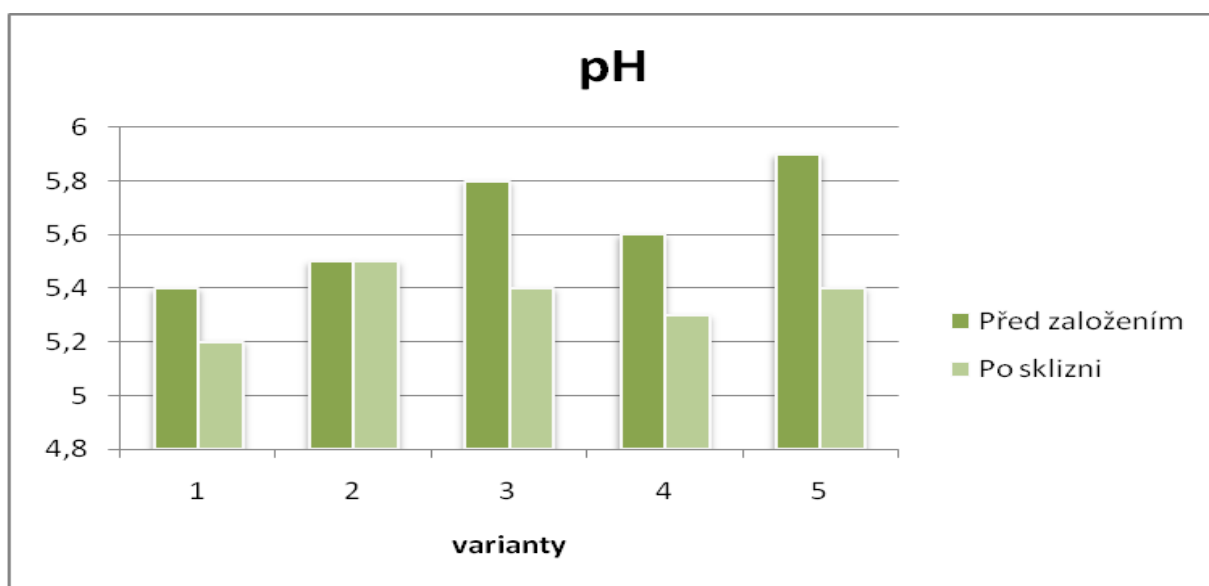
var.	Opakování	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	P	K	Mg	S	Ca
1	1	171	45,3	41,5	105	566	56,9	458
	2	176	41,7	47,1	104	582	62,4	471
	3	181	42,8	49,3	95,6	453	64,1	456
	4	170	37,3	41,7	87,0	596	72,1	449
	Průměr	174^{ab}	41,8^a	44,9^a	98,0^a	549^a	63,9^a	459^a
2	1	238	296	65,0	650	1300	52,1	44,3
	2	218	316	60,1	590	1418	41,0	44,9
	3	157	298	52,6	534	1332	53,0	49,2
	4	160	318	56,7	584	1443	63,0	48,3
	Průměr	193^a	307^b	58,6^a	589^b	1373^b	52,3^a	46,7^b
3	1	183	399	42,9	485	1406	55,7	55,3
	2	152	354	49,7	493	1598	49,0	55,9
	3	150	360	56,4	462	1540	47,7	62,4
	4	156	331	49,5	449	1575	46,3	67,6
	Průměr	160^{ab}	361^b	49,6^a	472^b	1530^c	49,7^a	60,3^b
4	1	154	738	115	1417	1218	76,3	45,3
	2	149	699	116	1400	1286	94,7	44,3
	3	148	771	141	1298	1245	96,0	48,9
	4	139	820	131	1263	1349	81,5	44,3
	Průměr	148^b	757^c	126^b	1345^c	1274^b	87,1^b	45,7^b
5	1	146	703	138	1071	1648	85,9	78,2
	2	147	670	142	1084	1538	89,8	60,2
	3	140	659	137	1168	1688	93,9	58,1
	4	138	758	146	1007	1636	85,9	55,2
	Průměr	143^b	698^c	141^b	1082^d	1627^c	88,9^b	62,9^b
f-test		4,23	315	168,3	386	154	28,4	2739
p		0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

V následujících několika grafech můžeme vidět jak se měnily hodnoty substrátů jednotlivých variant před založením pokusu a po sklizni.

Z grafu 6.1 je patrné, že byl u jednotlivých variant výkyv pH díky přidavku dolomitického vápence před založením a po sklizni minimální. U variant 1-5 byla hodnota pH před založením i po sklizni vyšší než u kontrolního substrátu. Nejvyšší byla u variant 3 a 5 kde bylo přidáno 15g/l vápnitého dolomitu. V případě varianty 2 můžeme vidět vyrovnané pH před založením i po sklizni.

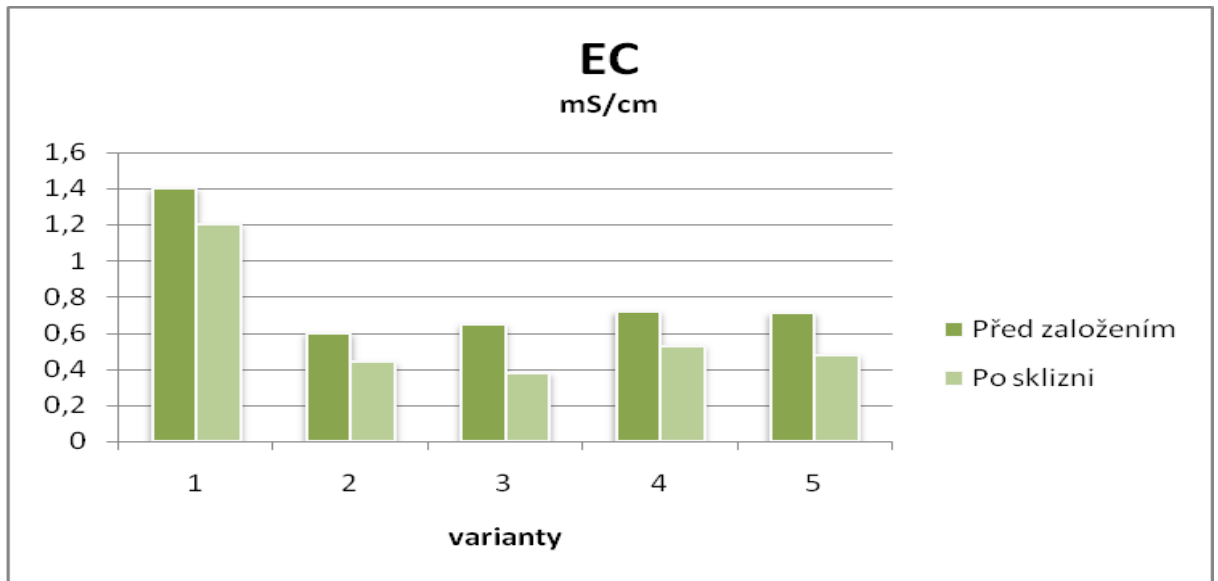
Celkově byly hodnoty testovaných substrátů vyšší, než je tomu u kontrolního substrátu, avšak stále v rozmezí vhodném pro pěstování rostlin. Hodnota pH u testovaných variant před založením pokusu se pohybovala v rozmezí 5,5 a 5,9 a po sklizni 5,3 a 5,5. U kontrolního substrátu byla hodnota pH před založením pokusu 5,4 a po sklizni 5,2.

Graf 6.1: hodnota pH před a po sklizni pokusu



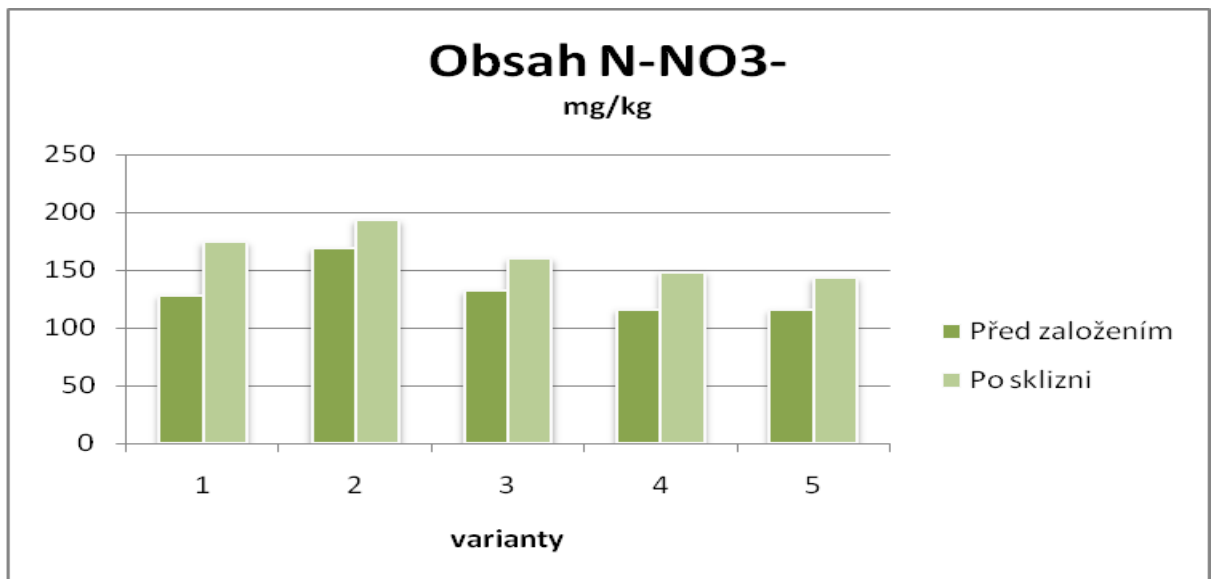
Elektrická vodivost (graf 6.2), byla u kontrolního substrátu vyšší než u testovaných variant, a to před i po sklizni pokusu. Zatímco u kontrolního substrátu se hodnoty vodivosti pohybovaly okolo hodnoty 1,3 mS/cm, u substrátů s digestátem byly hodnoty nezávisle na variantě méně než poloviční. Po sklizni pokusu došlo vždy ke snížení vodivosti, a to pravděpodobně díky následujícím faktorům: 1) odběr živin rostlinami způsobil pokles koncentrace solí v roztoku, 2) zálivka pokusu vedla k vyplavení solí ze substrátu, 3) probíhající mineralizace amonného dusíku až na plynný N vedla rovněž ke snížení obsahu solí zejména v substrátech s přidavkem digestátu.

Graf 6.2: elektrická vodivost (mS/cm) před a po sklizni pokusu



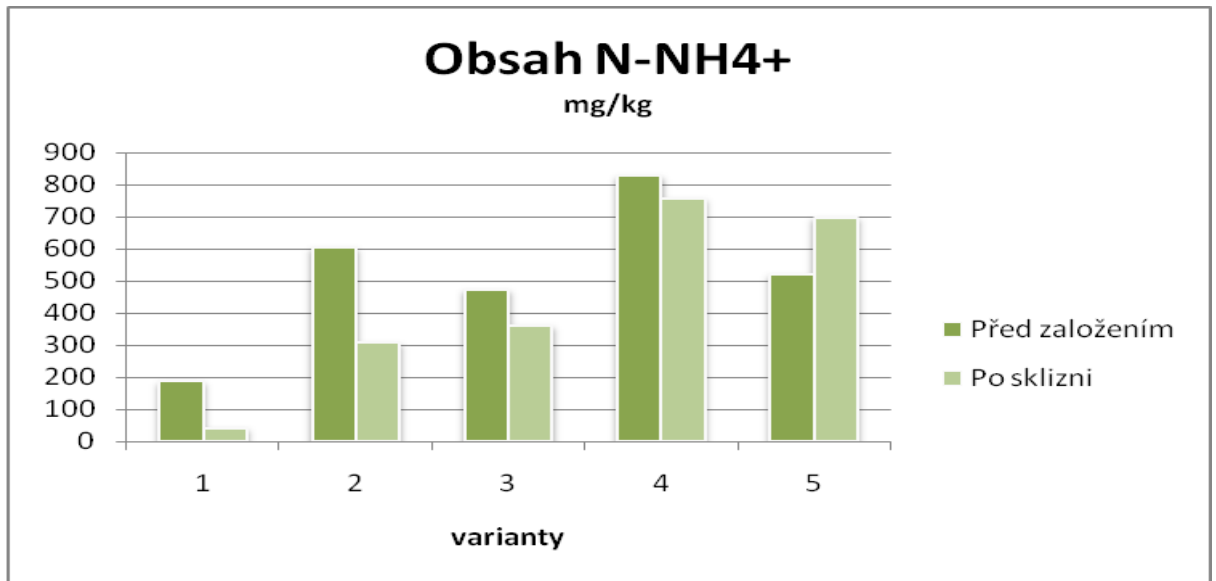
Obsahu nitrátového dusíku (graf 6.3), byl u testovaných variant před založením i po sklizni pokusu srovnatelný s kontrolní variantou 1. Zvýšené množství NO_3 po sklizni způsobila pravděpodobně nitrifikace NH_4 . S vyšší dávkou digestátu se u testovaných variant snižovalo množství NO_3 .

Graf 6.3: obsah N- NO_3^- (mg/kg) před a po sklizni pokusu



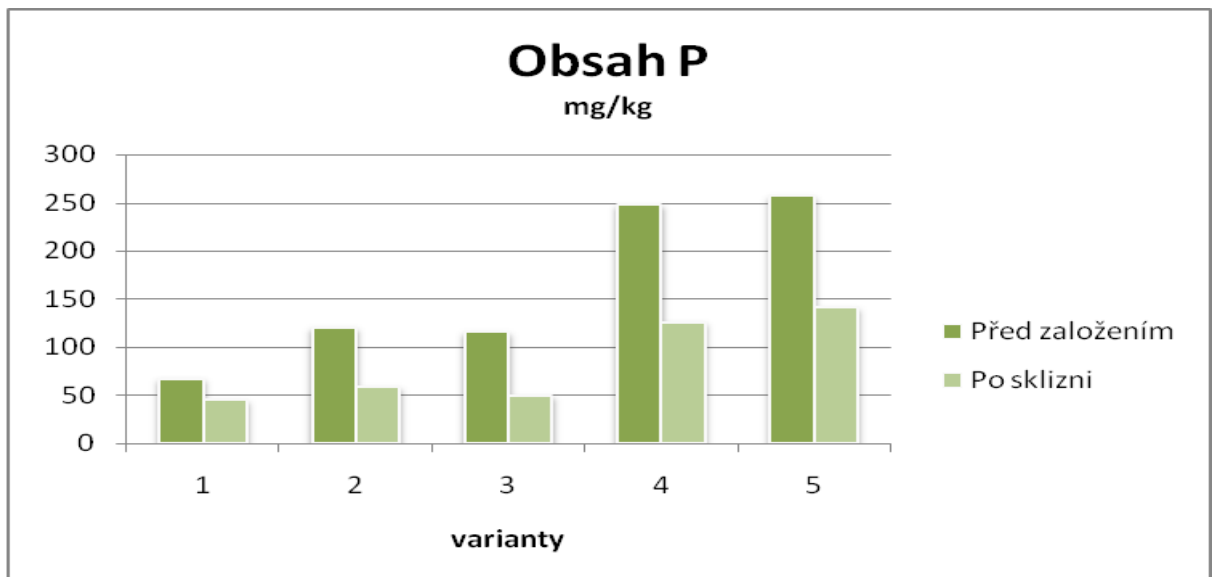
V grafu 6.4 můžeme vidět, že u testovaných variant 2-5 byl naměřen vyšší obsah amonného dusíku než u varianty 1. Podíl amonného iontu v testovaných variantách byl díky přidavku neseparovaného digestátu před založením i po sklizni výrazně vyšší než u kontrolního substrátu.

Graf 6.4: obsah N- NH₄⁺ (mg/kg) před a po sklizni pokusu

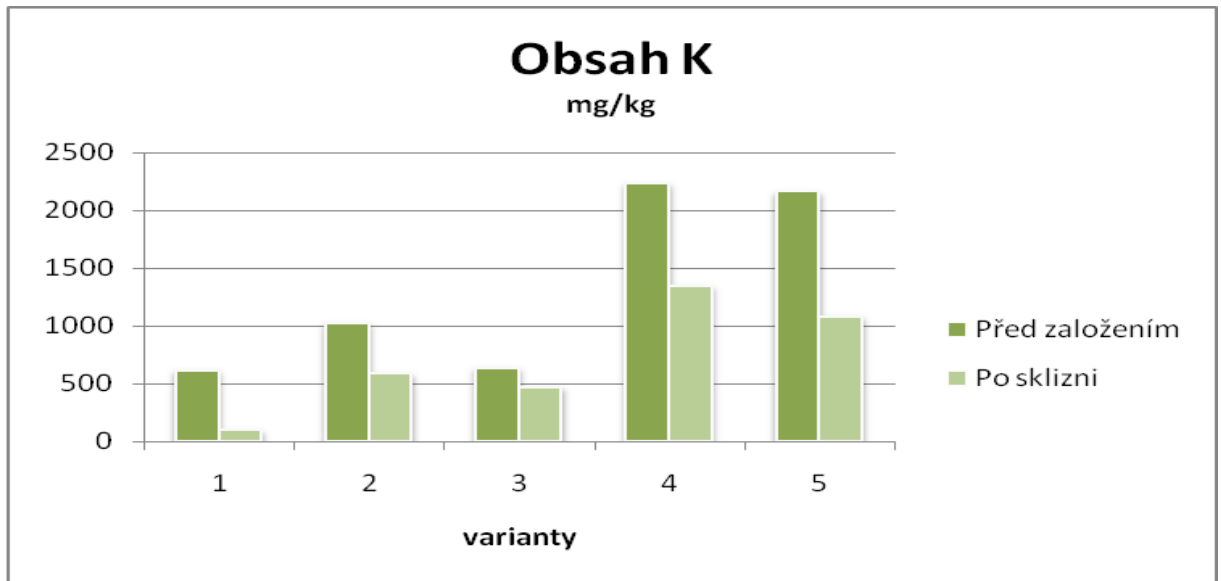


V následujících grafech 6.5 a 6.6 můžeme vidět nárůst obsahu fosforu a draslíku zejména u testovaných variant 4 a 5, u kterých je i po sklizni stále vyšší zásoba těchto prvků než u kontrolní varianty. Snížení obsahu fosforu a draslíku po sklizni bylo pravděpodobně způsobeno hlavně jeho odběrem rostlinami.

Graf 6.5: obsah přístupného P (mg/kg) před a po sklizni pokusu

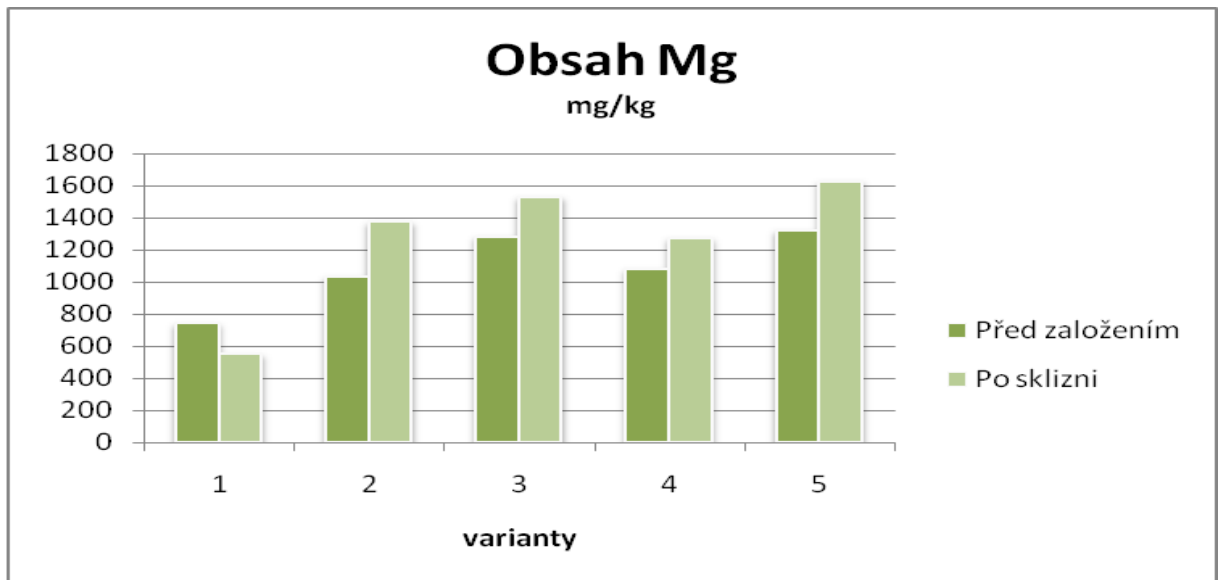


Graf 6.6: obsah přístupného K (mg/kg) před a po sklizni pokusu



Obsah přístupného hořčíku (graf 6.7) byl v testovaných variantách dosti vyrovnaný, avšak oproti kontrolní variantě 1 byl patrný nárůst tohoto prvku po sklizni, a to pravděpodobně z důvodu jeho postupného uvolňování z vápenitého dolomitu do přístupné formy.

Graf 6.7: obsah přístupného Mg (mg/kg) před a po sklizni pokusu



6.2.2 Nadzemní hmota bazalky

V tabulce 6.5 byl u nadzemní hmoty nalezen statisticky průkazný rozdíl v hmotnostech čerstvé hmoty a sušiny.

Nejvyšší naměřené hodnoty čerstvé hmoty byly naměřeny ve variantě 1 u kontrolního substrátu (45 g). Nejméně čerstvé hmoty s hodnotou 24,8 g bylo naměřeno u varianty 3 (10 % ND a 10 g/l VD). Čerstvá hmota se u varianty 1 statisticky průkazně lišila od variant 2-5, přičemž varianta 4 se statisticky průkazně lišila rovněž od variant 2 a 3. Nejmenší podíl sušiny byl naměřen u varianty 2 (2,1 g), oproti tomu nejvyšší hodnoty byly naměřeny u kontrolního substrátu (4,6 g). Rovněž u hmotnosti sušiny byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl mezi variantou 1 a variantami 2-5, přičemž varianta 5 se statisticky průkazně lišila rovněž od varianty 2.

Procentuelně nevykazovala sušina nadzemní hmoty statisticky průkazné rozdíly mezi variantami. Nejvíce sušiny bylo naměřeno u bazalky vypěstované na variantě 5, nejméně na variantě 2.

Nadzemní hmota

Tabulka 6.5 Základní charakteristika

Var.	Opakování	čerstvá hmota (g)	Sušina (g)	Sušina (%)
1	1	41,6	3,9	9,38
	2	47,6	5,2	10,9
	3	44,3	4,7	10,6
	4	46,6	4,4	9,44
	Průměr	45,0^a	4,6^a	10,1
2	1	25,7	2,0	7,78
	2	26,8	2,0	7,46
	3	27,0	2,7	10,0
	4	21,2	1,7	8,02
	Průměr	25,2^b	2,1^b	8,32
3	1	22,4	2,1	9,38
	2	24,3	1,8	7,41
	3	28,7	2,2	7,67
	4	23,7	3,0	12,66
	Průměr	24,8^b	2,3^{bc}	9,28
4	1	30,2	3,0	9,93
	2	31,4	2,0	6,37
	3	32,8	3,5	10,67
	4	31,8	2,8	8,81
	Průměr	31,6^c	2,8^{bc}	8,94
5	1	25,0	2,8	11,2
	2	30,9	3,2	10,4
	3	31,8	3,1	9,75
	4	33,4	3,8	11,4
	Průměr	30,3^{bc}	3,2^c	10,7
f-test		36,9	14,6	1,65
p		0,01	0,01	ns

V tabulce 6.6 můžeme vidět statisticky průkazný rozdíl v obsahu makroprvků v nadzemní hmotě bazalky u všech variant mimo obsahu síry.

Nejvíce dusíku obsahovala nadzemní hmota u varianty 5 a nejméně dusíku bylo naměřeno u kontrolního substrátu. Statisticky průkazný rozdíl byl u celkového dusíku mezi variantou 1,2 a variantami 3-5. Vyšší podíl celkového dusíku v nadzemní hmotě způsobilo pravděpodobně vyšší množství amonného N v substrátech s podíly digestátu.

U obsahu fosforu byl nalezen statisticky průkazný rozdíl mezi variantou 1 a variantami 2-4.

Kontrolní varianta obsahovala fosforu nejvíce (1,6 %) a nejméně naopak varianta 2 (0,96%). U testovaných variant substrátů byl obsah fosforu celkově nižší, ovšem s rostoucím podílem digestátu a dolomitického vápence v substrátu se mírně zvyšoval.

Obsah draslíku v rostlině byl u všech variant poměrně vyrovnaný. Nejvíce ho bylo naměřeno u varianty 5 a nejméně u kontrolního substrátu. Se vzrůstajícím podílem digestátu se zvyšoval i obsah draslíku v bazalce. Statisticky průkazně se lišil obsah draslíku mezi kontrolní variantou a variantou 5.

Obsah vápníku byl u testovaných variant nižší než u kontrolního substrátu, kde byly naměřeny hodnoty 2,12 %. U testovaných variant 2-5 se naměřené hodnoty pohybovaly od 1,35 % u varianty 4 do 1,60 % u variant 3 a 5. Statisticky průkazný rozdíl byl mezi variantou 1 a variantami 2-5, varianta 4 se dále statisticky průkazně lišila od variant 2 a 3.

Nejvíce hořčíku bylo naměřeno v kontrolním substrátu (0,92 %), nejméně pak u varianty 4 (0,5 %). Podíl hořčíku v nadzemní hmotě se statisticky průkazně lišil mezi variantou 1 a variantami 2-5 a varianta 4 se průkazně lišila od variant 2,3 a 5.

U obsahu síry nebyl mezi variantami nalezen statisticky průkazný rozdíl. U jednotlivých variant byly naměřeny průměrné hodnoty v rozmezí 0,27 a 0,31 %.

Nadzemní hmota

Tabulka 6.6 Obsah prvků v nadzemní hmotě %

Var.	Opakování	N	P	K	Ca	Mg	S
1	1	4,09	1,92	3,55	2,51	1,03	0,33
	2	3,06	1,24	2,48	1,89	0,86	0,28
	3	3,97	1,79	3,64	2,21	0,93	0,30
	4	3,72	1,43	2,95	1,88	0,87	0,27
	Průměr	3,7^a	1,60^a	3,15^a	2,12^a	0,92^a	0,30
2	1	4,29	0,99	3,81	1,53	0,65	0,29
	2	4,25	1,05	3,77	1,58	0,63	0,30
	3	4,09	0,76	3,65	1,44	0,56	0,25
	4	4,33	1,06	3,83	1,53	0,64	0,25
	Průměr	4,2^{ab}	0,96^b	3,77^{ab}	1,52^b	0,62^b	0,27
3	1	4,37	0,84	3,43	1,66	0,73	0,30
	2	4,46	1,09	3,84	1,34	0,60	0,25
	3	4,14	0,99	3,70	1,60	0,65	0,29
	4	4,57	1,22	3,87	1,80	0,69	0,28
	Průměr	4,4^b	1,04^b	3,71^{ab}	1,60^b	0,67^b	0,28
4	1	4,78	1,20	3,70	1,55	0,60	0,28
	2	4,41	1,06	3,72	1,38	0,50	0,29
	3	4,38	0,84	3,66	1,26	0,44	0,26
	4	4,66	1,08	3,94	1,21	0,46	0,27
	Průměr	4,6^b	1,04^b	3,75^{ab}	1,35^b	0,50^c	0,27
5	1	4,80	1,08	3,63	1,42	0,56	0,27
	2	4,73	1,30	4,16	1,67	0,60	0,35
	3	4,78	1,21	4,17	1,60	0,62	0,33
	4	4,61	1,35	3,95	1,70	0,66	0,31
	Průměr	4,7^b	1,24^{ab}	3,98^b	1,60^b	0,61^{bc}	0,31
f-test		10,1	7,24	4,52	9,81	27,98	1,81
p		0.01	0,01	0,01	0,01	0,01	ns

7 Diskuze

Jedním z předpokladů tohoto pokusu, je že po přidání vápenitého dolomitu ke směsi rašeliny a neseparovaného digestátu dojde k menším výkyvům pH v substrátu před a po pěstování bazalky.

Vhodná hodnota pH je jedním z nejdůležitějších faktorů pro zdravý růst rostlin. Optimální hodnota pH zajistí vhodný příjem živin rostlinou. Stanovit ideální hodnotu pH nelze, neboť se tato hodnota liší pro jednotlivé substráty a druhy rostlin. Nicméně obecně platí, že příliš kyselé nebo zásadité prostředí není pro růst rostliny vhodné. V kyselém prostředí se zvyšuje příjem rizikových prvků (Mn, Cd, Cr a dalších), v alkalickém prostředí naopak dochází ke zhoršení rozpustnosti některých prvků, například Fe nebo Mn (VANĚK et al., 2012).

Na základě četných studií jsme předpokládali, že neseparovaný digestát má vysokou hodnotu pH (např. MÖLLER et MÜLLER, 2012, RIGBY AND SMITH, 2011). Jedním z hlavních předpokladů při našem experimentu bylo tedy to, že použití zásaditého neseparovaného digestátu zvýší jinak nízkou hodnotu pH rašeliny, čímž vznikne prostředí s takovou hodnotou pH, které umožní příjem nezbytných živin rostlinou. Přidáváním neseparovaného digestátu do rašeliny skutečně došlo k růstu hodnoty pH. Nejnížší hodnota (3,8) patřila samostatné rašelině, nejvyšší (5,9) pak rašelině s 10% podílem ND a 15 g/l VD. Kromě digestátu ovlivnilo pH substrátu i přidání vápenitého dolomitu. Ten by měl na rozdíl od digestátu zvyšovat pH substrátu v dlouhodobějším časovém horizontu.

Hodnotu pH ovlivňuje složení vstupního substrátu. MÖLLER and MÜLLER (2012) uvádějí, že hodnota pH digestátu se pohybuje v rozmezí 7,3 - 9. V případě digestátu z bioplynové stanice z Krásné Hory nad Vltavou jsme naměřili hodnotu pH 7,7.

V práci RIGBY and SMITH (2011) byly mimo jiné zkoumány vlastnosti digestátu bioplynových stanic, kde hlavní složku tvořily exkrementy hospodářských zvířat. Takový digestát by měl mít podobné vlastnosti jako vzorek pocházející z bioplynové stanice Krásná Hora nad Vltavou. Hodnoty pH uváděné RIGBY and SMITH (2011) se pohybují v intervalu 7,6 až 8,8, což rovněž souhlasí s naším vzorkem (7,7).

Řada autorů uvádí, že amonný iont způsobuje zvýšení pH substrátu např. VANĚK et al. (2012). Po aplikaci amonného iontu do substrátu dochází za příhodných podmínek k jeho nitrifikaci na nitrátový aniont. Ten naopak způsobuje okyselení substrátu. Na základě uvedených faktů lze tedy předpokládat, že dodáním digestátu obsahujícího značné množství

amonného iontu do substrátu způsobí zvýšení jeho hodnoty pH. To se v našich pokusech potvrdilo.

V průběhu pokusu došlo k mineralizaci amonného N z digestátu a tím se hodnota pH postupně snižovala. Tento fakt se v našich pokusech potvrdil u variant 3-5. Je tedy zřejmé, že substráty s přidavkem samotného digestátu by vykazovaly z hlediska pH značně nestabilní vlastnosti a je třeba jejich stabilizace pro možnost dlouhodobějšího pěstování rostlin. Proto byl za tímto účelem do substrátu přidán i vápnitý dolomit, který např. podle VAŇKA et al. (2007) pH dlouhodobě zvyšuje.

VANĚK et al. (2012) dále uvádí, že optimální příjem živin pro rašelinu a materiály s vyšším obsahem organických látek nastává při hodnotě pH kolem 5,8. Této hodnotě pH přibližně odpovídá směs rašeliny, 10 % ND a 10 nebo 15 g/l VD.

Procento sušiny tvoří 3,5 až 9,3 % hmoty digestátu, průměrná hodnota je 4,9 % (RIGBY and SMITH, 2011). Sušina v našem případě tvořila 5,3 % hmoty digestátu.

Tento předpoklad se v roce 2014 při pokusech potvrdil. Při pokusu s bazalkou váha nadzemní části rostliny rostoucí v rašelině s 10 % ND, oproti variantě s 5 % ND rostla. S vyšším přidavkem digestátu v předešlých pokusech se však již projevil jiné negativní vlastnosti digestátu, jako např. příliš vysoký obsah amonného iontu v substrátech Siváková (2013)

ALBURQUERQUE et al. (2012) zkoumali možnost použití digestátu jako hnojiva. Část jimi zkoumaného digestátu pocházela z bioplynových stanic, kde převážnou část vstupního substrátu tvořila dobytčí kejda, což se podobá materiálům, které zpracovává bioplynová stanice v Krasné Hoře nad Vltavou. Podíl sušiny v digestátu byl 3,1 %, což se shoduje s námi naměřenými hodnotami. Množství NH_4^+ v čerstvé hmotě digestátu byl 0,9 g/l, což přibližně odpovídá koncentraci 29 000 mg/l sušiny. Množství NH_4^+ z digestátu z Krásné Hory bylo přibližně 30 000 mg/kg, a protože objemová hmotnost tohoto digestátu byla 980 g/l, můžeme prohlásit, že koncentrace amonného dusíku je přibližně na stejné úrovni. Ve stejné práci byl zkoumán i digestát pocházející z prasečí kejdy. Podíl sušiny v tomto případě byl 2,9 % a množství amonného dusíku 28000 mg/l v čerstvé hmotě, což odpovídá přibližně 96 000 mg/l v sušině.

Podobný pokus provedli TAMBONE et al. (2010). Autoři zde porovnávali vlastnosti vstupních materiálů, například kombinaci prasečí kejdy a tříděného komunálního odpadu, a digestátů, které vznikly z těchto substrátů. Digestát, který by se svými vlastnostmi mohl nejvíce blížit digestátu z Krásné Hory, pocházel z bioplynové stanice, která zpracovávala

prasečí a dobytčí kejdu, dále pak zbytky ze zpracování mléka, travní siláž a zbytky po pěstování rýže, to vše v poměru 48:14:24:10:4. Sušina tohoto digestátu byla 3,8 %.

Množství amonného a nitrátového dusíku v substrátu souvisí s množstvím dusíku v rostlině. Čím více bylo amonného a nitrátového dusíku v substrátu, tím více dusíku bylo naměřeno v rostlině, což dokazuje např. práce ČUSTIČ, M., et al. (2003). Množství dusíku v bazalce rostoucí v rašelině s 10 % ND a 15% VD bylo 4,7 %.

Závěrem tedy lze říci, že naše výsledky nejsou v rozporu s výsledky obdobných pokusů, kde byly zkoumány vlastnosti digestátu a jejich vliv na rostliny. Aby byly rozdíly v jednotlivých naměřených hodnotách spolehlivě vysvětleny, bylo by nutné znát bližší údaje o zmíněných experimentech, například podrobnější popis vstupních materiálů do bioplynových stanic nebo o použitých metodách pro stanovení množství živin v digestátu.

8 Závěr

V současné době, kdy si člověk stále více uvědomuje problematiku životního prostředí, je využití jakéhokoli odpadu takřka nutností. Proto je využití odpadu z bioplynových stanic velkým přínosem a úlevou pro životní prostředí už tak zatíženém odpady.

Počet bioplynových stanic v ČR i v zahraničí roste, a s tím se navyšuje produkce odpadu z těchto bioplynových stanic - digestátů.

V našich pokusech byl využit digestát ze zemědělské bioplynové stanice ve směsi s rašelinou a vápnitým dolomitem. Cílem bylo najít vhodnou kombinaci těchto tří komponent pro pěstování bazalky.

Za tímto účelem byl porovnáván běžně používaný pěstební substrát se substráty vzniklými přidáním 5, 5, 10, 10 % neseparovaného digestátu a 10, 15, 10, 15 % dolomitického vápence do rašeliny.

Jako testovací rostlina byla v roce 2014 využita bazalka. Kromě stanovení obsahu přístupného N, P, K, S, Ca a Mg ve vstupních substrátech a v substrátech po sklizni metodou CAT byly rovněž stanoveny celkové obsahy uvedených makroprvků v nadzemní hmotě rostlin, hodnota pH substrátů a další základní charakteristiky jako např. sušina rostlin.

Výsledky této práce lze v závěrečné části stručně charakterizovat následujícími poznatky:

- Objemová hmotnost substrátů byla u všech variant po sklizni vyšší.
- U všech testovaných variant nebylo dosaženo výrazných změn hodnot pH před a po sklizni pokusu díky přidání dolomitického vápence. Hodnota pH u jednotlivých variant po sklizni vždy mírně klesla, a to v průměru o 0,28.
- Vodivost substrátů po sklizni u všech testovaných variant mírně klesla, v průměru o 0,21 mS/cm, přičemž u kontroly byla průkazně vyšší než u testovaných substrátů před i po sklizni.
- Obsah amonného N po sklizni klesal s výjimkou varianty 5., a v případě nitratového N obsah ve všech případech mírně vzrostl.
- Obsahy P, K, S se po pěstování snížily pravděpodobně zejména odběrem rostlinami
- Obsah přístupného hořčíku po sklizni u kontrolního substrátu klesl, zatímco u testovaných variant vzrostl.
- V případě Ca obsah v substrátech s výjimkou varianty 2 klesal.

- Z hlediska hmotnosti nadzemní hmoty bazalky bylo statisticky průkazně nejlepších výsledků dosaženo u kontrolního substrátu (45 g) a rašeliny s 10% podílem digestátu a 15 g/l dolomitického vápence (31,6 g).
- Podíl sušiny úzce korespondoval s podílem čerstvé nadzemní hmoty.
- Rozdíly v celkovém obsahu makroprvků v nadzemní hmotě rostlin byly statisticky neprůkazné. V případě Ca, Mg a P bylo ve srovnání s kontrolní variantou naměřeno nižší množství a v případě N a K vyšší.
- Z výsledků experimentu nebylo možné jednoznačně určit, který substrát je nejvhodnější, ovšem varianty s vyšším podílem neseparovaného digestátu (10 %) se ve většině případů jeví lepší než varianty s 5 % podílem.

- Závěrem lze konstatovat, že přidavkem neseparovaného digestátu a dolomitického vápence do čisté rašeliny, lze vytvořit vhodný pěstební substrát, přičemž nejlepších výsledků bylo ve většině případů dosaženo u variant s 10 % neseparovaného digestátu.

9 Literatura

ALBURQUERQUE, J. A., DE LA FUENTE, C. and BERNAL, M. P. 2011. Chemical properties of anaerobic digestate affecting C and N dynamics amended soil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 160. s., 15 – 22. ISSN 01678809

ALBURQUERQUE, J.A., FUENTE, C., BERNAL, M.P. 2012. Chemical properties of anaerobic digestates affecting C and N dynamics in amended soils *Agriculture. Ecosystems and Environment*, 160: 15-22

ALBURQUERQUE, J.A., FUENTE, C., FERRER-COSTA, A., CARRASCO, L., CEGARRA, J., ABAD, M., BERNAL, P. 2012. Assessment of the fertiliser potential of digestates from farm and agroindustrial residues. *Biomass and Bioenergy* 40: 181-189

ALTMANN, V., VACULÍK, P., MIMRA, M. 2010. *Technika pro zpracování komunálního odpadu*, Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 120 s., ISBN 978-80-213-2022-2.

AUTERSKÁ, P.: Problematika zápachu na bioplynových stanicích, *Biom.cz* [online]. 2010-07-26 [cit. 2012-11-13]. Dostupné z WWW:<<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/problematika-zapachu-na-bioplynovych-stanicich>> , 2010, ISSN: 1801-2655.

BAČÍK, O. Bioplynové stanice: technologie celonárodního významu. *Biom.cz* [online]. 2008- 01-14 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplynove-stanice-technologie-celonarodniho-vyznamu>>

BILÍK, J., BLÁHA, A., BUREŠ, J., DLOUHÝ, T. et al. 2010. *Odpad je nevyčerpatelný zdroj energie*, Odpadové fórum, Praha, 20 s., ISBN 978-80-85990-15-7.

BIOM. 2013. CZ Biom - České sdružení pro biomasu. www.biom.cz. [Online] 2013. [Citace: 21. 2 2013.] <http://biom.cz/cz/zpravy-z-tisku/bps-krasna-hora>.

BUSTAMANTE, M. A., ALBURQUERQUE, J. A., RESTREPO, A. P., DE LA FUENTE, C., PAREDES, C. et al. 2012. Co-composting of the solid fraction of anaerobic digestates, to obtain added-value materials for use in agriculture. *Biomass and Bioenergy*. Volume 43, August 2012, www.sciencedirect.com, stránky 26-35.

ĆUSTIĆ, M., POLJAK, M., ČOGA, L., ĆOSIĆ, T., TOTH, N., & PECINA, M. 2003. The influence of organic and mineral fertilization on nutrient status, nitrate accumulation, and yield of head chicory. *Plant, Soil and Environment*, 49, 218-222.

HOLEČKOVÁ, Z. 2012. Využití neseparovaného digestátu jako součásti pěstebních substrátů, Diplomová práce, Česká zemědělská univerzita v Praze, 76 s.

JOHANSEN, A., METTE, S. CARTER, M.S., JENSEN, E.S., HAUGGARD-NIELSEN, H., AMBUS P. 2013. Effects of digestate from anaerobically digested cattle slurry and plant materials on soil microbial community and emission of CO₂ and N₂O. *Applied Soil Ecology* 63: 36-44.

KÁRA, J.; HUTLA, P.; PASTOREK, Z. 2008. Využití organických odpadů ze zemědělské výroby a venkovských sídel, VÚZT Praha - Ruzyně, 109 s., ISBN 978-80-86884-40-0.

KÁRA, J., PASTOREK, Z., PŘIBYL, E., HANZLÍKOVÁ, I., ANDERT, D. et al. 2007. Výroba a využití bioplynu v zemědělství, VÚZT Praha – Ruzyně, 117 s., ISBN 978- 80-86884-28-8.

KOLÁŘ, L.; VANĚK, V; KUŽEL, S. 2010. Využití odpadu z bioplynových stanic. Racionální použití hnojiv – sborník z konference. ISBN 9788021320062

KRATOCHVÍLOVÁ, Z., HABART, J., SLADKÝ, V., JELÍNEK, F., ROSENBERG, T. et al. 2009. Průvodce výrobou a využitím bioplynu, CZ Biom – Praha, 157 s., ISBN 978-80-903777-5-2.

KUŽEL, S., KOLÁŘ, L., PETERKA, J., HŘEBEČKOVÁ, J. 2010. Jak efektivně využít digestát? JČU České Budějovice, čsp. Energie 21. Dostupné z WWW:

<<http://www.energie21.cz/archiv-novinek/Jak-efektivne-vyuzitdigestat303x46878.html>>.

LUSCOMBE, P.C., SYERS J.K., GREGG, P.E.H., 1979. Water extraction as a soil testing procedure for phosphate. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 10, 1361-1369.

MAKÁDI, M., TOMÓCSIK, A., OROSZ, V. 2012. Digestate: A New Nutrient Source – Review. In: KUMAR S. (ed.). *Biogas. InTech*. s. 295 – 310. ISBN 9789535102045.

MARADA, P., VEČEŘOVÁ, V., KAMARÁD, L., DUNDÁLKOVÁ, P., MAREČEK, J. 2008. Příručka pro nakládání s digestátem a fugátem, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Institut celoživotního vzdělávání ve spolupráci s Ústavem zemědělské, potravinářské a environmentální techniky - Brno, 30 s.

MARTANOVÁ, I. 2010. Bioplynové technologie, Bakalářská práce, VUT v Brně, 51 s.

MATĚJKA, J., CIAHOTNÝ, K., KAJAN, M., DOHÁNYOS, J., KAMARÁD, L.: et al. 2010. Strategická výzkumná agenda v oboru bioplyn, Česká bioplynová asociace - České Budějovice, 118 s.

MOTLÍK, J.; VÁŇA, J. 2013. Biomasa pro energii, *Biom.cz* [online]. 2002-02-01 [cit. 2013- 01-24]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-pro-energii-1-zdroje>> . ISSN: 1801-2655.

MUŽÍK, O.; KÁRA, J. 2013. Možnosti výroby a využití bioplynu v ČR. *Biom.cz* [online]. 2009-03-04 [cit. 2013-01-23]. Dostupné z WWW:<<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznost-vyroby-a-vyuziti-bioplynu-v-cr>> . ISSN: 1801-2655.

PASTOREK, Z., KÁRA, J. a JEVIČ, P. 2004. *Biomasa obnovitelný zdroj energie*. Praha : Vydavatelství FCC PUBLIC s.r.o., ISBN 80-86534-06-5.

RIGBY, H.; SMITH, S. 2011. *New Markets for Digestate from Anaerobic Digestion*, Department of Civil and Environmental Engineering, Imperial College London, 53 p.

SCHIEVANO, A., ADANI, F., TAMBONE, F., D'IMPORZANO, G., SCAGLIA, B., GENEVINI, P.L. 2009. What is the Digestate?, Regione Lombardia Publisher, Milano Italy, p. 7-18 .

SIVÁKOVÁ, K. 2013. Využití neseparovaného digestátu jako zdroje přístupných makroprvků stanovitelných výluhem CAT, Bakalářská práce, ČZU v Praze, 39 s.

STRAKA, F.; DOHÁNYOS M. 2006. Bioplyn, GAS s.r.o., Praha, 706 s., ISBN 80-7328-090-6.

ŠKORVAN, O., HOLBA, M., PLOTĚNÝ, K. 2013. Suchou, nebo mokrou fermentaci? ASIO, spol. s.r.o., "Energie z odpadních vod a odpadů", [online]. 2011-11-15 [cit. 2013-01-24]. Dostupné z WWW:<<http://odpady.ihned.cz/c1-54680800-suchou-nebo-mokroufermentaci>>.

TAMBONE, F., SCAGLIA, B., D'IMPORZANO, G., SCHIEVANO, A., ORZI, V., SALATI, S., ADANI, F., 2010: Assessing amendment and fertilizing properties of digestates from anaerobic digestion through a comparative study with digested sludge and compost. Chemosphere, 81: 577-583

VANĚK, V., BALÍK, J., ČERNÝ, J., PAVLÍK, M., PAVLÍKOVÁ, D. et al. 2012. Výživa zahradních plodin. Praha : Academia, str. 572. ISBN 978-80-200-2147-2.

VANĚK, V., BALÍK, J., PAVLÍKOVÁ, D., TLUSTOŠ, P. 2007. Výživa polních a zahradních plodin. Praha : Profi Press, 2007. str. 167. ISBN 976-80-86726-25-0

VANĚK, V., BALÍK, J., PAVLÍKOVÁ, D., TLUSTOŠ, P. 2014. Racionální využití hnojiv, Sborník z konference konané na ČZU v Praze dne 27.11.2014. ISBN 9788021325111

VEČEŘOVÁ, V. 2013. Zásady a pravidla registrace hnojiv podle Zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech, ve znění pozdějších předpisů (novela č. 9/2009 Sb.) – zaměřeno na digestát. Biom.cz [online]. 2009-03-18 [cit. 2013-03-02]. Dostupné z WWW:<<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zasady-a-pravidla-registrace-hnojiv-podle>>

zakona-c-156-1998-sb-o-hnojivech-ve-zneni-pozdejsich-predpisu-novela-c-9-2009-sb-
zamereno-digestat> 2009, ISSN: 1801-2655.

Příloha: Fotodokumentace pokusu

Obrázek 1: *Ocimum basilicum* – foto ze dne 1.7.2014, 1. Pěstební substrát Primaflora, 2. Rašelina + 5 % ND + 10 mg/kg VD, 3. Rašelina + 5 % ND + 15 mg/kg VD, 4. Rašelina + 10 % ND + 10 mg/kg VD, 5. Rašelina + 10 % ND + 15 mg/kg VD

