

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin



Digestát jako zdroj makroprvků pro různé druhy rostlin

Diplomová práce

Autor práce: Pavel Janata

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

© 2017 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Digestát jako zdroj makroprvků pro různé druhy rostlin" 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 bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 13. 4. 2017

Poděkování

Rád bych touto cestou věnoval poděkování panu Ing. Martin Kulhánkovi, Ph.D. vedoucímu mé diplomové práce, za odborné vedení, cenné rady a připomínky, které mi pomohly zpracovat tuto diplomovou práci.

Digestát jako zdroj makroprvků pro různé druhy rostlin

Souhrn

Cílem práce bylo souhrnně zhodnotit pokusy s gazániami, bazalkou a mátou probíhajícími od roku 2011 do roku 2015 se zaměřením na změny obsahů makroprvků v substrátu s přidaným neseparovaným digestátem a v nadzemní hmotě pěstovaných rostlin.

Hlavní zaměření je na vyhodnocení změn obsahu přístupných forem makro a mikroprvků po aplikaci neseparovaného digestátu do rašeliny a změn obsahu těchto živin v nadzemní hmotě pěstovaných rostlin. Pokusy byly prováděny s Bazalkou pravou (*Ocimum basilicum*, L.), Gazánií zářivou (*Gazania rigens*, L.) a Mátou Peprnou (*Mentha piperita*, L.). Jako kontrolní substráty byly využity vždy běžně dostupné pěstební substráty. Výsledky dosažené u těchto substrátů pak byly porovnávány s hodnotami získanými u směsí z rašeliny s různým podílem neseparovaného digestátu, popř. i dolomitického vápence.

Výsledné hodnoty u substrátů odebraných před sklizní rostlin ukazují, že po aplikaci digestátu do rašeliny došlo v porovnání s kontrolními substráty ke snížení obsahu sušiny. U sledovaných prvků došlo vlivem stoupajícího přídatku digestátu zpravidla ke snížení obsahu síry, vápníku a nitratového dusíku. Naopak k výraznému zvýšení obsahu došlo zpravidla u draslíku a fosforu. Ve srovnání s kontrolními běžnými substráty byly v substrátech s přídatkem digestátu ve většině případů zaznamenány nižší obsahy přístupného hořčíku i amonného dusíku, a to i u variant, kde byly dodány vyšší dávky dolomitického vápence.

Výnos zelené hmoty a sušiny rostlin byl u variant s přídatkem digestátu, popř. i dolomitického vápence, zpravidla na stejné úrovni jako v případě kontrolních substrátů. Při sledování jednotlivých prvků v nadzemní hmotě rostlin došlo se stoupající dávkou digestátu ke snížení obsahu hořčíku a vápníku. Ke zvýšení obsahů došlo naopak u dusíku, fosforu a draslíku. V případě síry byly výsledky u variant s digestátem a kontrolními substráty zpravidla srovnatelné.

Výsledky pokusů ukazují, že přídatek digestátu do rašeliny je vhodnou náhradou pěstebnímu substrátu. Jako nejvhodnější se jevíly následující varianty – rok 2011 – 15 % digestátu, 2012 – 25 % digestátu a 15 % digestátu, 2013 – 10 % digestátu a 6 g dolomitu, 2014 – 10 % digestátu a 15 g dolomitu, 2015 – 10 % digestátu a 15 g dolomitu, kde byly dosaženy nejpodobnější hodnoty jako u kontrolních substrátů.

Klíčová slova: Makroprvky, neseparovaný digestát, pěstební substráty, rostliny

Digestate like a source of macroelements for different plant species

Summary

The aim of the thesis was to evaluate the trials with treasure-flower, basil and mint, that were conducting since 2011 to 2015 for changing contents of macroelements in a substrate with added unseparated digestate, in aboveground biomass of cultivated plants.

The main purpose was to evaluate changes of content macro and micro elements after the application of unseparated digestate to peat and content changes of these nutrients in aboveground biomass of cultivated plants. The trials were accomplished with basil (*Ocimum basilicum*, L.), treasure-flower (*Gazania rigens*, L.) and mint (*Mentha piperita*, L.) Available growing substrates were used as controls. The achieved results of these substrates were compared with achieved degrees of mixture of peat with different rate of unseparated digestate, eventually of dolomitic limestone.

The final degrees of substrates that were taken by the harvest show that after the application of digestate to peat was less of dry matter in comparison with the control substrates. The amount of sulfur, calcium and nitrate nitrogen was cut down due to encore of digestate in monitored elements. On the contrary, the content of potassium and phosphorus was strongly raised. In comparison with the control, commonly used substrate, were the contents of bioavailable magnesium and ammonium nitrogen lower, including the options with higher amounts of dolomitic limestone.

The yield of fresh biomass and dry matter of treatments with added digestate, eventually dolomitic limestone, was on the same level as in case of control substrate. In observation of individual elements in aboveground biomass the amount of magnesium and calcium decreased with rising amount of digestate. On the contrary the amount of nitrogen, phosphorus and potassium was higher. In the case of sulfur were the results in treatments with digestate and control substrate usually comparable.

The trial results show that the encore of digestate to peat is a suitable substitute for a grow substrate. The most promising results were obtained at following treatments – year 2011 – 15 % digestate, 2012 – 25 % digestate and 15 % digestate, 2013 – 10 % digestate a 6 g dolomite, 2014 – 10 % digestate and 15 g dolomite, 2015 – 10 % digestate and 15 g dolomite, where were reached the most similar values to the control substrate.

Keywords: Macroelements, unseparated digestate, growing substrate, plants

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce.....	2
3	Hypotéza	3
4	Literární rešerše	4
4.1	Význam a současnost bioplynových stanic.....	4
4.2	Bioplynové stanice	5
4.2.1	Technologické celky bioplynových stanic.....	5
4.3	Bioplyn.....	8
4.3.1	Vznik bioplynu	8
4.3.2	Výroba a kvalita bioplynu.....	10
4.3.3	Využití bioplynu	12
4.3.4	Vstupní substráty do bioplynových stanic	12
4.4	Digestát	13
4.4.1	Zásady hnojení digestátem.....	17
4.5	Pěstební substráty.....	17
5	Materiál a metody	22
5.1	Charakteristika metodiky	22
6	Výsledky	30
6.1	Výsledky pokusů 2011.....	30
6.2	Výsledky pokusů 2012.....	34
6.3	Výsledky pokusů 2013.....	41
6.4	Výsledky pokusů 2014.....	47
6.5	Výsledky pokusů 2015.....	50
7	Diskuze	53
8	Závěr	57

9	Seznam použité literatury	59
---	---------------------------------	----

1 Úvod

Využití digestátu je v posledních letech velmi aktuální téma. Ministerstvo zemědělství koncem roku 2011 spustilo státní podporu bioplynových stanic, a tím se jejich počet v ČR značně zvýšil. Před rokem 2011 u nás bylo přibližně 150 bioplynových stanic, po spuštění státní podpory jejich počet rychle vzrostl až na dnešních 560. Aktuálně se státní podpora vztahuje pouze na malé bioplynové stanice o celkovém výkonu do 550 kW s přidruženou živočišnou výrobou. Hnojení digestátem se proto již několik let dostává do popředí zájmu. Do budoucna se počet bioplynových stanic bude pravděpodobně zvyšovat z důvodu vydání směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2009/28/ES ze dne 23. dubna 2009 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů. Pro Evropskou unii z této směrnice vyplývá cíl v roce 2020 dosáhnout 20% podílu energie z obnovitelných zdrojů. Pro Českou republiku byl Evropskou Komisí stanoven minimálně 13% podíl energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie. V roce 2005 zaujímala energie vyrobená z obnovitelných zdrojů pouhé 3,5 %. V roce 2015 byl podíl 10 %. Tento vysoký nárůst během pěti let byl zapříčiněn především rozporuplnými dotacemi na solární elektrárny a poté státními podporami na výstavbu bioplynových stanic.

V současné době v České republice energetické využití biomasy zaujímá v rámci všech obnovitelných zdrojů 85% podíl. V Evropské unii tento podíl zaujímá pouze 70 %. V České republice nejsou tak dobré podmínky pro využití ostatních zdrojů obnovitelné energie jako v ostatních zemích Evropské unie.

Hnojení digestátem je třeba dostat do podvědomí českých zemědělců, jako alternativu k minerálním hnojivům, podmíněnou aplikací na zemědělskou půdu dle správných agrotechnických zásad. Digestát dosahuje požadovaného účinku z pohledu harmonické výživy polních plodin a je zdrojem živin, které při neustále se zlepšující technologické kázni může napomoci produkční účinnosti půd v podmínkách setrvalého zemědělství. Aplikace digestátu tak může mít při aplikaci v pevné nebo kapalné formě za následek významné zlepšení množství a kvality potravin prostřednictvím přívodu živin v dostupné formě pro rostliny.

Digestát má i alternativní možnosti využití, jako je například příměs do pěstebních substrátů, nebo jako surovina pro výrobu kompostů, popřípadě jako rekultivační materiál. Způsob nakládání s digestátem je různý v závislosti na konkrétních podmínkách a je zapotřebí jej důsledně řešit ještě před realizací projektu bioplynové stanice. Mimo vegetační období platí omezení pro aplikace digestátu na půdu, proto je nutné vyřešit jeho skladování.

2 Cíl práce

Cílem práce je souhrnně zhodnotit pokusy s gazániemi, bazalkou a mátou probíhajícími od roku 2011, se zaměřením na změny obsahů makroprvků v substrátu s přidáním neseparovaným digestátem.

3 Hypotéza

Předpokládá se, že digestát jako součást substrátu dočasně zvýší jeho pH a zároveň obsah přístupných forem živin, zejména amonného dusíku a draslíku. Dalším předpokladem je, že různé druhy pěstovaných rostlin mohou výrazně ovlivnit změny obsahu sledovaných živin.

4 Literární rešerše

4.1 Význam a současnost bioplynových stanic

Podle Smatanové (2012) význam bioplynových stanic spočívá především ve stabilním zdroji obnovitelné energie, v zachování vstupních živin oproti spalování biomasy, ve využívání lokálních zdrojů k produkci energie a k omezení závislosti na dodávkách energie ze zahraničí. Další význam BPS je (Tenza, 2016):

- výroba energie pro vlastní spotřebu podniku a dodávky do elektrické sítě,
- výroba tepla pro vytápění technologie a budov,
- zamezení přirozeného úniku plynů zejména ze skladovaných organických hnojiv,
- mobilizace živin v substrátu pro jejich lepší přijatelnost rostlinami,
- omezení klíčivosti semen plevelů a činnosti nežádoucích mikroorganismů,
- klimaticky neutrální výroba energie podporovaná MŽP,
- zamezení přirozenému úniku metanu jako skleníkového plynu a dusíkatých látek.

Energetické využití biomasy v současné době zaujímá v rámci všech obnovitelných zdrojů 75% podíl. V popředí zájmu je energetické využití vedlejších produktů, jako je sláma obilovin a řepky a biologicky rozložitelné odpady. V podstatě všechny pěstované plodiny v ČR lze ve vhodných směsích použít na energetické účely, otázkou je jejich dostupnost a rentabilita pěstování (Kintl a kol., 2016).

Výhled pro rok 2020 značí, že v ČR budou bioplynové stanice (BPS) dodávat cca 3 000 MW jednoduše regulovatelného a vysoce spolehlivého elektrického výkonu s celkovou roční výrobou elektřiny cca 16 TWh za rok (Smatanová, 2012).

V dlouhodobém vývoji se ve světě počítá se zvýšením podílu z obnovitelných zdrojů. V EU do roku 2020 má být 20 % spotřeby elektrické energie a tepla pokryto z obnovitelných zdrojů a 10 % se má využít v dopravě. Také se počítá s 12% snížením emisí oxidu uhličitého (Honsová, 2013).

Podle Smatanové (2012) je několik pozitiv BPS, např.:

- zdroj pro výrobu teple a elektrické energie,
- snížení závislosti na fosilních palivech,
- pomáhá při řešení otázky klimatických změn,
- přispívá k rozvoji venkova,
- tvorba pracovních míst.
- snižuje skladování BRO (biologicky rozložitelného odpadu) a zvyšuje jejich recyklaci

- jsou alternativou spalovněm – produkují energii přímo z biomasy obsažené v odpadu

4.2 Bioplynové stanice

V ČR je aktuálně 554 bioplynových stanic (czba, 2016). Největší počet bioplynových stanic je v Německu, dle údajů by zde měla být pokryta spotřeba v roce 2030 téměř 17,5 % z obnovitelných zdrojů v roce 2030 (Honsová, 2013).

BPS zpracovává biologicky rozložitelné odpady, což jsou zbytky potravin, kejda, hnůj, senáž, siláž, nebo cíleně pěstované plodiny. Organická hmota je v nich zpracována bez přístupu vzduchu v uzavřených reaktorech. Výstupem z bioplynové stanice je elektrická energie, teplo a odpadní látky z biomasy (Smatanová, 2012).

Bioplynové stanice se rozdělují dle vstupních surovin na zemědělské, komunální a průmyslové. Zemědělské bioplynové stanice zpracovávají především kejdu hospodářských zvířat společně s produkty rostlinné výroby. Tento typ má v ČR nejvyšší potenciál na výrobu bioplynu, což je pro farmáře podnikatelskou příležitostí, která jim zajistí stálý odběr surovin. Vyfermentovaný substrát je současně velice kvalitním hnojivem, který je možno přímo aplikovat zpět na pole. Zemědělské bioplynové stanice jsou nejběžnější vzhledem k pořizovací ceně, která je nižší než u průmyslových a komunálních bioplynových stanic (Kučera a Bednář, 2014).

Komunální bioplynové stanice jsou alternativou pro zpracování komunálních bioodpadů, kalů z čistíren z odpadních vod, zbytky jídel, prošlých potravin apod. Před vlastní fermentací je potřeba substrát hygienizovat pro splnění nařízení Evropské komise ES 1774/2002 novelizovanou ES 208/2006. Zařízení na hygienizaci je součástí technologie. Vyfermentovaný substrát podle složení je možno aplikovat jako hnojivo pro veřejnou zeleň a zemědělskou půdu i jako inertní materiál pro rekultivace skládek apod.

Průmyslové bioplynové stanice slouží pro ekologické zpracování a zneškodnění odpadů III. kategorie jako jsou odpady z jatek a živočišné výroby, organické odpady z potravinářského průmyslu apod. Součástí technologie je hygienizace vstupních surovin pro splnění nařízení Evropské komise ES 1774/2002. Podle složení vyfermentovaného materiálu je možná aplikace jako hnojiva, případně odvodnění a skládkování či spalování. (Tenza, 2016).

4.2.1 Technologické celky bioplynových stanic

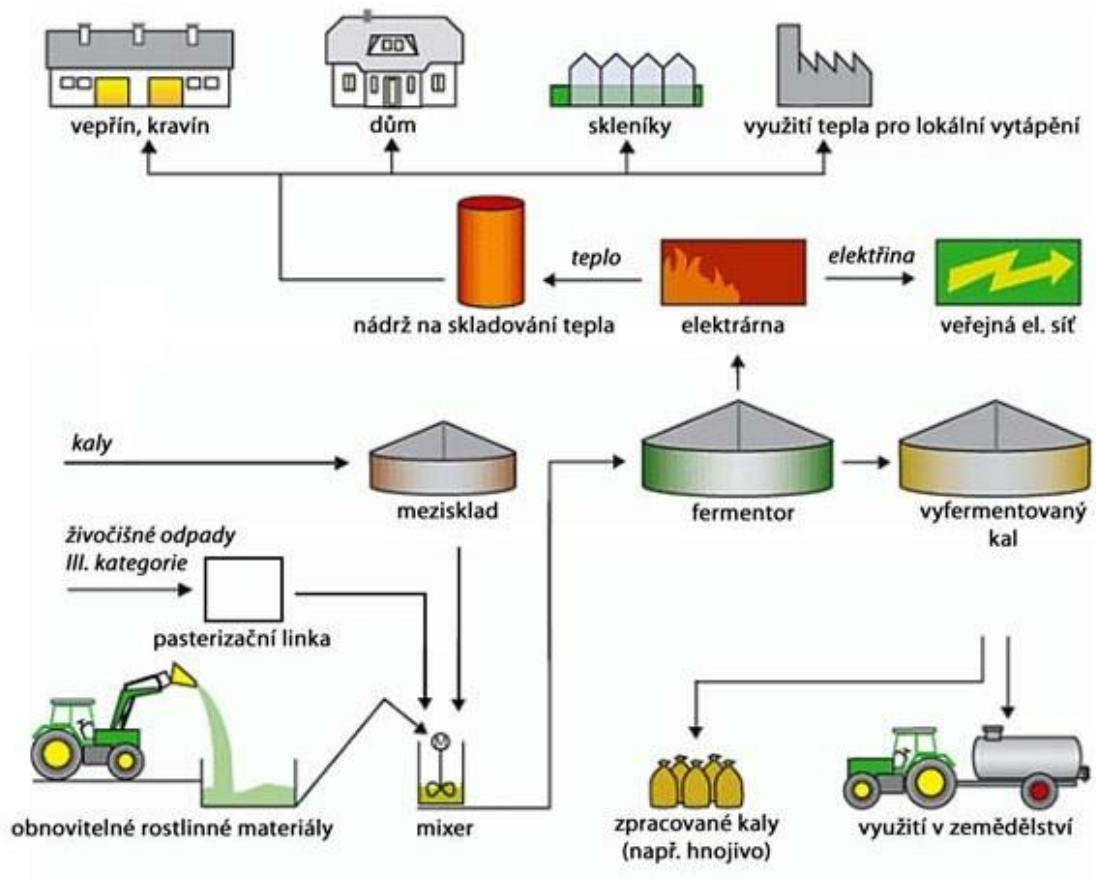
Technologické celky bioplynové stanice se svým uspořádáním odlišují podle toho, zda jsou učeny ke zpracování tekutého (čerpatelného) nebo tuhého (vysokosušivého) materiálu.

Mokrý fermentace – limit je dán čerpatelností materiálu, což je obvykle do 12 % sušiny. Vřetenová čerpadla přepraví až 16 % sušiny. Optimální hodnota sušiny čerpaného materiálu je v rozmezí 8 – 12 % sušiny. Materiál je nutné dokonale homogenizovat. Provozní teplota fermentoru bývá v rozmezí mezofilních teplot 30 – 45 °C. Doba držení materiálu v reaktoru (retenční doba) závisí na materiálu a procesu. Pohybuje se od deseti až do devadesáti dnů. Dávkování materiálu se provádí kontinuálně, semikontinuálně nebo dávkově. Denní dávku lze dopravit 1x až 6x denně. Řízení dávkování je velmi důležité.

Suchá fermentace – materiál s obsahem sušiny 20 – 40 %. Z počátku přerůstá tvorba oxidu uhličitého nad metanem. Tento poměr se v průběhu času mění. Doba fermentace trvá obvykle deset až šedesát dnů (Benda, 2012).

Schéma bioplynové stanice

Na obr. 1 je znázorněno schéma BPS. Vstupní materiály se do BPS přepravují přes krmný systém, který je tvořen meziskladem a mixerem. Mezisklad je podzemní jímka, která je vybavena vytápěním, krmným čerpadlem a vrtulovými míchadly, které zabezpečují homogenizaci vstupních materiálů (Tenza, 2016). Dochází zde také k inokulaci a počáteční fázi fermentačního procesu – hydrolýze (Benda, 2012). Tento materiál se převádí do fermentoru, ve kterém dochází k anaerobnímu procesu vyhnívání (Tenza, 2016). Existují dva druhy fermentorů, na mokrou a suchou fermentaci (Benda, 2012). Uskladňovací nádrž slouží ke skladování vyfermentovaného substrátu. Bioplyn vytvořený při fermentaci je shromažďován v horní části fermentoru, která může současně sloužit jako plynojem (Tenza, 2016). Bioplyn je v BPS skladován a upravován sušením a čištěním až do formy biomethanu, který je možno použít jako palivo do plynových motorů v kogeneračních jednotkách nebo v mobilních energetických prostředcích.



Obr. 1: Schéma bioplynové stanice (Tenza, 2016)

Ke skladování a úpravě bioplynu slouží vyrovnávací plynojemy, které vyrovnávají disproporce mezi výrobou a spotřebou bioplynu. Z pravidla nepřesahují jednodenní produkci. Stanice mohou pracovat i bez vyrovnávacího plynojemu, musí mít však k dispozici více malých spotřebičů, které jsou zapínány postupně. Nevyužitý bioplyn je spalován z bezpečnostních důvodů flérou (hořák na bioplyn). Pokud toto spalování přesáhne 30 % je to neefektivní. Úprava bioplynu zahrnuje sušení bioplynu, odstraňování oxidu uhličitého, odstraňování sulfanu (mikroaerace, s využitím oxidu železa) a odstranění dalších příměsí (Benda, 2012).

Kogenerační jednotka (elektrárna) slouží pro zpracování vyprodukovaného bioplynu a jeho přeměně na teplo a elektrickou energii (Tenza, 2016). Výstupem z kalové koncovky se tvoří digestát (fermentovaný materiál). Dochází k rozkladu 30 – 70 % hmotnosti organické hmoty. U větších BPS se digestát separuje na tuhý podíl, ve kterém zůstává větší část sušiny a menší podíl živin. K separaci slouží separátory různého typu (Benda, 2012).

4.3 Bioplyn

V reaktoru v BPS dochází k postupnému rozkladu vstupující organické hmoty a následně k resyntéze nových látek při složitém komplexu biochemických reakcí. Reakce jsou ovlivněny skupinou mikroorganismů, souhrnně označovaných jako metanové bakterie, jejichž konečným produktem je bioplyn. V procesu hydrolýzy se pomocí hydrolytických enzymů rozkládají polymery jako proteiny, cukry, lipidy atd. (Kintl a kol., 2016).

4.3.1 Vznik bioplynu

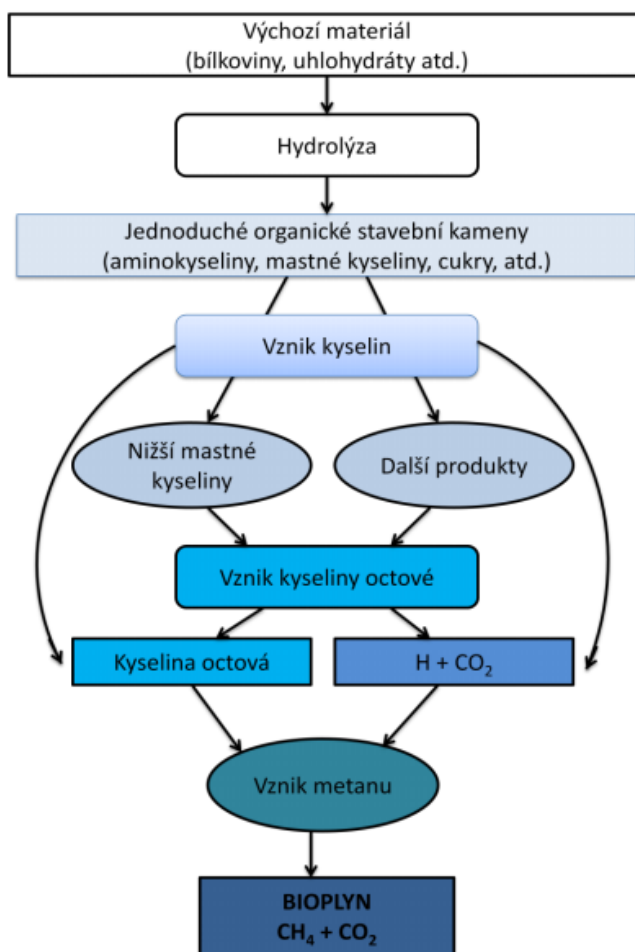
V praxi se označuje bioplyn jako směs plynů s vysokým obsahem metanu a oxidu uhličitého, který vzniká anaerobní fermentací vlhkých organických materiálů (Benda, 2012). Přeměnu substrátu na bioplyn umožňují metanové bakterie, které se na naší planetě vyskytovaly ještě předtím, než se vytvořila atmosféra. Jedná se o nejstarší skupinu bakterií na světě. V přírodních podmínkách se vyskytují například v rašeliništích, v bachorech přežvýkavců, nebo na dně vod. Pro růst bakterií je nezbytné stopové množství prvků jako železo, nikl, kobalt, selen, molybden a wolfram. Pro stabilní průběh procesu v reaktoru je nutné dodržovat správný poměr C:N v použitém vstupním substrátu. Při vysokém obsahu uhlíku a nedostatku dusíku je značně omezen potenciál výroby bioplynu. Při nadbytku dusíku může dojít k produkci většího množství amoniaku, který působí jako inhibitor mikrobiálních procesů a může být příčinou kolapsu mikrobiální populace. Poměr C:N by měl být 20 – 40:1, u ostatních živin je uváděn poměr C:N:P:S – 600:15:5:1 (Kintl a kol., 2016).

Během fermentace mikroorganismy využívají a rozkládají snadněji rozložitelnou organickou hmotu. Z uhlíku se tvoří převážně metan a oxid uhličitý a v nerozložené hmotě zůstávají těžko rozložitelné organické části. Ani půdní mikroorganismy nemají schopnost tuto hmotu výrazněji rozkládat (Arthurson, 2009). Bioplyn je směsice plynů, která se skládá cca u jedné třetiny z oxidu uhličitého a ze dvou třetin z metanu, par a stopových prvků. Pro provozovatele je důležitý zejména obsah metanu, tj. podíl metanu v plynné směsi (Kintl a kol., 2016).

Za pomoci anaerobní technologie s pomoci mikroorganismů se organický odpad rozkládá a mění se na bioplyn, který lze použít na výrobu elektrické energie a tepla. Fermentací se zlepšuje homogenita substrátu, snižuje zápach a emise skleníkových plynů. Takto lze zpracovat jakýkoli organický substrát (Tenza, 2016). Základní podmínkou stability procesu je vyloučit pronikání kyslíku do prostoru fermentoru. Kyslík působí na metanové bakterie inhibičně (Čeněk, 1994).

Bioplyn je produktem látkové výměny metanových bakterií. K výměně dochází, pokud bakterie rozkládají organickou hmotu (Schulz and Eder, 2004). Dle Bendy (2012) se biologický a chemický proces tvorby metanu dělí do těchto čtyř základních fází (viz obr. 2):

- hydrolýza – přeměna organických látek na nižší rozpustné organické sloučeniny,
- acidogeneze – přeměna na mastné kyseliny,
- acetogeneze – přeměna na kyselinu octovou a vodík,
- metanogeneze – přeměna na metan, oxid uhličitý a další látky.



Obr. 2: Schéma anaerobního rozkladu (Tenza, 2016)

Tyto fáze probíhají současně již ve funkční bioplynové stanici. Při spouštění nové stanice trvá až několik týdnů do vytvoření metanu, tj. čtvrtá fáze. Je známo více jak 10 druhů *Methanococcus* a *Methanobacterium* bakterií (Schulz and Eder, 2004). Dle Čenka (1994) jsou optimální teploty pro psychrofilní bakterie do 20 °C, pro bakterie mezofilní do 20 – 45 °C, pro bakterie termofilní nad 45 °C.

Všechny však potřebují specifické životní podmínky:

- Vlhké prostředí – bakterie mohou pracovat pouze tehdy, když je substrát dostatečně zalitý vodou, alespoň z 50 %.
- Zabránění přístupu vzduchu – metanové bakterie jsou anaerobní, v prvním procesu nejprve dochází ke spotřebování kyslíku aerobními bakteriemi.
- Zabránění přístupu světla – světlo brzdí proces.
- Stálá teplota – bakterie pracují při teplotě 0 – 70 °C, rychlost vyhnívání je závislá na teplotě, teplota se pohybuje kolem 30 – 35 °C, nebo 20 – 25 °C.
- Hodnota pH – měla by se pohybovat okolo 7,5, v případě kyselějšího se přidává vápno.
- Přísun živin – metanové bakterie nemohou rozkládat bílkoviny, tuky, uhlovodíky a celulózu v čisté formě. Pro svou buněčnou stavbu potřebují rozpustné dusíkaté sloučeniny, minerální látky a stopové prvky.
- Velké kontaktní plochy – organické látky nerozpustné ve vodě musí být rozdrobeny, nebo strukturovány tak, aby vznikly velké kontaktní plochy. Materiál jako sláma, či tráva musí být rozsekána, pokud možno na vlákna, z důvodu dlouhého vyhnívání.
- Inhibitory – brzdí proces vyhnívání. Jsou to například kyseliny, antibiotika, dezinfekční prostředky a další.
- Zatížení vyhnívacího procesu – udává, jaké množství organické sušiny může být vloženo za den do fermentoru. Závisí na teplotě, obsahu sušiny a době kontaktu.
- Rovnoměrný přísun substrátu – musí se zajistit rovnoměrný přísun substrátu jednou až dvakrát denně.
- Odplynování substrátu – plyn musí být průběžně odváděn, aby nedošlo ke zvýšení tlaku plynu a tím i případným škodám (Schulz and Eder, 2004).

4.3.2 Výroba a kvalita bioplynu

Organické látky lze rozložit buď aerobní, nebo anaerobní cestou. V zásadě platí, že pevné, členité materiály, např. klestí se rozkládají aerobně kompostováním. Zatímco kapalné, např. kejda a jiné se rozkládají anaerobně (fermentace). Rozhodující pro anaerobní či aerobní rozklad je obsah sušiny. Obecně lze říci, že pro bioplynovou technologii je optimální obsah sušiny mezi 5 – 13 %. Dále je důležitý poměr uhlíku a dusíku, který by měl činit 20:1 až 40:1 (Benda, 2012).

Výrobu ovlivňuje několik veličin:

- Plynový výkon – udává se denním objemem připadající na 1 m³ vyhnívací nádrže.
- Výnos plynu – je celkové množství plynu získané ze substrátu.
- Stupeň rozkladu – udává, kolik procent organické sušiny bylo rozloženo během doby kontaktu.
- Doba kontaktu – doba kontaktu a teplota má velký vliv na stupeň rozkladu. Krátké doby kontaktu přináší vysoký plynový výkon, jelikož dochází k rozkladu snadno rozložitelných živin, ty jsou však spojeny s nízkým výnosem plynu a nízkým stupněm rozkladu.
- Čistý (netto) výnos plynu – je to výnos plynu z hrubého (brutto), po odečtení energie potřebné pro podporu procesu. U moderních plynových stanic je čistý výnos 70 %.
- Složení a kvalita bioplynu – kvalita je určována především poměrem hořlavého metanu CH₄ a oxidu uhličitému CO₂. Je nutné usilovat o co největší poměr metanu.

Obsah metanu v bioplynu závisí především na těchto kritériích

- Průběh procesu – u jednostupňové bioplynové stanice probíhá anaerobní rozklad v jednom fermentoru a získaný plyn je smíšený. U dvoustupňových probíhá výroba ve dvou stupních.
- Skladba živin v substrátu – z látek obsahující bílkoviny a uhlovodíky se vyrábí méně bioplynu než z látek obsahující tuky.
- Teplota substrátu – při teplé fermentaci je obsah metanu nižší než při procesech o nižších teplotách.

Obsah metanu je důležitým faktorem pro hospodárnost bioplynové stanice. Po metanu a oxidu uhličitém je důležitým plynem sirovodík, který způsobuje korozi. Proto je nutné bioplyn odsířit. V bioplynu se také nachází stopové množství amoniaku, molekulárního dusíku, vodíku a kyslíku. Jejich podíl činí cca 6 – 8 %.

Při výrobě bioplynu musíme dodržovat následující zásady:

- Zachovávat co nejpřesnější úroveň teploty a regulovat ji termostatem.
- Kontinuální přísun substrátu.
- Nepoužívat velké množství studeného substrátu.
- Změny ve složení substrátu zavádět pomalu a postupně.
- Omezit velkou koncentraci inhibitorů.
- Substrát promíchávat často a dlouho.

- Rovnoměrný ohřev a správné rozdělování tepla ve vyhřívacím procesu (Schulz and Eder, 2004)

4.3.3 Využití bioplynu

Mezi nejobvyklejší způsoby využití bioplynu patří:

- Přímé spalování a ohřev teplotnosného média
- Výroba elektrické energie a ohřev teplotnosného média
- Pohon spalovacích motorů pro získání mechanické energie
- K úpravám atmosféry v zakrytých pěstebních prostorách
- Chemická výroba sekundárních produktů z bioplynu

Bioplyn po vyčištění obsahuje 95 – 98 % metanu, a proto se pro něj používá název biometan. V tomto stavu může být použit jako palivo nebo vtlačován do rozvodné sítě zemního plynu (Čeněk, 1994).

4.3.4 Vstupní substráty do bioplynových stanic

Pěstování plodin pro využití v bioplynových stanicích nepředstavuje příliš velkou zátěž pro podniky, neboť podnik již zpravidla vlastní potřebnou techniku (Kintl a kol. 2016).

Důležitou plodinou, dodávající do BPS je kukuřice. Hlavní podmínkou pěstování kukuřice je výběr vhodné odrůdy. V současné době je na trhu mnoho doporučených odrůd od různých firem. U těchto odrůd je důležitý vysoký výnos sušiny 22 – 25 t/ha. V ČR do budoucna vlivem oteplování se klimatu mají rostliny typu C4 stále zvyšující se potenciál na pěstování. Po zasetí kukuřici nevádí sucho a vlivem oteplování se klimatu se vyhne jarním mrazíkům, které ji mohou poškodit. Problém je nedostatek vláhy v období intenzivního růstu v červnu a červenci. V současné době se suchovzdorností zabývají šlechtitelé. Ve vyšších polohách s dostatkem vláhy se pěstují spíše odrůdy s kratší vegetací a v sušších polohách s delší vegetací (FAO 400). Oteplování se na pěstování kukuřice výrazněji nedotkne. Může mít však vliv na zavíječe kukuřičného, což se dá ale omezit šlechtěním, nebo setím rezistentních Bt odrůd (Honsová, 2013). Kukuřice na siláž se sklízí v mléčné voskové zralosti (obsah sušiny mezi 28 – 32 %). Kukuřice má vysoký obsah škrobu, dusíkatých látek, tuku a minerálních látek (Benda, 2012). Anaerobnímu testování hybridů se věnoval Vítěz a kol., (2015). K testování použili tři hybridy kukuřice – Fernandez, Cassilas a Atletico. Jako inokulační substrát byl použit materiál z BPS Čejč. Při výběru optimálního hybridu kukuřice pro energetické účely je důležité zohlednit nejen měrnou produkci metanu, nýbrž také hektarový výnos sušiny a pěstitelské nároky daného hybridu. V roce 2011 nejvyšší měrné

produkce metanu dosáhl hybrid Atletico 0,443 m³ na kg sušiny. Nejvyšších hektarových výtěžností metanu bylo dosaženo v roce 2012 (u hybridů Fernandez a Cassilas přes 10 000 m³ metanu), díky mimořádně vysokým hektarovým výnosům sušiny (více než 25 t sušiny z 1 ha). Teploty na jaře a dostupnost vody v létě ovlivňují ve významné míře výnosy kukuřice, čiroku a žita.

Další vstupní látkou do BPS je kejda, směs tuhých a kapalných exkrementů zvířat, vznikající při ustájení bez podestýlky. Dále kejda a hnůj z volného ustájení, což je kal bez podestýlky ze zvířecích exkrementů a dešťové vody. Je velmi vhodné pro bioplynové zpracování.

Stájový hnůj představuje směs exkrementů hovězího dobytka s přidáním slámy. Hnůj s malým podílem podestýlky lze zpracovat v bioplynových stanicích. Slámu nutno řezat na kousky o délce 10 cm. Pevný hnůj vzniká při tradičním způsobu ustájení s podestýlkou. Slámu je dobré rozmělnit podélně na vlákna, aby měly metanové bakterie k dispozici co největší plochu (Schulz and Eder, 2004).

Dalšími pěstovanými rostlinami pro využití na bioplyn může být např. krmný šťovík, čirok, konopí seté, hořčice sareptská, světlice barvířská, topinambur hlíznatý, ozdobice čínská atd. (Petříková and Weger, 2015).

V bioplynové stanici lze také upravit organické látky bohaté na živiny, např. výpalky, tuky, jateční odpad, zbytky jídla, kuchyňské odpadky (Schulz and Eder, 2004).

4.4 Digestát

Podle Vyhlášky č. 131/2014 Sb., digestát je organické hnojivo vzniklé anaerobní fermentací při výrobě bioplynu ze statkových hnojiv a krmiv. Jedná se o šedou až černou tekutinu s obsahem sušiny 5 až 10 % a s významným podílem organických látek v sušině (60 – 80 %). Jako vstupní surovina slouží nejčastěji kejda prasat, kukuřičná siláž, hnůj, čirok, travní senáž a další (Kasal, 2017). Rigby and Smith (2013) uvádějí, že procento sušiny v digestátech tvoří 3,5 – 9,3 % a průměrná hodnota je 4,9 %.

Možnosti využití odpadů z bioplynových stanic:

- přímá aplikace digestátu na půdu,
- kompostování separátu,
- jako přídavek do substrátu pro pěstování zahradních rostlin (Vaněk a kol. 2016).

V poslední době se dostává do popředí problematika zacházení se zbytky po anaerobní digestaci, tedy digestátu a případně produkty jejich separace – fugáty a separáty. Digestáty a fugáty z BPS představují ideální hnojivo vzhledem k jejich dobré zásobě živin, pokud se dbá

na dodávání organické hmoty do půdy (Muhlbachová a kol., 2016). Digestát je nerozložený zbytek po fermentaci, který má dvě části, část kapalnou s poměrně vysokým obsahem vody a část tuhous označovanou jako separát (Vaněk a kol., 2016). Uhlík v digestátu je stabilizovaný a hrozí, že při využití dusíku obsaženého v digestátech půdními mikroorganismy bude využíván uhlík z lehce hydrolizovatelných organických látek nacházejících se v půdě (Tambone et al., 2013). Toto může vést ke snižování obsahu půdní organické hmoty a čerpání lehce dostupného C z půdy (Insam et al., 2015).

Aplikace digestátu, zejména fugátu zvyšuje dostupnost dusíku pro rostliny, neboť 60 – 80 % dusíku v digestátu je v minerální formě, zejména NH_4^+ (Loria et al., 2007). Hnojivé účinky digestátu a fugátu jsou díky vysokému obsahu NH_4^+ v porovnání s kejdou, či minerálními hnojivy mírně nižší, nebo srovnatelné (Nkoa, 2014). Ve zbytcích po anaerobní digesci je z celkového obsahu dusíku až 50 % zastoupeno v organické formě, který je postupně mineralizován a zpřístupňován plodinám v amonné a dusičnanové formě. Zde hrozí riziko uvolnění dusičnanů do spodních vod, k čemuž může dojít při nízkém odběru dusíku rostlinami spojeném s vysokými srážkami (Muhlbachová a kol., 2016). Po aplikaci digestátu lze spíše očekávat nižší vyplavení N z půdy ve srovnání s minerálními hnojivy se 100 % dusíku v minerální formě (Svoboda et al., 2015).

Digestát se používá se jako organické hnojivo, po odvodnění jako komponent ve výrobě kompostu nebo jako rekultivační materiál. Mimo vegetační období se musí zabezpečit jeho skladování z důvodu omezení jeho aplikace na pole (Smatanová, 2012). Dle Lošáka a kol. (2017) je digestát definován jako organické hnojivo vzniklé anaerobní fermentací při výrobě bioplynu. Je to hnojivo s rychle uvolnitelným dusíkem, ve zvýšeném podílu amonné frakce. Poměr C:N je nižší než 10:1. Svými vlastnostmi se blíží vlastnostem kombinovaných minerálních hnojiv.

Vlastnosti digestátu jsou značně ovlivněny vstupní surovinou. V Německu je to nejčastěji kejda a kukuřičná siláž. U nás jsou vstupní suroviny rozmanitější – travní senáž, cukrovareké řízky, kejda, hnůj, kukuřičná siláž, fugát atd. V tabulce 1 lze vidět průměrné složení digestátů. Složení tolik nekolísá, na rozdíl od tekutých statkových hnojiv. Z tabulky 2 je zřejmé, že fugát má poměrně nízký obsah sušiny.

Tabulka 1: Průměrné složení různých typů digestátů (%) (Lošák a kol., 2017)

Fáze separace	n	Sušina	OL	N _{tot}	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	pH
Digestát	109	6,65	5,04	0,43	0,22	0,14	0,40	0,07	0,24	8,4
Digestát ⁻¹	9,00	6,02	4,60	0,40	0,22	0,16	0,37	0,08		8,5
Normativ	-	5,80	-	0,53	-	0,16	0,35	-	-	-
Digestát	3,00	8,10	5,95	0,53	0,25	0,2	0,45	0,11		8,6
Fugát	3,00	5,59	4,15	0,48	0,27	0,15	0,36	0,07		8,5
Separát	3,00	22,6	19,1	0,68	0,26	0,46	0,45	0,25		8,8
Sušený separát	3,00	92,3	78,4	1,86	0,10	1,68	1,89	0,91		9,7

Pozn.: ¹⁾ Z výše uvedeného průměru digestát ze samotné kejdy od mladého skotu po digesci 45 dní.

Normativ podle vyhlášky č. 377/2013 Sb.

Tabulka 2. Průměrné složení organických hnojiv (Lošák a kol., 2017)

Statkové hnojivo	n	Obsah v čerstvé hmotě (%)									pH
		Sušina	OL	N	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S ²	
Močůvka skotu	71,0	0,88	0,51	0,08	0,05	0,02	0,16	0,03	0,02	0,004	7,9
Hnojůvka skotu	84,0	3,28	1,88	0,17	0,07	0,06	0,51	0,1	0,06	0,021	8,0
Normativ*	-	1,30		0,15	-	0,02	0,21	-	-	-	-
Močůvka prasat	39,0	1,99	1,32	0,22	0,15	0,08	0,16	0,09	0,03	0,024	7,8
Hnojůvka prasat	27,0	4,25	2,61	0,33	0,16	0,18	0,49	0,16	0,07	0,161	7,7
Normativ*	-	1,20		0,22	-	0,05	0,21	-	-	-	-
Kejda skotu	85,0	7,52	6,01	0,37	0,16	0,13	0,32	0,27	0,1	0,037	7,7
Normativ*	-	7,30	-	0,39	-	0,16	0,31	-	-	-	-
Kejda prasat	60,0	4,29	3,27	0,37	0,23	0,18	0,19	0,16	0,06	0,032	8,0
Normativ*	-	5,30		0,43	-	0,3	0,21	-	-	-	-
Voda z dojírny	84,0	1,06	0,86	0,06	0,03	0,02	0,05	0,05	0,01	0,006	6,9

Pozn.: ¹⁾ Počet stanovení n pro Ca: kejda skotu = 26, kejda prasat = 10

²⁾ Počet stanovení pro n pro S: močůvka skotu = 14, hnojůvka skotu = 26, močůvka prasat = 8, hnojůvka prasat = 1, kejda skotu = 26, kejda prasat = 10, voda z dojírny = 24

Normativ podle vyhlášky č. 377/2013 Sb.

Z pokusů, které prováděl Dostál a Rychter (2008) vyplývá, že v digestátu z čisté kejdy dochází během zkrácené digesce na 45 dní ke snížení podílu organických látek a tím i sušiny přibližně na polovinu oproti výchozí surovině kejdě. Je proto vhodné dávat do bioplynové stanice i materiál bohatší na organické látky (kukuřičnou siláž). Je také nutné kontrolovat chemické složení digestátu a pravidelně provádět agrochemické rozborů půd, kam je digestát aplikován. Na pole, kde je aplikován digestát je nutné pravidelně provádět organické hnojení. V digestátu jsou zastoupeny především semistabilní organické látky. Po aplikaci digestátu je také nutné vápnit, aby se půda neslévala. Pro efektivní využití digestátu platí poznatky při

hnojení kejdou. V případě separace digestátu vzniká separát, který je hnojivem s pomalu se uvolňujícím dusíkem a fugát.

Dle Lošáka a kol. (2017) velká část živin přechází po oddělení do fugátu. Živiny, které jsou po oddělení fugátu v separátu, jsou vázány na organické sloučeniny a jejich uvolňování je pozvolnější. Ve fugátu jsou živiny rychleji působící (Vaněk a kol., 2016). Poměr C:N u fugátu je vyšší než 10. Fugát se řadí k hnojivům s rychle uvolnitelným dusíkem. V separátu je vyšší koncentrace fosforu, hořčíku, draslíku a organického dusíku oproti fugátu. Sušením separátu se snižuje obsah amonného dusíku, což je pro polní podmínky nežádoucí. Použití sušeného separátu najde uplatnění v substrátech pro květiny, snižuje se koncentrace solí a tím i vodivost substrátů. Obsah sodíku v digestátech je přibližně stejný jak v kejdě, tj. v průměru 0,043 %. Kejdou i digestáty se do půd dostávají všechny potřebné makro i mikro prvky, přičemž dominují dusík a draslík. Obsah síry se pohybuje okolo 0,02 %, proto je nutné k náročným plodinám na síru (olejninu) dohnojovat minerálními hnojivy (Lošák a kol., 2017).

Obsah živin v digestátu je závislý na použitých minerálech, proto vykazuje určité kolísání dle v závislosti na kvalitě dodávaného materiálu do fermentoru. Velká část živin včetně mikroprvků po fermentaci v digestátu zůstává, fermentací nedochází k výraznějším ztrátám živin a při rozumné aplikaci se do půdy odčerpané živiny vrací. Výrazně se však snižuje obsah C a částečně N (Vaněk a kol., 2016). Arthurson (2009) uvádí, že digestát má příznivý vliv na půdní mikrobiální aktivitu, zvýšení některých enzymů jako je ureázy, fosfatázy, a b-glukosidázy.

Rizikové prvky v digestátu se odvíjí od vstupní kejdy, většinou s nimi nejsou problémy (Lošák a kol. 2017). Problém je však v poklesu obsahu uhlíkatých látek, jelikož převážná část uhlíku byla právě v procesu anaerobní fermentace přeměněna na žádaný metan a oxid uhličitý (bioplyn) a to na poloviční i nižší hodnotu. Tím se poměr C:N v digestátu snižuje. Dalším problémem je, že dusík je v digestátu obsažen ve formě amonné a při aplikaci hrozí jeho uvolňování do atmosféry. Obsah uhlíku a tím i hnojivý účinek digestátu lze zvýšit přidáním posklizňových zbytků (slámy). Digestát je tedy za předpokladu úpravy poměru C:N hnojivem, které může pomoci k udržení současné úrovně půdní úrodnosti (Dostál a Rychter, 2008). Dle Kasala (2017) je digestát významným zdrojem draslíku, vápníku, dusíku i dalších živin. Složení digestátu je podobné kejdě skotu, proto platí stejná pravidla při aplikaci. Dle Bendy a kol. (2012) problém digestátu spočívá v tom, že zvyšuje koncentrace těžkých kovů, což stěžuje jeho hnojivářské využití a že živiny vystupující z BPS jsou těžko přístupné pro rostliny.

4.4.1. Zásady hnojení digestátem

Hnojení digestátem je podobné jako při hnojení kejdou. Je nutné vzít v úvahu aktuální obsah dusíku. Při průměrném obsahu 0,5 % N se dodá do půdy při aplikaci 1 t digestátu 5 kg N/ha. V porovnání se statkovými hnojivými mají digestáty většinou vysoký obsah dusíku od 0,3 do 1 % v původní hmotě, pH mezi 7 – 8 a sušinu v rozmezí 3 až 13%. Ke hnojení lze používat pouze stabilizované digestáty, produkované při dosažení správného technologického postupu. Aplikací na zemědělskou půdu dle správných agrotechnických zásad digestát dosahuje požadovaného účinku z pohledu harmonické výživy polních plodin. Digestát je zdrojem živin, který při neustále se zlepšující technologické kázni, může napomoci produkční účinnosti půd v podmínkách setrvalého zemědělství. Digestát může mít při aplikaci v pevné, nebo kapalné formě za následek významné zlepšení množství a kvality potravin prostřednictvím přívodu živin v dostupné formě pro rostliny.

Na základě reakce rostlin na aplikaci digestátu mohou být zařazeny rostliny mezi citlivé (vojtěška, slunečnice, sója) a necitlivých (ozimá pšenice triticales, kukuřice). U citlivých plodin může být digestát aplikován pouze v určité vývojové fázi plodiny. Digestát je uplatňován především při pěstování silážní a zrnové kukuřice v podmínkách absence živočišné výroby, která je provázená nedostatkem statkových hnojiv a při pěstování brambor (Kasal, 2017). Digestát neplní funkci kvalitního organického hnojiva, separát obsahuje většinou obtížně rozložitelnou organickou hmotu a obsahuje málo snadněji rozložitelných organických látek, která slouží organismům jako substrát. Může však příznivě ovlivňovat fyzikální vlastnosti půd jako je pórovitost, provzdušnění, objemová hmotnost atd (Kolář a Vaněk, 2012). Dávkou 1 t sušiny/ha obsažené v 13,5 t digestátu dodáme 24 kg N, 18 kg P, 58 kg K, 40 kg Ca a 10 kg Mg. Tyto živiny jsou jen z části bezprostředně využitelné rostlinami. Aby nenastaly výrazné ztráty amonného dusíku, je nutné digestát bezprostředně po aplikaci zapravit do půdy, podobně jako u kejdy (Vaněk a kol. 2016).

4.5 Pěstební substráty

Pěstební substráty tvoří zvláštní skupinu především organických látek, které nemají typické vlastnosti hnojiv, nejsou hlavním zdrojem živin. Substrát je směs skládající se převážně z organických látek a zeminy, občas s přidávkem melioračních látek. Substráty se využívají hlavně k předpěstování rostlin, či k pěstování rostlin v květináčích, truhlících atd.

Pro pěstování běžných skleníkových rostlin byly nejčastěji připravovány dvě základní zemité směsi:

- Směsi těžké – obsahují převážně minerální zeminy. Pro jejich přípravu se použijí tři díly kompostované zeminy, jeden díl drnovky nebo těžké zeminy, dva díly rašeliny, dva díly hnojovky (kompostovaný hnůj) a jeden díl písku. Směs je neutrální o objemové hmotnosti 0,75 – 0,80 kg/l.
- Směsi lehké – obsahují převážně organické komponenty (rašelinu). Připraví se například ze 4 dílů listovky, jednoho dílu rašeliny, jednoho dílu pařeništní zeminy, jeden díl kompostu a jeden díl písku. Směs je velmi kyprá a propustná pro vodu s objemovou hmotností okolo 0,50 kg/l a pH mezi 5,5 – 6,5 (Soukup a kol., 1979).

Mísením těchto směsí se získávala řada dalších, většinou středně těžkých směsí. Postupně se v minulosti nahrazovalo použití zemin a místních organických materiálů rašelinou. Ta má řadu předností (vyrovnané partie a je bez chorob, plevelů a škůdců). Dále má nízkou objemovou hmotnost, se kterou jsou spojené náklady na přepravu a manipulaci.

Pěstební substráty lze rozdělit do tří skupin:

- Biologické – je vyžadována hygienická nezávadnost, bez klíčivých semen, reziduí pesticidů, chorob, škůdců a inhibičních látek. Patří sem stabilita organických minerálů, přítomnost živých organismů, ústojivost substrátu, přítomnost organických látek (Valtera 2003).
- Chemické – obsah solí, poměr C:N, obsah rizikových prvků, ústojivost schopnost, obsah přijatelných živin, pH, KVK, úrodnost, obsah minerálních látek (Ingram et al., 1993).
- Fyzikální – velikosti částic, pórovitost, sorpce živin, struktura, vodní kapacita, měrná hmotnost, zhutnění, tepelná kapacita a vodivost (Pasian, 1997).

Kvalitní substrát by měl vykazovat vysokou pórovitost nad 70 % a objemovou hmotnost pod 1 kg/l (0,6 – 0,8kg/l) u substrátů s přídavkem zeminy, u organických substrátů okolo 0,4kg/l.

Dále by měl zaručit pozvolný rozklad komponentů – stabilita, malá sléhavost a udržení fyzikálních vlastností, dobrou jímavost pro vodu, biologickou a hygienickou nezávadnost, absenci plevelů a jejich semen, dobrou sorpční kapacitu, ideální obsah živin, vhodné pH – rozmezí mezi 5,5 – 6,5. Za nejvýznamnější znaky květinových substrátů lze považovat obsah organických látek, vodivost a pH, dále pak objemovou hmotnost (Vaněk, 2012).

Hlavní komponenty substrátů jsou organické komponenty, které příznivě ovlivňují fyzikální vlastnosti substrátů. Nejčastějším materiálem je rašelina. Porovnání chemických vlastností komponentů pro přípravu substrátů lze vidět v tabulce 3. Jako zdroje organických komponentů považujeme např. rašelinu. Používá se jako nakypřovací a provzdušňovací složka substrátů, která se v půdě velmi pomalu rozkládá. Rašelinu nelze charakterizovat jako hnojivo, protože není zdrojem živin, obsahuje většinou stabilizované složky s významnou sorpční vlastností. Rašeliny mají silně kyselou reakci, nejčastěji pH 3,5 – 4,5 což je jednou z příčin jejího pomalého rozkladu. Pro její použití je většinou nutné omezit její silně kyselou reakci dolomitem, nebo vápencem na pH okolo 5,5. Rašelina se v současné době využívá ve velkém rozsahu, z 2/3 na energetické účely a z 1/3 na zemědělské. Podíl rašeliny v substrátech se pohybuje okolo 50 %, může včas dosáhnout i 100 %, případně jsou substráty úplně bez rašeliny, kde nahrazena jiným materiálem s vysokou pórovitostí (Vaněk, 2012).

Dalším zdrojem může být kůra. Jedná se o odpadní produkt dřevozpracujícího průmyslu, který musí být pro uplatnění v substrátech fermentován. Přidáním dusíku se upravuje poměr C:N a případně se doplní fosfor. Podpoří se mikrobiální procesy a při teplotách 60 – 80 °C, kterými se kůra zbavuje látek, které jsou nepříznivé na růst rostlin. Současně jsou zničena i semena. Běžný obsah kompostované půdy v substrátech se pohybuje v rozmezí 10 – 30 %.

Kokosová vlákna mohou zvyšovat stabilitu substrátu proti sléhvání a zlepšují odvod přebytečné vody. Do substrátu se přidává 10 – 20 %, což příznivě působí na zakořeňování rostlin. Podobné vlastnosti má kokosová rašelina, která vzniká kompostováním perikarpu kokosových ořechů. Nevýhodou je vysoká cena. Dále se používají rýžové plevy, dřevní vlákna a komposty (Valtera, 2009).

Zdrojem pěstebních substrátů jsou i minerální komponenty. Znázornění chemického složení jednotlivých minerálních komponentů je znázorněno v tabulce 4. Zdroje minerálních komponentů jsou např.:

- Zemina – vhodné je přidávat do substrátů, zvyšují sorpční kapacitu a zároveň stabilitu vůči změnám pH. Zlepšují i příjem vody při přeschnutí substrátu. Jako nevýhodnější se jeví sprašové hlíny, bentonit a různé zeolity. Přídavek zeminy se pohybuje v rozmezí 5 – 20 %. Nevýhoda je zvýšená hmotnost substrátu.
- Písek – má malou schopnost zadržovat vodu, většina pórů zadržuje pouze vzduch, v substrátech je spíše balastem. Pro některé substráty je však písek nezbytný, jsou to především substráty pro travní porosty, sportovní a golfové hřiště a na střešní zahrady (Vaněk, 2012).

- Meliorační komponenty – vysoká pórovitost, jímavost pro vodu, sorpce živin. Materiály jsou jak přírodní, tak syntetické. Jsou to například perlit, pemza, keramzit, pěnový polystyren a hydroabsorbenty.

Tabulka 3.: Chemické vlastnosti komponentů pro přípravu substrátů (Dubský a kol., 2010)

komponent	OHS (g/l)	pH*	EC* (mS/cm)	N-NH ₄	N-NO ₃	P	K	Mg	Ca*
rašelina	60-110	3,5-4,2	0,03-0,06	20-60	5-15	2-5	10-20	50-80	5-20
skrývkové zeminy, sprašové hlíny	900-1200	5,5-9,0	0,03-0,2	10-30	5-20	2-5	20-40	5-60	5-50
kompostová kůra	250-300	5,3-8,0	0,1-0,5	30-150	10-300	5-20	100-500	60-260	10-190
kompost	350-500	7,0-9,0	0,5-1,3	50-150	50-	50-80	2000-3500	80-200	60-150

Pozn.: OHS – objemová hmotnost vysušeného vzorku, pH, EC a Ca: *vodní výluh 1v:5v, N, P, K (mg/kg) Mg: CAT 1v:5v, rozsahy stanovené v pokusech VÚKOZ.

Tabulka 4.: Minerální komponenty substrátů (Dubský a kol., 2010)

Minerální komponent	OH	pH	EC	CEC	K	Mg	Ca	V	uhličitaný
	g/l		mS/cm		meq/100g			%	%
sprašová hlína	1190	7,6	0,13	13,7	0,89	1	19,7	100	5,6
sprašová hlína (VÚKOZ)	1120	5,6	0,05	18,4	0,34	3,44	14,3	100	0,22
Gramoflor (granulovaný jíl)	1090	4,1	1,12	11,6	1,27	2,1	3	14	<0,1
Florisol 1 (AGRO CS)	1280	7,5	0,1	13,4	0,85	1,6	11,7	93	0,2
Florisol 2	1250	7,2	0,07	18,7	0,9	3,2	33	73	<0,1
Ekobent 1	870	7,7	0,63	48,4	3,04	8,6	30,2	100	0,3
Ekobernt 2	804	10	1,5	69,5	1,95	41,8	25,5	100	2,6
GramoXchange	720	6,8	0,12	81,5	1,4	31,7	50,8	96	<0,1
Zeolit	880	4,4	0,06	124	47,4	3,9	82,4	100	0,18

Pozn.: OH – objemová hmotnost suchého vzorku (EN 13040), hodnota pH (CaCl₂) a EC vodní výluh 1w:10v, CEC – kationtová výměnná kapacita (ISO 13536) a výměnné kationty v sorpčním komplexu, V – stupeň nasycení bazickými kationty.

Výživa rostlin prostřednictvím substrátů je prováděna dvěma směry, jedním je omezení množství živin v substrátech a tím i hnojiv, která jsou dodávána v zálivce během vegetace. Druhým směrem je dodání určitého množství živin, které zajišťuje hnojení po určitou dobu ze substrátu, poté se doplní zálivkou. Rozumnější se ukazuje druhý způsob, musíme si však dát pozor na zasolení dobře rozpustnými živinami. Většinou se používají NPK hnojiva.

Podle obsahu organických látek se rozlišují substráty na organické s obsahem organických látek nad 15 % a minerální s obsahem minerálních látek pod 15 %. Substráty dle použití dělíme na výsevni, pro množení (řízky) a pěstební.

Dále jsou substráty děleny na:

- Substráty rašelinové – asi 85 % všech komerčně vyráběných substrátů
- Substráty pro mladé rostliny a pro dopěstování
- Substráty jemné, středně hrubé, hrubé a se speciální strukturou
- Substráty speciální

K výrobě se používá nejčastěji rašelina, která se kombinuje s dalšími komponenty. Pokud používáme zeminu, tak se musí dbát, aby byla bez plevelů a vysokou sorpční kapacitou, nejvhodnější je sprašová hlína. Vzhledem k tomu, že je rašelina kyselá, musí se zpravidla přidávat také vápenec.

Pro hodnocení substrátů se používá těchto kritérií:

- Momentální vlhkost – 35 – 65 %
- Obsah organických látek – 25 – 90 %
- Hodnota pH ve vodném výluhu – většina v rozmezí 5,0 – 6,0
- Hodnota elektrické vodivosti ve vodném výluhu – vyjadřuje koncentraci solí v substrátu, která se má pohybovat 0,4 – 0,5 mS/cm u výsevných a množitelských substrátů a 0,6 – 1,0 mS/cm u pěstebních substrátů
- Obsah částic nad 20 mm nemá přesahovat 5 %

Volba vhodného substrátu závisí na biologickém požadavku rostlin, na kterém závisí dobré pěstitelské úspěchy (Vaněk 2012).

5 Materiál a metody

5.1 Charakteristika metodiky

V rámci této diplomové práce byly hodnoceny pokusy, které probíhaly v letech 2011 až 2015. Hlavní zaměření je na vyhodnocení změn obsahu přístupných forem makro a mikroprvků po aplikaci neseparovaného digestátu do rašeliny a změn obsahu těchto živin v nadzemní hmotě pěstovaných rostlin. Neseparovaný digestát pocházel vždy ze zemědělské bioplynové stanice Krásná Hora nad Vltavou (okres Příbram). Vstupním substrátem pro výrobu bioplynu je zde kejda skotu, kukuřičná siláž a travní senáž. Vegetační pokusy byly vždy realizovány ve sklenících ČZU. Obsah přístupných makroprvků přepočtený na sušinu digestátu stanovený metodou CAT činil: 12,8 mg/kg N-NO₃; 3382 mg/kg N-NH₄; 246 mg/kg P, 5172 mg/kg K; 1017 mg/kg Mg a 181,3 mg/kg S; obsah vápníku ve vodném výluhu byl 418 mg/kg. Rašelina byla použita vždy od stejného výrobce (Rašelina Soběslav, Soběslav ČR) a obsahy makroprvků v sušině stanovených metodou CAT byly následující: 4,18 mg/kg N-NO₃; 84,3 mg/kg N-NH₄; 7,03246 mg/kg P; 75,4 mg/kg K; 483 mg/kg Mg; 16,5 mg/kg S, v případě vápníku bylo zjištěno 75 mg Ca/kg ve vodném výluhu. Hodnoty se v průběhu pokusu lišily o ± 10 % v závislosti na odběru digestátu a šarži rašeliny.

Pokusy v roce 2011

Bazalka pravá (*Ocimum basilicum*, L.)

Skleníkový pokus s bazalkou (*Ocimum basilicum*, L.) byl založen v roce 2011 (20. 7. – 31. 8.). Bylo zde realizováno 5 níže uvedených variant ve čtyřech opakováních. Do každé nádoby 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. 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.

Pro pokus byly jako kontrolní srovnávací varianta využity 2 typy pěstebních substrátů – 1. Zahradnický substrát B (firma Rašelina Soběslav, Soběslav, ČR) a 2. Gramoflor cocofibre G-SG 02919 3,33EN (firma Gramoflor GmbH & Co. KG – Vechta, Německo). Dále byla využita rašelina (firma Rašelina Soběslav) namíchaná objemově s různými poměry

neseparovaného digestátu (bioplynová stanice Krásná Hora nad Vltavou), které vidíme v tabulce 5.

Tabulka 5.: Použité substráty Bazalka 2011

Var.	Substrát
1	Zahradnický substrát B
2	Gramoflor
3	5 % neseparovaného digestátu a 95 % rašeliny
4	10 % neseparovaného digestátu a 90 % rašeliny
5	15 % neseparovaného digestátu a 85 % rašeliny

Gazanie zářivá (*Gazania rigens*, L.)

Pokus byl založen 6. 4. 2011 a skončil sklizní provedenou 18. 5. 2011. Gazanie byly vysazeny v pěti níže uvedených substrátech, vždy se čtyřmi opakováními. Do každého plastového květináče o objemu 1500 ml byla zasazena jedna rostlina *Gazania rigens*. Rostliny byly dle potřeby zalévány. Po sklizni byly spočítány květy jednotlivých rostlin a zvážená nadzemní biomasa byla podrobena následným laboratorním analýzám.

K pokusům byla použita rašelina od firmy Rašelina Soběslav (Soběslav, ČR). Jako srovnávací substráty byly využity: zahradnický substrát B (firma Rašelina Soběslav, Soběslav, ČR) a Gramoflor cocofibre G-SG 02919 3,33EN (firma Gramoflor GmbH & Co. KG – Vechta, Německo). Kromě kontrolních substrátů byly objemově namíchány následující varianty, které vidíme v tabulce 6.

Tabulka 6: Použité substráty Gazanie 2011

Var.	Substrát
1	Zahradnický substrát B
2	Gramoflor
3	5 % neseparovaného digestátu a 95 % rašeliny
4	10 % neseparovaného digestátu a 90 % rašeliny
5	15 % neseparovaného digestátu a 85 % rašeliny

Pokusy v roce 2012

Bazalka pravá (*Ocimum basilicum*, L.)

Skleníkový pokus s bazalkou (*Ocimum basilicum*, L.) byl založen v roce 2011 (26. 4. – 20. 6.). Bylo zde realizováno 5 níže uvedených variant ve čtyřech opakováních. Do každé

nádoby 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.

Pokus navazoval na práci z roku 2011, kdy maximální testované množství přídatku digestátu činilo 15 %. Tato varianta vykazovala pozitivní výsledky, a proto byly v tomto roce zařazeny vyšší dávky digestátu do rašeliny.

Pro pokus byly jako kontrolní srovnávací varianta využity 2 typy pěstebních substrátů – 1. Zahradnický substrát B (firma Rašelina Soběslav, Soběslav, ČR) a 2. Gramoflor cocofibre G-SG 02919 3,33EN (firma Gramoflor GmbH & Co. KG – Vechta, Německo). Dále byla využita rašelina (firma Rašelina Soběslav) namíchaná objemově s různými poměry neseparovaného digestátu (bioplynová stanice Krásná Hora nad Vltavou) a to v následujících poměrech, které jsou zobrazeny v tabulce 7.

Tabulka 7: Použité substráty Bazalka 2012

Var.	Substrát
1	Zahradnický substrát B
2	Gramoflor
3	10 % neseparovaného digestátu a 90 % rašeliny
4	20 % neseparovaného digestátu a 80 % rašeliny
5	25 % neseparovaného digestátu a 75 % rašeliny

Gazanie zářivá (*Gazania rigens*, L.)

Pokus byl založen 5.4.2012 a skončil sklizní provedenou 18.6.2012. Bylo zde realizováno 5 níže uvedených variant ve čtyřech opakováních. Do každé nádoby byla zasazena jedna rostlina gazanie, ty byly zalévány dle potřeby. Během sklizně proběhlo spočítání květů, zvážení nadzemní biomasy a její usušení a následné laboratorní analýzy.

Pokus navazoval na práci z roku 2011, kdy maximální testované množství přídatku digestátu činilo 15 %. Tato varianta vykazovala pozitivní výsledky, a proto byly v tomto roce zařazeny vyšší dávky digestátu do rašeliny.

Pro pokus byly jako kontrolní srovnávací varianta využity 2 typy pěstebních substrátů – 1. Zahradnický substrát B (firma Rašelina Soběslav, Soběslav, ČR) a 2. Gramoflor cocofibre G-SG 02919 3,33EN (firma Gramoflor GmbH & Co. KG – Vechta, Německo). Dále byla využita rašelina (firma Rašelina Soběslav) namíchaná objemově s různými poměry neseparovaného digestátu (bioplynová stanice Krásná Hora nad Vltavou) a to v následujících poměrech, které jsou zobrazeny v tabulce 8.

Tabulka 8: Použité substráty Gazénie 2012

Var.	Substrát
1	Zahradnický substrát B
2	Gramoflor
3	5 % neseparovaného digestátu a 95 % rašeliny
4	10 % neseparovaného digestátu a 90 % rašeliny
5	15 % neseparovaného digestátu a 85 % rašeliny

Máta peprná (*Mentha piperita*, L.)

V roce 2012 byl založen rovněž pokus s mátou peprnou. Pokus byl založen 5.6.2012 a skončil sklizní provedenou 10.7.2012. Bylo zde realizováno 5 níže uvedených variant ve čtyřech opakováních. Do každé nádoby byla zasazena jedna sazenice máta peprné. Nádoby byly zalévány vždy stejně dle potřeby. Během sklizně proběhlo spočítání květů, zvážení nadzemní biomasy a její usušení a následné laboratorní analýzy.

Pro pokus byly jako kontrolní srovnávací varianta využity 2 typy pěstebních substrátů – 1. Zahradnický substrát B (firma Rašelina Soběslav, Soběslav, ČR) a 2. Gramoflor cocofibre G-SG 02919 3,33EN (firma Gramoflor GmbH & Co. KG – Vechta, Německo). Dále byla využita rašelina (firma Rašelina Soběslav) namíchaná objemově s různými poměry neseparovaného digestátu (bioplynová stanice Krásná Hora nad Vltavou) a to v následujících poměrech, které jsou zobrazeny v tabulce 9.

Tabulka 9: Použité substráty Máta 2012

Var.	Substrát
1	Zahradnický substrát B
2	Gramoflor
3	5 % neseparovaného digestátu a 95 % rašeliny
4	10 % neseparovaného digestátu a 90 % rašeliny
5	15 % neseparovaného digestátu a 85 % rašeliny

Pokusy v roce 2013

Gazénie zářivá (*Gazania rigens*, L.)

Metodika navazuje na pokusy z let 2011 a 2012, kde byly používány různé poměry digestátu s rašelinou u různých zahradních rostlin. Nejvhodnější parametry v letech 2011 a 2012 vykazovala zpravidla rašelina s 5 a 10 % digestátu, hodnota pH substrátu však byla po sklizni rostlin stále nízká. Proto byl v těchto pokusech přidáván v různých poměrech dolomitický vápenec. Hodnoceny byly varianty uvedené v následující tabulce (Tabulka 10).

Vlastní pokus s gazániemi ve sklenících ČZU byl založen 25.4. 2013 a sklizen 2.7. 2013. Rostliny byly vždy zasazeny do nádob se substrátem o objemu 1,5 l, a to vždy 1 rostlina na nádobu. Všechny varianty byly realizovány ve čtyřech opakováních. Pokusy byly dle potřeby zalévány. Všechny varianty byly realizovány ve čtyřech opakováních.

Tabulka 10: Varianty pokusu s neseparovaným digestátem a dolomitickým vápencem

Var.	Substrát
1	Zahradnický substrát B
2	Rašelina + 5 % ND (namícháno objemově) + 3 g/l dolomitického vápence
3	Rašelina + 10 % ND (namícháno objemově) + 6 g/l dolomitického vápence
4	Rašelina + 5 % ND (namícháno objemově) + 3 g/l dolomitického vápence
5	Rašelina + 10 % ND (namícháno objemově) + 6 g/l dolomitického vápence

Jako kontrolní varianta byl použit běžný typ pěstebního substrátu – Zahradnický substrát B od firmy Rašelina Soběslav, Soběslav, ČR. Na namíchání pěstebních substrátů s digestátem byla použita rašelina od téže firmy. ND byl dodán z BPS ZD Krásná Hora nad Vltavou, a.s. (Středočeský kraj, okres Příbram). Vstupním substrátem pro výrobu bioplynu je zde kejda skotu, kukuřičná siláž a travní senáž. Pro úpravu hodnoty pH byl použit dolomitický vápenec – minimálně 22 % Ca a 10 % Mg (firma Engelhard GmbH, Ammerthal, Německo). Další základní charakteristiky vstupních substrátů jsou uvedeny v tabulce 3.

Máta peprná (*Mentha piperita*, L.)

V roce 2013 byla pro pokusy využita rovněž máta peprná. Metodika navazuje na pokusy z roku 2011 a 2012, kde byly používány různé poměry digestátu s rašelinou u různých zahradních rostlin. Hodnoceny byly varianty substrátů uvedené v následující tabulce (tabulka 11). Porost máty byl založen ve skleníku dne 30. 5. 2013 a sklizen 2. 7. 2013. Rostliny byly vždy zasazeny po jedné sazenici do nádob se substrátem o objemu 1,5 l. Pokusy byly dle potřeby zalévány. Všechny varianty byly realizovány ve čtyřech opakováních. Po sklizni následovala analýza sledovaných hodnot popsanych v dalších kapitolách.

Tabulka 11: Varianty pokusu s neseparovaným digestátem a dolomitickým vápencem

Var.	Substrát
1	Zahradnický substrát B
2	rašelina + 5 % ND (namícháno objemově) + 3 g/l dolomitického vápence
3	rašelina + 10 % ND (namícháno objemově) + 6 g/l dolomitického vápence
4	rašelina + 5 % ND (namícháno objemově) + 3 g/l dolomitického vápence
5	rašelina + 10 % ND (namícháno objemově) + 6 g/l dolomitického vápence

Jako kontrolní varianta byl použit běžný typ pěstební substrátu – Zahradnický od firmy Rašelina Soběslav, Soběslav, Česká Republika. Na namíchání pěstebních substrátů s digestátem byla použita rašelina od téže firmy. Pro úpravu hodnoty pH byl použit vápenitý dolomit – minimálně 22 % Ca a 10 % Mg (firma Engelhard GmbH, Ammerthal, Německo).

Pokusy v roce 2014

Bazalka pravá (*Ocimum basilicum*, L.)

Skleníkový pokus probíhal v období 24.4.2014 až 3.6.2014. Bylo zde realizováno 5 níže uvedených variant ve čtyřech opakováních. Do každé nádoby 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.

Pokus navazoval na výsledky z let 2011 a 2012. 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. Rovněž dávky 3 a 6 g/l dolomitického vápence ke gazáníím a mátě v roce 2013 nezabránilly poklesu pH na nízkou hladinu. Proto byly dávky dolomitu v roce 2014 ještě navýšeny.

Pro pokus byl jako kontrolní srovnávací substát 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 vápenitého dolomitu (firma Engelhard GmbH, Ammerthal, Německo) v následujících poměrech, které jsou uvedeny v tabulce 12.

Tabulka 12: Použité substráty Bazalka 2014

Var.	Substrát
1	Zahradnický substrát Primaflora
2	Rašelina + 5 % neseparovaného digestátu + 10 g/l vápenitého dolomitu
3	Rašelina + 5 % neseparovaného digestátu + 15 g/l vápenitého dolomitu
4	Rašelina + 10 % neseparovaného digestátu + 10 g/l vápenitého dolomitu
5	Rašelina + 10 % neseparovaného digestátu + 15 g/l vápenitého dolomitu

Pokusy v roce 2015

Máta peprná (*Mentha piperita*, L.)

V roce 2015 byla pro pokusy využita rovněž máta peprná. Metodika rovněž navazuje na předchozích, kde byly používány různé poměry digestátu s rašelinou u různých zahradních rostlin. Hodnoceny byly varianty substrátů uvedené v následující tabulce (tabulka 13). Porost máty byl založen ve skleníku dne 6.5.2015 a sklizen 9.7.2015. Rostliny byly vždy zasázeny po jedné sazenici do nádob se substrátem o objemu 1,5 l. Pokusy byly dle potřeby zalévány. Všechny varianty byly realizovány ve čtyřech opakováních.

Tabulka 13: Varianty pokusu s neseparovaným digestátem a dolomitickým vápencem

Var.	Substrát
1	Zahradnický substrát B
2	rašelina + 5 % ND (namícháno objemově) + 10 g/l dolomitického vápence
3	rašelina + 5 % ND (namícháno objemově) + 15 g/l dolomitického vápence
4	rašelina + 10 % ND (namícháno objemově) + 10 g/l dolomitického vápence
5	rašelina + 10 % ND (namícháno objemově) + 15 g/l dolomitického vápence

Jako kontrolní varianta byl použit běžný typ pěstební substrátu – Zahradnický substrát B od firmy Rašelina Soběslav, Soběslav, Česká Republika. Na namíchání pěstebních substrátů s digestátem byla použita rašelina od téže firmy. Pro úpravu hodnoty pH byl použit vápenitý dolomit – minimálně 22 % Ca a 10 % Mg (firma Engelhard GmbH, Ammerthal, Německo).

U všech pokusů (2011 – 2015) byly vždy použity předpěstované sazenice rostlin ve výsevním substrátu, které byly maximálně 14 dní staré.

Provedené analýzy

U všech pokusů byly jako základní analýzy provedeny následující:

- podíl sušiny substrátů před i po sklizni
- hmotnost čerstvé nadzemní hmoty sklizených rostlin včetně počtu květů
- podíl sušiny nadzemní hmoty sklizených rostlin

Stanovení obsahu přístupných živin metodou Mehlich 3

Pro analýzy usušených vzorků substrátů byl použit extrakční roztok dle Mehlich 3 (Mehlich, 1984) složený z kyseliny octové (CH_3COOH) o koncentraci (konc.) $c=0,2$ mol/l; fluoridu amonného (NH_4F) o konc. $c=0,015$ mol/l; kyseliny dusičné (HNO_3) o konc. $c=0,013$

mol/l, dusičnanu amonného (NH_4NO_3) o konc. $c=0,25$ mol/l a kyseliny ethylendiaminetetraoctové (EDTA) o konc. $c=0,001$ mol/l. Poměr substrátu a extrakčního roztoku činil 1:10 (10 g zeminy, 100 ml roztoku). Následovalo třepání suspenze po dobu 10 min. Získaný roztok byl zfiltrován a ve vzniklých extraktech byl analyzován obsah P, Ca, Mg a S pomocí optického emisního spektrometru s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES) a obsah K pomocí atomového absorpčního spektrometru (AAS).

Stanovení obsahu přístupného fosforu metodou CAT

Analýza CAT byla provedena dle EN 13651. Tato evropská norma popisuje extrakci chloridem vápenatým a diethylentriaminpentaacetát (DTPA). Norma není vhodná pro stanovení vápníku. Vzorek byl extrahován při pokojové teplotě s roztokem 0,01 mol / l CaCl_2 a 0,002 mol / l DTPA v poměru (pevná látka / kapalina) 1:10. Po 1 hodině třepání byly vzorky zfiltrovány a získané extrakty měřeny. Obsah amonného a nitrátového dusíku byl stanoven spektrofotometricky na přístroji SKALAR SAN^{PLUS}SYSTEM. Pro stanovení přístupných forem P, S, Zn, B, Cu, Mn, Mo optický emisní spektrometr s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES) a pro stanovení přístupných K, Ca a Mg atomový absorpční spektrometr (AAS).

Analýzy rostlin

Nadzemní hmota analyzovaných rostlin byla usušena a jemně namleta. Bylo naváženo 0,5 g ($\pm 0,005\text{g}$) 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 P, K, Ca, Mg, S, Zn, B, Cu, Fe, Mn a Mo.

Statistická vyhodnocení

K hodnocení výsledků byly použity zejména korelační a regresní analýzy. K tomu byly využity programy Excel (Excel, 2010) a STATISTICA (StatSoft, 2016), kde byla provedena analýza ANOVA, při použití Scheffeho testu pro stanovení průkaznosti rozdílů.

6 Výsledky

Pro statistické vyhodnocení byly využity základní popisné charakteristiky vypočtené v programu Microsoft Excel (Excel, 2003) a pokročilé statistické vyhodnocení v programu Statistica.

6.1 Výsledky pokusů 2011

V tabulkách 14, 17, 20, 23, 26, 29, 32, 35, 38 a 41 uváděných v daném roce vždy před hodnocením výsledků je pro větší přehlednost uveden popis variant a jejich číslování.

Tabulka 14: Varianty substrátů

Varianty bazalky 2011	
1	Zahradnický substrát B
2	Gramoflor
3	Rašelina + 5% neseparovaného digestátu a 95 % rašeliny
4	Rašelina + 10% neseparovaného digestátu a 90 % rašeliny
5	Rašelina + 15% neseparovaného digestátu a 85 % rašeliny

Z tabulky 15 je zřejmé, že obsah sušiny je nejvyšší u zahradnického substrátu bez přídavku digestátu. Rozdíly v procentu sušiny nebyly statisticky významné.

Obsah N-NO₃ byl statisticky prokazatelně vyšší u obou kontrolních variant. U variant s přídavkem neseparovaného digestátu došlo k mírnému zvýšení obsahu u varianty číslo 5.

N-NH₄ byl statisticky prokazatelně zvýšený u všech třech variant s přídavkem neseparovaného digestátu. Se stoupajícími dávkami ND rostl signifikantně i obsah N-NH₄.

Obsahy draslíku v substrátech s přídavkem digestátu byly vždy statisticky průkazně vyšší než v obou kontrolních substrátech (Pěstební substrát B a gramoflor). Se stoupajícími dávkami digestátu zároveň signifikantně stoupal i obsah K.

Obsahy hořčíku byly v případě kontrolních substrátů i substrátů s digestátem srovnatelné. Je patrná neprůkazná tendence zvyšování obsahu Mg se stoupající dávkou digestátu.

Obsah fosforu byl v substrátu s 5 % digestátu srovnatelný s kontrolními substráty. Po přidání 10 a 15 % digestátu došlo k průkaznému zvýšení obsahu P.

V případě obsahu vápníku jsou hodnoty v substrátech s digestátem vzájemně srovnatelné, avšak průkazně nižší než u běžných pěstebních substrátů.

Hladiny významnosti jsou průkazné u všech prvků, vyjma hořčíku.

Tabulka 15: % sušina substrátů a obsah makroprvků v jejich sušině (mg/kg) po sklizni pokusu s bazalkou 2011

Bazalky 2011							
č. varianta	sušina (%)	N-NO₃	N-NH₄	K	Mg	P	Ca
1	47,0 ^a	69,5 ^b	2,8 ^a	451 ^a	1472 ^a	132 ^a	6546 ^b
2	39,5 ^a	61,8 ^c	6,8 ^a	286 ^a	1069 ^a	210 ^a	5766 ^b
3	36,3 ^a	1,00 ^a	208 ^b	1071 ^b	1057 ^a	220 ^a	3705 ^a
4	33,3 ^a	0,90 ^a	349 ^c	2763 ^c	1480 ^a	327 ^b	3279 ^a
5	38,5 ^a	6,30 ^a	588 ^d	3174 ^d	1367 ^a	365 ^b	3406 ^a
F-test	1,4	108	109	332,9	2,87	25,3	25,7
hladina významnosti p≤	ns	0,01	0,01	0,01	ns	0,01	0,01

* obsahy dusíku byly stanoveny metodou CAT a obsahy ostatních makroprvků metodou Mehlich 3

Ze statistické analýzy v tabulce 16 vyplývá, že hmotnost čerstvé nadzemní hmoty u varianty 3 byla průkazně nižší než u variant 1 a 5. Mezi variantami 1, 2, 4 a 5 nebyly zjištěny průkazné rozdíly. V případě hmotnosti sušiny byly zaznamenány podobné tendence, kdy průkazně nejnižší hmotnosti vykazovaly varianty 3 a 4 oproti variantám 1 a 5. Rozdíly v procentu sušiny nebyly statisticky průkazné.

Obsah dusíku v rostlině u varianty č. 5 byl statisticky průkazně vyšší než u varianty 1. Varianty 2 - 4 byly vzájemně srovnatelné s variantami 1 i 5.

Obsah fosforu u zahradnického substrátu byl průkazně nižší než u ostatních variant a je patrná stoupající tendence s vyššími přídávky digestátu.

V obsahu draslíku jsou statisticky průkazné rozdíly mezi všemi variantami. Nejnižší je u varianty 1 a dále má obsah stoupající tendenci se zvyšujícím se množstvím ND.

Obsah vápníku je statisticky průkazně nejnižší u varianty č. 2 a nejvyšší u varianty č. 4. Naopak u hořčíku došlo k statisticky průkazně výraznému poklesu variant s ND, oproti variantám č. 1 a 2. U variant s ND je obsah srovnatelný a má mírnou tendenci klesat se zvyšujícím se podílem ND v rašelině.

Obsah síry je téměř srovnatelný ve všech variantách, až na variantu č. 5, kde je cca o 500 mg/kg vyšší. I přes toto zvýšení je rozdíl statisticky neprůkazný

Tabulka 16: Hmotnost a procento sušiny rostlin bazalky (2011) a celkové obsahy makroprvků v nadzemní hmotě mg/kg

Bazalky 2011									
č. varianta	nadzemní hmota (g)	sušina (g)	sušina (%)	N	P	K	Ca	Mg	S
1	31,0 ^a	2,70 ^a	8 ^a	4,48 ^a	3590 ^b	28580 ^b	24555 ^{ab}	20782 ^b	4153 ^a
2	28,8 ^{ab}	2,25 ^{ab}	7,50 ^a	5,04 ^{ab}	8046 ^a	28050 ^a	20432 ^a	21665 ^b	4149 ^a
3	18,6 ^b	1,45 ^b	7,30 ^a	4,95 ^{ab}	8755 ^a	29111 ^c	24567 ^{ab}	10771 ^a	4096 ^a
4	28,0 ^{ab}	2 ^b	6,80 ^a	5,57 ^{ab}	9215 ^a	29641 ^d	27321 ^b	9350 ^a	4195 ^a
5	36,1 ^a	2,70 ^{ab}	7,50 ^a	5,79 ^b	9261 ^a	30172 ^e	24761 ^{ab}	7937 ^a	4673 ^a
F-test	9,48	4,38	1,82	4,9	52,4	96	4,6	63,3	0,97
hladina významnosti p≤	0,01	0,05	ns	0,05	0,01	0,01	0,05	0,01	ns

Tabulka 17: Varianty substrátů u pokusů s gazáními – rok 2011

Variety Gazanie 2011	
1	Substrát Baltica průměr
2	Gramoflor
3	Rašelina + 5% neseparovaného digestátu a 95 % rašeliny
4	Rašelina + 10% neseparovaného digestátu a 90 % rašeliny
5	Rašelina + 15% neseparovaného digestátu a 85 % rašeliny

Z tabulky 18 je zřejmé, že obsah sušiny substrátu je nejnižší u zahradnického substrátu bez přídavku digestátu a má stoupající tendenci se zvyšujícím se podílem ND. Rozdíly v procentu sušiny nebyly statisticky významné.

Obsah NO₃⁻ byl nejvyšší u varianty číslo 5. Varianty 2,3 a 4 jsou vzájemně srovnatelné. Nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl mezi variantami.

Obsah NH₄ byl u varianty 5 průkazně zvýšený oproti ostatním variantám.

Obsahy draslíku v substrátech s přídavkem digestátu byly vždy statisticky průkazně vyšší než v obou kontrolních substrátech (Zahradnický substrát a gramoflor). Se stoupajícími dávkami digestátu zároveň signifikantně stoupal i obsah K.

Obsahy hořčíku byly v případě kontrolních substrátů a substrátu s přídavkem 5 % digestátu srovnatelné. Hodnoty u variant 4 a 5 jsou statisticky průkazně vyšší. Obsah hořčíku má stoupající tendenci úměrnou zvyšujícímu se přídavku digestátu.

Obsah fosforu byl v substrátu s 5 % digestátu srovnatelný s Gramoforem. Přidání 10 a 15 % digestátu vedlo k průkaznému zvýšení obsahu P. Obsah P má zvyšující se tendenci se stoupajícími se dávkami digestátu.

V případě obsahu vápníku jsou hodnoty v substrátech s digestátem vzájemně srovnatelné, mají zvyšující se tendenci se stoupajícími dávkami digestátu. Statisticky průkazný rozdíl je u zahradnického kontrolního substrátu, kde jsou hodnoty výrazně vyšší.

Tabulka 18: % sušina substrátů a obsah makroprvků v jejich sušině (mg/kg) po sklizni pokusu s Gazání 2011

Gazanie 2011							
č. varianta	sušina (%)	N-NO₃	N-NH₄	K	Mg	P	Ca
1	24,5 ^a	6,50 ^a	61,1 ^a	116 ^a	774 ^a	294 ^a	11221 ^b
2	29,1 ^a	1,50 ^a	638 ^a	141 ^a	688 ^a	81,2 ^b	3749 ^a
3	30,8 ^a	0,90 ^a	144 ^a	686 ^b	778 ^a	104 ^b	2707 ^a
4	31,0 ^a	1,70 ^a	52,6 ^a	1468 ^c	937 ^b	234 ^a	2800 ^a
5	36,2 ^a	18,7 ^a	1477 ^b	2941 ^d	1064 ^b	313 ^a	3041 ^a
F-test	1,84	1,28	20,82	124,7	22,55	37,70	219,05
hladina významnosti p≤	ns	ns	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

* obsahy dusíku byly stanoveny metodou /CAT a obsahy ostatních makroprvků metodou Mehlich 3

Z tabulky 19 vyplývá, že u hmotnosti čerstvé nadzemní hmoty rostlin nebyly zjištěny statisticky průkazné rozdíly. Nejnižší hmotnost byla u kontrolní varianty č. 2 a nejvyšší u varianty č. 4 s 10 % ND. V případě hmotnosti sušiny byly zaznamenány podobné tendence a rozdíly nebyly staticky průkazné. Hmotnost sušiny je velice podobná ve všech variantách. Rozdíly v procentuálním podílu sušiny také nebyly statisticky průkazné. Nejvyšší procentuální podíl sušiny měla varianta č. 2 a nejnižší varianta č. 4, čili opačně v porovnání s hmotností čerstvé nadzemní hmoty.

Obsah dusíku v rostlině u varianty č. 5 byl statisticky průkazně vyšší než u ostatních variant. Zbylé varianty byly vzájemně srovnatelné.

Obsah fosforu v rostlině u varianty č. 5 byl také statisticky průkazně vyšší než u ostatních variant. Je zde patrná stoupající tendence s vyššími přídávky digestátu.

U obsahu draslíku nejsou statisticky průkazné rozdíly mezi variantami. Se stoupajícím přídatkem digestátu je rovněž patrná stoupající tendence.

Obsah vápníku je nejnižší u varianty č. 5 a nejvyšší u varianty č. 2 a 4. rozdíly mezi variantami jsou statisticky neprůkazné.

U hořčíku je tomu podobně jako u vápníku, nejnižší obsah je u varianty č. 3 a nejvyšší u varianty č. 4. Rozdíly mezi variantami jsou statisticky neprůkazné.

Obsah síry je prokazatelně nejvyšší u varianty č. 4 nejnižší u variant č. 1 a 3.

Tabulka 19: Hmotnost a procento sušiny rostlin Gazénie (2011) a celkové obsahy makroprvků v nadzemní hmotě mg/kg

Gazénie 2011									
č. varianta	nadzemní hmota (g)	sušina (g)	sušina (%)	N	P	K	Ca	Mg	S
1	49,3 ^a	16,0 ^a	34,4 ^a	2,90 ^a	7843 ^a	33815 ^a	8949 ^a	2958 ^a	3210 ^a
2	37,1 ^a	14,5 ^a	45,1 ^a	3,40 ^a	6483 ^a	30756 ^a	10480 ^a	2499 ^a	3932 ^{ab}
3	41,2 ^a	15,9 ^a	38,8 ^a	3,30 ^a	7984 ^a	35411 ^a	7996 ^a	2115 ^a	2638 ^a
4	61,5 ^a	17,0 ^a	28,1 ^a	3,30 ^a	8446 ^a	36843 ^a	10294 ^a	3524 ^a	5437 ^b
5	51,8 ^a	16,2 ^a	31,4 ^a	4,80 ^b	11077 ^b	40510 ^a	6787 ^a	2236 ^a	4075 ^{ab}
F-test	2,86	1,88	1,72	9,10	11,99	0,80	2,55	2,75	6,51
hladina významnosti p≤	ns	ns	ns	0,01	0,01	ns	ns	ns	0,01

6.2 Výsledky pokusů 2012

Tabulka 20.: Varianty substrátů

Varianty bazalka 2012	
1	Zahradnický substrát B
2	Gramoflor
3	Rašelina + 10 % neseparovaného digestátu a 90 % rašeliny
4	Rašelina + 20 % neseparovaného digestátu a 80 % rašeliny
5	Rašelina + 25 % neseparovaného digestátu a 75 % rašeliny

Z tabulky 21 je zřejmé, že obsah sušiny substrátu je staticky průkazně vyšší u zahradnického substrátu bez přídavku digestátu. Obsah sušiny má klesající tendenci se zvyšujícím se podílem ND.

Obsah NO₃⁻ byl statisticky prokazatelně nejvyšší u varianty číslo 5 a 4. Varianty 1,2 a 3 jsou vzájemně srovnatelné.

Obsah N-NH₄ byl u variant s přídavkem digestátu statisticky prokazatelně zvýšený oproti kontrolám. Obsah N-NH₄ signifikantně rostl s množstvím přidaného digestátu.

Obsahy draslíku v substrátech s přídavkem digestátu byly vždy statisticky průkazně vyšší než v obou kontrolních substrátech (Zahradnický substrát a gramoflor). Se stoupajícími dávkami digestátu zároveň signifikantně stoupal i obsah K.

Obsahy hořčíku byly statisticky prokazatelně rozdílné, nejnižší byly u kontrolní varianty č. 2 a nejvyšší u varianty č. 4 a 5. Obsah Mg má zvyšující se tendenci se stoupajícími dávkami digestátu.

Obsah fosforu byl v zahradnickém substrátu srovnatelný s Gramoforem. Přidání 5, 10 a 15 % digestátu vedlo k signifikantně průkaznému zvýšení obsahu P. Obsah P má zvyšující se tendenci se stoupajícími dávkami digestátu.

V případě obsahu vápníku jsou hodnoty v substrátech s digestátem vzájemně srovnatelné, varianty č. 4 a 5 jsou mírně vyšší než varianta č. 3. Statisticky průkazný rozdíl je u zahradnického kontrolního substrátu (1), kde je obsah Ca výrazně vyšší.

Tabulka 21: % sušina substrátů a obsah makroprvků v jejich sušině (mg/kg) po sklizni pokusu s Bazalkou 2012

Bazalky 2012							
č. varianta	sušina (%)	N-NO₃	N-NH₄	K	Mg	P	Ca
1	38,0 ^b	53,2 ^a	4,30 ^a	206 ^a	960 ^b	115 ^a	6288 ^b
2	28,0 ^{ab}	7,30 ^a	3,50 ^a	133 ^a	620 ^a	114 ^a	4831 ^a
3	28,0 ^{ab}	6,80 ^a	150 ^b	713 ^b	979 ^b	276 ^b	4581 ^a
4	25,0 ^a	321 ^b	366 ^c	3434 ^c	1349 ^c	556 ^c	5292 ^a
5	24,0 ^a	460 ^c	314 ^d	3979 ^d	1411 ^c	661 ^d	5238 ^a
F-test	6,9	89,1	109	602,8	241,3	145,4	11,7
hladina významnosti p≤	0.01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

* obsahy dusíku byly stanoveny metodou CAT a obsahy ostatních makroprvků metodou Mehlich 3

Ze statistické analýzy v tabulce 22 vyplývá, že u hmotnosti čerstvé nadzemní hmoty rostlin byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly. Nejnižší hmotnost byla u kontrolní varianty č. 4 a 5 a nejvyšší u varianty č. 2 a 3. V případě hmotnosti sušiny byly zaznamenány podobné tendence a rozdíly byly rovněž staticky průkazné. Nejmenší hmotnost sušiny byla u variant č. 4 a 5 a nejvyšší u varianty č. 2. Rozdíly v procentuálním podílu sušiny byly také statisticky průkazné. Nejvyšší průkazný procentuální podíl sušiny měla varianta č. 2 a nejnižší varianta č. 3. Zbylé varianty jsou srovnatelné.

U obsahu dusíku v rostlině byly statisticky průkazně rozdíly. Nejnižší hodnotu vykazovala varianta č. 3 a nejvyšší varianty č. 4 a 5.

Rozdíly v obsahu fosforu v rostlině u jednotlivých variant byly také statisticky průkazné. Nejnižší hodnoty byly zaznamenány u kontrolních variant č. 1 a 2 a nejvyšší u variant č 4 a 5. Je patrná stoupající tendence s vyššími přídávky digestátu.

U obsahu draslíku je statisticky průkazný rozdíl pouze u varianty č. 2, která má nižší obsah než ostatní. Mezi variantami je patrná stoupající tendence s vyššími přídávky digestátu.

Obsah vápníku je statisticky prokazatelně vyšší u kontrolních variant č. 1 a 2. U variant s přídávkem digestátu má klesající tendenci v závislosti na množství přidaného digestátu.

U hořčičku je tomu podobně jako u vápníku, kontrolní varianty jsou mezi sebou prokazatelně statisticky rozdílné a vyšší než varianty s přidavkem digestátu. S přidavkem digestátu je patrná mírně stoupající tendence obsahu Mg v substrátech.

Obsah síry je prokazatelně vyšší u varianty č. 3 oproti variantě č. 1, zbylé varianty jsou vzájemně srovnatelné.

Tabulka 22: Hmotnost a procento sušiny rostlin Bazalka (2012) a celkové obsahy makroprvků v nadzemní hmotě mg/kg

Bazalky 2012									
č. varianta	nadzemní hmota (g)	sušina (g)	sušina (%)	N	P	K	Ca	Mg	S
1	34,8 ^c	2,57 ^{ab}	7,25 ^{ab}	4,14 ^a	1751 ^b	64979 ^a	18406 ^b	6622 ^b	1220 ^a
2	47,7 ^b	4,27 ^c	9,00 ^b	3,31 ^c	2982 ^c	26700 ^b	20530 ^b	10962 ^c	1322 ^{ab}
3	46,9 ^b	3,50 ^{bc}	6,75 ^a	4,85 ^a	6014 ^d	57569 ^a	10205 ^a	2937 ^a	1876 ^b
4	23,0 ^a	2,10 ^a	8,75 ^{ab}	6,09 ^b	8399 ^a	63395 ^a	8682 ^a	3133 ^a	1610 ^{ab}
5	20,5 ^a	1,80 ^a	8 ^{ab}	5,99 ^b	8688 ^a	64001 ^a	8126 ^a	3539 ^a	1758 ^{ab}
F-test	43,2	29,7	4,5	55,1	178,2	62,5	66,5	443,6	6,2
hladina významnosti p≤	0,01	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Tabulka 23.: Varianty substrátů

Varianty gazanie 2012	
1	Zahradnický substrát B
2	Gramoflor
3	5 % neseparovaného digestátu a 95 % rašeliny
4	10 % neseparovaného digestátu a 90 % rašeliny
5	15 % neseparovaného digestátu a 85 % rašeliny

Z tabulky 24 je zřejmé, že obsah sušiny je nejvyšší u zahradnického substrátu bez přidavku digestátu. Nejnižší je u varianty č. 4. Rozdíly v procentu sušiny nebyly statisticky průkazné.

Obsah N-NO₃ byl statisticky průkazně nejvyšší u varianty číslo 4. U kontrolních substrátů byl výrazně nižší než u substrátů s přidavkem ND.

Obsah N-NH₄ byl průkazně zvýšený u variant č. 3 a 4. Nejmenší byl u kontrolního substrátu č. 1.

Obsah draslíku v substrátech s přidavkem digestátu byl statisticky průkazně vyšší u variant č. 4 a 5, než u obou kontrolních substrátů (Zahradnický substrát a gramoflor). Se stoupajícími dávkami digestátu zároveň stoupal i obsah K.

Obsahy hořčíku byly statisticky prokazatelně vyšší u variant č. 4 a 5. Nejnížší byly naopak u kontrolní varianty č. 2. Obsah Mg má zvyšující se tendenci se stoupajícími dávkami digestátu.

Obsahy fosforu byly statisticky prokazatelně vyšší opět u variant č. 4 a 5. Obsah P vykazuje zvyšující se tendenci se stoupajícími dávkami digestátu. Nejnížší je u varianty č. 2.

V případě obsahu vápníku je statisticky průkazně vyšší varianta s kontrolním substrátem č. 1 oproti variantě 3. Zbylé varianty jsou srovnatelné a lze pozorovat zvyšující se tendenci s přidavkem ND.

Tabulka 24: % sušina substrátů a obsah makroprvků v jejich sušině (mg/kg) po sklizni pokusu s Gazénií 2012

Gazanie 2012							
č. varianta	sušina (%)	N-NO₃	N-NH₄	K	Mg	P	Ca
1	41,8 ^a	2,40 ^a	8,60 ^a	84,4 ^a	1047 ^a	122 ^a	6383 ^b
2	36,6 ^a	53,0 ^a	18,1 ^a	91,9 ^a	746 ^c	86,2 ^a	5019 ^{ab}
3	37,9 ^a	406 ^a	64,0 ^b	1070 ^a	1041 ^a	188 ^a	4205 ^a
4	27,6 ^a	2215 ^b	44,3 ^b	3051 ^b	1446 ^b	610 ^b	5300 ^{ab}
5	46,3 ^a	682 ^a	13,7 ^a	3202 ^b	1462 ^b	626 ^b	5528 ^{ab}
F-test	1,45	21,65	24,4	58,6	32,37	134,36	7,54
hladina významnosti p≤	ns	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

* obsahy dusíku byly stanoveny metodou CAT a obsahy ostatních makroprvků metodou Mehlich 3

Ze statistické analýzy tabulky 25 vyplývá, že u hmotnosti čerstvé nadzemní hmoty nebyly zjištěny statisticky průkazné rozdíly. Nejnížší hmotnost byla u kontrolní varianty č. 3 a nejvyšší u varianty č. 2. V případě hmotnosti sušiny byly zaznamenány podobné tendence a rozdíly opět nebyly statisticky průkazné. Nejnížší hmotnost sušiny byla u kontrolní varianty č. 3 a nejvyšší u varianty č. 2. Rozdíly v procentuálním podílu sušiny také nebyly statisticky průkazné. Nejnížší procentuální podíl sušiny byl opět u kontrolní varianty č. 3 a nejvyšší u varianty č. 2. U všech tří případů měly hodnoty u substrátů s ND vzestupnou tendenci dle přidavku ND.

U obsahu dusíku v rostlině byly statisticky průkazné rozdíly. Nejnížší byly hodnoty u kontrolní varianty č. 1 a 2 a nejvyšší varianty č. 3, 4 a 5. Varianty s přidavkem ND byly srovnatelné.

Obsah fosforu v rostlině u jednotlivých variant byl také statisticky průkazný. Nejnižší byly varianty kontrolní č. 1 a 2. A nejvyšší u variant s přídatkem ND. Je patrná stoupající tendence s vyššími přídatky digestátu.

U obsahu draslíku jsou statisticky průkazné rozdíly mezi variantami. Nejnižší je u varianty č. 2. Všechny substráty s přídatkem digestátu vykazují větší obsah K než kontrolní substráty. Mezi variantami je patrná stoupající tendence s vyššími přídatky digestátu.

Obsah vápníku je statisticky prokazatelně vyšší u kontrolních variant č. 1, 2 a u varianty č. 5. U variant s přídatkem digestátu má stoupající tendenci v závislosti na množství přidaného digestátu.

U hořčíku jsou rozdíly mezi variantami statisticky neprůkazné. Kontrolní varianty vykazují zvýšený obsah proti variantám s ND o přibližně 800 mg/kg.

Obsah síry je prokazatelně vyšší u kontrolní varianty č. 1 a průkazně nejnižší u variant č. 4 a 3.

Tabulka 25: Hmotnost a procento sušiny rostlin *Gazanie* (2012) a celkové obsahy makroprvků v nadzemní hmotě mg/kg

Gazanie 2012									
č. varianta	nadzemní hmota (g)	sušina (g)	sušina (%)	N	P	K	Ca	Mg	S
1	65,0 ^a	6,50 ^a	10,1 ^a	2,24 ^b	1650 ^a	58584 ^a	14626 ^a	3901 ^a	4815 ^b
2	70,5 ^a	7,40 ^a	10,5 ^a	2,28 ^b	1956 ^a	38127 ^c	12157 ^a	3913 ^a	4001 ^{ab}
3	52,8 ^a	4,90 ^a	9,60 ^a	3,20 ^a	3240 ^b	59992 ^a	8039 ^b	3190 ^a	3537 ^a
4	59,2 ^a	5,70 ^a	9,80 ^a	3,30 ^a	3250 ^b	65430 ^{ab}	8592 ^b	2894 ^a	3221 ^a
5	62,3 ^a	6,10 ^a	10,0 ^a	3,30 ^a	3316 ^b	76672 ^b	12515 ^a	3235 ^a	3746 ^{ab}
F-test	0,93	3,2	0,4	21,03	12,49	18,95	18,08	2,39	5,54
hladina významnosti p≤	ns	0,05	ns	0,01	0,01	0,01	0,01	ns	0,01

Tabulka 26: Varianty substrátů

Varianty máta 2012	
1	Zahradnický substrát B
2	Gramoflor
3	5 % neseparovaného digestátu a 95 % rašeliny
4	10 % neseparovaného digestátu a 90 % rašeliny
5	15 % neseparovaného digestátu a 85 % rašeliny

Z tabulky 27 je zřejmé, že obsah sušiny je statisticky průkazně nejvyšší u zahradnického substrátu bez přídatku digestátu. U ostatních variant je srovnatelný.

U obsahu N-NO₃ byly statisticky průkazné rozdíly mezi variantami. Nejvyšší obsah je u kontrolní varianty č. 1, dále pak u kontrolní varianty č. 2. U kontrolních substrátů byl obsah výrazně vyšší než u substrátů s přídatkem ND, které měli stoupající tendenci s přídatkem ND.

U obsahu N-NH₄ nebyly statisticky průkazné rozdíly. Nejvyšší obsah byl u varianty č. 5. Nejnižší u kontrolního substrátu č. 1. Obsahy u variant s ND měly zvyšující se tendenci s přídatkem ND.

Obsah draslíku v substrátech s přídatkem digestátu byl statisticky průkazně vyšší u varianty č. a 5, Se stoupajícími dávkami digestátu zároveň stoupal i obsah K.

Obsahy hořčíku byly statisticky prokazatelně rozdílné u všech variant. Nejnižší byl u kontrolní varianty č. 2 a nejvyšší u substrátu č. 5. Obsah Mg měl signifikantně zvyšující se tendenci se stoupajícími dávkami digestátu.

Obsahy fosforu byly statisticky prokazatelně rozdílné u kontrolních variant i u variant s přídatkem ND. Obě kontrolní varianty měly průkazně větší obsah P, než obsahy u variant s přídatkem ND 5 a 10 %. Nejvyšší obsah měla varianta č. 5 s 15 % ND. Obsah P má zvyšující se tendenci se stoupajícími dávkami digestátu.

V případě obsahu vápníku jsou statisticky průkazně vyšší hodnoty u variant s kontrolním substrátem č. 1 a 2. Zbylé varianty s přídatkem ND jsou vzájemně srovnatelné.

Tabulka 27: % sušina substrátů a obsah makroprvků v jejich sušině (mg/kg) po sklizni pokusu s Mátou 2012

Máta 2012							
č. varianta	sušina (%)	N-NO₃	N-NH₄	K	Mg	P	Ca
1	39,7 ^b	37,2 ^c	9,10 ^a	259 ^a	886 ^{ab}	134 ^{bc}	6207 ^c
2	25,7 ^a	15,8 ^b	14,5 ^a	108 ^a	622 ^d	106 ^b	5572 ^{bc}
3	24,4 ^a	0,90 ^a	31,1 ^a	156 ^a	824 ^a	50,3 ^a	4593 ^{ab}
4	26,8 ^a	3,30 ^{ab}	61,2 ^a	574 ^a	963 ^{bc}	28,1 ^a	4627 ^{ab}
5	26,6 ^a	4,30 ^{ab}	141 ^a	1431 ^b	1050 ^c	146 ^c	4400 ^a
F-test	6,58	30,66	1,76	24,70	40,20	56,70	11,21
hladina významnosti p≤	0,01	0,01	ns	0,01	0,01	0,01	0,01

* obsahy dusíku byly stanoveny metodou CAT a obsahy ostatních makroprvků metodou Mehlich 3

Ze statistické analýzy v tabulce 28 vyplývá, že u hmotnosti čerstvé nadzemní hmoty nebyly zjištěny statisticky průkazné rozdíly. Nejnižší hmotnost byla u kontrolní varianty č. 2 a

nejvyšší u varianty č. 5. Varianty měly zvyšující se tendenci ve hmotnosti nadzemní hmoty se stoupajícími dávkami ND. V případě hmotnosti sušiny byly zaznamenány podobné tendence a rozdíly opět nebyly staticky průkazné. Nejnižší hmotnost sušiny byla u kontrolní varianty č. 2 a nejvyšší u varianty č. 5. Rozdíly v procentuálním podílu sušiny také nebyly statisticky průkazné. Nejnižší procentuální podíl sušiny byl u varianty č. 4 a nejvyšší u kontrolní varianty č. 1.

U obsahů dusíku v rostlině nebyly statisticky průkazné rozdíly. Nejnižší byly kontrolních variant č. 1 a 2 a nejvyšší varianty č. 5. Varianty měly zvyšující se tendenci se stoupajícími dávkami ND.

Mezi obsahy fosforu v rostlině u jednotlivých variant byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly. Nejnižší byly u kontrolní varianty č. 1. a průkazně nejvyšší u varianta č. 5. Je patrná stoupající tendence s vyššími dávkami digestátu.

U obsahu draslíku jsou statisticky průkazné rozdíly mezi variantami. Nejnižší je u varinaty č. 2. Všechny substráty s přidavkem digestátu vykazují větší obsah K než kontrolní substráty. Nejvyšší statisticky průkazný obsah K má varianta č. 3.

Obsah vápníku je statisticky prokazatelně vyšší u kontrolních variant č. 1 a 2. Nejnižší je u varianty č. 5.

U hořčíku jsou rozdíly v obsahu opět statistiky průkazné u variant č. 1 a 2, kde jsou vyšší. Nejnižší je u varianty č. 5.

Obsah síry je statisticky prokazatelně vyšší u variant s přidavkem digestátu, které jsou vzájemně srovnatelné. Nejnižší je u kontrolní varianty č. 1.

Tabulka 28: Hmotnost a procento sušiny rostlin Máta (2012) a celkové obsahy makroprvků v nadzemní hmotě mg/kg

Máta 2012									
č. varianta	nadzemní hmota (g)	sušina (g)	sušina (%)	N	P	K	Ca	Mg	S
1	34,2 ^a	5,70 ^a	16,7 ^a	2,70 ^a	1425 ^a	33093 ^{ab}	12384 ^{bc}	4256bc	1713 ^b
2	31,3 ^a	4,50 ^a	15,0 ^a	2,70 ^a	2098 ^{ab}	25011 ^a	14304 ^c	4961c	1944 ^{ab}
3	37,4 ^a	5,60 ^a	14,2 ^a	2,78 ^a	1830 ^{ab}	38049 ^{ab}	9862 ^{ab}	3403ab	2722 ^a
4	39,6 ^a	5,10 ^a	12,8 ^a	2,95 ^a	2175 ^{ab}	42251 ^b	10303 ^{ab}	3543ab	2868 ^a
5	55,8 ^a	7,50 ^a	13,5 ^a	3,63 ^a	2404,6 ^b	38945 ^{ab}	8919 ^a	3292a	2862 ^a
F-test	2,01	1,24	1,66	2,69	4,99	5,55	12,44	14,60	8,60
hladina významnosti p≤	Ns	ns	ns	ns	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

6.3 Výsledky pokusů 2013

Tabulka 29: Varianty substrátů

Varianty bazalka 2013	
1	Zahradnický substrát B
2	Rašelina + 5% neseparovaného digestátu + 3 g/l dolomitu
3	Rašelina + 5% neseparovaného digestátu + 6 g/l dolomitu
4	Rašelina + 10% neseparovaného digestátu + 3 g/l dolomitu
5	Rašelina + 10% neseparovaného digestátu + 6 g/l dolomitu

Z tabulky 30 je zřejmé, že obsah sušiny je statisticky průkazně nejvyšší u varianty č. 3. a nejnižší u kontrolní varianty č. 2. Zbylé varianty jsou staticky srovnatelné.

U obsahu N-NO₃ nebyly statisticky průkazné rozdíly mezi variantami. Nejvyšší obsah je u varianty č. 5, dále pak u kontrolní varianty č. 1. U zbylých variant jsou nízké a vzájemně srovnatelné obsahy.

U obsahů N-NH₄ nebyly zjištěny statisticky průkazné rozdíly. Nejvyšší obsah byl u kontrolní varianty č. 2. Nejnižší u kontrolního substrátu č. 1.

U obsahů draslíku byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly mezi jednotlivými variantami. Nejnižší obsah byl zjištěn u kontrolní varianty č. 1, nejvyšší u varianty č. 4.

Obsahy hořčíku byly statisticky prokazatelně rozdílné. Nejnižší byl u kontrolní varianty č. 1 a nejvyšší u substrátu č. 5. Obsah Mg má zvyšující se tendenci se stoupajícími dávkami digestátu.

Obsahy fosforu byly statisticky prokazatelně rozdílné. Nejnižší obsah měla varianta č. 1 a 3. a prokazatelně nejvyšší obsah měla varianta č. 4.

U obsahu síry je statisticky významný rozdíl u varianty č. 1, kde je o mnoho vyšší hodnota než u ostatních variant, které jsou srovnatelné.

V případě obsahu vápníku je staticky průkazně vyšší varianta s kontrolním substrátem č. 1., která je opět mnohonásobně vyšší jako u síry než zbylé varianty, které jsou srovnatelné.

Tabulka 30: % sušina substrátů a obsah makroprvků v jejich sušině (mg/kg) po sklizni pokusu s Bazalkou 2013

Bazalka 2013								
č. varianta	sušina (%)	N-NO₃	N-NH₄	K	Mg	P	S	Ca
1	51,5 ^{ab}	376,6 ^a	105 ^a	96,3 ^a	824 ^a	24,9 ^a	834 ^b	1058 ^b
2	42,0 ^a	21,3 ^a	2796 ^a	584 ^{bc}	1173 ^{ab}	44,6 ^{ab}	53,8 ^a	17,3 ^a
3	66,8 ^b	9,90 ^a	322 ^a	259 ^{ab}	974 ^{ab}	24,9 ^a	46,2 ^a	15,7 ^a
4	48,5 ^{ab}	41,0 ^a	1588 ^a	1119 ^d	1004 ^{ab}	128 ^b	74,6 ^a	10,4 ^a
5	44,8 ^{ab}	625 ^a	969 ^a	907 ^{cd}	1377 ^b	73,8 ^{ab}	61,6 ^a	33,1 ^a
F-test	3,92	2,1	2,01	27,6	6,3	5,1	83,4	30,6
hladina významnosti p≤	ns	ns	ns	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

* Obsahy N, P, K, Mg a S byly stanoveny metodou CAT a obsah Ca vodným výluhem.

Ze statistické analýzy v tabulce 31 vyplývá, že u hmotnosti čerstvé nadzemní hmoty byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly. Hodnota u varianty č. 1 byla prokazatelně vyšší než u ostatních variant, které byly vzájemně srovnatelné. V případě hmotnosti sušiny byly zaznamenány podobné tendence a rozdíly byly opět staticky průkazné v případě varianty č. 1, kde byla hodnota vyšší. Nejnižší hmotnost sušiny byla u kontrolní varianty č. 2. Rozdíly v procentuálním podílu sušiny nebyly statisticky průkazné. Nejnižší procentuální podíl sušiny byl u varianty č. 3 a nejvyšší u varianty č. 4.

U obsahů dusíku v rostlině byly statisticky průkazné rozdíly. Nejnižší byl u kontrolní varianty č. 1. a nejvyšší variant č. 4 a 5.

Rozdíly v obsahu fosforu v rostlině u jednotlivých variant byly také statisticky průkazné. Nejnižší byly u varianty kontrolní č. 1. a nejvyšší u varianty č. 4.

U obsahu draslíku jsou statisticky průkazné rozdíly mezi variantami. Nejnižší je u varinaty č. 1. Nejvyšší statisticky průkazný obsah K má varianta č. 4.

Obsah vápníku je prokazatelně statisticky vyšší u kontrolních variant č. 1. Rozdíly u zbylých variant jsou statisticky neprůkazné a velice podobné.

U hořčíku je obsah u varianty statistiky průkazný opět u varianty č. 1, který je nejvyšší. Rozdíly mezi zbylými variantami nejsou statisticky průkazné, nejnižší je u varianty č. 4.

Obsah síry je statisticky prokazatelně nižší u kontrolní varianty č. 1. Prokazatelně nejvyšší je u kontrolní varianty č. 2. Varianty s přidavkem digestátu jsou vzájemně srovnatelné.

Tabulka 3.: Hmotnost a procento sušiny rostlin Bazalka (2013) a celkové obsahy makroprvků v nadzemní hmotě mg/kg

Bazalka 2013									
č. varianta	nadzemní hmoty (g)	sušina (g)	sušina (%)	N	P	K	Ca	Mg	S
1	47,3 ^b	7,90 ^b	16,5 ^a	3,30 ^c	2089 ^c	24850 ^a	18040 ^b	8314 ^b	2889 ^a
2	8,10 ^a	0,90 ^a	21,7 ^a	4,10 ^{ab}	7984 ^{ab}	32389 ^{ab}	14580 ^a	6285 ^a	4584 ^b
3	16,7 ^a	2,60 ^a	15,8 ^a	3,90 ^b	5939 ^b	28406 ^{ab}	14741 ^a	6208 ^a	3301 ^{ab}
4	8,90 ^a	1,60 ^a	27,1 ^a	4,70 ^a	11261 ^a	35362 ^b	13230 ^a	4540 ^a	3830 ^{ab}
5	23,5 ^{ab}	3,20 ^a	18,4 ^a	4,40 ^a	10248 ^a	33887 ^{ab}	14404 ^a	5262 ^a	3380 ^{ab}
F-test	10,3	13,2	0,58	23,6	24,0	5,08	9,85	18,3	5,24
hladina významnosti p≤	0,01	0,01	ns	0,01	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01

Tabulka 32: Varianty substrátů

Varianty Gazanie 2013	
1	Zahradnický substrát B
2	Rašelina + 5% neseperovaného digestátu + 3 g/l dolomitu
3	Rašelina + 10% neseperovaného digestátu + 6 g/l dolomitu
4	Rašelina + 5% neseperovaného digestátu + 3 g/l dolomitu
5	Rašelina + 10% neseperovaného digestátu + 6 g/l dolomitu

Z tabulky 33 je zřejmé, že rozdíly v obsahu sušiny v substrátu nejsou statisticky průkazné. Nejvyšší jsou u varianty č. 5. a nejnižší u kontrolní varianty č. 2. Obsah sušiny má zvyšující se tendenci se stoupajícími dávkami digestátu.

U obsahu N-NO₃ byl statisticky průkazný rozdíl u kontrolní varianty č. 1, která obsahovala nejvyšší množství. Obsah u varianty č. 4 a 5 byl vyšší, než u varianty č. 2 a 3.

U obsahu N-NH₄ nebyl statisticky průkazný rozdíl mezi žádnými z variant. Nejvyšší obsah měla varianta č. 4 a nejnižší varianta č. 3.

U obsahu draslíku byly zjištěny statisticky průkazně vyšší hodnoty u variant č. 4 a 5. Nejnižší obsah byl zjištěn u kontrolní varianty č. 1.

Obsah hořčíku byl statisticky prokazatelně rozdílný. Nejnižší byl u kontrolní varianty č. 1 a 4 a nejvyšší srovnatelně u substrátů č. 3 a 5.

Obsah fosforu byl také statisticky prokazatelně rozdílný. Nejvyšší obsah měly varianty č. 4, a 5. Varianty 1, 2 a 3 byly vzájemně srovnatelné.

U obsahu síry je statisticky významný rozdíl u varianty č. 1, kde je hodnota výrazně vyšší než u ostatních variant, které jsou takřka srovnatelné.

V případě obsahu vápníku je staticky průkazně vyšší hodnota u varianty s kontrolním substrátem č. 1.

Tabulka 33: % sušina substrátů a obsah makroprvků v jejich sušině (mg/kg) po sklizni pokusu s Gazénií 2013

Gazénié 2013								
č. varianta	sušina (%)	N-NO ₃	N-NH ₄	K	Mg	P	S	Ca
1	51,7 ^a	85,4 ^b	104 ^a	20,2 ^a	717 ^a	23,7 ^a	678 ^b	788 ^b
2	44,0 ^a	2,30 ^a	60,4 ^a	53,5 ^a	1186 ^{ab}	22,2 ^a	18 ^a	99,5 ^a
3	44,5 ^a	4 ^a	25,5 ^a	57,4 ^a	1504 ^b	24,2 ^a	18,9 ^a	130 ^a
4	52,8 ^a	35,8 ^a	183 ^a	312 ^b	990 ^a	66,3 ^b	29,9 ^a	103 ^a
5	55,2 ^a	26,8 ^a	71,6 ^a	271 ^b	1594 ^b	52,3 ^b	24,2 ^a	163 ^a
F-test	1,40	11,98	2,9	46,1	12,1	17,8	10	42,8
hladina významnosti p≤	ns	0,01	ns	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

* Obsahy N, P, K, Mg a S byly stanoveny metodou CAT a obsah Ca vodným výluhem.

Ze statistické analýzy u tabulky 34 vyplývá, že u hmotnosti čerstvé nadzemní hmoty nebyly zjištěny statisticky průkazné rozdíly. Varianta č. 1 a 5 byla vyšší než ostatní varianty, které byly srovnatelné. V případě hmotnosti sušiny byly zaznamenány podobné tendence a rozdíly opět nebyly staticky průkazné. Varianty č. 1 a 5, byly vyšší než ostatní, které byly takřka srovnatelné. Rozdíly v procentuálním podílu sušiny nebyly opět statisticky průkazné. Všechny podíly sušiny jsou prakticky srovnatelné.

U obsahu dusíku v rostlině byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl. Nejnižší byl u varianty č. 3, nejvyšší u varianty č. 4., avšak všechny varianty se pohybují v rozmezí 0,9 %.

U obsahu fosforu v rostlině byl také statisticky průkazný rozdíl u jednotlivých variant. Nejnižší byly varianty kontrolní č. 1 a 2. Nejvyšší jsou u substrátu č. 5. Obsah P má zvyšující se tendenci se stoupajícími dávkami digestátu.

U obsahu draslíku nejsou statisticky průkazné rozdíly mezi variantami. Nejnižší je u kontrolních varinat. A nejvyšší obsah K má varianta č. 5.

Obsah vápníku je statisticky prokazatelně vyšší u kontrolní varianty č. 1. Rozdíly u zbylých variant jsou staticky neprůkazné.

U hořčíku je obsah u varianty statistiky průkazný opět u varianty č. 1, kde je nejvyšší. Rozdíly mezi zbylými variantami nejsou statisticky průkazné.

Obsah síry je statisticky prokazatelně vyšší u kontrolní varianty č. 1. U zbylých variant není staticky průkazný rozdíl. Nejnižší obsah je u varianty č. 5.

Tabulka 34: Hmotnost a procento sušiny rostlin Gazénie (2013) a celkové obsahy makroprvků v nadzemní hmotě mg/kg

Gazénie 2013									
č. varianta	nadzemní hmota (g)	sušina (g)	sušina (%)	N	P	K	Ca	Mg	S
1	63,1 ^a	6,30 ^a	10 ^a	3 ^{ab}	3252 ^a	28848 ^a	21173 ^b	8329 ^b	9937 ^b
2	48,5 ^a	5,20 ^a	10,6 ^a	2,50 ^{ab}	3780 ^a	26300 ^a	14261 ^a	3981 ^a	6852 ^a
3	44,7 ^a	5 ^a	11,3 ^a	2,30 ^a	4861 ^{ab}	33043 ^a	13113 ^a	3902 ^a	5847 ^a
4	45,0 ^a	4,80 ^a	10,9 ^a	3,40 ^b	4957 ^{ab}	32707 ^a	13096 ^a	3816 ^a	6356 ^a
5	56,1 ^a	6,20 ^a	11,2 ^a	3,10 ^{ab}	6508 ^b	36695 ^a	13476 ^a	4330 ^a	5591 ^a
F-test	4,10	3,40	0,71	4,67	7,79	2,32	11,67	21,51	14,46
hladina významnosti p≤	0,05	0,05	ns	0,05	0,01	ns	0,01	0,01	0,01

Tabulka 35: Varianty substrátů

Varianty máta 2013	
1	Zahradnický substrát B
2	Rašelina + 5% neseparovaného digestátu + 3 g/l dolomitu
3	Rašelina + 5% neseparovaného digestátu + 6 g/l dolomitu
4	Rašelina + 10% neseparovaného digestátu + 3 g/l dolomitu
5	Rašelina + 10% neseparovaného digestátu + 6 g/l dolomitu

Z tabulky 36 je zřejmé, že obsah sušiny je nejvyšší u zahradnického substrátu bez přídavku digestátu. Rozdíly v procentu sušiny nebyly statisticky významné.

U obsahu N-NO₃ také nejsou statisticky průkazné rozdíly, avšak několikanásobně vyšší obsah měl kontrolní substrát č. 1. Zbylé varianty jsou vzájemně srovnatelné.

Obsah N-NH₄ je zvýšený u všech variant s přídavkem digestátu, které měly zvyšující se tendenci v závislosti na přidaném množství.

Obsahy draslíku byly nejvyšší u varianty č. 5. Se stoupající dávkou digestátu zároveň signifikantně stoupal i obsah K, který byl nepatrně vyšší u variant s přidáním 6 g dolomitu. Nejnižší byl u kontrolní varianty. Mezi variantami nebyly statisticky průkazné rozdíly.

Obsahy hořčíku byly v případě kontrolního substrátu i substrátů s digestátem srovnatelné. Nejnižší obsah vykazoval kontrolní substrát. Rozdíly jsou statisticky neprůkazné.

Obsahy fosforu byly v případě kontrolního substrátu i substrátů s digestátem srovnatelné. Nejnižší obsah vykazovala varianta č. 3. Rozdíly jsou statisticky neprůkazné.

V případě síry je prokázán statistický rozdíl u kontrolní varianty, která vykazovala vyšší obsah. Ostatní varianty s digestátem byly vzájemně srovnatelné, nejnižší obsah vykazovala varianta č. 5.

V případě obsahu vápníku je stejně jako u síry prokázán statistický významný rozdíl u kontrolní varianty, která vykazovala výrazně vyšší obsah. Ostatní varianty jsou vzájemně srovnatelné.

Tabulka 36: % sušina substrátů a obsah makroprvků v jejich sušině (mg/kg) po sklizni pokusu s Mátou 2013

Máta 2013								
č. varianta	sušina (%)	N-NO₃	N-NH₄	K	Mg	P	S	Ca
1	47,5 ^a	39,7 ^a	21,8 ^a	78,8 ^a	749 ^a	33,5 ^a	593 ^b	452 ^b
2	33,5 ^a	4,70 ^a	21,9 ^a	110 ^a	1302 ^a	32,1 ^a	103 ^a	51,8 ^a
3	34,2 ^a	5,20 ^a	23,7 ^a	154 ^a	1234 ^a	16,5 ^a	57,7 ^a	73,0 ^a
4	33,9 ^a	7,40 ^a	37,3 ^a	408 ^a	1181 ^a	39,8 ^a	71,7 ^a	33,4 ^a
5	36,0 ^a	13,2 ^a	47,1 ^a	452 ^a	1293 ^a	45,3 ^a	42,6 ^a	31,9 ^a
F-test	0,90	1,69	3,13	2,55	2,99	1,24	61,68	9,83
hladina významnosti $p \leq$	ns	ns	0,05	ns	ns	ns	0,01	0,01

* Obsahy N, P, K, Mg a S byly stanoveny metodou CAT a obsah Ca vodným výluhem.

Ze statistické analýzy v tabulce 37 vyplývá, že rozdíly mezi hmotnostmi čerstvé nadzemní hmoty nebyly průkazné. Nižší hmotnosti byly u variant s 5 % přídavkem digestátu. V případě hmotnosti sušiny byly zaznamenány podobné tendence, nejvyšší hmotnost sušiny měla kontrolní varianta. Zbylé varianty jsou na velice podobné úrovni. Ani rozdíly v procentu sušiny nebyly statisticky průkazné. Nejvyšší procentuální obsah sušiny měla kontrolní varianta. Zbylé varianty měly klesající tendenci s výší přídavku ND.

Obsah dusíku v rostlině byl ve všech variantách na velice podobné úrovni v rozmezí 0,7%, nejvyšší obsahy vykazovaly varianty s přídavkem 10 % ND.

U obsahu fosforu jsou statisticky průkazné rozdíly jak mezi kontrolní variantou, tak i mezi variantami s přídavkem 5 a 10 % ND. Nejnižší byl u kontrolní varianty a nejvyšší u variant s 10 % ND.

V obsahu draslíku nejsou statisticky průkazné rozdíly. Tendence jsou však stejné jako u fosforu. Obsah vápníku je statisticky průkazně nejvyšší u varianty č. 1. Poté klesá přímo úměrně s množstvím přidaného digestátu.

U hořčíku je tomu stejně jako u vápníku, statisticky průkazně vyšší obsah má kontrolní varianta. Poté obsah klesá přímo úměrně s množstvím přidaného digestátu.

Obsah síry je téměř srovnatelný ve všech variantách, s výjimkou kontrolní variantu č. 1, kde je cca o 400 mg/kg vyšší.

Tabulka 37: Hmotnost a procento sušiny rostlin Máta (2013) a celkové obsahy makroprvků v nadzemní hmotě mg/kg

Máta 2013									
č. varianta	nadzemní hmota (g)	sušina (g)	sušina (%)	N	P	K	Ca	Mg	S
1	45,8 ^a	10,2 ^a	22,3 ^a	2,20 ^a	2192 ^b	15056 ^a	16380 ^b	6130 ^b	4383 ^a
2	34,5 ^a	6,90 ^a	20,1 ^a	2 ^a	3174 ^{ab}	16219 ^a	13246 ^{ab}	5380 ^{ab}	3858 ^a
3	35,6 ^a	7 ^a	19,7 ^a	2,20 ^a	2976 ^{ab}	18539 ^a	12507 ^a	5150 ^{ab}	4065 ^a
4	47,3 ^a	7,70 ^a	16,3 ^a	2,70 ^a	4260 ^a	22158 ^a	11000 ^a	4299 ^a	4079 ^a
5	47,4 ^a	7,90 ^a	16,9 ^a	2,70 ^a	4202 ^a	22696 ^a	11437 ^a	4168 ^a	3850 ^a
F-test	2,29	1,98	1,90	1,54	5,84	3,48	8,25	9,81	0,22
hladina významnosti p _≤	Ns	ns	ns	ns	0,01	0,05	0,01	0,01	ns

6.4 Výsledky pokusů 2014

Tabulka 38: varianty substrátů

Variety bazalka 2014	
1	Zahradnický substrát B
2	Rašelina + 5 % neseparovaného digestátu + 10 g/l vápenitého dolomitu
3	Rašelina + 5 % neseparovaného digestátu + 15 g/l vápenitého dolomitu
4	Rašelina + 10 % neseparovaného digestátu + 10 g/l vápenitého dolomitu
5	Rašelina + 10 % neseparovaného digestátu + 15 g/l vápenitého dolomitu

Z tabulky 39 je zřejmé, že obsahy sušiny rostly s množstvím přidaného digestátu. Nejvyšší byly u variant č. 4 a 5 s 10 % ND. Nejnižší u kontrolního substrátu. Mezi variantami nebyl statisticky významný rozdíl.

U obsahu N-NO₃ je statisticky průkazně nejvyšší varianta č. 2. a nejnižší varianta č. 5.

U obsahu N-NH₄ je zřejmé, že rostl statisticky průkazně s množstvím přidaného digestátu. Nejvyšší byl u variant č. 4 a 5 s 10 % ND, výrazně nejnižší u kontrolního substrátu.

Obsahy draslíku opět rostly statisticky průkazně s množstvím přidaného digestátu. Nejvyšší byly u variant č. 4 a 5 s 10 % ND, výrazně nejnižší u kontrolního substrátu. U variant s přidavkem digestátu byly vyšší obsahy naměřeny u přidavku 10 g/l vápenitého dolomitu.

Obsahy hořčíku opět rostly statisticky průkazně s množstvím přidaného digestátu. Nejvyšší byly u varianty č. 5 a 3 s 10 % ND, výrazně nejnižší u kontrolního substrátu.

Obsahy fosforu byly v případě kontrolního substrátu statisticky průkazně nižší než u variant 4 a 5. Totéž platí i pro varianty 2 a 3.

V případě síry je prokázán statistický významný rozdíl u varianty č 4 a 5, která vykazovala vyšší obsah. Hodnota u kontrolního substrátu je mírně vyšší než varianty s přídavkem 5% ND.

V případě obsahu vápníku je stejně jako u síry prokázán statistický významný rozdíl u kontrolní varianty, která vykazovala výrazně vyšší obsah. Vyšší dávka dolomitu vedla ke zvýšení obsahu Ca, v případě variant 4 a 5 byl rozdíl průkazný.

Tabulka 39: % sušina substrátů a obsah makroprvků v jejich sušině (mg/kg) po sklizni pokusu s Bazalkou 2014

Bazalka 2014								
č. varianta	sušina (%)	N-NO₃⁻	N-NH₄⁺	K	Mg	P	S	Ca
1	49,4 ^a	174 ^{ab}	41,8 ^c	98,0 ^a	549 ^d	44,9 ^a	63,9 ^a	458 ^c
2	51,7 ^a	193 ^b	306 ^a	589 ^c	1373 ^{ab}	58,6 ^a	52,3 ^a	46,7 ^{ab}
3	52,9 ^a	160 ^{ab}	361 ^a	472 ^b	1529 ^{bc}	49,6 ^a	49,7 ^a	60,3 ^{ab}
4	61,3 ^a	147 ^{ab}	757 ^b	1344 ^c	1274 ^a	126 ^b	87,1 ^b	45,7 ^a
5	62,7 ^a	142 ^a	697 ^b	1082 ^d	1627 ^c	140 ^b	88,9 ^b	62,9 ^b
F-test	2,86	4,23	314,8	432,7	153,9	169,5	28,4	2738
hladina významnosti p≤	ns	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

* Obsahy N, P, K, Mg a S byly stanoveny metodou CAT a obsah Ca vodným výluhem.

Ze statistické analýzy v tabulce 40. vyplývá, že rozdíly mezi hmotnostmi čerstvé nadzemní hmoty rostlin byly průkazné. Nejnižší hmotnosti byly u variant s 5 % přídavkem digestátu a nejvyšší prokazatelná hmotnost byla u kontrolního substrátu. V případě hmotnosti sušiny byly zaznamenány podobné tendence, kdy nejvyšší obsah sušiny měla kontrolní varianta. Zbylé jsou na velice podobné úrovni. Rozdíly v procentu sušiny nebyly statisticky průkazné. Nejvyšší procentuální obsah sušiny měla varianta č. 5 a poté kontrolní varianta. Zbylé jsou si velice podobné.

Obsah dusíku v rostlině byl statisticky průkazně nejnižší u kontrolní varianty. Zbylé varianty jsou na stejné úrovni s nepatrnou tendencí zvyšování obsahu s přídavkem digestátu a dolomitu.

U obsahu fosforu jsou statisticky průkazné rozdíly u kontrolní varianty, kde bylo dosaženo vyšší hodnoty. Zbylé varianty jsou na podobné úrovni, vyjma varianty č. 5, která vykazuje nepatrný nárůst.

V obsahu draslíku jsou statisticky průkazné rozdíly. Nejnižší obsah měla kontrolní varianta a staticky průkazně nejvyšší varianta č. 5. Zbylé varianty jsou na stejné úrovni.

Obsah vápníku je statisticky průkazně nejvyšší u varianty č. 1. Dále se pohybuje na stejné úrovni u variant s přidavkem 15 g/l dolomitu. A nejnižší je u variant s přidavkem 10 g/l dolomitu.

U hořčíku je tomu stejně jako u vápníku, statistiky průkazně vyšší obsah má kontrolní varianta. Zbylé varianty jsou na stejné úrovni. K nepatrnému nárůstu dochází u variant s přidavkem 15 g/l dolomitu.

Obsah síry je srovnatelný ve všech variantách v odchylce pouze 0,04 %. Rozdíly jsou statisticky neprůkazné.

Tabulka 40: Hmotnost a procento sušiny rostlin Bazalka (2014) a celkové obsahy makroprvků v nadzemní hmotě v %

Bazalka 2014									
č. varianta	nadzemní hmota (g)	sušina (g)	Sušiny (%)	N	P	K	Ca	Mg	S
1	45,0 ^c	4,60 ^a	10,1 ^a	3,70 ^b	15900 ^b	31500 ^a	21200 ^a	9200 ^c	2900 ^a
2	25,2 ^{ab}	2,10 ^b	8,30 ^a	4,20 ^{ab}	9600 ^a	37600 ^{ab}	15100 ^b	6200 ^{ab}	2700 ^a
3	24,8 ^a	2,30 ^b	9,30 ^a	4,40 ^a	10300 ^a	37000 ^{ab}	16000 ^b	6600 ^b	2800 ^a
4	31,6 ^b	2,80 ^b	8,90 ^a	4,60 ^a	10400 ^a	37500 ^{ab}	13500 ^b	5000 ^a	2700 ^a
5	30,3 ^{ab}	3,20 ^b	10,7 ^a	4,70 ^a	12300 ^{ab}	39700 ^b	15900 ^b	6000 ^{ab}	3100 ^a
F-test	36,88	14,64	1,45	10,08	7,24	4,52	9,81	27,99	1,8
hladina významnosti p≤	0,01	0,01	ns	0,01	0,01	0,05	0,01	0,01	ns

6.5 Výsledky pokusů 2015

Tabulka 41: Varianty substrátů

Varianty máta 2015	
1	Kontrola
2	5 % digestátu + 95 % rašeliny + 10 g/l dolomitu
3	5 % digestátu + 90 % rašeliny + 15 g/l dolomitu
4	10 % digestátu + 95 % rašeliny + 10 g/l dolomitu
5	10 % digestátu + 90 % rašeliny + 15 g/l dolomitu

Z tabulky 42 je zřejmé, že obsah sušiny je nejnižší u variant s 10 % ND. Zbylé varianty jsou na podobné úrovni. Mezi variantami nebyl statisticky významný rozdíl.

U obsahu N-NO₃ je statisticky průkazně nejvyšší u variant č. 1 a 5 a nejnižší u variant č. 4 a 3.

U obsahu N-NH₄ je zřejmé, že rostl statisticky průkazně s množstvím přidaného digestátu. Nejvyšší je u variant č. 4 a 5 s 10 % ND. Výrazně nejnižší je u kontrolního substrátu.

Obsahy draslíku opět rostly statisticky průkazně s množstvím přidaného digestátu. Nejvyšší byly u variant č. 4 a 5 s 10 % ND a výrazně nejnižší u variant č. 2 a 3 s 5 % ND. Obsah u kontrolní varianty se pohybuje mezi variantami s 10 % a 5 % ND.

Obsahy hořčíku opět rostly statisticky průkazně u variant s přídavkem digestátu, avšak nejvyšší hodnoty byly u variant s přídavkem 5 % ND a 15 g/l dolomitu. Nejnižší obsah je statisticky průkazně u kontrolní varianty.

Obsahy fosforu opět rostly statisticky průkazně s množstvím přidaného digestátu. Nejvyšší byly u variant č. 4 a 5 s 10 % ND, nejnižší u variant č. 2 a 3 s 5 % ND. Obsah u kontrolní varianty se pohyboval mezi variantami s 10 % a 5 % ND.

V případě síry je prokázán statistický významný rozdíl u varianty č. 1, která vykazovala vyšší obsah. U ostatních variant vyšel statisticky neprůkazně vyšší obsah s přídavkem 15 g/l dolomitu.

V případě obsahu vápníku je prokázán statistický významný rozdíl u varianty č. 1, která vykazovala opět vyšší obsah stejně jako u síry. U ostatních variant vyšel statisticky neprůkazně vyšší obsah při přídavku 15 g/l dolomitu.

Tabulka 43: % sušina substrátů a obsah makroprvků v jejich sušině (mg/kg) po sklizni pokusu s Mátou 2015

Máta 2015								
č. varianta	sušina (%)	N-NO ₃	N-NH ₄	K	Mg	P	S	Ca*
1	42,5 ^a	247 ^b	54,6 ^a	838 ^{ab}	633 ^d	116 ^{bc}	451 ^b	1655 ^c
2	43,0 ^a	128 ^a	205 ^b	621 ^a	1606 ^{ab}	63,3 ^a	49,6 ^a	154 ^a
3	42,6 ^a	92,3 ^a	99,6 ^{ab}	578 ^a	1875 ^c	73,9 ^{ab}	72,1 ^a	297 ^a
4	36,0 ^a	89,1 ^a	409 ^c	1096 ^{bc}	1405 ^a	136 ^c	57,9 ^a	179 ^a
5	34,4 ^a	215 ^b	382 ^c	1168 ^c	1709 ^{bc}	201 ^d	85,5 ^a	495 ^b
F-test	0,99	33,82	32,75	20,77	109,40	31,67	444,43	412,33
hladina významnosti p≤	ns	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

* Obsahy N, P, K, Mg a S byly stanoveny metodou CAT a obsah Ca vodným výluhem.

Ze statistické analýzy v tabulce 44 vyplývá, že rozdíly mezi hmotnostmi čerstvé nadzemní hmoty nebyly průkazné. Nejnižší hmotnost byla u kontrolní varianty. V případě hmotnosti sušiny byly zaznamenány podobné tendence, nejnižší statisticky neprůkazný obsah sušiny měla kontrolní varianta. Zbylé jsou na velice podobné úrovni. Rozdíly v procentu sušiny již byly statisticky průkazné. Nejvyšší procentuální obsah sušiny měla kontrolní varianta. Zbylé jsou na podobné úrovni.

Obsah dusíku v rostlině byl statisticky průkazně nejnižší u kontrolní varianty. Zbylé varianty jsou na podobné úrovni s nepatrnou tendencí zvyšování obsahu s přidávkem digestátu.

Obsah fosforu byl statisticky průkazně nejnižší u kontrolní varianty. Zbylé varianty jsou na stejné úrovni.

V obsahu draslíku nejsou statisticky průkazné rozdíly. Nejnižší obsah měla varianta č. 3 a nejvyšší varianta č. 5. Zbylé varianty jsou na stejné úrovni.

Obsah vápníku je statisticky průkazně nejvyšší u varianty č. 1. Dále je zřejmá postupná klesající tendence. U hořčíku je statisticky prokazatelně nejnižší hodnota u kontrolní varianty a prokazatelně nejvyšší u varianty č. 2.

Obsah síry je statisticky prokazatelně nejnižší u kontrolní varianty. Vyšší o cca 500 mg/kg je u varianty č. 3. U zbylých variant je statisticky průkazně vyšší ve srovnání s kontrolou. Tyto varianty jsou na stejné úrovni.

Tabulka 44: Hmotnost a procento sušiny rostlin Máta (2015) a celkové obsahy makroprvků v nadzemní hmotě mg/kg

Máta 2015									
č. varianta	Nadzemní hmota (g)	sušina (g)	Sušina (%)	N	P	K	Ca	Mg	S
1	11,2 ^a	2,25 ^a	20,2 ^b	2,64 ^b	3931 ^b	38510 ^a	17783 ^b	2791 ^b	2339 ^b
2	18,5 ^a	2,87 ^a	15,4 ^a	3,23 ^a	5531 ^a	37408 ^a	13339 ^a	5011 ^a	3294 ^a
3	15,4 ^a	2,75 ^a	17,7 ^{ab}	3,20 ^a	5104 ^a	35796 ^a	12347 ^a	4508 ^a	2855 ^{ab}
4	17,6 ^a	2,90 ^a	17,0 ^{ab}	3,48 ^a	5302 ^a	38438 ^a	11866 ^a	3738 ^{ab}	3131 ^a
5	19,5 ^a	2,87 ^a	14,5 ^a	3,34 ^a	5384 ^a	41441 ^a	11251 ^a	4018 ^{ab}	3149 ^a
F-test	1,27	0,28	6,29	25,95	8,28	2,03	17,56	8,27	6,02
hladina významnosti $p \leq$	ns	ns	0,01	0,01	0,01	ns	0,01	0,01	0,01

7 Diskuze

Výsledky pokusů z let 2011 - 2015 většinou vykazují se stoupající dávkou digestátu zvýšení obsahů draslíku a hořčíku. Je zde v mnoha případech viditelné i zvýšení obsahu fosforu a amonného dusíku. Naopak u většiny případů dochází ke snížení obsahu síry a vápníku.

Moller and Stinner (2009) uvádějí, že aplikace digestátu ve srovnání s ostatními organickými hnojivy nesnižuje obsah reziduálního N-NO₃ na podzim, tudíž nemá vliv na snížení vyplavení N-NO₃ v období nejvyšších ztrát. Na to ukazuje i zvýšení obsahu nitrátového dusíku se stoupajícím přídatkem digestátu do substrátů v našich pokusech. Dá se předpokládat, že díky pohyblivosti NO₃⁻ iontů docházelo i k jejich vyplavování. Dle výzkumu Muhlbachové a kol. (2016) došlo při pokusech s fugátem, digestátem a NPK + močovina k největším ztrátám dusičnanů během vegetačního období 2013 a 2014 a byly prokázány při jednorázových i dělených dávkách v aplikaci minerálních hnojiv. To lze vysvětlit 100% podílem minerálního N, který lehce přechází nitrifikací z amonné formy na snadno vyplavitelné dusičnany. Naopak nejnižší ztráty ve srovnání s nehnojenou kontrolou byly prokázány u fugátu, neboť část dusíku je obsažená v organické formě a rostlině je zpřístupňován postupně. Dělené dávky snižují riziko vyplavení dusičnanů, stejného názoru je i Svoboda et al. (2015).

García-Sanchez et al. (2015) uvádějí v pokuse, kde testovali digestát na vliv půdních vlastností a mikrobiální aktivitu, že aplikace digestátu měla za následek zlepšení všech testovaných chemických parametrů (vodivost, C_{tot}, celkový obsah organického uhlíku, obsah reaktivního organického uhlíku, sacharidů, N_{tot} a N-NO₃). Po 60 dnech došlo ke zvýšení i N-NH₄. Pokus byl realizován ve směsi půdy s 10 % usušeného digestátu u pšenice seté (*Triticum aestivum*). V našich pokusech po přidání digestátu do rašeliny došlo ke snížení obsahu N-NO₃. Oproti kontrolnímu zahradnickému substrátu, s Gramoflorem byly obsahy srovnatelné. Ve většině případů je patrné i stoupající tendence obsahu N-NH₄ v substrátech po sklizních pokusů u variant se zvyšujícím se přídatkem digestátu.

Lošák a kol. (2017) uvádí, že digestáty do půdy dodávají všechny makro i mikro živiny, přičemž dominuje dusík a draslík. V případě našich pokusů bylo zjištěno, že neseparovaný digestát dodal do půdy hlavně amonný dusík, draslík a fosfor.

Albuquerque et al. (2012) prováděli pokus na využití digestátu pro pěstování zahradních plodin (květáku a vodního melounu) a zlepšování půdních vlastností. Z výsledků je zřejmé, že digestát měl pozitivní účinek na výnos melounů pěstovaných v létě oproti

ostatním variantám (kejda a minerální hnojivo). V porovnání s květákem pěstovaným v zimě byl výnos oproti minerálním hnojivům velmi malý, což souvisí s tím, že zima zpomaluje mikrobiální procesy, jako je nitrifikace a většími požadavky kvěťáku na dusík, která je spojena s délkou vegetační doby. Z výsledků pokusu je zřejmé, že po aplikaci digestátu došlo nejen k prokazatelnému zvýšení obsahu dusíku, ale zvýšil se i obsah fosforu v půdě. Při porovnání u našich pokusů lze říci, že obsah $N-NH_4$ byl téměř vždy vyšší u variant s přídatkem neseparovaného digestátu, zejména v letech: 2011 (gazanie – varianta 5, bazalka – varianta 3, 4 a 5), 2012 (bazalka, varianta 4 a 5, máta – varianta 5), 2014 (bazalka, varianta 4 a 5), 2015 (máta, varianta 4 a 5). Obsah fosforu také jednoznačně prokázal vyšší obsahy v substrátu u variant s neseparovaným digestátem oproti kontrolám.

Ve studii Kodymová et al. (2016) byly porovnávány účinky minerálních hnojiv (močovina, polidap a LAV) při pěstování silážní kukuřice oproti separátu a fugátu. Výsledky ukazují, že separát a fugát příznivě působí na zvýšení pH půdy na rozdíl od minerálních hnojiv. Dále bylo zjištěno, že separát nemůže plně nahradit minerální hnojiva, v případě fugátu se výnos kukuřice pohyboval na stejné úrovni jako při hnojení minerálními hnojivy. Maucieri et al. (2016) prováděl studii na výnos polních plodin s fugátem, separátem a neseparovaným digestátem a uvedl, že výsledky nejsou tak jednoznačné. Všechny varianty vedly k větším výnosům u kukuřice a čiroku, kdežto u amarantu byl výnos zvýšený pouze v případě neseparovaného digestátu. Dle výzkumu Muhlbachové a kol. (2016), kteří prováděli polní pokusy s hnojením kukuřice v letech 2013 – 2015 v šesti variantách s digestátem, fugátem, NPK, močovinou a kombinací mezi těmito hnojivy vyplývá, že aplikace fugátu za dobrých vláhových podmínek vede k výnosům kukuřice přibližujícím se variantám hnojeným minerálním N ve stejné dávce. Výsledky byly totožné (2013), nebo mírně nižší (2014) než při aplikaci minerálních hnojiv. Při porovnání výnosů pouze mezi fugátem a digestátem byl v případě fugátu 5 % nárůst oproti variantám hnojených digestátem. Šimon et al. (2015) zjistil dokonce vyšší výnosy ozimé pšenice po aplikaci digestátu v porovnání s hnojivem NPK a to i při odlišných dávkách – digestát 76 kg N/ha, NPK 120 kg N/ha. Varianta s digestátem měla nejvyšší výnos zrna a třetí nejvyšší výnos slámy. Nejhůře vyšla varianta digestát + sláma. Také Kasal (2017) provedl pokus na užití digestátu ke hnojení brambor v letech 2013 – 2015, kde porovnával užití minerálních hnojiv (močoviny) s digestátem. Zjistil, že hnojení digestátem je za určitých podmínek alternativou hnojení minerálními N hnojivy. V pokusech byly výnosy hlíz u variant s digestátem vyšší, aniž by byla zhoršena kvalita hlíz. V našich pokusech bylo prokázáno, že výnos čerstvé nadzemní hmoty byl srovnatelný u varianty s přídatkem neseparovaného digestátu s kontrolní variantou se zahradnickým substrátem, a to

v letech: 2011 (bazalka – varianta 4 a 5, gazanie – varianta 5), 2012 (gazanie, varianta 4 a 5, máta – varianta 3 a 4), 2013 (gazanie, varianta 5, máta – varianta 4 a 5).

Obsah fosforu a draslíku v našem pokusu je v rostlině téměř ve všech letech jednoznačně větší u variant s neseparovaným digestátem oproti kontrolám. Bachmann et al. (2016) testovali distribuci fosforu při aplikaci digestátu. Nádobový pokus byl realizován s devíti různými variantami, kde bylo hnojeno NK, NPK, močůvkou, digestátem A (separovaný, neseparovaný a fugát) a digestátem B (separovaný, neseparovaný a fugát) ve čtyřech opakováních k rostlinám *Amaranthus cruentus*, *Sorghum bicolor*, *Zea mays* a *Phaseolus coccineus*. V pokusu byl analyzován výnos sušiny jednotlivých rostlin a obsah prvků v pěstebním substrátu. Oba digestáty ve všech formách vykazovaly stejné účinky fosforu, který byl ve formě vysoce rozpustné, a tak představovaly cenný zdroj přístupného P. Po aplikaci digestátu byla zjištěna nižší aktivita enzymů (zejména dehydrogenázy). Ta byla zapříčiněna nízkým poměrem C:N v digestátu. Z výsledků je zřejmé, že všechny druhy digestátů vedly k vyššímu příjmu fosforu rostlinou, než kontroly s TSP a močůvka. Tato forma je proto považována jako dobrý zdroj pro rostliny.

Mitova et al. (2016) ověřovali možnosti použití digestátu pro produkci a kvalitu rostlin. Pokus prováděli ve čtyřech opakováních s petrželí, u které probíhaly dvě sklizně a hlávkovým salátem, ve dvou půdních typech vertisol a fluvisol. Pokus probíhal v šesti variantách. Proti kontrolní a NPK byly testovány přídávky 5 % 15 % 25 % a 35 % digestátu. Výsledky pokusu potvrdily pozitivní efekt digestátu na růst petržele. U varianty s 25 % digestátu byl naměřen v obou půdních typech při obou sklizních větší výnos než u ostatních variant a také bylo naměřeno největší množství chlorofylu. V porovnání půdních typů měly větší výnos zelené hmoty rostliny pěstované ve fluvisoly. Nejvyšší obsah prvků N, P a K v rostlinách byl naměřen ve variantě s minerálními hnojivy v případě fluvisoly, zatímco při pěstování ve vertisoly byly největší koncentrace živin v rostlině v případě varianty s 25 % digestátu. Obsah sušiny byl největší v případě varianty s použitím minerálních hnojiv v první sklizni. Ve variantách hnojených organicky na fluvisolu byl největší obsah sušiny v případě varianty s přídávkem 35 % digestátu v obou sečích. Na vertisolu hnojeným organicky je nejvyšší obsah sušiny naměřen u varianty s přídávkem 25 % digestátu. V našem případě bylo zjištěno, že obsah dusíku, draslíku a fosforu byl zpravidla vyšší u variant s přídávkem digestátu oproti kontrolním substrátům.

Koszel et al. (2016) uvádí, že při jejich pokusech s digestátem bylo po rozboru půdy zjištěno zvýšené množství makroprvků (N, P, K, Ca, Mg). Ke zvýšení prokazatelně došlo i u obsahu v listech vojtěšky, a to i v porovnání s minerálními hnojivy, jak po první, tak i po

druhé seči. Obsah u jarní pšenice hnojené digestátem vykazoval vysoké množství bílkovin. Proto doporučují digestát jako hnojivo. Při našich pokusech s mátou, bazalkou a gazáníí bylo zjištěno zvýšené množství v rostlinách u N, P, K, naopak nižší obsah byl prokázán u Ca a Mg. V případě prvků v substrátech byl zjištěn vyšší obsah v porovnání s kontrolními variantami u N-NH₄, K, Mg a P. Snížený byl u Ca.

Riva et al. (2016) uvádí, že digestát je vhodná náhrada za minerální hnojiva při dusíkatém hnojení k silážní kukuřici. V pokusu v letech 2012 – 2013 testoval účinek močoviny a digestátu, kterým hnožil na povrch půdy a digestátu, který zapravil do půdy. Výnosy v porovnání s digestátem aplikovaným do půdy byly srovnatelné jako při hnojení močovinou. Tuto aplikaci doporučuje i z hlediska redukce zápachu (o 82-88%) uvolňovaného při hnojení digestátem a těkáním amoniaku do ovzduší. Pokus byl prováděn při dávkách 130 a 200 kg N/ha.

8 Závěr

V rámci pokusů byly založeny varianty, kde byl sledován vliv různých přísad neseparovaného digestátu a popř. i dolomitu do rašeliny. Výsledky z těchto variant pak byly porovnávány s hodnotami dosaženými u běžně dostupných pěstebních substrátů. Stanovené parametry byly následující: a) podíl sušiny a obsah přístupných forem makroprvků v substrátech po sklizni pokusů; b) výnosy čerstvé hmoty a sušiny pěstovaných rostlin a procentický podíl sušiny; c) celkový obsah makroprvků v sušině nadzemní hmoty rostlin.

Obecně lze říci, že v našich pokusech s přidáním neseparovaného digestátu do rašeliny došlo ke snížení podílu sušiny substrátu v porovnání s kontrolními variantami (zahradnický substrát a gramoflor). Obsah N-NO₃ byl u většiny případů nejvyšší u kontrolní varianty se zahradnickým substrátem. U druhého kontrolního substrátu – gramofloru byl však obsah N-NO₃ srovnatelný s variantami s přidáním neseparovaného digestátu. Při porovnání jednotlivých variant mezi sebou se zpravidla zvyšoval obsah N-NO₃ se zvyšujícím se obsahem neseparovaného digestátu.

Při porovnání obsahů N-NH₄ lze říci, že obsah byl ve většině případů vyšší u variant s neseparovaným digestátem. Nejnižší byl zaznamenán u kontrolní varianty číslo 1. Vyšší obsahy N-NH₄ byly prokázány zejména v letech: 2011 (gazanie – varianta 5, bazalka – varianta 3, 4 a 5), 2012 (bazalka, varianta 4 a 5, máta – varianta 5), 2014 (bazalka, varianta 4 a 5), 2015 (máta, varianta 4 a 5). Se stoupajícím přidáním digestátu se obsah N-NH₄ ve výsledných substrátech téměř vždy zvyšoval.

Výsledky u draslíku v testovaných substrátech jednoznačně vykazovaly zvýšení v případě všech variant s neseparovaným digestátem. Nejmenší obsah draslíku vykazovala kontrolní varianta s pěstebním substrátem. Draslík se v substrátech vždy zvyšoval v závislosti na množství přidaného digestátu.

V případě hořčíku a fosforu obvykle docházelo k zvýšení obsahu Mg přímo úměrně dávce přidaného digestátu. Nejnižší obsah byl zjištěn srovnatelně v obou kontrolních variantách. Porovnáme-li varianty s neseparovaným digestátem,

K měření obsahu síry docházelo pouze v letech 2013 – 2015. Zde měla jednoznačně nejvyšší obsah kontrolní varianta. Obsah byl zvýšený takřka vždy v rámci jednoho řádu vyjma roku 2014.

Obsah vápníku v substrátech byl ve všech letech jednoznačně nejvyšší u kontrolních variant. Proto lze usuzovat, že digestát není vhodným zdrojem přístupného Ca. K razantnímu zvýšení množství nedošlo ani po přidání dolomitického vápence.

Stoupající dávky digestátu vedly zpravidla i ke zvýšení hmotnosti nadzemní hmoty i sušiny pěstovaných rostlin. Naopak podíl sušiny rostlin byl ve srovnání s kontrolními substráty většinou srovnatelný nebo mírně nižší.

Obsah dusíku v rostlině byl nejvyšší u variant číslo 4 a 5, které mezi sebou byly takřka srovnatelné, a to v letech: 2012 (gazanie, bazalka a máta), 2013 (gazanie, máta a bazalka), 2014 (bazalky). Nejnižší obsah měla kontrolní varianta číslo 1.

Obsah fosforu byl nejvyšší ve většině případů u varianty číslo 5, v letech: 2011 (gazanie), 2012 (máta), 2013 (gazanie), 2014 (bazalka), avšak varianta číslo 4 byla značně podobná, a to v letech: 2011 (bazalky), 2012 (gazanie a bazalky), 2013 (máta a bazalka), 2015 (máta). Naopak nejnižší obsah měla kontrolní varianta se zahradnickým substrátem. Obsah fosforu v rostlině stoupal s navyšující se dávkou digestátu v substrátu.

Draslík v rostlině byl nejvyšší v případě varianty číslo 5 a to v letech: 2011 (bazalka a gazanie), 2012 (gazanie a máta), 2013 (gazanie a máta), 2014 (bazalka), 2015 (máta). Nejnižší obsah draslíku vykazovaly srovnatelně obě kontrolní varianty. Obsah draslíku v rostlině opět stoupal s navyšující se dávkou digestátu v substrátu.

U vápníku a hořčíku byl nejvyšší obsah naměřen v případě kontrolní varianty se zahradnickým substrátem. Nejnižší obsah byl srovnatelně ve všech variantách s přidavkem neseparovaného digestátu, což je vlivem podstatně nižšího obsahu vápníku v substrátu.

V případě síry nejednoznačně říci v jakých substrátech byl její obsah nejvyšší a nejnižší, během let a jednotlivých substrátů její množství bylo velmi různorodé.

9 Seznam použité literatury

Albuquerque, J. A., Fuente, C. L., Campoy, M., Carrasco, L., Nájera, I., Baixauli, C., Caravaca, F., Roldán, A., Cegarra, J., Bernal, M. P. 2012. Agricultural use of digestate for horticultural crop production and improvement of soil properties. *European Journal of Agronomy*. 43. 119 – 128.

Arthurson, V. 2009. Closing the Global Energy and Nutrient Cycles through Application of Biogas Residue to Agricultural Land – Potential Benefits and Drawback. *Energies*. 2 (2). 226 – 242.

Bachmann, S., Uptmoor, R., Eichler-Löbermann, B. 2016. Phosphorus distribution and availability in untreated and mechanically separated biogas digestates. *Scientia Agricola*. 73 (1).

Benda, V. 2012. *Obnovitelné zdroje energie*. Profi Press. Praha. 208 s. ISBN 978-80-86726-48-9.

Čenek M. 1994. *Obnovitelné zdroje energie*. Praha: FCC Public.

Česká bioplynová stanice CZBA. [online]. [cit. 2017-03-13]. Dostupné z: <<http://www.czba.cz/mapa-bioplynovych-stanic/>>

Dostál, J., Richter, R. 2008. Porovnání kvality kejdy s digestátem z bioplynových stanic a jejich využití ke hnojení zemědělských plodin. 35 – 46 s. *Kukuřice v praxi*. MZLU v Brně. ISBN 978-80-7375-135-7.

Dubský M., Šrámek F., Chaloupková Š. 2010. Pěstební substráty s přidavkem sprašové hlíny. Výzkumný ústav silva taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i.. [online]. Průhonice, 19 s. [cit. 2017-04-13]. Dostupné z: http://www.vukoz.cz/dokumenty/053/metodika_jily.pdf

Excel. Microsoft Office Excel 2010: Microsoft office Enterprise 2010. USA. release SP2
StatSoft. 2016. *Statistica*. StatSoft Inc. 1984-2015 s.r.o. ver. 12. Praha. Česká republika.

- Garcia-Sánchez, M., Siles, J. A., Cajthaml, T., Garcia-Romera, I., Tlustoš, P., Száková, J. 2015. Effect of digestate and fly ash applications on soil functional properties and microbial communities. *European Journal of Soil Biology*. 71. 1 – 12.
- Honsová, H. 2013. Pěstování kukuřice na výrobu bioplynu [online]. [cit. 2017-03-13]. Dostupné z <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/pestovani-kukurice-na-vyrobu-bioplynu>>.
- Ingram D. L., Henley R. W., Yeager, T. H. 1993. Growth Media for Container Grown Ornamental Plants. In: The University of Guam [online]. 16 s. Dostupné z: <<http://organicsoiltechnology.com/wp-content/uploads/Partical-sizes.pdf> >
- Insam, H., Gómez-Brandón, M., Ascher, J. 2015. Manure-base biogas fermentation residues – Friend or foe of soil fertility. *Soil Biology & Biochemistry*. 84. 1 – 14.
- Kasal, P. 2017. Užití digestátu ke hnojení brambor. 82 – 84. *Úroda*. 65 (3).
- Kintl, A., Knotová, D., Elbl, J. 2016. Komonice bílá - palivo do bioplynové stanice? *Úroda*. 64 (2). 80 – 82.
- Kodymová, J., Švehláková, H., Kyncl, M., Bártková, M. 2017. The Distribution of Macro- and Micronutrients in Maize Within Separated Digestate Fertilizing (Digestate Fibre and Digestate Luquor): Field Trial. 62 (4). 10 – 15.
- Kolář, L., Vaněk, V. 2012. Použití digestátu jako hnojiva – vlastnosti a působení na půdu. 47 – 52. *Racionální použití hnojiv Praha*. Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN 978-80-213-2331-5.
- Koszel, M., Kocira, A., Lorencowicz, E. 2016. The evaluation of the use of biogas plant digestate as a fertilizer in alfalfa and spring wheat cultivation. *Fresenius Environmental*. 25 (8). 3258 – 3264.
- Kučera, L., Bednář, P. 2014. Biogas system and possibilities of control and use of digestate in Czech Republic: A review. *Waste fórum*. 3. 123 – 135.
- Loria, E. R., Sawyer, J. E., Barker, D., Lorimor, J. C. 2007. Use of anaerobically digested swine manure as a nitrogen source in corn production. *Agronomy Journal*. 99 (4). 1119 – 1129.

- Lošák, T., Dostál, J., Hlušek J., Čermák P. 2017. Využití tekutých statkových a organických hnojiv ke hnojení zemědělských plodin. Mendelova univerzita v Brně. Brno. 60 s. ISBN 978-80-7509-471-1.
- Matouš J. a Soukup J. 1979. Výživa rostlin, substráty, voda v okrasném zahradnictví. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. Rostlinná výroba.
- Maucieri, C., Barbera, C. A., Borin, M. 2015. Effect of injection depth of digestate liquid fraction on soil carbon dioxide emission and maize biomass production. *Italian Journal of Agronomy*. 10 (1).
- Mitova, I., Petrova, V., Zlatareva, E. 2016. Possibility for using digestate to produce a quality plant production. *Евразийский Союз Ученых*. 25 (2).
- Möller, K., Stinner, W. 2009. Effects of different manuring systems with and without biogas digestion on soil mineral nitrogen content and on gaseous nitrogen losses (ammonia, nitrous oxides). *International journal of agricultural and biological engineering*. 30. 1 – 16.
- Muhlbachová, G., Duffková, R., Kusá, H., Vevera, R., Káš, M., Zajíček, A. 2016. Hnojení kukuřice digestátem a fugátem z bioplynových stanic. *Úroda*. 64 (11). 16 – 20.
- Nkoa, R. 2014. Agricultural benefits and environmental risks of soil fertilization with anaerobic digestates. *Agronomy for Sustainable Development*. 34 (2). 473 – 492.
- Pasian, C. 1997. Physical characteristics of growing mixes. *Horticulture and crops science*. Extension Fact Sheet, Ohio State University.
- Petříková V. a Weger J. 2015. Pěstování rostlin pro energetické a technické využití: biomasa, bioplyn, krmiva. Praha: Profi Press. ISBN 978-80-8672-669-4.
- Richter, R., Hlušek, J. 1994. Výživa a hnojení rostlin. Vysoká škola zemědělská v Brně. Brno. 171 s. ISBN 80-7157-138-5.
- Rigby, H., Smith, S. R. 2013. Nitrogen availability and indirect measurements of greenhouse gas emissions from aerobic and anaerobic biowaste digestates applied to agricultural soils. *Waste Management*. 2013. 33 (12). 2641 – 2652.
- Riva, C., Orzi, V., Carozzi, M., Acutis, M., Boccasile, G., Lonati, S., Tambone, F., Imporzano, G., Adani, F. 2016. Short-term experiments in using digestate products as

substitutes for mineral (N) fertilizer: Agronomic performance, odours, and ammonia emission impacts. *Science of the Total Environment*. 547. 206 – 214.

Schulz, H., Eder, B. 2004. *Bioplyn v praxi: teorie - projektování - stavba zařízení - příklady*. HEL. Ostrava. 167 s. ISBN 80-861-6721-6.

Smatanová, M. 2012. *Bioplynové stanice* [online]. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský [cit. 2017-03-11]. 19 s. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/file/214721/_2_BPS.pdf>

Svoboda, N., Taube, F., Klub, Ch., Wienforth, B., Sieling, K., Hasler, M., Kage, H., Ohl, S., Hartung, E., Herrmann, A. 2015. Ecological efficiency of maize-based cropping systems for Biogas Production. *Bioenergy research*. 8. 1621 – 1635.

Šimon, T., Kunzová, E., Friedlová, M. 2016. The effect of digestate, cattle slurry and mineral fertilization on the winter wheat yield and soil quality parameters. *Plant soil and environment*. 61 (11). 522 – 527.

StatSoft Inc. (2015): *STATISTICA* (data analysis software system). ver. 12, www.statsoft.com

Tambone, F., Adani, F., Gigliotti, G., Volpe, D., Fabbri, C., Provenzano, R. M. 2013. Organic matter characterization during the anaerobic digestion of different biomasses by means of CPMAS ¹³C NMR spectroscopy. *Biomass and Bioenergy*. 48. 111 – 120.

Tenza – bioplynové stanice [online]. [cit. 2017-03-13]. Dostupné z: <<http://www.tenza.cz/cz/aktivity/energetika/energeticke-stavby/bioplynove-stanice/>>

Valtera, J. 2003. Školkařské substráty. 136 – 142. *Modernizace výukového procesu u předmětů ovocné, okrasné školkařství a ovocnářství*. Lednice na Moravě. ISBN 80-7157-715-4.

Vaněk, V., Balík J., Pavlík M., Pavlíková D., Tlustoš P. 2016. *Výživa a hnojení polních plodin*. Profi Press. Praha. 219 s. ISBN 978-80-86726-79-3.

Vaněk V. 2012. *Výživa zahradních rostlin*. Praha: Academia. 568 s. ISBN 978-80-200-2147-2.

Vítěz, T., Prokeš, K., Groda, B., Koutný, T. 2015. Anaerobní testování energetických hybridů kukuřice [online]. [cit. 2017-03-13]. Dostupné z: <http://czbiom.cz/wp-content/uploads/6_KWS_testov%C3%A1n%C3%AD-hybrid%C5%AF.pdf>