

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin



**Vývoj pěstebního substrátu pro mátu peprnou s použitím
neseparovaného digestátu**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Michal Dvořák

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

© 2016 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vývoj pěstebního substrátu pro mátu peprnou s použitím neseparovaného digestátu" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne:

Poděkování

Rád bych zde velmi poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Martinu Kulhánkovi, Ph.D. za odborné vedení mé diplomové práce, pomoc při analýze vzorků, za hodnotné připomínky a především za jeho trpělivost a čas, který mi věnoval při konzultacích.

Vývoj pěstebního substrátu pro mátu peprnou s použitím neseparovaného digestátu

Souhrn

Tato diplomová práce se zaměřuje na vývoj vhodného pěstebního substrátu pro pěstování máty peprné s využitím rašeliny, neseparovaného digestátu a dolomitického vápence. S rostoucím počtem bioplynových stanic narůstá i produkce odpadu – digestátu. S jeho využitím se dá počítat především v zemědělství a v menší míře pak v zahradnictví. Digestát, získaný ze zemědělské bioplynové stanice ZD Krásná Hora nad Vltavou, se obecně projevuje vysokým pH a vysokým obsahem živin.

Cílem práce bylo vyvinout vhodný substrát vhodný pro pěstování máty peprné za použití rašeliny a neseparovaného digestátu z této zemědělské bioplynové stanice.

Za tímto účelem byl založen vlastní pokus z roku 2015, který navazuje na předchozí pokusy z let 2012 a 2013. Dále jsou zde tyto pokusy srovnány a vyhodnoceny. Pokus probíhal ve sklenících ČZU. Součástí pokusů s různým množstvím přidaného digestátu a dolomitického vápence, byly i kontrolní varianty běžných substrátů.

Před založením samotného pokusu byly vždy zjištěny vstupní hodnoty substrátů, zejména obsah sušiny, objemová hmotnost, pH a obsahy živin. Po sklizni rostlin máty byly provedeny rozbory substrátů stejně jako na začátku pokusu a nadzemní biomasy rostlin (čerstvá hmotnost biomasy, sušina a obsah makroprvků v sušině).

Z výsledků je zřejmé, že digestát dodává do substrátu velké množství živin, zejména amonné formy dusíku a draslíku. Dle předpokladu digestát postupně snižoval pH substrátu nitrifikací amonného dusíku na nitrátový. Přidáním dolomitického vápence se podařilo pH stabilizovat. Ve variantách s přidaným digestátem se statisticky průkazně zvýšil obsah fosforu ve sklizené biomase rostlin. Vyšší obsah dusíku ve sklizené biomase z variant s přidaným digestátem se nepodařilo statisticky průkazně dokázat, nicméně i toto zvýšení je zřejmé.

Klíčová slova: neseparovaný digestát, rašelina, substrát, máta peprná, pH, makroprvky

Development of growing substrate for mentha using unseparated digestate

Summary

This thesis focuses on the development of a suitable growing medium for the cultivation of *Mentha x piperita* L. using peat, unseparated digestate and dolomitic limestone. The growth in the number of biogas plants is increasing production of the waste product: digestate. Its use can be envisaged mainly in agriculture but also, to a lesser extent, in horticulture. Digestate obtained from agricultural biogas plant ZD Krásná Hora nad Vltavou, generally has a high pH and high nutrient content.

The aim of the study was to develop a substrate suitable for growing *Mentha x piperita* L. using peat and unseparated digestate from this agricultural biogas plant.

For this purpose, the study was further developed in 2015, which built on previous experiments from 2012 and 2013. The thesis compares and evaluates these three studies. The study took place in the CULS greenhouses, where different amounts of digestate and dolomitic limestone were compared with the control variants of conventional substrates.

Before the experiment began, the input values of the substrates were detected, particularly the dry matter content, density, pH and nutrient content. After harvesting the *Mentha x piperita* L., a second analysis was taken of the substrates; following the first analysis at the beginning of the experiment. The aboveground plant biomass (biomass fresh weight, dry weight, and the content of macro-elements in dry matter) was also tested after harvesting.

The results show that the digestate supplied to the substrate a large number of nutrients, in particular the ammonium form of nitrogen and potassium. As expected digestate gradually decreased pH in the substrate nitrification of ammonia nitrogen to nitrate. Adding dolomitic limestone has managed to stabilize the pH. Variants with added digestate had a statistically significant increase of the phosphorus content in the harvested biomass plants. The study failed to conclusively and statistically prove the higher nitrogen content in the harvested biomass from variants with added digestate, but the increase was obvious.

Keywords: unseparated digestate, peat, substrate, *Mentha x piperita* L., pH, macro-elements

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce.....	2
3	Vědecká hypotéza	3
4	Literární přehled.....	4
4.1	Pěstební substráty.....	4
4.1.1	Fyzikální vlastnosti substrátů.....	4
4.1.2	Chemické vlastnosti substrátů.....	5
4.1.2.1	Obsah solí	5
4.1.2.2	Půdní reakce substrátů	5
4.1.2.3	Ústojčivá schopnost substrátů.....	7
4.1.3	Biologické vlastnosti substrátů	8
4.2	Použité komponenty substrátů.....	8
4.2.1	Rašelina.....	8
4.2.1.1	Charakteristika	8
4.2.1.2	Rozdělení	9
4.2.1.2.1	Rozdělení rašelin podle podmínek vzniku	9
4.2.1.2.2	Rozdělení rašelin podle stupně rozložení	9
4.2.1.3	Fyzikální a chemické vlastnosti rašelin	10
4.2.1.3.1	Hodnota pH	10
4.2.1.3.2	Nasákavost rašeliny	11
4.2.2	Digestát	11
4.2.2.1	Vznik digestátu	11
4.2.2.1.1	Bioplynové stanice	11
4.2.2.2	Charakteristika digestátu.....	14
4.2.3	Vápenatá hnojiva.....	16
4.2.3.1	Pálené vápno	17
4.2.3.2	Mletý vápenec	17
4.2.3.3	Vápenatohořečnatá struska	18
4.2.3.4	Síran vápenatý.....	18
4.2.3.5	Slíny.....	18
4.3	Máta peprná (<i>Mentha x piperita</i>, L.).....	19
4.3.1	Botanické systematické zařazení a původ.....	19
4.3.2	Botanická charakteristika máty peprné (<i>Mentha x piperita</i> L.).....	19
4.3.3	Využití, složení a účinné látky	20

4.3.4	Nároky na pěstování.....	20
5	Metodika.....	21
5.1	Pokusy v roce 2012	21
5.2	Pokusy v roce 2013	22
5.3	Pokusy v roce 2015	23
5.4	Provedené analýzy	24
5.4.1	Stanovení hodnoty pH.....	24
5.4.2	Stanovení vybraných makroprvků metodou Mehlich 3	25
5.4.3	Stanovení vybraných makroprvků metodou CAT	25
5.4.4	Stanovení obsahu přístupného vápníku vodným výluhem.....	25
5.4.5	Analýzy rostlin	25
5.4.6	Obsah N v nadzemní hmotě	26
5.4.7	Zpracování výsledků	26
6	Výsledky.....	27
6.1	Pokusy v roce 2012	27
6.2	Pokusy v roce 2013	31
6.3	Pokusy v roce 2015	35
6.4	Srovnání výsledků z pokusů z let 2012, 2013 a 2015	40
7	Diskuze.....	42
8	Závěr	46
9	Literatura	48

1 Úvod

V současné době se stále více přihlíží k odpadům a výstupům z jakékoliv produkce jako k ceněnému materiálu. Počet bioplynových stanic v České republice již dosahuje přibližně počtu 500. Vezme-li se v úvahu tento počet instalovaných bioplynových stanic a tím i vysoká produkce digestátu, je nutné hledat jeho alternativní využití. Na jednu z možností využití digestátu je zaměřena i tato diplomová práce. Je zde zkoumána vhodnost využití sekundárního produktu z bioplynových stanic – neseparovaného digestátu, jako komponentu do pěstebních substrátů.

Využití digestátu je také závislé na vstupních surovinách. Z hlediska základních chemických vlastností a objemové hmotnosti jsou pro přípravu substrátů vhodné pouze digestáty ze zemědělských bioplynových stanic. V současné době se k přípravě zahradnických substrátů využívá nejvíce rašelina v kombinaci s dalšími komponenty v závislosti na požadovaných vlastnostech substrátu. Přidáním digestátu, lze snížit či vyřadit některé komponenty, zejména hnojiva, tradičně přidávané do substrátu a tím i snížit náklady na výrobu zahradnických substrátů.

Dále se digestát používá i v zemědělství jako hnojivo s vysokým obsahem živin na zemědělskou půdu, ale také při rekultivacích nezemědělských půd. Jako hnojivo jej lze aplikovat v kapalné i separované podobě. Důležité je aplikovat digestát v takovém množství, které daná kultura nejlépe využije, a aplikaci provádět dle správných agrotechnických zásad. Digestát je možno zpracovávat i v kompostárnách za účelem výroby kompostu jako organického hnojiva.

Při použití digestátu se musí sledovat i obsah rizikových prvků, jako kadmium, olovo, rtuť, arsen a zinek. Digestáty ze zemědělských bioplynových stanic většinou limity obsahu těchto prvků splňují.

2 Cíl práce

Cílem práce bylo vyvinout vhodný substrát pro pěstování máty pepřné za použití rašeliny a neseparovaného digestátu ze zemědělské bioplynové stanice.

3 Vědecká hypotéza

Běžně dostupná rašelina je substrát s nízkým pH a chudý na živiny. Neseparovaný digestát je naopak bohatý na živiny (zejména N a K) a jeho hodnota pH zpravidla přesahuje 8. Smícháním těchto substrátů ve vhodném poměru tedy povede k vytvoření substrátu pro pěstování máty peprné, srovnatelného s běžně používanými pěstebními substráty.

Je pravděpodobné, že zvýšení pH digestátem bude pouze krátkodobé. Přidání dolomitického vápence pravděpodobně stabilizuje pH substrátu po celou dobu pokusu.

4 Literární přehled

4.1 Pěstební substráty

Pěstitelské substráty tvoří zvláštní skupinu převážně organických materiálů, které nemají typický charakter hnojiv, protože nejsou v zásadě hlavním zdrojem živin. Ve své podstatě to jsou pěstební média používaná na přípravu pěstebních záhonů a do pěstebních nádob. Většinou jsou to směsi z převážně organických materiálů a zeminy, někdy i melioračních látek jako perlit, bentonit, pemza apod. Mají za úkol zajistit dobré podmínky pro rostliny i v omezeném a často velmi exponovaném prostředí (Vaněk et al., 2012).

Lea – Cox et Smith (1997) dodávají, že substráty by měli především napodobovat podmínky rostlin v jejich přirozených stanovištích. Neexistuje tedy jediný univerzální substrát pro všechny druhy.

Pro skleníkové pěstování rostlin byly nejvíce využívány dvě základní zemité směsi, a to směsi těžké o objemové hmotnosti 0,75 - 0,80 kg/l s převažujícím obsahem minerálních zemin a neutrální hodnotou pH, a dále směsi lehké s objemovou hmotností okolo 0,50 kg/l s převahou organických zemin a hodnotou pH v rozsahu 5,5 - 6,5.

V současné době se k výrobě substrátů nejvíce využívá rašelina. Ta je velmi často kombinována či nahrazována fermentovanou kůrou, především jehličnatých dřevin. Produkty vyrobené smícháním zemin a různých komponent již nevykazují vlastnosti původních zahradních zemin a je pro ně využíván termín substráty (Vaněk et al., 2012).

4.1.1 Fyzikální vlastnosti substrátů

Vaněk et al. (2012) uvádí mezi fyzikální vlastnosti substrátů velikost částic, strukturu, pórovitost, sorpci živin, vzdušnou a vodní kapacitu.

Mimo objemovou hmotnost, která je charakterizována jako podíl pevných částic v substrátu, se sleduje poměr vody a vzduchu v substrátu nasyceném vodou. Rostliny pěstované v nádobách mají k dispozici pouze omezené množství substrátu, tudíž jsou na jeho fyzikální vlastnosti kladeny vysoké požadavky. Zejména při vysoké vodní kapacitě musí obsahovat ještě

velké množství vzduchu (Ansorena, 1994). Vaněk et al., (2012) zmiňuje vhodný poměr vody a vzduchu asi v poměru 1:1.

Při přípravě substrátů se používají komponenty odlišných fyzikálních vlastností. Přestože jsou fyzikální vlastnosti jednotlivých komponentů známy předem, lze předvídat spolehlivě pouze objemovou hmotnost. Všechny ostatní fyzikální vlastnosti dle srovnání předpokládaných hodnot proti naměřeným hodnotám, nelze přesně předpovědět (Gabriel et al., 2009).

Zrnitostní složení a objemová hmotnost přímo ovlivňují fyzikální vlastnosti substrátů (Ansorena, 1994). Lze konstatovat, že s rostoucí objemovou hmotností se snižuje pórovitost i vzdušná kapacita, zvyšuje se podíl hůře dostupné a nedostupné vody. Změny objemové hmotnosti substrátu během vegetačního období mohou negativně ovlivnit další fyzikální vlastnosti a následně růst rostlin (Fernandes et Cora, 2004).

4.1.2 Chemické vlastnosti substrátů

Dle Vaňka et al. (2012) lze mezi chemické vlastnosti substrátů zařadit pH, ústojčivou schopnost, obsah solí, obsah rizikových prvků, přiměřený obsah organických látek, obsah přijatelných živin, obsah C:N aj.

4.1.2.1 Obsah solí

Vaněk et al. (2012) udává, že obsah solí v substrátu vyjadřuje elektrická vodivost - hodnota elektrické vodivosti ve vodném výluhu (EC). Jako optimální hodnoty uvádí 0,4 – 0,5 mS/cm u výsevních a množárenských substrátů a 0,6 – 1,0 mS/cm u pěstebních substrátů.

Vysoký obsah vodorozpustných solí je v substrátech pro většinu rostlin nevyhovující. Všeobecně platí, že mladé či nově přesazené rostliny reagují citlivěji na vyšší koncentraci solí než rostliny starší.

Situaci ztěžují fakta, že citlivost rostlin na koncentraci solí se během jejich růstu a vývoje mění, nároky jednotlivých rostlin na množství solí se výrazně odlišují, účinek solí na rostliny se mění v závislosti na obsahu organických látek a na objemové hmotnosti substrátu (Kováčik et al., 2001).

4.1.2.2 Půdní reakce substrátů

Půdní reakce je vyjadřována záporným dekadickým logaritmem koncentrace H^+ iontů. Ty se ve vodních roztocích spojují s molekulami vody a tvoří hydroxoniové ionty H_3O^+ .

V půdním roztoku rozpuštěné kyseliny a koloidní acidoidy uvolňují H^+ (disociace), rozpuštěné zásady a koloidní bazoidy se s nimi slučují (asociace). Půdní reakce je potom dána rovnovážným stavem mezi disociací a asociací H^+ iontů.

Okyselení půdy či substrátu vzniká v důsledku odstranění bází z organických koloidů do spodních horizontů, zvláště při vyšším úhrnu srážek či závlaze, jílových minerálů a z amorfních gelů, z nitrifikačních procesů, vlivem intenzivní biologické činnosti půdy (tvorba H_2CO_3) či hnojením fyziologicky kyselými hnojivy.

Vznik alkalické reakce lze přisoudit hlavně vysokému obsahu Na v prostředí, vysokému obsahu $CaCO_3$, intenzivní biologické činnosti půdy a používání hnojiv s vyšším obsahem sodíku (Hlušek et al., 2002).

Reakci substrátů ovlivňuje mnoho faktorů, zejména přítomnost a množství kyselin, solí a půdních koloidů, které mají vliv na koncentraci vodíkových iontů v půdním roztoku (Lang, 1996). Hlavní kyseliny jsou kyselina uhličitá a v organických substrátech (s podílem rašeliny) huminové kyseliny.

Hlušek et al. (2002) uvádí dvě základní formy kyselosti:

- Aktivní kyselost je dána koncentrací iontu H^+ v půdním roztoku. Je tvořena minerálními a organickými kyselinami půdního roztoku, hydrolyticky kyselými hnojivy a kyselými spady. Má bezprostřední vliv na příjem živin rostlinami. Stanovuje se ve výluhu půdy vodou.
- Výměnná kyselost je způsobena adsorbovanými vodíkovými a hliníkovými ionty, které se vyměňují za bazické ionty roztokem neutrální soli KCl.

Přímý vliv pH na příjem živin vyplývá z fyziologického působení jednotlivých živin a antagonismu iontů H^+ a OH^- , případně HCO_3^- . Obecně lze říci, že v kyselém prostředí je omezen příjem kationtů a jejich zvýšený příjem nastává v alkalickém prostředí, zatímco u aniontů je tomu naopak. Jako příklad lze popsat příjem dusíku, jako živiny, kterou rostliny přijímají ve formě kationtu i aniontu. V kyselém prostředí je preferován příjem NO_3^- a v neutrálním a alkalickém NH_4^+ (Vaněk et al., 2012). White et Broadley (2009) dodávají, že pH půdního roztoku silně ovlivňuje dostupnost kationtů a aniontů pro příjem kořeny.

V alkalických půdách je velmi nízká dostupnost P, Zn, Fe, Mn, Cu a B. Naproti tomu ve velmi kyselých půdách je růst rostlin omezen zejména toxickými koncentracemi Al^{3+} a Mn^{2+} v rhizosféře (Miwa et Fujiwara, 2010). Vaněk et al. (2012) doplňuje, že v kyselém prostředí jsou pro většinu rostlin méně vhodné podmínky pro růst, které se promítají do fyziologických procesů a do celkového metabolismu rostliny a jejího růstu. Snižuje se syntéza

sacharidů, a tím je omezeno energetické zásobování kořenů a jejich metabolické funkce. Dále se snižuje tvorba kořenů, zvláště kořenového vlášení. Zároveň nastává vyšší nebezpečí výskytu houbových chorob, které je zvláště nebezpečné u klíčících a mladých rostlin.

Úprava pH substrátů se řídí hlavně nároky daných rostlin a povahou pěstebního prostředí. U substrátů se pH upravuje podle obsahu organických látek, které v substrátu převládají, a jejich vlastností, hlavně pH a sorpční kapacity. Je rozhodující i výchozí hodnota pH. Většinou se úprava realizuje přidáním vápence (dolomitu) tak, aby se otupila extrémní kyselost rašeliny a výsledné pH se pohybovalo v rozmezí 5,5 – 6,0. Vlastní dávka vápence se určuje obtížněji, musí vycházet ze sorpční kapacity substrátu a předpokládá se, že by Ca měl zaujímat asi 50 % kationtové výměnné kapacity (Vaněk et al., 2012).

Kyselá reakce substrátů s vyšším podílem rašeliny se upravuje přidáním vápence v množství 3 – 6 kg/m³, u rašelinokůrových substrátů a rašelinových substrátů s dřevními vlákny se používá dávka 3–4 kg vápence/m³. Pokud se použijí alternativních komponentů do substrátů s vyšší hodnotou pH, lze dávku vápence výrazně snížit či úplně vyřadit (Šrámek et Dubský, 1997).

Vaněk et al. (2012) dodává, že je nutné pH sledovat a provádět udržovací vápnění, které by mělo pokrýt ztráty vápníku z půdy či substrátu (vyplavení, okyselující vliv hnojiv či odběr rostlinou).

4.1.2.3 Ústojčivá schopnost substrátů

S půdní reakcí úzce souvisí ústojčivá či pufrovací schopnost. Je to schopnost substrátu či půdy odolávat změnám pH, tedy udržovat po určité období stálou koncentraci iontů H⁺. Jedná se o významnou vlastnost půd a substrátů. Pufrační schopnost je působena v půdním roztoku směsí H₂CO₃, CaCO₃, Ca(HCO₃)₂ a v sorpčním komplexu výměně poutanými kationty. Jako účinné ústojčivé látky jsou v půdách koloidní systémy a některé sloučeniny:

- Nasycené humusové látky, které mají vysokou výměnnou kapacitu a jsou schopny sorbovat větší množství volných iontů H⁺ (výměnou za Ca²⁺ či Mg²⁺).
- Jílové minerály, které disponují podobnou sorpčí jako humusové látky. Zrnitostně těžší půdy, které obsahují více jílnatých částic a mají proto i vyšší pufrovací schopnost a naopak lehčí písčité půdy vykazují menší odolnost k výkyvům pH, zvláště pak když obsahují i málo humusu.

- Sloučeniny schopné vázat jak kyselé, tak alkalické složky, přičemž nově vytvořené sloučeniny nevykazují výrazné odchylky od původní hodnoty pH. Většinou se jedná o soli vícesytných kyselin, které vytvářejí hydrogen- a dihydrogensloučeniny.

Lze říci, že půdy obsahující uhličitany, půdy s vysokým podílem kvalitního humusu a půdy s nasyceným sorpčním komplexem mají vysokou ústojčivou schopnost. Problémové mohou být půdy lehké nebo substráty, ve kterých není dostatek koloidních látek a jež mají vyšší obsah písku (Vaněk et al., 2012).

4.1.3 Biologické vlastnosti substrátů

Vaněk et al. (2012) mezi biologické vlastnosti substrátů uvádí hygienickou nezávadnost, tedy substrát bez zárodků chorob, škůdců, inhibičních látek, reziduí pesticidů, bez plevelů i klíčivých semen.

4.2 Použité komponenty substrátů

4.2.1 Rašelina

4.2.1.1 Charakteristika

V současné době je rašelina v ČR stále základní surovinou pro výrobu většiny substrátů. Její podíl se v pěstebních substrátech pohybuje od 70 % obj., nejčastěji však 90 – 100 % obj. (Dubský et al., 2010).

Těžba rašeliny v rámci států Evropské unie se pohybuje kolem 64 mil. m³. Z tohoto množství nejvíce připadá na skandinávské a pobaltské státy (Jílek, 2010), dále Polsko, Německo i Bělorusko (Vaněk et al, 2012). Suchan (1997) uvádí, že v současnosti se k nám dováží kvalitní vrchovištní rašelina z pobaltských států v cenových relacích tuzemské rašeliny.

4.2.1.2 Rozdělení

Rašeliny lze klasifikovat podle jejich fyzikálních, fyzikálně – chemických a chemických vlastností (např. textura, pH, zbarvení, obsah vody a stupeň rozkladu) do deseti tříd podle stupnice od H1 (velmi vláknité) – H10 (velmi málo vláknité). Tabulka 4.1 znázorňuje stručnou charakteristiku jednotlivých klasifikačních tříd podle vláknitosti, kyselosti a obsahu popelovin (Dubský et al., 2010).

Tabulka 4.1: Charakteristika základních typů rašelin

Klasifikační třída			
	H1 - H4	H5 - H7	H8 - H10
Označení:	vláknitá rašelina, vrchovištní,	přechodová,	slatinná,
Vláknitost:	nad 67 %	33 - 67 %	pod 33 %
pH:	pod 4,5, 4,5 - 5,5	5,5 - 7	7 a více
Obsah popelů:	pod 5 %	5 - 15 %	nad 15 %
Zbarvení:	světle hnědé	hnědé	tmavě hnědé

(Huat et al., 2011)

4.2.1.2.1 Rozdělení rašelin podle podmínek vzniku

Rašelinu lze rozdělit podle podmínek prostředí za jakých rašelina vznikla. Dělíme ji na vrchovištní, přechodnou a slatinou. K přípravě substrátů se využívá výhradně rašelina vrchovištní, která má optimální chemické vlastnosti, kyselou reakci a nízký obsah rozpustných solí (Dubský et al., 2010).

4.2.1.2.2 Rozdělení rašelin podle stupně rozložení

Dle stupně rozložení se vrchovištní rašelina dělí na světlou (bílou) a černou (Dubský et al., 2010). Bílá rašelina je nejméně rozložená. Je schopna zadržet až 60 % vody vzhledem k jejímu objemu. Černá rašelina, která vzniká silným rozložením rostlin rašeliníku (*Spaghnum* ssp. L.), má oproti bílé rašelině nižší vododržnost. Reakce pH je u černé rašeliny většinou méně kyselá, ale oproti tomu může uvolňovat větší množství dusíku v amonné formě, který nesnáší mladé rostliny i a některé citlivější druhy (Pokluda, 2005).

Vaněk et al. (2012) dodávají, že světlá rašelina vykazuje i vyšší stabilitu v substrátu a vyšší vzdušnost. Současně není zdrojem živin ani snadněji rozložitelných organických látek a většinou ani stabilizovaných složek s významnými sorpčními vlastnostmi.

4.2.1.3 Fyzikální a chemické vlastnosti rašelin

Nejčastějšími aspekty hodnocení rašeliny je obsah organických látek, barva, stupeň humifikace a obsah vody. Mezi nejdůležitější faktory způsobující rozdíly mezi jednotlivými typy rašeliny je klima, hladina vody a množství původního anorganického materiálu v místě těžby. Pórovitost rašeliny je uváděna jako hlavní ukazatel fyzikálních vlastností a její kvality (Huat et al., 2011). Fonteno (1996) uvádí, že ačkoliv se nedají přesně předpovědět výsledné fyzikální vlastnosti substrátů s rašelinou a dalšími komponenty, tak rašelina všeobecně zvyšuje v těchto směsích pórovitost, kontejnerovou kapacitu, vzdušnou kapacitu a podíl lehce dostupné vody a zároveň snižuje objemovou hmotnost a podíl nedostupné vody.

Pórovitost je ovlivněna také především stupněm rozkladu, který ovlivňuje i podíl organických látek. Při vyšším stupni rozkladu rašeliny se zpravidla obsah organické hmoty snižuje (Huat et al., 2011).

4.2.1.3.1 Hodnota pH

Hodnota pH vyjadřuje koncentraci H^+ v půdním roztoku (Vaněk et al., 2012).

U rašelin souvisí s druhem a typem rašeliny, která a pohybuje se v rozmezí 3,6 (velmi kyselá) až 7,5 (slabě zásaditá) (Pařava et Valtera, 2007).

Soukup et al. (1979) uvádějí, že hodnota pH běžných rašelin může být ještě nižší a to až 2,8. Díky této vlastnosti jsou rašelinové substráty vhodné k pěstování acidofilních rostlin, které vyžadují kyselou půdní reakci. Pro ostatní rostliny je nutné hodnotu pH upravit na hodnotu v rozmezí 5,5 - 6,5.

Nejběžnějším prostředkem pro úpravu půdní reakce je mletý vápenec. Vápenec v substrátu pak zvyšuje nejenom obsah vápníku, ale i hořčíku (Jílek, 2010). Raviv et Lieth (2008) uvádějí doporučené dávky dolomitického vápence ke snížení její kyselosti v rozmezí 3 – 8 kg/m^3 , v závislosti na původu a kyselosti rašeliny. Dle Vaňka et al. (2012) je dále důležitým hlediskem k určení dávky dolomitu či vápence druh rašeliny a její sorpční kapacita.

Účinnost a délka působení vápence či dolomitu závisí na jemnosti mletí. Jemněji mleté vápenaté hnojivo působí rychleji, hrubší pozvolněji a delší dobu.

4.2.1.3.2 Nasákavost rašeliny

Mezi fyzikální vlastnosti rašeliny, které udávají její schopnost nasycení na plnou vodní kapacitu, patří nasákavost. U rašelinových substrátů může být vlhkost variabilní. Jako pomocné látky se při výrobě substrátů mohou dodat tzv. smáčedla, která po výsadbě a následné zálivce zajistí nasycení na plnou vodní kapacitu. Lze využít i přidání hydroabsorbentů, což jsou látky schopné poutat značné množství vody a zvýšit vodní kapacitu substrátu (Dubský et Vydlák, 2012).

Dubský et Vydlák (2012) testovali vliv smáčedel a hydroabsorbentů na nasákavost rašelinových substrátů. Bylo prokázáno, že pokud má substrát nízký obsah vody (do 30 %), mají přidaná smáčedla velký vliv na příjem dodané vody.

Přídavek Hydrogelu (látka na bázi polyakrylamidů), především ve zvýšených dávkách (4 g / L substrátu), pak významně ovlivňoval výši podílu obtížně dostupné vody. Substráty s obsahem této látky pak nemají v průběhu pěstování tendenci natolik vysychat.

4.2.2 Digestát

4.2.2.1 Vznik digestátu

4.2.2.1.1 Bioplynové stanice

Bioplynové stanice (BPS) jsou zařízení využívající principu anaerobní fermentace, neboli anaerobního rozkladu organické hmoty metabolickou činností metanogenních bakterií, které navazují na metabolické dráhy jiných mikrobiálních společenstev (Kára, 2007). Bačík (2008) doplňuje definici BPS jako moderní a ekologická zařízení, která zpracovávají široké spektrum materiálů nebo odpadů organického původu. Výsledkem je bioplyn, který je nejčastěji využíván k výrobě elektrické energie a tepla, a dále digestát, který je používán jako kvalitní hnojivo.

Technologie anaerobní fermentace je považována za jednu z náročnějších metod zpracování biologicky rozložitelných materiálů. Samotnou BPS lze považovat za dokonalou kompostárnu, z níž lze získat energii a stabilizovaný produkt, který lze využít jako hnojivo (Altmann et al., 2010).

Rozdělení BPS

Bioplynové stanice mohou být rozděleny podle mnoha kritérií. Nejčastěji je lze rozdělit dle dávkování surového materiálu, druhu zpracovávaného materiálu nebo podle typu fermentace.

Rozdělení dle technologie dávkování surového materiálu dle Pastorek et al. (2004):

- diskontinuální (s přerušovaným provozem, cyklické atd.) – doba jednoho pracovního cyklu odpovídá době zdržení materiálu ve fermentoru
- semikontinuální – doba mezi jednotlivými dávkami je kratší než doba zdržení materiálu ve fermentoru - jedná se nejpoužívanější způsob
- kontinuální – používá se při plnění fermentorů, které jsou určeny pro zpracování tekutých organických odpadů s velmi malým obsahem sušiny

Rozdělení dle zpracovávané suroviny:

- Zemědělské
- Čistírenské
- Ostatní (Auterská, 2010).

Zemědělské BPS

Jsou většinou situovány v areálech stávajících zemědělských provozů. Jako vstupem jsou využívány suroviny ze zemědělské prvovýroby, a to statková hnojiva nebo cíleně pěstované plodiny. Zemědělské BPS výrazně snižují zatížení místní oblasti pachovými látkami zpracováním a zajišťují stabilizaci statkových hnojiv (Bačík, 2008).

Je zde zakázáno zpracování odpadů podle zákona č. 185/2001 Sb., zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů (dále jen zákon o odpadech) ani jiné další materiály, které spadají pod nařízení Evropského parlamentu a Rady

(ES) č. 1774/2002, o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu (dále jen Nařízení EPaR č. 1774/2002), které nejsou určeny pro lidskou spotřebu (MŽP, 2014).

Živočišné suroviny

- kejda prasat
- hnůj prasat se stelivem
- kejda skotu
- hnůj skotu se stelivem
- hnůj a stelivo z chovu koní, koz, králíků, drůbeží exkrementy, vč. steliva

Rostlinné suroviny

- sláma všech typů obilovin i olejnin
- plevy a odpad z čištění obilovin
- bramborová nat' i slupky z brambor
- řepná nat' z krmné i cukrové řepy
- kukuřičná sláma i jádro kukuřice
- travní biomasa nebo seno (senáže)
- nezkrmitelné rostlinné materiály (siláže, obiloviny, kukuřice)

Pěstovaná biomasa

- obiloviny v mléčné zralosti (celé rostliny) čerstvé i silážované
- kukuřice ve voskové zralosti (celé rostliny) čerstvá i silážovaná
- kukuřice vyzrálá (celé rostliny) čerstvá i silážovaná
- krmná kapusta (celé rostliny) čerstvá i silážovaná
- „prutová“ biomasa (štěpky anebo řezanka z listnatých dřevin z rychloobrátkových kultur anebo z průklestů (MŽP, 2014).

Čistírenské BPS

Vstupní surovinou jsou kaly z čistíren odpadních vod a tyto BPS jsou součástí čistírny odpadních vod. Technologie anaerobní fermentace je využívána za účelem anaerobní stabilizace kalu vznikajícího na čistírnách odpadních vod. Tyto technologie nejsou určeny ke zpracování bioodpadů a k nakládání s odpady, ale slouží pouze jako součást kalového

hospodářství čistírny odpadních vod jako celku. Do tohoto zařízení nevstupují jiné materiály než kaly z ČOV, žump a septiků a odpadní voda. V této technologii byly zaznamenány problémy s pachovými látkami pouze při manipulaci s digestátem (Auterská, 2010).

Ostatní BPS

Bioplynové stanice zpracovávající ostatní vstupy mohou zpracovávat např. bioodpady. Pokud BPS zpracovávají vedlejší živočišné produkty, spadají pod Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1774/2002 a musí plnit podmínky v něm stanovené, jako je např. hygienizace suroviny/odpadů (pasterizace, vysokoteplotní hygienizace) (MŽP, 2014).

4.2.2.2 Charakteristika digestátu

Digestát lze popsat jako nerozložitelný podíl vstupní suroviny a biomasy organismů podílejících se na anaerobní fermentaci. V průběhu fermentace podíl organických látek ve vstupních surovinách klesá. Složení digestátu je především ovlivněno druhem použité vstupní suroviny. Skladba těchto surovin je ovlivněna charakterem půdy a klimatickými podmínkami na stanovišti. Dalším ovlivňujícím faktorem může být také způsob sběru, hnojení, počet sečí a technologie konzervace (Havlíčková et al., 2008).

Nerozložený zbytek obsahuje větší či menší množství vody v závislosti na původním složení substrátu a technologii fermentace. Zbytky z mokřých fermentačních procesů obsahují více vody, než ty ze suchých procesů (Deublein et Steinhauser, 2008).

Uhlík obsažený v substrátu, přechází z větší části (asi 95 %) do bioplynu, a z menší části do biomasy mikroorganismů. Objem nerozložené biomasy je ovlivněn především dobou, po kterou se substrát zdržuje v anaerobním reaktoru a podílem organických látek v původní biomase, které se při fermentaci rozkládají hůře (celulóza, hemicelulóza) nebo vůbec (lignin). V případě nejběžnějších vstupních surovin zemědělského původu, jako je kejda nebo rostlinná biomasa, se rozloží 40 – 60 % původní organické hmoty. Ta část organické hmoty, která se nerozloží, obsahuje přibližně stejné množství dusíku a ostatních minerálních látek, jaké bylo obsaženo v původní hmotě. Digestát tedy lze použít jako hnojivo pro návrat živin do půdy (Matějka et al., 2010).

Pokles obsahu organických látek se pohybuje v rozmezí 40 - 65 %. Sušina se pohybuje

v rozsahu 4 - 9 %. Obsah prvků po anaerobní fermentaci odpovídá obsahu těchto prvků před procesem. Pouze u některých sloučenin dochází k přeměně na redukovanejší formy. Příkladem je přeměna organicky vázaného dusíku, který je přeměňován na NH_4^+ . Tato transformace sloučenin není nežádoucí. Jejich redukovanejší formy jsou rostlinami často mnohem lépe přijímané.

V sušíně digestátu by mělo být obsaženo 25 % spalitelných látek a 0,6 % celkového dusíku. Digestát se může použít nezpracován nebo jej lze mechanicky separovat na složku tuhou (separát) nebo tekutou (fugát) (Havličková et. al., 2008).

Digestát vzniká pevnou a kapalnou fúzí a následnou anaerobní fermentací při produkci bioplynu v bioplynových stanicích. Je tvořen především vodou, dusíkem v amonné formě, fosforem, draslíkem, hořčíkem a lignocelulózním zbytkem (Babička, 2010).

Mechanickou separací je pak možno digestát rozdělit na tuhou složku - separát a na kapalnou složku fugát. Separovaný digestát je možné využít pro přípravu kompostů, ale i pěstebních substrátů a zemin. Separát obsahuje tuhou nerozloženou frakci organických látek vláknité povahy, které následně v půdě podléhají intenzivní mineralizaci. Svoji strukturou ovšem ovlivňuje fyzikální vlastnosti substrátu a je významným zdrojem živin. Hodnota pH surového separovaného digestátu se pohybuje v rozmezí 8,8 – 9,2. Po vysušení byly tyto hodnoty v rozmezí od 8,3 do 9,5 (Dubský et al., 2012).

Digestát také významně ovlivňuje biologické vlastnosti substrátů, a to především aktivitu enzymů a rozvoj půdní mikrobiální biomasy (Alburquerque et al., 2012).

Separovaný digestát s původní vlhkostí má vysoký obsah amonného dusíku. Díky této vlastnosti je jeho podíl v pěstebních substrátech limitován na max. 10 % obj. Pokud se ale separát vysuší, obsah amonného dusíku výrazně klesne a podíl přídatku do substrátu tak může být až 50 % obj. U rostlin náročných na živiny až 60 % celkového objemu (Dubský et al., 2012). Tlustoš et al. (2013) dále uvádí, že snížení vysokého obsahu dusíku v amonné formě v surovém separátu může být dosaženo i jeho kompostováním. Při kompostování ale vznikne kompost s výrazně vyšší objemovou hmotností a dojde k výraznému zvýšení dusíku ve formě NO_3^- a především přístupného draslíku.

Kaplan et al. (2011) ve svém pokusu prokázali, že při pěstování hrnkových chryzantém ze skupiny "Multiflora", má vyšší podíl separovaného digestátu v pěstebním substrátu (60 % obj.) velice pozitivní vliv na výnos nadzemních částí a květů rostlin. Dále uvádějí hodnoty pH použitých pěstebních směsí. Hodnoty pH byly 4,8, 5,3 a 6,1, v závislosti na použité dávce separovaného digestátu (20 %, 40 % a 60 % obj.).

Kaplan et al. (2012) dále ověřovali vliv rostoucího podílu separátu v pěstebních směsích při pěstování rostlin *Sutera cordata*, Thunb. Kuntze. Nejvýraznější pozitivní vliv na výnos nadzemní biomasy i kořenů byl zjištěn u varianty ve složení 40 % obj. separátu a 60 % obj. rašeliny. Tato dávka zajistila optimální hodnotu pH a tím pádem i vyšší příjem živin rostlinami, zejména dusíku a draslíku.

Složení digestátů závisí především na původu vstupních surovin. Pro aplikace do pěstebních substrátů je nutné sledovat jejich vlastnosti v rámci různorodosti vstupních surovin (Dubský et al., 2012).

4.2.3 Vápenatá hnojiva

Vápenatá hnojiva se od ostatních průmyslových hnojiv liší svým působením. Mohou být zdrojem vápníku pro rostliny, ale většinou se používají za účelem zlepšení půdních vlastností, a to pro úpravu půdní reakce a sycení koloidů Ca. Mají tedy především meliorační charakter a svým působením v půdě vytvářejí předpoklady pro lepší výživu rostlin ostatními živinami a celkově zlepšují podmínky pro pěstované rostliny (Vaněk et al., 1991). To potvrzují i Richter et Hlušek (1996), když uvádějí, že vápenatá hnojiva příznivě působí na fyzikálně chemické vlastnosti půdy a napomáhají nepřímo k většímu využití živin z půdního roztoku i z organických hnojiv.

Udržovací vápnění slouží především k doplnění vápníku odčerpaného tvorbou biomasy, naproti tomu meliorační hnojení je aplikováno pro snížení kyselosti půdy (Bujnovský, 2002).

Vaněk et al., (2012) rozděluje vápenatá hnojiva dle účinných sloučenin:

- oxidová, kde účinnou složkou je oxid vápenatý, patří sem pálené vápno,
- uhličitanová, s účinnou složkou CaCO_3 , zahrnující vápence, dolomitické vápence a dolomity,
- křemičitanová, kde je vápník vázán na kyselinu tetrahydrogenkřemičitou jako Ca_2SiO_4 , a je součástí odpadních látek, hlavně strusek,
- síranová – síran vápenatý, nepůsobí alkalizačně a je zdrojem Ca a S.

4.2.3.1 Pálené vápno

Obsahuje 80 – 85 % CaO, tedy přibližně 60 % Ca. Získává se pálením vápence při teplotách okolo 1000 °C. Využívá se ve formě jemného prachu. Podstatu tvoří oxid vápenatý s oxidem hořečnatým. Pálené vápno se vlivem vlhkosti hasí a přechází na hydroxid. Oxid a hydroxid vápenatý působí jako žíravina a může poškozovat pletiva rostlin, a proto se používá výhradně mimo vegetaci. Pálené vápno působí rychle a se silným alkalickým účinkem (Vaněk et al., 1998).

4.2.3.2 Mletý vápenec

Patří mezi nepoužívanější vápenatá hnojiva. Lze jej charakterizovat jako 42 – 54 % CaO + MgO, přičemž 30 – 38 % je samotného Ca + Mg. Získává se rozemletím přírodního vápence (Vaněk et al., 1998).

Dle Hluška (2004) ho lze rozlišit podle obsahu uhličitanu vápenatého:

- vysokoprocentní s obsahem CaCO₃ nad 90%
- se středním obsahem CaCO₃ 80 – 90 %
- nízkoprocentní s obsahem CaCO₃ 70 – 80 %

Důležitý je také obsah hořčíku a podle obsahu MgCO₃ ve směsi s CaCO₃, podle kterého Hlušek (2004) rozlišuje:

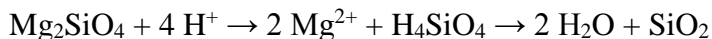
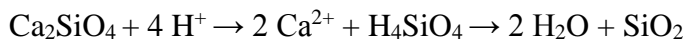
- Vápenec 0 – 10 % MgCO₃
- Dolomitický vápenec 10 – 23 % MgCO₃
- Vápenatý dolomit 23 – 41 % MgCO₃
- Dolomit 41 – 46 % MgCO₃

Mletý vápenec může obsahovat i balastní látky s přítomností křemíku, železa i hliníku. Účinnost záleží nejen na obsahu vápníku a hořčíku, ale také na jemnosti mletí. Čím je velikost částic menší, tím je účinnost větší. Obsah Ca a Mg se průměrně pohybuje kolem 34 %.

Působení vápenců je pozvolné, zejména v případě použití dolomitických vápenců (Vaněk et al., 1998).

4.2.3.3 Vápenatohořečnatá struska

Obsahuje přibližně 25% Ca a 8% Mg. Jedná se o jemně mletou ocelářskou strusku, která se využívá pro zemědělské účely. Její působení v půdě je velmi pozvolné a znázorňuje ho následující schéma reakce křemičitanu hořečnatého a vápenatého v půdě:



Uvolňovaný SiO_2 omezuje pohyblivost hliníku a zřejmě i železa v půdě, čímž příznivě působí na udržení fosforu v půdním roztoku. Struska tak zlepšuje výživu rostlin touto živinou, aniž by sama obsahovala významné množství fosforu. Je ovšem nezbytné hlídat obsah těžkých kovů (Vaněk et al., 2012).

4.2.3.4 Síran vápenatý

Při požadovaném současném zvýšení obsahu síry lze využít síran vápenatý, který obsahuje přibližně 25% Ca a 20% S. Je vhodné ho využít při pěstování plodin náročných na obsah síry, jako například brukvovité zeleniny, siličnaté rostliny a jeteloviny. Současně příznivě působí v prostředí, kde hrozí nebezpečí zasolení půdy. Toto je dáno vytěsněním Na ze sorpčního komplexu a jeho snadnějším vyplavením (Vaněk et al., 2012).

4.2.3.5 Slíny

Slíny jsou hnojiva místního významu a v podstatě jsou to směsi vápenců s jílem, hlínou či pískem. K vápnění jsou vhodné, obsahují-li alespoň 25 % CaCO_3 , protože jinak doprava na velké vzdálenosti není rentabilní. Při vysokých dávkách mohou mít i dobré meliorační účinky – slíny písčité na těžkých půdách a slíny jílovité na lehkých půdách. Opuky křídové (luční křídly) mají vyšší obsah CaCO_3 , např. tzv. „Kurovina“ v povodí řeky Moravy obsahující až 60 % CaCO_3 (Hlušek, 2004).

4.3 Máta peprná (*Mentha x piperita*, L.)

4.3.1 Botanické systematické zařazení a původ

Říše: *Plantae* – rostliny

Oddělení: *Magnoliophyta* – rostliny krytosemenné

Třída: *Rosopsida* – vyšší dvouděložné

Řád: *Lamiales* – hluchavkotvaré

Čeleď: *Lamiaceae* – hluchavkovité

Rod: *Mentha* – máta

Druh: *Mentha x piperita* L. – máta peprná (Kubát et al., 2002)

Z fylogenetických analýz morfologie, chromozomálního čísla a hlavních složek silice, je v rodu *Mentha* zahrnuto 18 druhů a 11 hybridů (Chambers, 1992).

V lékopisech je zařazena pouze máta peprná. Tento hybrid přirozeného původu vznikl v 17. století ve Velké Británii, jako kříženec máty klasnaté (*Mentha spicata* L.) a máty vodní (*Mentha aquatica* L.). Nevytváří semena a množí se pouze vegetativně. Ve volné přírodě ji lze nalézt pouze na místech, kde ji dříve pěstoval člověk (Habán et al., 2008).

4.3.2 Botanická charakteristika máty peprné (*Mentha x piperita* L.)

Kořenový systém tohoto druhu máty neproniká příliš hluboko, a proto jsou rostliny citlivé na sucho. Kořeny lze nalézt rozrostlé až do vzdálenosti 0,5 metru od středu rostliny. Velmi často tvoří podzemní oddenky a z nich nadzemní výběžky (Gromová, 1993). Neugebauerová (2006) uvádí, že oddenky dorůstají až 0,8 metru od mateřské rostliny. Korbelař et Endris (1981) popisují rostlinu rovněž jako vytrvalou bylinu s dřevnatými oddenky a až 0,8 metru vysokými, čtyřhrannými lodyhami, zprvu nevětvenými, později silně větvenými. Listy jsou podlouhle eliptické až kopinaté, 4 - 8 cm dlouhé a 1,5 - 2,5 cm široké, nepravidelně ostře pilovité, zelené nebo červenozeleně zbarvené. Hlavní a vedlejší nervy na rubu silně vynikají. Čepel je žláznatě tečkovaná. Listy vyrůstají střídavě ve vstřícných dvojicích a při pohledu proti světlu lze vidět světlé body – siličnaté kanálky.

Květy mají pětizubý, na okraji řasnatý kalich a jsou až 0,8 cm dlouhé s bledě nachovou korunou a jsou seskupené v lichopřesleny nahloučené v konečné válcovité klasy. Kvete od července do září a celá rostlina aromaticky voní (Korbelař et Endris, 1981).

Květy netvoří semena, pouze ve výjimečných případech lze při šlechtění získat semennou generaci, ale po další množení se populace rozpadá na odlišné fenotypy, zejména obsahem silice (Gromová, 1993).

4.3.3 Využití, složení a účinné látky

Chemické složky listu máty peprné a silice se mění oblastí pěstování, stářím rostliny i podmínkami zpracování (McKay et Blumberg, 2006).

Hlavní těkavé složky v silici máty peprné jsou mentol (33 – 66 %), menthon (15 – 32%), isomenthon (2 – 8 %) a eukalyptol (5 – 13 %). Sušené listy obsahují i minerály jako draslík (33 g.kg^{-1}), vápník ($15,3 \text{ g.kg}^{-1}$), hořčík ($5,8 \text{ g.kg}^{-1}$) a mikroprvky, zejména železo (239 mg.kg^{-1}), mangan (188 mg.kg^{-1}), zinek (51 mg.kg^{-1}) a stopové množství jodu, selenu i chromu (McKay et Blumberg, 2006).

4.3.4 Nároky na pěstování

Máta peprná nejlépe prospívá v teplých oblastech s vlhkým podnebím. Vhodná je půda hlinitá, humózní, dostatečně vlhká, nejlépe hnědozemě a černozemě. Hodnota pH by se měla pohybovat v rozmezí 5,0 – 8,0. Není doporučeno pěstování v oblastech s písčitou, suchou, lehkou ani těžkou jílovitou půdou (Habán et al., 2008).

Traxl (1992) uvádí, že máta peprná neprospívá v půdách zamokřených, jílovitých ani skeletových. Naopak prosperuje na záhřevné půdě s dostatkem humusu. Je zjištěno, že u máty pěstované v nížinách se zvyšuje výnos i obsah silice.

Habán (2008) tvrdí, že nejvhodnější oblasti pro pěstování máty jsou s ročním průměrným úhrnem srážek 500 – 650 mm a s průměrnou roční teplotou 10 °C a více. V teplých oblastech se doporučuje doplňková závlaha před kvetením a po první sklizni v dávce 40 – 60 mm.

Podle Traxla (1992) je máta náročná na předplodinu, nejčastěji je zařazovaná po okopaninách, kdy lze očekávat půdu vyhnojenou organickým hnojivem v předchozím roce. Méně vhodnou předplodinou jsou obilniny, řepa cukrová, kukuřice setá a rostliny s vyššími nároky na vodu. Habán (2006) doporučuje pěstování i ve speciálních zelinářských osevních postupech se závlahou. Máta by se neměla pěstovat po sobě, nejlépe s dodržáním pětiletého odstupu.

Požadavky máty peprné na minerální výživu lze uvést v dávkách čistých živin následovně: 30 – 80 kg N, 60 – 80 kg P, 80 – 100 kg K na hektar za rok. Dusík dodáváme na jaře (2/3 dávky v síranové formě) a po prvním sběru (1/3 ve formě ledkové). Pokud nebyla předplodina vyhnojena organickým hnojivem, doporučuje se dávka 25 t.ha⁻¹ vyzrálým hnojem na podzim před výsadbou (Habán, 2008). Traxl (1992) uvádí hodnoty 320 – 400 kg superfosfátu a 260 – 300 kg 40 % draselné soli na hektar, mělce zapravit před výsadbou.

Máta množená z meristémových kultur vyžaduje vyšší dávky N, a to až 388 kg.ha⁻¹. Naproti tomu máta množená běžným vegetativním způsobem vyžaduje dávku dusíku 273 kg.ha⁻¹ (Mustafa et al., 2001).

Lawrence (2006) publikuje tvrzení, ze kterého vyplývá, že je nutné dodat pouze požadované množství dusíku, protože jeho nadměrné množství snižuje výnosy až o 25 %, při zvýšení dávky N z 266 kg.ha⁻¹ na 532 kg.ha⁻¹.

5 Metodika

V rámci této diplomové práce byly hodnoceny pokusy, které probíhaly v letech 2012, 2013 a 2015. Hlavní zaměření je na vyhodnocení změn obsahu přístupných forem makroprvků v substrátech po aplikaci neseparovaného digestátu (ND) do rašeliny a změn obsahu makroprvků 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 v neměnných poměrech. Vegetační pokusy byly vždy realizovány ve sklenících ČZU. Jako pokusná rostlina byla využita máta peprná (*Mentha x piperita*, L.).

5.1 Pokusy v roce 2012

Pokus s mátou peprnou byl založen 5. 6. 2012 a skončil sklizní provedenou 10. 7. 2012. Bylo zde realizováno 5 níže uvedených variant ve čtyřech opakováních (tabulka 5.1). Do každé nádoby byla zasazena jedna sazenice máty peprné. Nádoby byly zalévány vždy stejně

dle potřeby. Během sklizně proběhlo zvážení nadzemní biomasy a poté následovalo její usušení a následné laboratorní analýzy.

Tabulka 5.1: Varianty pokusu s neseparovaným digestátem

Varianta	substrát
1	pěstební substrát B
2	Gramoflor cocofibre
3	rašelina + 5 % ND (namícháno objemově)
4	rašelina + 10 % ND (namícháno objemově)
5	rašelina + 15 % ND (namícháno objemově)

Původ a bližší charakteristika použitých substrátů je následující: pěstební substrát B (firma Rašelina Soběslav, Soběslav, ČR), Gramoflor cocofibre G-SG 02919 3,33EN (firma Gramoflor GmbH & Co. KG - Vechta, Německo) a rašelina (firma Rašelina Soběslav).

5.2 Pokusy v roce 2013

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. Nejvhodnější parametry zde 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 substrátů uvedené v následující tabulce (tabulka 5.2). Porost máty byl založen ve skleníku dne 30. 5. 2013 a sklizen 2. 7. 2013. 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. Po sklizni následovala analýza sledovaných hodnot popsaných v dalších kapitolách.

Tabulka 5.2: Varianty pokusu s neseparovaným digestátem a dolomitickým vápencem

Varianta	substrát
6	pěstební substrát B
7	rašelina + 5 % ND (namícháno objemově) + 3 g/l dolomitického vápence
8	rašelina + 5 % ND (namícháno objemově) + 6 g/l dolomitického vápence
9	rašelina + 10 % ND (namícháno objemově) + 3 g/l dolomitického vápence
10	rašelina + 10 % ND (namícháno objemově) + 6 g/l dolomitického vápence

Jako kontrolní varianta byl použit běžný typ pěstební substrátu - pěstební substrát B od firmy Rašelina Soběslav, Soběslav, Česká Republika (dále jen Pěstební substrát B). 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).

5.3 Pokusy v roce 2015

Metodika v tomto roce rovněž navazuje na předchozí pokusy, kde byly používány různé poměry digestátu s rašelinou u různých zahradních rostlin. Z nich bylo 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 gazáním a mátě v roce 2013 nezabránilly poklesu pH na nízkou hladinu. Proto byly dávky dolomitu v roce 2015 ještě navýšeny. Hodnoceny byly varianty substrátů uvedené v následující tabulce (tabulka 5.3). 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 5.3: Varianty pokusu s neseparovaným digestátem a dolomitickým vápencem

Varianta	substrát
11	Zahradnický substrát
12	rašelina + 5 % ND (namícháno objemově) + 10 g/l dolomitického vápence
13	rašelina + 5 % ND (namícháno objemově) + 15 g/l dolomitického vápence
14	rašelina + 10 % ND (namícháno objemově) + 10 g/l dolomitického vápence
15	rašelina + 10 % ND (namícháno objemově) + 15 g/l dolomitického vápence

Jako kontrolní varianta byl použit běžný typ pěstební substrátu - Zahradnický substrát - Primaflora (Agro CS, Česká Skalice). 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).

5.4 Provedené analýzy

U všech pokusů byly jako základní analýzy provedeny následující:

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

5.4.1 Stanovení hodnoty pH

Aktivní pH

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

Výměnné pH

Pro stanovení hodnoty pH bylo naváženo 20 g usušeného substrátu, který reagoval po dobu 2 hodin (1hod. třepání, 1 hod. ustálení) s 50 ml 0,01 mol/l CaCl_2 ve 100 ml plastových lahvíčkách. Po ustálení proběhlo měření výměnného pH přístrojem „HANNA Instruments, HI 991 300“ přímo v roztoku. Metoda byla adaptována dle (Minasny et al., 2011) a je rovněž běžně používána laboratořemi ÚKZÚZ pro stanovení hodnoty výměnného pH.

5.4.2 Stanovení vybraných makroprvků metodou Mehlich 3

Pro analýzy usušených vzorků substrátů byl použit extrakční roztok dle Mehlich 3 (1984) složený z CH_3COOH ($c=0,2 \text{ mol/l}$), NH_4F ($c=0,015 \text{ mol/l}$), HNO_3 ($c=0,013 \text{ mol/l}$), NH_4NO_3 ($c=0,25 \text{ mol/l}$) a EDTA ($c=0,001 \text{ mol/l}$). Poměr substrátu a vyluhovadla činil 1:10 (10g zeminy, 100 ml vyluhovadla). Třepání probíhalo po dobu 10 minut. Získaný roztok byl filtrován a zhotovené extrakty byly analyzovány na obsah fosforečnanů fotometricky přístrojem SKALAR SAN^{PLUS} SYSTEM. Ve vyluzích byl rovněž měřen obsah Ca, Mg a K pomocí atomového absorpčního spektrometru (AAS), typ VARIAN Vista Pro.

5.4.3 Stanovení vybraných makroprvků metodou CAT

Dostupnost či obsah vybraných půdních živin a prvků se stanovuje dle normy EN 13651. Tato evropská norma popisuje extrakční metodu pro stanovení živin a prvky extrahovatelné chloridem vápenatým / DTPA (diethylentriaminpentaacetát). Norma není vhodná pro stanovení vápníku. Vzorek byl extrahován při pokojové teplotě s roztokem $0,01 \text{ mol / l CaCl}_2$ a $0,002 \text{ mol / l DTPA}$ v poměru (pevná látka / kapalina) 1:10. Po 1 hodině třepání byly vzorky zfiltrány a získané extrakty měřeny. Obsah amonného a nitratového dusíku byl stanoven spektrofotometricky na přístroji SKALAR SAN^{PLUS}SYSTEM. Pro stanovení přístupného P byl využit optický emisní spektrometr s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES) a pro stanovení přístupných K, Ca a Mg atomový absorpční spektrometr (AAS).

5.4.4 Stanovení obsahu přístupného vápníku vodným výluhem

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

5.4.5 Analýzy rostlin

Nadzemní hmota analyzovaných rostlin byla usušena a jemně namleta. Bylo naváženo $0,5 \text{ g } (\pm 0,005\text{g})$ namletého materiálu. Ten byl rozložen pomocí rozkladu na suché cestě. Získaný vzorek byl poté převeden do roztoku pomocí $1,5 \text{ \% HNO}_3$ a analyzován ICP-OES

pro změření obsahu celkového P a rovněž pomocí AAS pro získání hodnoty celkového obsahu K, Ca a Mg.

5.4.6 Obsah N v nadzemní hmotě

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

5.4.7 Zpracování výsledků

Pro statistické vyhodnocení byly využity základní popisné charakteristiky vypočtené v programu Microsoft Excel (Excel, 2003) a pokročilé statistické vyhodnocení (A-NOVA) bylo realizováno prostřednictvím programu Statistica 12 (StatSoft, Inc., 2010).

6 Výsledky

6.1 Pokusy v roce 2012

V tabulce 6.1 jsou uvedeny základní hodnoty substrátů při založení pokusu. Z této tabulky je zřejmý klesající podíl sušiny v závislosti na množství přidaného digestátu. Nejvíce sušiny obsahovaly kontrolní substráty. Pěstební substrát B obsahoval 48,7 % sušiny a Gramoflor poté 43,7 %. Nejmenší obsah sušiny (26,8 %) pak byl změřen ve variantě 5, která obsahovala 15 % digestátu.

Ze sledovaných variant substrátů dosáhla nejvyšší objemové hmotnosti varianta 5 (580 g/l). Nejmenší objemovou hmotnost vykazoval Gramoflor (341 g/l). Čistý digestát dosahuje obecně vysoké objemové hmotnosti. Toto se projevilo i v našem pokusu, kde u variant s vyšším podílem přidaného digestátu, rostla i objemová hmotnost.

Nejnižší hodnota pH byla zjištěna u varianty 2 a naopak nejvyšší hodnoty pH dosahovala varianta 5, kde bylo pH 5,3.

Tabulka 6.1: Základní hodnoty substrátů na začátku pokusu

Varianta	Substrát	sušina (%)	objem. hm. (g/l)	pH _{CaCl2}
1	Gramoflor	43,3	341	5,0
2	Pěstební substrát B	48,7	452	4,0
3	Rašelina + 5% digestátu	34,9	491	4,3
4	Rašelina + 10% digestátu	29,9	551	4,8
5	Rašelina + 15% digestátu	26,8	580	5,3

V tabulce 6.2 je uveden obsah makroprvků v substrátech při založení pokusu. Obsah nitrátové formy dusíku byl při zakládání pokusu v sledovaných substrátech nejvyšší u varianty 2 a nejnižší u varianty 3. Tento rozdíl je relativně vysoký (hodnota 101 mg/kg nitrátového dusíku u varianty 2 a 1,8 mg/kg u varianty 3). U variant s přídavkem digestátu, je patrný nízký obsah nitrátového dusíku, který s rostoucím přídavkem digestátu mírně stoupal. Naproti tomu obsah amonné formy dusíku se po přidání digestátu výrazně zvýšil. Varianta 2 – tedy pěstební substrát B, obsahoval pouze 5 mg/kg amonné formy dusíku, nejvíce této živiny bylo zjištěno u varianty 5, a to 2223 mg/kg.

Obsah fosforu byl nejnižší u varianty 2, pouze 225 mg/kg a nejvyšší u varianty 5, kde bylo změřeno 1139 mg/kg fosforu. Lze odvodit, že s množstvím přidaného digestátu stoupal i obsah fosforu.

Draslík byl nejméně obsažen ve variantě 1, kde se vyskytoval v hodnotě 65 mg/kg a nejvíce draslíku bylo naopak změřeno u varianty 5. Podobně jako u fosforu se tedy obsah draslíku výrazně zvyšoval přidáním digestátu.

Totožnou tendenci jako u draslíku a fosforu lze pozorovat i u obsahu hořčíku. Tento prvek byl nejméně obsažen ve variantě 1, a to v hodnotě 68 mg/kg a nejvíce hořčíku bylo zjištěno u varianty 5, konkrétně 254 mg/kg sušiny substrátu.

Z výsledků při zakládání pokusu je tedy zřejmé, že přidání digestátu má vliv na zvýšení obsahu P, K a Mg v sušině substrátů.

Tabulka 6.2: Obsah makroprvků v substrátech při založení pokusu

Varianta	metoda CAT (mg/kg)				
	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	P	K	Mg
1	19	697	628	65	68
2	101	5	225	103	146
3	1,8	900	674	269	153
4	2	1687	966	630	203
5	3	2223	1139	849	254

Tabulka 6.3 ukazuje hodnoty substrátů změřené u variant substrátů na konci pokusu, po sklizni rostlin.

Hodnoty pH u kontrolních substrátů, variant 1 a 2 se průkazně statisticky lišily od variant s přidavkem digestátu. Nejnižší hodnoty pH 3,8 dosáhla varianta 3 a nejvyšší hodnoty 5,1 naopak varianta 1. Hodnoty pH u variant 3, 4 a 5 vykazovaly zvyšující se tendenci s vyšším přidavkem digestátu.

Procentuální zastoupení sušiny bylo nejvyšší u varianty 1, která obsahovala 39,7 % sušiny. Tato hodnota se statisticky průkazně liší od hodnot všech ostatních variant, které se pohybovaly v podobných hodnotách v rozmezí od 24,4 % u varianty 3 po 26,9 % u varianty 4.

U objemové hmotnosti se nepodařilo prokázat statistický rozdíl.

Obsah nitrátové formy dusíku, podobně jako u hodnot při založení pokusu, dosahoval nejvyšších hodnot u variant 1 a 2, tedy u kontrolních substrátů. Nejvíce ho obsahovala varianta 1, v hodnotě 37,3 mg/kg a nejméně nitrátového dusíku obsahovala varianta 3, průměrně 0,9 mg/kg. Tyto dvě varianty se od sebe nicméně statisticky průkazně nelišily. Staticky průkazný rozdíl byl prokázán pouze u variant 4 a 5 v porovnání s ostatními (1, 2 a 3) a i při vzájemném srovnání.

Z tabulky 6.3 je dále patrná stoupající tendence amonného dusíku při zvyšujících se dávkách přidávaného digestátu. Rozdíly v obsahu amonného dusíku sice nebylo možno staticky průkazně dokázat, nicméně lze konstatovat, že nejnižší obsah byl zjištěn u variant 1 a 2, tedy kontrolních substrátů. Konkrétně u varianty 1 se jedná o 9,2 mg/kg amonného dusíku v sušině substrátu. Naopak nejvyšší obsah této formy dusíku byl změřen u varianty 5, průměrně 142 mg/kg.

Staticky průkazné rozdíly byly zaznamenány u obsahu fosforu. Nejnižší obsah fosforu, 21,3 mg/kg, byl zjištěn u varianty 3. Nejvyšší obsah fosforu vykazovala varianta 5, konkrétně 81,3 mg/kg. Varianta 3 se současně statisticky průkazně lišila od variant 5 a 1.

Rozdíly v obsahu draslíku byly také průkazně statisticky dokázány. Varianta 5, s obsahem draslíku 1689 mg/kg se nejvíce lišila od kontrolních variant 1 a 2, a také od varianty 3.

Rozdíly v obsahu hořčíku byly staticky neprůkazné. Nejméně tohoto prvku obsahovala varianta 2 (908 mg/kg) a nejvíce varianta 4 (1717 mg/kg).

Tabulka 6.3: Hodnoty substrátů po sklizni rostlin

Varianta	pH _{CaCl2}	sušina (%)	OH (g/l)	metoda CAT (mg/kg)				
				N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	P	K	Mg
1	5,1 ^d	39,7 ^b	554 ^a	37,3 ^a	9,2 ^a	77,5 ^d	330 ^a	1100 ^a
2	4,8 ^c	25,7 ^a	573 ^a	15,8 ^a	14,6 ^a	60,0 ^c	153 ^a	908 ^a
3	3,8 ^a	24,4 ^a	666 ^a	0,9 ^a	31,1 ^a	21,3 ^a	419 ^a	1619 ^a
4	4,2 ^b	26,9 ^a	643 ^a	3,3 ^b	61,3 ^a	34,5 ^b	739 ^b	1717 ^a
5	4,3 ^b	26,7 ^a	591 ^a	4,4 ^c	142 ^a	81,3 ^d	1689 ^c	1475 ^a
F test	54,6	7,58	0,89	30,7	1,76	48,6	3,89	1,97
hladina významnosti	0,01	0,01	ns	0,01	ns	0,01	0,05	ns

V tabulce 6.4 jsou uvedeny hmotnosti sklizené nadzemní části, procenta sušiny a obsah jednotlivých prvků ve sklizené nadzemní biomase máty peprné.

Průměrně nejvíce nadzemní biomasy bylo sklizeno z varianty 5, konkrétně 55,9 g, nejméně pak z varianty 2 (31,4 g). Statisticky nebylo možno prokázat rozdíl ve hmotnosti sklizené biomasy. Nejvyšší obsah sušiny byl zjištěn u biomasy sklizené ze substrátu varianty 1. Biomasa sklizená z této varianty obsahovala 39,7 % sušiny. Lze statisticky prokázat rozdíl mezi variantou 1 a všemi ostatními variantami. Nejmenší podíl sušiny byl zjištěn u varianty 3 (24,4 %).

Nejvyšší obsah dusíku v nadzemní části rostlin byl změřen u varianty 5 v hodnotě 3,63 %. Nejméně dusíku obsahovala nadzemní část sklizená z varianty 2. Rozdíly mezi jednotlivými variantami v obsahu dusíku nebylo možné statisticky průkazně dokázat, nicméně si lze povšimnout stoupajícího obsahu dusíku v biomase u variant s přidáním digestátu.

Nejvyšší obsah fosforu v hodnotě 2405 mg/kg sušiny byl zjištěn u varianty 5. Nejnižší obsah tohoto prvku měla varianta 1 (1426 mg/kg). Byl statisticky prokázán rozdíl mezi těmito dvěma variantami a současně i mezi variantami 1, 2 a 3.

Draslík se v nejvyšším množství v nadzemní biomase vyskytoval ve variantě 4 (42251 mg/kg). V nejnižší koncentraci pak u varianty 2 (25011 mg/kg). Rozdíl v obsahu draslíku v nadzemní biomase byl rovněž statisticky průkazný. Největší rozdíl byl prokázán mezi variantami 2 a 5.

Statisticky průkazné rozdíly v množství vápníku nebyly tak výrazné, jako v obsahu draslíku. Substráty s přidavkem digestátu se zde lišily od kontrolních variant, mezi kterými byl rovněž zjištěn průkazný rozdíl.

Podobný trend jako vápník vykazoval i hořčík. Nejvíce hořčíku obsahovala biomasa sklizená ze substrátů varianty 2 (4962 mg/kg) a nejméně z varianty 5 (3292 mg/kg). U vápníku i hořčíku obsažených v biomase lze konstatovat statisticky průkazný pokles obsahu těchto prvků u variant substrátů s přidavkem digestátu.

Obsah síry vykazoval opačnou tendenci než vápník a hořčík. Její obsah byl statisticky průkazně vyšší u variant 3, 4 a 5, tedy substrátů s přidavkem digestátu. Nejvyšší obsah síry poskytovala biomasa sklizená z varianty 4 (2869 mg/kg). Naopak nejnižší obsah síry byl změřen u varianty 1 (1713 mg/kg).

Tabulka 6.4: Hodnoty sklizené nadzemní biomasy rostlin

Varianta	nadzemní hmota (g)	sušina (%)	Gerhardt					
			N (%)	P	K	Ca	Mg	S
1	34,2 ^a	39,7 ^b	2,74 ^a	1426 ^a	33093 ^{ab}	12384 ^b	4256 ^b	1713 ^a
2	31,4 ^a	25,7 ^a	2,73 ^a	2098 ^{bc}	25011 ^a	14304 ^c	4962 ^c	1945 ^a
3	37,4 ^a	24,4 ^a	2,78 ^a	1830 ^{ab}	38050 ^{bc}	9863 ^a	3403 ^a	2722 ^b
4	39,6 ^a	26,9 ^a	2,96 ^a	2175 ^{bc}	42251 ^{bc}	10304 ^a	3544 ^a	2869 ^b
5	55,9 ^a	26,7 ^a	3,63 ^a	2405 ^c	38945 ^c	8919 ^a	3292 ^a	2862 ^b
F test	2,01	6,58	2,69	4,99	5,55	12,4	14,1	8,6
hladina významnosti	ns	0,01	ns	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

6.2 Pokusy v roce 2013

V roce 2013 byly testovány varianty uvedené v tabulce 6.5, kde jsou uvedeny i základní hodnoty substrátů na začátku pokusu. Nejvíce sušiny obsahovala varianta 8, kde podíl sušiny dosahoval 47,4 %. Nejméně pak varianta 9 s obsahem sušiny 39,3 %. Objemová hmotnost byla nejvyšší u kontrolní varianty 6, konkrétně 516 g/l. Nejmenší u varianty 7, kde byla změřena v hodnotě 405 g/l.

Tabulka 6.5: Základní hodnoty substrátů na začátku pokusu

Varianta	Substrát	čerstvá hmota (g)	sušina (g)	sušina (%)	OH* (g/l)	pH _{H2O}
6	Pěstební substrát B	115	51,2	44,5	516	5,2
7	Rašelina + 5% neseparovaného digestátu + 3 g/l dolomitu	104	47,2	45,6	405	5,2
8	Rašelina + 5% neseparovaného digestátu + 6 g/l dolomitu	86,1	40,8	47,4	414	5,3
9	Rašelina + 10% neseparovaného digestátu + 3 g/l dolomitu	100	39,3	39,3	438	5,5
10	Rašelina + 10% neseparovaného digestátu + 6 g/l dolomitu	100	39,5	39,5	459	5,8

* Objemová hmotnost vlhkého vzorku

Tabulka 6.6 zahrnuje výsledky měření na množství živin metodou CAT v substrátech před založením pokusu.

Dle předpokladu je nitrátový dusík nejvíce zastoupen u varianty 6, tedy kontrolního pěstebního substrátu. U variant s přidaným digestátem je přibližně pětinasobně méně nitrátového dusíku. Naproti tomu amonná forma dusíku byla nejméně obsažena ve variantě 6 a nejvíce ve variantě 10 s nejvyšším obsahem digestátu a dolomitu.

Draslík byl v největším množství zjištěn u varianty 10 (2063 mg/kg), následovala varianta 9 s 1931 mg/kg, tedy obě varianty s největším množstvím přidaného digestátu. Nejmenší množství draslíku obsahovala varianta 6 (817 mg/kg).

Varianta 6 obsahovala nejvíce hořčíku, a to 1342 mg/kg.

Fosfor dosahoval nejvyšších hodnot u variant 9 a 10, tedy substrátů s nejvyšším přídatkem digestátu.

Tabulka 6.6: Obsah makroprvků v substrátech při založení pokusu

Varianta	metoda CAT (mg/kg sušiny)					
	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	K	Mg	P	S
6	125	113	814	1342	59,3	1361
7	20,8	676	826	639	140	23,4
8	32	720	838	684	127	21,9
9	20,1	1543	1931	682	293	31,6
10	25	1636	2063	855	320	33,7

Z tabulky 6.7 lze vyčíst informace o substrátech po sklizni rostlin máty v roce 2013.

Statisticky průkazný rozdíl nebyl nalezen v procentech sušiny u jednotlivých variant. Lze však konstatovat, že největší množství sušiny obsahoval kontrolní substrát ve variantě 6, a to 47,5 %.

Varianta 6 také dosahovala nejvyšších hodnot pH, průměrně 5,5. Statisticky průkazný rozdíl byl dokázán mezi touto kontrolní variantou a variantami 7, 8 a 9. U variant 6 a 10 se statisticky významný rozdíl dokázat nepodařilo.

Největší obsah dusíku v nitrátové formě byl stanoven u varianty 6, konkrétně 14,7 mg/kg. Nejméně jej bylo naměřeno u varianty 7 (4,7 mg/kg). Statisticky se rozdíl v obsahu nitrátového dusíku prokázat nepodařilo. Ani u amonné formy dusíku nebyl zjištěn průkazný

statistický rozdíl. Nejméně ho dle očekávání obsahovala varianta 6 a nejvíce varianta 10 s nejvyšším přídatkem digestátu.

Podobné schéma lze zmínit i u obsahu draslíku. Tento prvek byl nejméně přítomen ve variantě 6 (78,8 mg/kg) a nejvíce ve variantě 10 (452 mg/kg), která obsahovala 10 % přidaného digestátu. Ani rozdíl v obsahu draslíku nebylo možno statisticky prokázat.

Ve variantě 6 bylo zjištěno i nejmenší množství hořčíku. Nejvíce hořčíku obsahovala naopak varianta 7. Také zde nelze prokázat statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými variantami.

Obsah fosforu byl nejvyšší u varianty 10 (45,3 mg/kg). Nejnižší byl u varianty 8 (16,5 mg/kg). Nelze prokázat statistický rozdíl v obsahu fosforu.

Statistický rozdíl byl prokázán u obsahu síry, a to mezi variantou 6 a všemi ostatními variantami. U varianty 6 bylo zjištěno 594 mg/kg síry, tedy nejvíce ze všech variant. Naopak nejméně síry bylo obsaženo ve variantě s nejvyšším obsahem digestátu, tedy variantě 10 (42,6 mg/kg).

Tabulka 6.7: Hodnoty substrátů po sklizni nadzemní biomasy rostlin

Varianta	sušina (%)	pH _{H2O}	metoda CAT (mg/kg sušiny)					
			N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	K	Mg	P	S
6	47,5 ^a	5,5 ^a	14,7 ^a	21,8 ^a	78,8 ^a	750 ^a	33,5 ^a	594 ^a
7	33,5 ^a	4,6 ^b	4,7 ^a	21,9 ^a	110 ^a	1302 ^a	32,1 ^a	104 ^b
8	34,2 ^a	4,8 ^b	5,2 ^a	23,7 ^a	155 ^a	1235 ^a	16,5 ^a	57,7 ^b
9	33,9 ^a	4,8 ^b	7,4 ^a	37,3 ^a	408 ^a	1182 ^a	39,8 ^a	71,7 ^b
10	36 ^a	5,2 ^a	13,2 ^a	47,1 ^a	452 ^a	1294 ^a	45,3 ^a	42,6 ^b
F-test	0,9	26	3	3	3	3	1	62
hladina významnosti	ns	0,01	ns	ns	ns	ns	ns	0,01

Tabulka 6.8 ukazuje údaje získané ze sklizené nadzemní hmoty rostlin máty. Nejvíce nadzemní hmoty bylo sklizeno z variant 10 a 9 (47,4 g, respektive 47,3 g). Nejméně pak z varianty 7 (34,5 g). Množství sušiny bylo nejvyšší u varianty 6 (22 %). Naopak průměrně nejméně sušiny obsahovaly rostliny sklizené ze substrátu varianty 9 (pouze 16 %). Rozdíl v hmotnosti a podílu sušiny nicméně nebyl statisticky průkazný.

Také rozdíly v obsahu dusíku byly statisticky neprůkazné. Nejvyšší průměrný podíl dusíku byl změřen u variant 9 a 10, (shodně 2,7 %), kde byl podíl přidaného digestátu 10 %. Nejméně dusíku obsahovala sušina nadzemních částí rostlin sklizených ze substrátu varianty 7 (2 %).

Obsah fosforu, stejně jako draslíku byl nejvyšší v případě varianty 10 a nejnižší u varianty 6. Rozdíly v obsahu fosforu ani draslíku nebyly statisticky průkazné.

Nejvíce vápníku bylo naměřeno u varianty 6, a to 16381 mg/kg, nejméně u varianty 9 s obsahem 11001 mg/kg sušiny. Obsah vápníku ve variantě 6 se statisticky průkazně lišil od všech dalších variant.

Podobně jako u obsahu vápníku lze nejvyšší obsah hořčíku v nadzemní hmotě rostlin máty nalézt u varianty 6. Nejméně hořčíku bylo zjištěno u varianty 10. Statisticky průkazně se lišil obsah hořčíku mezi kontrolní variantou a variantami 7 – 10.

Statisticky neprůkazně se lišil i obsah síry. Nejvyšší obsah síry byl změřen u kontrolní varianty, nejmenší poté u varianty 10.

Tabulka 6.8: Hodnoty sklizené nadzemní biomasy rostlin

Varianta	čerstvá hmotá (g)	sušina (%)	N (%)	mg/kg				
				P	K	Ca	Mg	S
6	45,8 ^a	22 ^a	2,2 ^a	2197 ^a	19214 ^a	16381 ^a	6131 ^a	4384 ^a
7	34,5 ^a	20 ^a	2,0 ^a	3174 ^{ab}	21687 ^a	13247 ^{ab}	5380 ^{ab}	3858 ^a
8	35,6 ^a	20 ^a	2,2 ^a	2976 ^{ab}	24193 ^a	12508 ^b	5150 ^{ab}	4066 ^a
9	47,3 ^a	16 ^a	2,7 ^a	4261 ^b	28484 ^a	11001 ^b	4300 ^b	4080 ^a
10	47,4 ^a	17 ^a	2,7 ^a	4203 ^b	29306 ^a	11438 ^b	4168 ^b	3851 ^a
F-test	2,29	1,9	1,54	5,84	2,78	8,2	9,81	0,22
hladina významnosti	ns	ns	ns	0,01	ns	0,01	0,01	ns

6.3 Pokusy v roce 2015

Tabulka 6.9 uvádí základní charakteristiky jako je množství sušiny v %, objemovou hmotnost a pH stanovené ve vodném výluhu pro substráty před založením pokusu.

Z tabulky 6.9 je patrné, že procento sušiny klesalo v závislosti na množství přidaného digestátu. Námí použitý neseparovaný digestát obsahoval pouze 6,3 % sušiny. Nejvíce sušiny vykazovala varianta 11, tedy kontrolní. Mírná změna v obsahu sušiny je pozorovatelná i mezi variantami 12 a 13, kde jediným rozdílem bylo množství přidaného dolomitu (10 g/l respektive 15 g/l). S větším množstvím dolomitu stoupl logicky i procento sušiny. Tento rozdíl je patrný i mezi variantami 14 a 15.

Nejvyšší pH bylo zjištěno u kontrolní varianty 11 (6,53). Nejnižší pH poté u varianty 12 (6,09). Tato varianta obsahovala nejmenší podíl přidaného digestátu i dolomitu, které by účinně snížily přirozenou kyselost rašeliny.

Z tabulky 6.9 lze ověřit předpokládané vysoké pH digestátu, a to 9,08 a současně nízké pH rašeliny – 4,03. Digestát obsahoval velmi malé procento sušiny, pouze 6,3 %.

Tabulka 6.9: Základní hodnoty substrátů na začátku pokusu

Označení	Varianta	OH (g/l)	sušina (%)	pH _{H2O}
11	Kontrola – pěstební substrát B	522	46	6,53
12	5 % digestátu + 95 % rašeliny + 10 g/l dolomitu	412	40,6	6,09
13	5 % digestátu + 95 % rašeliny + 15 g/l dolomitu	390	42,4	6,34
14	10 % digestátu + 90 % rašeliny + 10 g/l dolomitu	370	36,2	6,22
15	10 % digestátu + 90 % rašeliny + 15 g/l dolomitu	459	37,8	6,42
Digestát		1081	6,3	9,08
Rašelina		378	50,4	4,03

V tabulce 6.10 jsou uvedeny obsahy prvků ve sledovaných variantách stanovených metodou CAT. Jde rovněž o hodnoty substrátů na začátku pokusu. Obsah nitrátového dusíku byl nejvyšší v případě kontrolního substrátu. S přidáním digestátu, jeho obsah, dle předpokladu klesal.

Naopak při přidávání digestátu je patrné zvyšování obsahu amonné formy dusíku. Kontrolní substrát obsahoval pouze 115 mg/kg amonného dusíku. Naproti tomu varianta 15 s 10 % digestátu obsahovala amonné formy dusíku již 945 mg/kg, tedy téměř 9x vyšší obsah. Jednoznačně nejvyšší obsah amonného dusíku má digestát, a to 3382 mg/kg. Současně lze v digestátu nalézt i nejvyšší obsah draslíku, konkrétně 5172 mg/kg, což vysvětluje zvyšující se obsah draslíku ve variantách s vyšším podílem digestátu. Varianty 12 a 13 s pouze 5% přídatkem digestátu obsahovaly 869 mg/kg, respektive 862 mg/kg draslíku a téměř dvojnásobný obsah draslíku vykazovaly varianty 14 a 15 s 10 % digestátu, kde získané hodnoty činily 1558 mg/kg, respektive 1606 mg/kg. Ve variantách pokusu s přibývajícím obsahem digestátu je rovněž patrný zvyšující se obsah fosforu.

Nejvíce vápníku obsahovala varianta 11 (1900 mg/kg) a nejméně dle očekávání rašelina (21 mg/kg). Lze si povšimnout stoupajícího množství vápníku v závislosti na zvyšujícím se množství přidaného dolomitického vápence.

Rašelina dle očekávání obsahuje pouze nízké množství všech prvků. Pouze obsah hořčíku v hodnotě 483 mg/kg není zanedbatelný.

Tabulka 6.10: Obsah makroprvků v substrátech při založení pokusu

Varianta	metoda CAT (mg/kg)						
	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	P	K	CaH ₂ O	Mg	S
11	540	115	193	1090	1900	636	590
12	16,7	462	140	869	191	1401	52,6
13	9,48	345	125	862	360	1749	78,5
14	2,58	761	303	1558	243	1325	72,1
15	2,24	945	334	1606	540	1624	95
Digestát	12,8	3382	246	5172	417	1017	181
Rašelina	4,18	84,3	7,03	75,4	21	483	16,5

Tabulka 6.11 uvádí čerstvou a suchou hmotnost, sušinu v % a pH u variant substrátů po sklizni. U variant 14 a 15 s nejvyšším (10%) obsahem digestátu je nejnižší obsah sušiny, protože digestát samotný má velmi nízký obsah sušiny. Průkazně vyšší hodnota pH byla naměřena u kontrolního substrátu 11 a u varianty 12.

Tabulka 6.11: Základní hodnoty substrátů po sklizni rostlin

Varianta	čerstvá hmotnost (g)	suchá hmotnost (g)	Sušina (%)	pH _{H2O}
11	159	66,4	42,5	6,3 ^a
12	195	83,4	43	5,9 ^b
13	223	90,4	42,6	6,2 ^a
14	233	81,8	36	5,8 ^b
15	295	100	34,4	5,9 ^b
F-test			0,99	44,5
hladina významnosti p≤			ns	0,01

V tabulce 6.12 jsou uvedeny obsahy živin v substrátech po sklizni máty. Nejvyšší hodnota nitrátové formy dusíku byla naměřena u kontrolní varianty 11. U variant 12, 13 a 14, kde se zvyšoval obsah digestátu, se množství nitrátového dusíku statisticky průkazně snižovalo.

Naopak u amonné formy dusíku bylo zřejmé průkazné zvýšení u všech variant s přidávaným digestátem oproti kontrole. Nejvíce amonného dusíku bylo zaznamenáno u variant 14 a 15 s nejvyšším, 10 % přídavkem digestátu.

V kontrolní variantě 11 byl naměřen obsah fosforu 117 mg/kg. U variant 12 a 13 je zřejmý pokles obsahu fosforu na 63,3 mg/kg, respektive 73,9 mg/kg. Tento pokles je srovnatelný i s nižším obsahem fosforu v měření substrátů při založení pokusu (viz tab. 6.10). U varianty 14 je obsah fosforu srovnatelný s kontrolou a pouze u varianty 15 je množství fosforu statisticky průkazně vyšší (201 mg/kg).

V případě množství draslíku se od kontrolní varianty 11 průkazně liší pouze varianty 14 a 15. U variant 12 a 13 nelze obsah draslíku statisticky průkazně odlišit. U kontrolní varianty byl obsah draslíku 838 mg/kg, naproti tomu u varianty 15 se množství draslíku pohybovalo průměrně okolo 1167 mg/kg.

Varianta 11 vykazovala nejvyšší obsah vápníku, průměrně 1655 mg/kg. U všech ostatních variant byl naměřený obsah vápníku podstatně nižší.

Průkazně nejmenší množství hořčíku bylo zjištěno u kontrolního substrátu (633 mg/kg). Výrazně vyšší obsah hořčíku byl změřen u všech variant s přídavkem digestátu, nejvíce u varianty 13 (1876 mg/kg). Statisticky průkazný rozdíl v obsahu hořčíku byl rovněž

zaznamenán mezi variantami 12 a 13 a dále mezi variantami 14 a 15. Příčinou byly vyšší dávky dolomitického vápence u variant 13 a 15.

Síra byla v nejvyšším množství stanovena u kontrolní varianty 11 (451 mg/kg). Její obsah se statisticky významně lišil od všech následujících variant. U ostatních variant se obsah síry pohyboval od 49,6 mg/kg - 85,5 mg/kg . Lze si všimnout zvyšování obsahu síry v závislosti na zvýšeném přidávání dolomitického vápence, podobně jako u hořčiku. Zde se ovšem jedná o statisticky neprůkazné rozdíly.

Tabulka 6.12: Obsah prvků v substrátech po sklizni nadzemní biomasy rostlin

Varianta	metoda CAT (mg/kg sušiny)						
	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	P	K	CaH ₂ O	Mg	S
11	247 ^a	54,6 ^a	117 ^a	838 ^a	1655 ^a	633,3 ^a	451 ^a
12	128 ^b	205 ^b	63,3 ^b	621 ^a	155 ^b	1607 ^b	49,6 ^b
13	92,3 ^b	99,6 ^{ab}	73,9 ^b	579 ^a	297 ^c	1876 ^c	72,1 ^b
14	89,1 ^b	409 ^c	136 ^a	1097 ^b	180 ^b	1405 ^b	57,9 ^b
15	215 ^a	382 ^c	201 ^c	1169 ^b	496 ^d	1709 ^{bc}	85,5 ^b
F-test	33,8	32,8	31,7	20,7	412	109	444
hladina významnosti	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

V tabulce 6.12 jsou znázorněny výsledky měření nadzemní hmoty rostlin máty po sklizni a procentuální množství sušiny.

Nejméně čerstvé nadzemní hmoty bylo naváženo u varianty 11. Nejvíce naopak u varianty 15 s 10% přídatkem digestátu a 15 g dolomitického vápence. Naopak procento sušiny bylo nejvyšší u varianty 11, a to 20,2 % a statisticky bylo průkazně odlišné od zbylých variant.

Tabulka 6.12: Základní hodnoty sklizené biomasy rostlin

Varianta	nadzemní čerstvá hmota (g)	suchá hmota (g)	sušina (%)
11	11,2	2,3	20,2 ^a
12	18,5	2,9	15,4 ^b
13	15,4	2,8	17,7 ^{ab}
14	17,6	2,9	17 ^{ab}
15	19,5	2,8	14,5 ^b
F-test	1,27	0,28	6,29
hladina významnosti	ns	ns	0,01

Z tabulky 6.13 lze vyčíst statisticky průkazný rozdíl u obsahu všech prvků v nadzemní biomase máty (kromě K) mezi kontrolním substrátem – (variantou 11) a ostatními.

Nejvíce celkového dusíku obsahovala varianta 14, následována variantou 15. Zde celkový dusík tvořil 3,5 %, respektive 3,3 %.

Obsah fosforu byl nejnižší u varianty 11 (3932 mg/kg) a nejvyšší u varianty 12, kde dosahoval 5532 mg/kg.

Obsah draslíku byl nejvyšší u varianty 15, kde bylo dosaženo hodnoty 41441 mg/kg. Z předchozích údajů lze zjistit, že digestát je velmi bohatý právě na draslík, proto došlo i k vyšším odběrům draslíku u variant s digestátem.

Naopak je tomu u vápníku, který z nejvyšší hodnoty 17784 mg/kg u varianty 11 postupně klesá až na nejnižší hodnotu 11252 mg/kg u varianty 15.

Hořčík, podobně jako fosfor, vykazoval nejnižší hodnoty u varianty 11 (2792 mg/kg) a nejvyšší hodnoty u varianty 12 (5011 mg/kg).

Síra byla opět nejméně obsažena ve variantě 11 a nejvíce ve variantě 12. Statisticky průkazně byl obsah síry vyšší ve variantách s přidaným digestátem.

Tabulka 6.13: Obsah prvků v biomase rostlin po sklizni

Varianta	N (%)	mg/kg				
		P	K	Ca	Mg	S
11	2,6 ^a	3932 ^a	38510	17784 ^a	2792 ^a	2340 ^a
12	3,2 ^b	5532 ^b	37409	13340 ^b	5011 ^b	3294 ^b
13	3,2 ^b	5104 ^b	35797	12348 ^b	4508 ^b	2855 ^{ab}
14	3,5 ^b	5302 ^b	38439	11866 ^b	3738 ^{ab}	3131 ^b
15	3,3 ^b	5385 ^b	41441	11252 ^b	4018 ^b	3149 ^b
F-test	25,9	8,29	2,03	17,6	8,27	6,03
hladina významnosti	0,01	0,01	ns	0,01	0,01	0,01

6.4 Srovnání výsledků z pokusů z let 2012, 2013 a 2015

Při založení pokusu bylo měřeno pH jednotlivých variant. Z výsledků z let 2012, 2013 a 2015 je patrné zvýšení pH přidáním digestátu k rašelině. U pokusů z let 2013 a 2015 se přidával i dolomitický vápenec. Lze říci, že při přidání dolomitického vápence a se zvyšujícím se podílem přidávaného digestátu, roste u výsledných substrátů také hodnota pH.

Hodnota pH substrátů byla měřena i po sklizni pokusů. U pokusů z roku 2012 se měřené pH u substrátů s digestátem výrazně snižovalo, pouze u kontrolních substrátů zůstala hodnota pH téměř neměnná. Od roku 2013 se ke zmírnění tohoto jevu přidával dolomitický vápenec. Množství dolomitického vápence přidávaného v roce 2013 činilo 3 g, respektive 6 g. Toto množství se jevilo jako nedostatečné, protože výrazný pokles pH nezastavilo. U pokusu v roce 2015 bylo množství přidávaného dolomitu již 10 g, respektive 15 g. Po sklizni pokusů bylo změřené pH u substrátů s přídavkem digestátu jen nepatrně nižší než při založení pokusu.

U kontrolních substrátů byl při založení pokusu zjištěn obecně vyšší obsah nitrátového dusíku než u variant substrátů složených z rašeliny, digestátu a případně dolomitického vápence. Naopak přidávaný digestát velice výrazně zvýšil obsah amonné formy dusíku, a to někdy až 10 x oproti kontrolním substrátům. Podobně se toto rozdělení obsahu forem dusíku projevilo v měření substrátů po sklizni. Podle předpokladů byl obsah dusíku obecně nižší u substrátů všech variant po sklizni, než při založení porostu.

Obsah draslíku a fosforu vykazoval s přídavkem digestátu jednoznačně stoupající tendenci. Samotný digestát byl velice bohatý na obsah těchto prvků, zejména pak draslíku.

Po sklizni biomasy byl obsah draslíku v sušině substrátů stále obecně vyšší než u kontrolních substrátů. Jinak tomu bylo u obsahu fosforu, kde byly přibližně v polovině případů po sklizni naměřeny nižší obsahy ve srovnání s kontrolami

Zvýšení obsahu Mg bylo pravděpodobně způsobeno přídavkem dolomitického vápence v některých pokusech. V roce 2012 byl obsah hořčíku v substrátech poměrně nízký v porovnání s pokusy v následujících letech, kdy se již dolomitický vápenec přidával. Pouze v roce 2013 byl obsah hořčíku vyšší u kontrolního substrátu než u substrátů s přidávaným digestátem a dolomitickým vápencem.

Ačkoliv se nepodařilo prokázat statisticky významné rozdíly mezi hmotnostmi sklizené nadzemní biomasy rostlin máty, lze prohlásit, že obecně se tato hmotnost zvyšovala přidáním digestátu. Naproti tomu byly zjištěny opačné tendence po usušení nadzemní hmoty, tedy

v procentuálním zastoupení sušiny v biomase sklizených rostlin. U pokusu z roku 2012 byl statisticky průkazný rozdíl mezi kontrolní variantou 1 a ostatními variantami. Zde například bylo sklizeno pouze 34,2 g čerstvé nadzemní hmoty, ale z toho sušina tvořila 39,7 %. U varianty 5, bylo sklizeno průměrně 55,9 g čerstvé nadzemní hmoty, ale sušina byla pouze 26,7 %.

U varianty z roku 2013 se také nepodařilo prokázat statisticky průkazný rozdíl v množství sklizené biomasy, nicméně průměrně bylo nejvíce biomasy sklizeno z variant obohacených digestátem. Také zde však bylo zastoupení sušiny vyšší u kontrolní varianty, tedy obecně s vzrůstajícím množstvím sklizené biomasy klesal procentuální obsah sušiny v ní. Podobné tendence byly zaznamenány i v pokusech z roku 2015.

Obsah dusíku ve sklizené biomase vzrůstal se zvyšujícím se přídatkem digestátu. Statisticky průkazný rozdíl byl zjištěn u pokusu v roce 2015, kdy nejméně dusíku (2,6 %) bylo změřeno u varianty 11, tedy bez přidaného digestátu. Nejvíce dusíku (3,5 %) bylo zjištěno u varianty 14, tedy substrátu s 10 % přídatkem digestátu. U variant z let 2012 a 2013 se nepodařilo prokázat statisticky významný rozdíl v obsahu dusíku v nadzemní biomase rostlin, avšak jeho obsah se zpravidla zvyšoval ve variantách s přidaným digestátem.

7 Diskuze

Cílem této práce byl vývoj vhodného substrátu pro pěstování máty peprné za použití rašeliny, neseparovaného digestátu a dolomitického vápence. V této práci byla shromážděna pozorování ze tří pokusů, s různým množstvím přidaného digestátu, případně i dolomitického vápence.

Dolomitický vápenec byl přidán, aby zmírnil výkyvy pH. Podle Vaňka et al. (2012) se vápenec se pomalu rozpouští a působí tak dlouhodobě na půdní reakci. Albuquerque et al. (2012) ve své studii uveřejnil závěr, že přidáním digestátu bylo pH ovlivněno pouze krátkodobě a mírně. Toto se potvrdilo i v našich pokusech v roce 2012, kdy $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ před založením pokusu bylo u variant 4 a 5 (s 10 a 15 % digestátu) srovnatelné s kontrolním substrátem (Gramoflor). Po sklizni pokusů však došlo k výraznému snížení pH u variant s digestátem. Zatímco u kontrolního substrátu byla před založením pokusu naměřena hodnota $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ 5,0 a po sklizni zůstala téměř nezměněna (5,1), u testovaných substrátů činilo $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ před založením pokusu 4,8 (var. 4), resp. 5,3 (var. 5) a po sklizni došlo k výraznému snížení na 4,3, resp. 4,2. Z tohoto důvodu se v následujících letech (2013 a 2015) k variantám substrátů s digestátem již přidával dolomitický vápenec.

Hodnota pH je velice důležitý faktor pro příjem živin rostlinami, jak potvrzují Troeh et Thompson (2005).

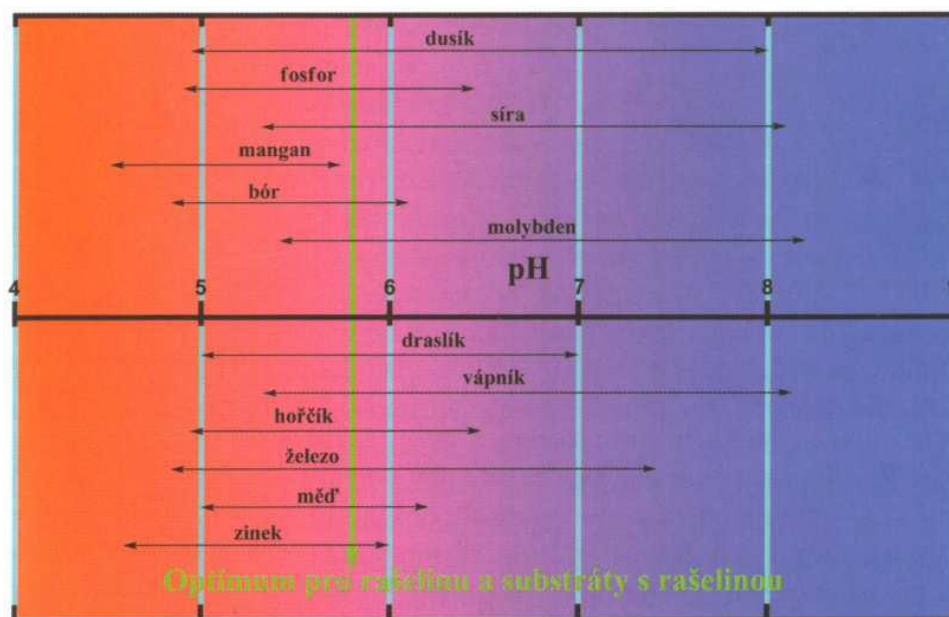
Rigby et Smith (2011) ve své studii uvádějí, že pH samotného digestátu dosahuje poměrně vysokých hodnot. Také Tlustoš et al. (2013) uvádí vysokou hodnotu pH u digestátů. Digestát použitý v roce 2015 měl hodnotu $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 9,08.

Holečková (2012) prováděla pokusy se smícháním rašeliny a digestátu z důvodu vyrovnání pH. Rašelina má obecně pH nízké (kolem hodnoty 4,0) a neseparovaný digestát vyšší (kolem 7 - 9). Očekávalo se, že smícháním vznikne substrát vhodný pro většinu plodin. Toto očekávání se nenaplnilo. Také v našich pokusech v roce 2012 bez přidávání dolomitického vápence bylo změřeno nízké $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ (3,8 – 4,3) v substrátech složených pouze z rašeliny a digestátu. Ani jedna z pokusných variant nedosáhla po sklizni hodnoty pH vyšší, než u kontrolních substrátů.

Naproti tomu u pokusu v roce 2015, při dávce 10 % digestátu a 15 g/l dolomitického vápence bylo $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ substrátu ke konci pokusu 5,9, což je dle Vaňka et al. (2012) optimální hodnota pro příjem většiny prvků.

Vaněk et al. (2012) uvádí, že přijatelnost živin v rašelině, rašelinových substrátech a materiálech s vysokým obsahem organických látek je vyšší v kyselější oblasti, kde optimální hodnota pH pro příjem většiny živin je okolo 5. Toto ilustruje i obrázek 7.1, kterým Vaněk et al. (2012) svá tvrzení podporuje.

Obrázek 7.1: Přijatelnost živin ze substrátu v závislosti na jeho pH (Vaněk et al., 2012)



V pokusech v letech 2013 a 2015 ve variantách substrátů složených z rašeliny, digestátu a přidavkem dolomitického vápence byly již hodnoty pH po sklizni přijatelnější, než u pokusu v roce 2012 bez přidaného dolomitického vápence. Například v roce 2013 u varianty 10 (10% digestátu a 6 g/l dolomitického vápence) bylo změřeno $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 5,2 a u kontrolního substrátu (varianta 6) bylo $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 5,5. Tento rozdíl nebyl ani statisticky průkazný.

Möller et Müller (2012) publikovali, že procento sušiny v digestátu se pohybuje v rozmezí 1,5 až 13,2 %, z toho tekutá složka má procento sušiny v rozsahu 4,5 až 6,6 %, pevná pak mezi hodnotami 19,3 až 24,7 %. V digestátu použitém v našem pokusu v roce 2015 bylo 6,3 % sušiny, což souhlasí i s tvrzením Pančíkové (2016), že digestát obsahuje 6 – 9 % sušiny.

Dle Albuquerque et al. (2012) změny anorganického dusíku (NH_4^+ a NO_3^-) v substrátech po aplikaci digestátu naznačují rychlou nitrifikaci amonného dusíku, který byl přidáním digestátu vpraven do substrátu.

Vaněk et al. (2012) uvádí, že amonná forma dusíku zvyšuje pH substrátu. Amonný iont za příhodných podmínek podléhá nitrifikaci na nitrátový aniont. Ten naopak způsobuje okyselení substrátu. Na základě uvedených faktů lze předpokládat, že přidání digestátu, obsahujícího velké množství amonného dusíku, do substrátu způsobí zvýšení jeho hodnoty pH. Tento jev se potvrdil ve všech našich pokusech v letech 2012, 2013 i 2015. Ve všech pokusech byla hodnota pH po přidání digestátu v substrátech relativně vysoká, respektive stejná či dokonce vyšší než pH u kontrolních substrátů.

V průběhu pokusu docházelo k mineralizaci amonného dusíku z digestátu a tím se hodnota pH postupně snižovala. Tento jev se potvrdil především u pokusu v roce 2012 bez přidání dolomitického vápence. Tímto se potvrdila nutnost přidávat dolomitický vápenec k substrátům s přídavkem digestátu., který podle Vaňka et al. (2007) pH dlouhodobě zvyšuje.

Zajímavý je fakt, který uvádí Tlustoš et al. (2013), a to možnost výrazného snížení obsahu amonného dusíku v digestátu po jeho vysušení při 60 °C. A naopak zvýšení obsahu některých přijatelných živin (P, K, Mg) a také obsahy stopových živin sušením digestátu.

V našich pokusech jsme zjistily vysoké obohacení rašelinového substrátu po přidání digestátu, především o dusík, draslík a fosfor. Také Tambone et al. (2010) zjistil v substrátech s podílem digestátu zvýšení obsahu těchto živin.

Zvýšení obsahu makroprvků v substrátech s přidaným digestátem potvrzuje i Abubaker et al. (2012). Ve svých pokusech taktéž dospěl k závěru, že digestát zvyšuje obsah prvků v substrátech.

Přístupnost živin může být ovlivněna také vztahem mezi ionty. Ovlivňování může být jak negativní – antagonistické, tak i pozitivní – synergické. Tyto vztahy mezi ionty se mohou projevit, jen pokud je vyšší obsah jednotlivých iontů v prostředí. Vaněk et al. (2012) tvrdí, že výrazný vliv na příjem kationtů vykazuje draslík a amonný iont. Při vysokém obsahu živin v živném prostředí se zvyšuje jeho obsah v rostlině a současně se omezuje příjem ostatních kationtů, nejvíce Na, dále Mg a Ca. V pokusech v roce 2012 a 2013 je možný příklad antagonistické působení draslíku a amonného dusíku, kteří způsobili pokles obsahu hořčíku v nadzemní hmotě rostlin. Pokles obsahu hořčíku v závislosti na vysokém obsahu kationtů draslíku a amonného dusíku potvrzují i výsledky pokusů Sivákové (2013).

Kationty H^+ , NH_4^+ , Mg^{2+} , Mn^{2+} , zejména pak K^+ , pokud se nacházejí ve vysokém množství, významně omezují příjem Ca^{2+} , zatímco vápník působí příznivě na příjem většiny iontů (Troeh et Thompson, 2005).

Ve všech pokusech z let 2012, 2013 i 2015 lze tímto vysvětlit statisticky průkazné nižší hodnoty obsahu vápníku v nadzemní biomasy máty u substrátů s přídavkem digestátu,

a zároveň i vyšším obsahem draslíku i amonného dusíku. To bylo nejspíše zapříčiněno výše uvedeným inhibičním působením draslíku a zejména také amonné formy dusíku. K tomu samému závěru dospěla ve své práci i Holečková (2012).

Při zvyšujícím se množství amonného dusíku (z přidaného digestátu) v substrátu se zvyšovalo i množství celkového dusíku v nadzemní biomase rostlin máty. Statisticky průkazný rozdíl v obsahu celkového dusíku je u pokusu v roce 2015, kdy biomasa sklizená z kontrolní varianty 11 obsahovala 2,6 % dusíku a varianta 14 již 3,5 % dusíku. Tento jev popisuje i Čustíć et al. (2003).

8 Závěr

Cílem této práce bylo vyvinout vhodný substrát pro pěstování máty peprné za použití rašeliny, neseparovaného digestátu z bioplynové stanice a dolomitického vápence. Tato práce zhodnocuje pokusy z let 2012, 2013 a vlastní pokus autora z roku 2015.

Závěry lze shrnout do následujících bodů:

- Digestát dosahuje vysokých hodnot pH a krátkodobě otupuje kyselost rašeliny, nicméně nitrifikací vysokého obsahu amonného dusíku v digestátu dochází ke snižování pH na hodnoty nevhodné pro pěstování většiny rostlin.
- Přidáním dolomitického vápence lze vyrovnat snižování pH vlivem nitrifikace a dlouhodobě stabilizovat pH na hodnotách vhodných pro většinu rostlin.
- Přídavek digestátu obohacuje substrát zejména o amonnou formu dusíku, fosfor, draslík a hořčík.
- Přidáním digestátu do substrátů se statisticky průkazně zvýšil obsah fosforu ve sklizené biomase rostlin.
- Obsah vápníku v biomase rostlin i v substrátech na konci pokusu statisticky průkazně klesal u variant s přidaným digestátem oproti kontrolním substrátům.
- Obsah hořčíku v biomase rostlin v pokusech z let 2012 a 2013 statisticky průkazně klesal ve variantách s přidaným digestátem oproti kontrolním substrátům. Naopak v pokusu z roku 2015 byl obsah hořčíku u variant s přidaným digestátem statisticky průkazně vyšší.
- Varianty pokusu s přidaným digestátem vykazovaly oproti kontrolním substrátům vyšší obsah hořčíku v substrátech ke konci pokusu. Nejvyšší, statisticky průkazný, rozdíl byl změřen u pokusu v roce 2015, kdy byl k digestátu přidáván i dolomitický vápenec.
- Obsah síry v biomase sklizených rostlin byl statisticky průkazně vyšší (kromě pokusu z roku 2013) u variant s přídavkem digestátu, než u kontrolních substrátů. Naproti tomu obsah síry v substrátech po sklizni rostlin byl statisticky průkazně nižší u substrátů s přidaným digestátem, než u kontrolních substrátů.
- Statistický rozdíl v hmotnosti sklizené biomasy se nepodařilo prokázat. Kromě pokusu v roce 2013 byl změřen statisticky průkazně nejvyšší podíl sušiny ve sklizené biomase rostlin z kontrolních variant substrátů.

Jako nejvhodnější varianty substrátu pro pěstování máty peprné z hlediska obsahu prvků ve sklizené biomase a v substrátu po sklizni se jeví pokusy z roku 2015, a to konkrétně varianta 15, která obsahovala 10 % přidaného digestátu a 15 g/l dolomitického vápence.

9 Literatura

Abubaker, J., Risberg, K., Pell, M. 2012. Biogas residues as fertilisers - effects on wheat growth and soil microbial activities. *Applied Energy*. 99. 126-134.

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

Altmann, V., Vaculík, P., Mimra, M. 2010. *Technika pro zpracování komunálního odpadu*. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. 120 s. ISBN: 9788021320222.

Ansorena, J. M. 1994. *Sustratos: propiedades y caracterizacion*. Mundi-Prensa. Madrid. 172 p.

Bujnovský, R. 2002. Efektívne hnojenie pôdy a poľných plodín. Ústav vedecko -technických informácií pre pôdohospodárstvo. Nitra. 42 s. ISBN 8089088058 .

Ćustić, M., Poljak, M., Čoga, L., Ćosić, T., Toth, N., Pecina, M. 2003. The influence of organic and mineral fertilization on nutrient status, nitrate accumulation, and yield of head chicory. *Plant, Soil and Environment*. 49. 218-222.

Deublein D., Steinhauser A. 2008. *Biogas from Waste and Renewable Resources*. Wiley. Munich. 572 p. ISBN: 978352731844.

Dubský, M., Šrámek, F., Slezáček, Z. 2010. Fyzikální vlastnosti rašelin. *Zahradnictví*. 9 (2). 58 – 59.

Dubský, M., Tlustoš, P. a Kaplan, L. 2012. Využití pevné fáze digestátu pro přípravu pěstebních substrátů. Sborník z konference "Racionální použití hnojiv". Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. 53-58.

Dubský, M., Vydlák, J. 2012. Nasákavost rašelinových substrátů. *Zahradnictví*. 11 (2). 62 – 64.

EXCEL. Microsoft Office Excel 2007. Microsoft office Enterprise 2007. USA. release SP2.

Fernandes, C., Corá, J. E. 2004. Bulk density and relationship air/water of horticultural substrate. *Sci. Agric.* 61(4): 446-450.

Fonteno, W. C. 1996. Growing media: Types and physical/chemical properties. In Reed, D. W. (ed.): *Water, Media and Nutrition for Greenhouse Crops*. Ball Publishing. 93–122.

Gabriel, M. Z., Atland, Owen, J. E. 2009. The effect of Physical and Hydraulic Properties of Peatmoss and Pumice on Douglas Fir Bark Based Soilless Substrates. *HortScience*. 44. 874-878.

Gromová, Z. 1993. *Pestovanie špeciálnych plodín*. Vysoká škola poľnohospodárska. Nitra. 194 s. ISBN: 8071371157.

Habán, M., Otepka, P., Šalamon, I. 2008. *Poľnohospodárske aspekty pestovania liečivých rastlín – Agricultural aspects of medicinal plant cultivation*. SPU. Nitra. 65 s. ISBN: 9788055201214.

Havlíčková, K., Weger J., Boháč, J., Štěrbá, Z. 2008. *Rostlinná biomasa jako zdroj energie*. Výzkumný ústav Silvia Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i. Průhonice. 83 s. ISBN: 9788074150043.

Hlušek, J., Richter, R., Ryant, P. 2002. *Výživa a hnojení zahradních plodin*. Farmář. Praha. 81 s. ISBN: 8090241352.

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

Huat, B. K., Prasad, A., Asadi, A., Kazemian, S. 2014. *Geotechnics of Organic Soils and Peat*. CRC Press. London. 250 p. ISBN: 9780415659413.

Chambers, H. 1992. *Mentha*; genetic resources and the collection at USDA-ARSNCGR-Corvallis. Lamiales News letter. 1, 3–4.

Jílek, A. 2010. Zaměřeno na substráty. Zahradnictví. 9 (4). 40 – 41.

Kaplan, L., Tlustoš, P., Száková, J., Najmanová, J. 2011. Vliv pevné fáze digestátu z bioplynové stanice na růst a kvetení chryzantém. Racionální použití hnojiv. 102-106.

Kaplan, L., Tlustoš, P., Száková, J., Najmanová, J., Tůma, J. 2012. Vliv pevné fáze digestátu z bioplynové stanice na růst balkonové rostliny sutery srdčité. Racionální použití hnojiv. 126-130.

Kára, J. 2007. Výroba a využití bioplynu v zemědělství. VÚZT. Praha. 120 s. ISBN: 9788086884288.

Korbelář, J., Endris, Z. 1981. Naše rostliny v lékařství. Avicenum. Praha. 504 s. ISBN: 0809281.

Kováčik, P., Duscay, L., Varga, L. 2001 Pestovatel'ské substráty. SPU Nitra. Nitra. ISBN: 807137875589.

Kubát K., Hrouda L., Chrtek J., Kaplan Z., Kirschner J., Štěpánek J. 2002. Klíč ke květeně České republiky. Academia. Praha. 930 s. ISBN: 8020008365.

Lang, J. H. 1996. Growing media testing and interpretation. In Reed. D. W. (ed.): Water, Media and Nutrition for Greenhouse Crops. Ball Publishing. 123–139.

Lawrence, B. 2006. Mint: The genus *Mentha*. CRC Press. Boca Raton. 558 p. ISBN: 0849307791.

Lea-Cox, J. D., Smith, I. E. 1997. The interaction of air-filled porosity and irrigation regime on the growth of three woody perennial (citrus) species in pine bark substrates. Proc. Southern Nurs. Assoc. Res. Conf. 169-174.

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

McKay, L., Blumberg J. 2006. A review of the bioactivity and potential health benefits of peppermint tea (*Mentha piperita* L.). *Phytotherapy Research*. 619-633.

Mehlich, A.: 1984. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 15. 1409-1416.

Minasny, B., McBratney A. B., Brough, D. M., Jacquier, D. 2011. Models relating soil pH measurements in water and calcium chloride that incorporate electrolyte concentration, University of Sydney, Australia. 728 – 732.

Miwa, K., Fujiwara, T. 2010. Boron transport in plants: co-ordinated regulation of transporters. *Annals of Botany*. 105(7). 1103-1108.

Möller, K., Müller, T. 2012. Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth: A review. *Engineering in Life Sciences*. (3) 12. 242 – 257.

Mustafa, A. F., J. J. McKinnon, and D. A. Christensen. 2001. Effects of feeding ensiled spearmint (*Mentha spicata*) byproduct on nutrient utilization and ruminal fermentation of steers. *Animal feed science and technology*. 92.1. 33-43.

Neugebauerová, J. 2006. Pěstování léčivých a kořeninových rostlin. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Brno. 122 s. ISBN: 8071579971.

Pastorek, Z., Kára, J., Jevič, P. 2004. Biomasa obnovitelný zdroj energie. FCC PUBLIC. Praha. 288 s. ISBN: 8086534065.

Pařava, R., Valtera, J. 2007. Rašelina - terminologie a další zajímavosti I. *Zahradnictví*. 6 (2). 50 – 51.

Pokluda, R. 2005. Moderní složky zahradnických substrátů. *Zahradnictví*. 4 (2). 49 – 50.

Raviv, M., Lieth, J.H. 2008. *Soilless Culture: theory and practice*. Elsevier. Amsterdam. 587 s. ISBN: 9780444529756.

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

Richter, R. 1994. *Výživa a hnojení rostlin /Obecná část (1)*, Vysoká škola zemědělská. Brno. 171 s. ISBN: 8071571385.

Richter, R., Hlušek, J. 1996. *Průmyslová hnojiva, jejich vlastnosti a použití*. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR. Praha. 50 s. ISBN: 8071051217.

Siváková, K. 2013. *Využití neseparovaného digestátu jako zdroje přístupných makroprvků stanovitelných výluhem CAT*. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. Praha. 57 s.

Soukup, J., Matouš, J., Nachlinger, Z., Bowe, R. 1979. *Výživa rostlin - substráty - voda v okrasném zahradnictví*. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 288 s. ISBN: 0710579.

StatSoft. 2015. *Statistica*. StatSoft Inc. 1984-2015 s.r.o. ver. 12. Praha. Česká republika.

Suchan, F. 1997. *Nové zdroje rašeliny a možnosti rozvoje výroby pěstebních substrátů*. Informace pro zahradnictví. 11. 16 – 17.

Šrámek, F., Dubský, M. 1997. *Náhrada rašeliny v pěstebních substrátech*. Acta Průhoniana, 64. 247–257.

Tambone, F., Scaglia, B., D'Imporzano, G., Schievano, A., Orzi, V., Salati, S., Adani, F., 2010. *Assessing amendment and fertilizing properties of digestates from anaerobic digestion through a comparative study with digested sludge and compost*. Chemosphere, 81. 577-583.

Tlustoš, P., Kaplan, L., Száková, J., Dubský, M., Roubíková, I., Šrámek, F. 2013. Využití pevné složky digestátu pro přípravu pěstebních substrátů – certifikovaná metodika. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. 20 s. ISBN: 9788021324305.

Traxl, V. 1992. Léčivé rostliny ze zahrady. Český zahrádkářský svaz KVĚT. Praha. 143 s. ISBN: 8085362082.

Troeh, F. R., Thompson, L. M. 2005. Soils and soil fertility. Blackwell Publishing Professional. Iowa. USA. 489 p. ISBN: 081380955X.

Vaněk, V., Balík, J., Černý, J., Pavlík, M., Pavlíková, D., Tlustoš, P., Valtera, J. 2012. Výživa zahradních rostlin. Academia. Praha. 570 s. ISBN: 9788020021472.

Vaněk, V., Balík, J., Němeček, R., Pavlíková, D., Tlustoš, P. 1998. Výživa a hnojení polních plodin, ovoce a zeleniny. Farmář – Zemědělské listy. Praha. 121 s. ISBN: 809024131X.

Vaněk, V., Penk, J., Bergman, Z., Brunnerová, Z., Kolář, V., Královec, J., Mazanec, O., Nerad, J., Petrášek, K., Staňa, J., Sirový, V., Smetana, Z., Steček, L., Šilar, J., Trávník, K., Vostál, J. 1991. Vápnění zemědělských půd. Ministerstvo zemědělství České republiky. Praha. 107 s. ISBN: 8070840471.

White, P. J., Broadley, M. R. 2009. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets – iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytologist*. 182. 49–84.

Elektronické zdroje:

Auterská, P.: Problematika zápachu na bioplynových stanicích [online]. Biom.cz. 26. 7. 2010. [cit. 2016-03-22]. Dostupné z: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/problematika-zapachu-na-bioplynovych-panicich>>.

Babička, L. Významný přínos výroby bioplynu [online]. Biom.cz. 10. 2. 2010. [cit. 2016-03-01]. Dostupné z: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyznamny-prinos-vyroby-bioplynu>>.

Bačík, O. Bioplynové stanice: technologie celonárodního významu [online]. Biom.cz.. 29. 6. 2009 [cit. 2016-03-22]. Dostupné z <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplynovve-panicce-technologie-celonarodniho-vyznamu>> .

Hlušek, J. Vápenatá hnojiva s uhličitanovou formou vápníku [online]. Ústav agrochemie a výživy rostlin. 23. 1. 2004. [cit. 2016-03-25]. Dostupné z <http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/hnojiva/mineralni/cauhlicitanov_a.htm>.

Matějka, J., Ciahotný, K., Kajan, M., Dohányos, J., Kamarád, L. Strategická výzkumná agenda v oboru bioplyn [online]. České Budějovice. Česká bioplynová asociace. Duben 2010. [cit. 2016-03-22]. Dostupné z <http://www.czba.cz/files/ceska-bioplynova-asociace/uploads/files/SVA_CzBA_duben_2010_verze_final%281%29.pdf>.

Ministerstvo životního prostředí (MŽP). Metodický pokyn ke schvalování provozu bioplynových stanic a stanovování závazných podmínek provozu z hlediska ochrany životního prostředí [online]. Ministerstvo životního prostředí. 2014. [cit. 2016-03-15]. Dostupné z <[http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/schvalovani_bioplynovych_stanic/\\$FILE/000-Metodicky_dokument_BPS-20150402.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/schvalovani_bioplynovych_stanic/$FILE/000-Metodicky_dokument_BPS-20150402.pdf)>.

Pančíková, J. Digestáty a jejich využití v zemědělství [online]. Úroda.cz. 2. 2. 2016. [cit. 2016-03-25]. Dostupné z <<http://uroda.cz/digestaty-a-jejich-vyuziti-vzemedelstvi/>> .