

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin**



**Možnosti využití neseparovaného digestátu v pěstebních  
substrátech pro zahradnictví**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Ing. Dalibor Mondek**

**Obor studia: Rozvoj venkovského prostoru**

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

© 2019 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Možnosti využití neseparovaného digestátu v pěstebních substrátech pro zahradnictví" 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 9.4.2019

---

## **Poděkování**

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

# Možnosti využití neseparovaného digestátu v pěstebních substrátech pro zahradnictví

## Souhrn

Rašelina je neobnovitelným přírodním zdrojem a současně základní surovinou pro výrobu pěstebních substrátů při produkci rostlin v zahradnictví. V současné době je snahou nahradit či částečně omezit její používání řadou alternativních komponentů.

Cílem práce bylo souhrnně zhodnotit pokusy probíhající od roku 2011 do roku 2015 se zaměřením na změny obsahů makroprvků a pH v substrátu s přidaným neseparovaným digestátem a dolomitickým vápencem a celkový obsah makroprvků v nadzemní hmotě pěstovaných rostlin. Jako testovací rostliny byly zvoleny Bazalka pravá (*Ocimum basilicum*), Gazanie zářivá (*Gazania rigens*) a máta peprná (*Mentha piperita*).

Předpokládali jsme, že samotná rašelina má nízké pH (kolem hodnoty 3,8) a je chudá na živiny. Naopak obsah živin u neseparovaného digestátu je výrazně vyšší a jeho pH se pohybuje kolem hodnoty 7,7. Smícháním těchto dvou komponentů lze očekávat vznik optimálního pěstebního substrátu, který může být vhodný pro většinu běžně pěstovaných zahradních rostlin.

Jako kontrolní substráty byly využity vždy běžně dostupné pěstební substráty. Výsledky dosažené u těchto substrátů pak byly porovnávány s hodnotami získanými u směsi z rašeliny s různým podílem neseparovaného digestátu a dolomitického vápence.

Výsledné hodnoty u vstupních substrátů odebraných před sklizní rostlin ukazují, že po aplikaci digestátu do rašeliny došlo v porovnání s kontrolními substráty ke snížení obsahu sušiny, narozdíl od objemové hmotnosti, která se s přidáním digestátu zvyšovala. Po sklizni došlo k vyrovnání objemových hmotností ve většině sledovaných ročníků.

Vlivem stoupajícího přídatku digestátu došlo u sledovaných prvků ke snížení obsahu vápníku. Naopak k výraznému zvýšení obsahu došlo zpravidla u draslíku a fosforu. Ve srovnání s kontrolními běžnými substráty byly v substrátech s přídatkem digestátu ve většině případů zaznamenány nižší obsahy přístupného hořčíku i amonného dusíku, a to i u variant, kde byly dodány vyšší dávky dolomitického vápence.

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

Z výsledků testu pěstebních směsí se neseparovaný digestát jednoznačně osvědčil jako možná alternativní organická komponenta a v kombinaci s rašelinou a dolomitickým vápencem i jako vhodný pěstební substrát pro běžné zahradní rostliny.

**Klíčová slova:** neseparovaný digestát, pěstební substráty, živiny, hodnota pH, rašelina

# The possibilities of using nonseparated digestate in horticultural growing substrates

## Summary

Peat is a non-renewable natural resource and also base material for the production of growing media in the production of plants in horticulture. Currently there is an effort to replace or partially restrict its application range with alternative materials.

The aim of the thesis was to evaluate the trials that were conducted since 2011 to 2015. This work was focused on the evaluation of pH and bioavailable macronutrients content changes with different rate of unseparated digestate (UD) and dolomitic limestone applied in peat. Furthermore, the yield of aboveground biomass as well as total macronutrient content in *Ocimum Basilicum*, *Gazania Rigens* and *Mentha piperita* plants was evaluated.

Hypothesis of our experiment was following: peat has low pH and content of macronutrients, UD has usually high pH value and higher macronutrients content. Mix of these substrates together should also lead to origin of optimal growing substrate for commonly cropped greenhouse plants.

Commonly used horticultural growing substrates were used as controls. The achieved results of these substrates were compared with results obtained from mixture of peat with different rate of unseparated digestate, eventually of dolomitic limestone.

The results of input substrates show that the application of digestate to peat led to decrease of dry matter percent in comparison to the control substrates, unlike bulk density, which increased with added digestate. After harvest the differences between bulk densities almost disappeared.

As a result of the increasing digestate addition, calcium content decreased with increasing rate of UD. On the contrary, the content of potassium and phosphorus significantly raised. In comparison with the control, commonly used substrates, were the contents of bioavailable magnesium and ammonium nitrogen lower, including the treatments with higher amounts of dolomitic limestone.

The yield of fresh above ground biomass and dry matter of treatments with added digestate, eventually dolomitic limestone, was lower in comparison to control substrate. In observation of individual nutrients in aboveground biomass the amount of magnesium and calcium decreased with rising amount of digestate. On the contrary the amount of nitrogen, phosphorus and potassium was higher. In the case of sulfur were the results in treatments with digestate and control substrate usually comparable.

From the results of our experiments, the unseparated digestate has proven to be a possible alternative component and in combination with peat and dolomitic limestone a suitable growing medium for common garden plants.

**Keywords:** unseparated digestate, growing substrate, nutrients, pH, peat

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Cíle práce a vědecká hypotéza</b>	<b>2</b>
2.1	Cíl	2
2.2	Vědecká hypotéza	2
<b>3</b>	<b>Přehled literatury (literární rešerše)</b>	<b>3</b>
<b>3.1</b>	<b>Historický vývoj pěstebních substrátů</b>	<b>3</b>
<b>3.2</b>	<b>Základní komponenty substrátů</b>	<b>4</b>
3.2.1	Pěstební substráty	4
3.2.1.1	Zahradnické substráty	4
3.2.1.1.1	Fyzikální vlastnosti substrátů	5
3.2.1.1.2	Chemické vlastnosti substrátů	6
3.2.1.1.2.1	Obsah solí	6
3.2.1.1.2.2	pH substrátů	6
3.2.1.1.2.3	Ústojčivá schopnost substrátů	7
3.2.2	Rašelina	8
3.2.2.1	Charakteristika	8
3.2.2.2	Kvalitativní požadavky na rašelinové substráty	8
3.2.2.3	Rozdělení	9
3.2.2.3.1	Rozdělení rašelin dle podmínek vzniku	9
3.2.2.3.2	Rozdělení rašelin podle stupně rozložení	9
3.2.2.4	Fyzikální a chemické vlastnosti rašelin	10
3.2.2.4.1	Hodnota pH	10
3.2.2.4.2	Nasákavost rašeliny	11
3.2.2.5	Možnosti náhrady rašeliny	11
3.2.2.5.1	Komponenty nahrazující rašelinu	11
3.2.2.5.1.1	Využívané materiály organického původu	11
3.2.2.5.1.1.1	Kompost a vermikompost	11
3.2.2.5.1.1.2	Kompostová kůra	12
3.2.2.5.1.1.3	Kokosové vlákno	12
3.2.2.5.1.1.4	Dřevní štěpka a dřevěná vlákna	12
3.2.2.5.1.1.5	Drcený korek	13
3.2.2.5.1.1.6	Separovaný digestát	13
3.2.2.5.1.1.7	Listovka	14
3.2.2.5.1.1.8	Jehličnatka	14
3.2.2.5.1.1.9	Vřesovka	14
3.2.2.5.1.1.10	Mórovka (slatinka)	14
3.2.2.5.1.1.11	Pařeništní zemina	15
3.2.2.5.1.1.12	Drnovka	15
3.2.3	Digestát	15
3.2.3.1	Charakteristika	15
3.2.4	Aplikace minerálních hnojiv v pěstebních substrátech	17
3.2.4.1	Vápenatá hnojiva	17
3.2.4.2	Vápnění	18
3.2.4.2.1	Mletý vápenec	19
3.2.4.2.2	Pálené vápno	19
3.2.4.2.3	Vápenohořečnatá struska	19
3.2.4.2.4	Síran vápenatý	20

3.2.4.2.5	Slíny	20
<b>4</b>	<b><i>Materiál a metódy</i></b>	<b>21</b>
<b>4.1</b>	<b>Pokusy s Bazalkou pravou (<i>Ocimum basilicum</i>, L.)</b>	<b>21</b>
4.1.1	Pokusy v roce 2011	21
4.1.2	Pokusy v roce 2012	21
4.1.3	Pokusy v roce 2013	22
4.1.4	Pokusy v roce 2014	22
<b>4.2</b>	<b>Pokusy s Gazánií zářivou (<i>Gazania rigens</i>, L.)</b>	<b>23</b>
4.2.1	Pokusy v roce 2011	23
4.2.2	Pokusy v roce 2012	23
4.2.3	Pokusy v roce 2013	23
<b>4.3</b>	<b>Pokusy s Máťou peprnou (<i>Mentha piperita</i>, L.)</b>	<b>24</b>
4.3.1	Pokusy v roce 2012	24
4.3.2	Pokusy v roce 2013	24
4.3.3	Pokusy v roce 2015	24
<b>4.4</b>	<b>Provedené analýzy</b>	<b>25</b>
<b>5</b>	<b><i>Výsledky</i></b>	<b>27</b>
<b>5.1</b>	<b>Hodnocení pokusů z roku 2011</b>	<b>30</b>
5.1.1	Bazalky	30
5.1.2	Gazánie	31
<b>5.2</b>	<b>Hodnocení pokusů z roku 2012</b>	<b>33</b>
5.2.1	Bazalky	33
5.2.2	Gazánie	34
5.2.3	Máta	36
<b>5.3</b>	<b>Hodnocení pokusů z roku 2013</b>	<b>37</b>
5.3.1	Bazalky	37
5.3.2	Gazánie	38
5.3.3	Máta	40
<b>5.4</b>	<b>Hodnocení pokusů z roku 2014</b>	<b>41</b>
5.4.1	Bazalky	41
<b>5.5</b>	<b>Hodnocení pokusů z roku 2015</b>	<b>43</b>
5.5.1	Máta	43
<b>5.6</b>	<b>Souhrnné hodnocení výsledků</b>	<b>44</b>
<b>6</b>	<b><i>Diskuze</i></b>	<b>46</b>
<b>7</b>	<b><i>Závěr</i></b>	<b>50</b>
<b>8</b>	<b><i>Seznam literatury</i></b>	<b>51</b>

# 1 Úvod

Produkce substrátů se zdá být obyčejnou věcí, avšak opak je pravdou. Závislost produkce na substrátu je vysoká, proto je tak důležité se tomuto tématu věnovat, a to nejen celkovým vlastnostem, ale i jednotlivým komponentům. Důležité také je zabývat se alternativními komponenty v substrátech, které by mohly v budoucnu nabývat na své důležitosti.

Za dobu, od které se začaly vyrábět specializované substráty pro pěstitelské účely, se složení komponentů velmi změnilo. Dříve bylo používáno více různorodých komponentů. V dnešní době se používá jen pár základních surovin. Každá surovina má řadu předností, proto se nejčastěji používají substráty obsahující kombinaci různých surovin tak, aby substrát vyhovoval jak danému druhu rostlin, tak také například použité technologii. Pouze na pěstitele záleží, zda tyto přednosti využije nebo zda se stanou rizikovým faktorem ovlivňujícím produkci.

Základní složku většiny pěstebních substrátů používaných v zahradnické produkci v České republice tvoří rašelina, podobně tomu je i v jiných evropských zemích. Používá se samostatně nebo v kombinaci s dalšími organickými nebo minerálními komponenty. Při výrobě pěstebních substrátů může být rašelina částečně, případně i zcela nahrazena celou řadou alternativních komponentů. V současné době se v některých zemích vyvíjí tlak na omezení používání rašeliny jako neobnovitelného přírodního zdroje. Používají se komposty nebo další obnovitelné zdroje organického původu, maximálně však do 20 % objemu v substrátové směsi tak, aby nedošlo k omezení růstu, nebo poklesu kvality rostlin.

V posledních letech došlo k nárůstu produkce bioplynu metodou anaerobní fermentace cíleně pěstované biomasy, z tohoto důvodu je třeba hledat ekonomicky perspektivní způsob alternativního využití nerozložitelného materiálu této technologie. Jedním z alternativních komponentů pro přípravu pěstebních substrátů může být i digestát pocházející ze zemědělských bioplynových stanic.

Ve své práci se zabývám především kvalitou, složením a vlastnostmi těchto komponentů, které prakticky tvoří strukturu a vlastnosti celého substrátu. Jelikož se kvalitě substrátů přisuzuje takřka stejná důležitost jako kvalitě sadbového materiálu, měli bychom se kvalitě substrátu důkladně věnovat. Na každém z těchto aspektů pak záleží celkový výsledek našeho pěstování. I stresové podmínky se odvíjejí od kvality substrátu, a proto se rostlině snažíme dát tu nejlepší péči v podobě optimálního složení substrátu.



## **2 Cíle práce a vědecká hypotéza**

### **2.1 Cíl**

Cílem práce je komplexně zhodnotit možnosti použití vzorků neseparovaného digestátu získaného ze zemědělské bioplynové stanice v Krásné Hoře nad Vltavou za účelem vytvoření vhodného pěstebního substrátu pro běžné zahradní rostliny.

### **2.2 Vědecká hypotéza**

Předpokládá se, že přídavek neseparovaného digestátu do rašeliny povede ke zvýšení obsahu živin, zejména dusíku a draslíku. Zároveň se zvýší pH rašeliny, avšak pouze krátkodobě vzhledem k postupné mineralizaci amonného dusíku. K vyšší stabilitě pH tak bude třeba aplikovat dolomit.

Vyšší koncentrace digestátu povedou k příznakům toxicity u vybraných zahradních rostlin.

## 3 Přehled literatury (literární rešerše)

### 3.1 Historický vývoj pěstebních substrátů

V zahradnictví se již odedávna používají různé minerální a organické hmoty k přípravě pěstebních substrátů označovaných jako zahradnické zeminy. Původně byly odvozovány od přirozených půd. Zahradníci se snažili připravit pro každou rostlinu takový půdní substrát, který by složením a vlastnostmi, pokud možno nahradil přirozenou půdu její domoviny. Postupem času vznikl velký počet základních zahradnických zemin, jejichž vzájemným mícháním lze získat pěstební substráty nejrůznějších vlastností (Soukup et al. 1979).

V polovině 20. stol. došlo k podstatné změně zahradních zemin. Dříve to byly jen korektury starých složitých receptur, vynucené nedostatkem příměsí. Pěstitelé poznali, že některou složku substrátu lze buď změnit, nebo vynechat, a rostliny přesto dobře vegetují. Kromě toho se stále naléhavěji uplatňoval požadavek racionalizace přípravy zahradnických substrátů, jako důsledek stupňujícího se rozvoje zahradnické produkce ve směru velkovýroby. Ve všech zemích s vyspělým zahradnictvím se projevila zřetelná snaha o standardizaci a zjednodušení substrátu. To všechno vedlo k postupnému vytváření zahradnických zemin nového typu (Soukup et al. 1979; Hlušek, 2004).

Bedrna (1989) rozděloval substráty do dvou skupin: substráty přirozené a substráty umělé (antropické).

- Přirozené substráty představují v přírodě se vyskytující útvary k zakořenění rostlin.
- b) Umělé, či antropické substráty vytvořil, přizpůsobil nebo speciálně upravil člověk.

Známější rozdělení substrátů je na tak zvané tradiční neboli klasické zahradnické zeminy. Základní materiály používané k přípravě zemitých směsí se dělily podle jejich převládajícího charakteru na několik skupin:

- zeminy se surovým humusem, které obsahují vedle humifikovaného podílu zpravidla ještě nerozloženou organickou hmotu – jehličnatka, rašelina, mórovka, listovka, vřesovka
- humusové zeminy bohaté živinami – pařeništní zemina, hnojovatka
- minerální zemina – drnovka, ornice, kompostové zeminy
- písek

(Soukup et al. 1979)

Není tomu tak dlouho, kdy se hlavní složky získávaly přímo v zahradních provozech kompostováním. Byly to především zbytky rostlin s dalšími zdroji jako například hnův hospodářských zvířat, sláma, listí, lesní hrabanka, kůra jehličnatých dřevin, ornice, rybníční bahno, čistírenské kaly a mnoho dalších kompostovaných materiálů (Soukup et al. 1979).

## 3.2 Základní komponenty substrátů

### 3.2.1 Pěstební substráty

Pěstební substráty nejsou hlavním zdrojem živin a nelze je charakterizovat jako hnojivo. Jedná se o zvláštní skupinu převážně organických materiálů. Mohou být definovány jako pěstební média, která se využívají k přípravě pěstebních záhonů a jako materiál do pěstebních nádob. V podstatě se jedná o směs tvořenou převážně z organických materiálů a zeminy. Obsah může být doplněn o meliorační látky, kterými může být perlit, pemza, bentonit apod. Ty mají za úkol zajistit vhodné podmínky pro růst rostlin v omezeném a exponovaném prostředí (Vaněk et al. 2012).

Lea – Cox & Smith (1997) uvádějí, že pro různé druhy rostlin substráty vytvářejí obdobné podmínky přirozených stanovišť. Nelze vytvořit univerzální substrát vhodný pro všechny druhy.

Aktuálně je k výrobě substrátů nejvíce využívá rašelina. Produkt výroby různých komponent a zemin nadále nevykazuje původní vlastnosti zahradních zemin a v terminologii je nazýváme substráty (Vaněk et al. 2012).

Substráty se využívají hlavně k předpěstování rostlin, či k pěstování rostlin v květináčích, truhlících atd.

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

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

Mísením těchto směsí se získávala řada dalších, většinou středně těžkých směsí. Postupně se v minulosti nahrazovalo použití zemin a místních organických materiálů rašelinou. Ta má řadu předností (vyrovnané partie a je bez chorob, plevelů a škůdců). Déle má nízkou objemovou hmotnost, se kterou jsou spojené náklady na přepravu a manipulaci. (Pasian 1997).

#### 3.2.1.1 Zahradnické substráty

Zahradnické substráty nemají charakter hnojiv, protože nejsou hlavním zdrojem živin. řadíme je do speciální skupiny, a to do organických materiálů. Jedná se o pěstební média používaná na přípravu pěstebních záhonů a do pěstebních nádob. V zahradnictví se donedávna nejčastěji používaly zahradnické zeminy, které měly dobrý vliv na pěstování rostlin.

Z hlediska pěstování rostliny je důležitý obsah organických látek, ale i fyzikální a chemické vlastnosti připravovaných zemin. V dnešní době se na výrobu substrátů nejvíce používá rašelina, která má nízkou objemovou hmotnost. Nejčastěji se rašelina kombinuje s fermentovanou kůrou. Jelikož už produkty nevykazují vlastnosti zahradních zemin, tak je pro

ně používán termín substráty. Na substráty klademe řadu požadavků. Tyto požadavky můžeme dělit na:

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

Za nejdůležitější údaje lze považovat obsah organických látek, vodivost a hodnotu pH. Důležitá je rovněž objemová hmotnost. Mezi hlavní materiály pro přípravu substrátů řadíme rašelinu, perlit i písek, které můžeme používat i samostatně. Většina substrátů se ale připravuje jako kombinace různých materiálů.

Tyto materiály můžeme dělit na:

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

Minerální komponenty – mezi ně patří zeminy. Zeminy je vhodné přidávat do substrátů, především do těch, které mají vyšší obsah jílnatých částic. V substrátech zvyšují sorpční kapacitu a současně stabilitu vůči změnám hodnoty pH. Dále sem můžeme zařadit písek.

Meliorační komponenty – pro speciální substráty se používají materiály s mimořádnými vlastnostmi jako je např. vysoká pórovitost nebo sorpce živin. Jsou to materiály přírodní nebo i syntetické. Příkladem je pemza – hornina vulkanického původu, která dobře poutá vodu a dokáže substrát provzdušnit. Dále sem řadíme: perlit, keramzit, pěnový polystyren, hydroabsorbenty.

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

#### 3.2.1.1.1 Fyzikální vlastnosti substrátů

Dle Vaňka et al. (2012) řadíme mezi fyzikální vlastnosti substrátů velikost částic, pórovitost, strukturu, 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. V nádobách pěstované rostliny jsou omezeny pouze určitým množstvím substrátu, tudíž se na fyzikální vlastnosti kladou vysoké požadavky. Zejména při vysoké vodní kapacitě musí obsahovat ještě velké množství vzduchu. Ansorena (1994) zmiňuje vhodný poměr vody a vzduchu asi v poměru 1:1.

Pro přípravu substrátů se využívají komponenty rozdílných fyzikálních vlastností. Přestože fyzikální vlastnosti komponentů jsou předem známy, lze spolehlivě předvídat pouze

objemovou hmotnost. Dle srovnání předpokládaných hodnot proti naměřeným hodnotám nelze ostatní fyzikální vlastnosti přesně předpovědět (Gabriel et al. 2009).

Objemová hmotnost a zrnitostní složení ovlivňují fyzikální vlastnosti substrátů přímo (Ansorena 1994). Lze konstatovat, že se zvyšující se objemovou hmotností dochází ke snížení pórovitosti a vzdušné kapacity, 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 & Corá 2004).

#### 3.2.1.1.2 Chemické vlastnosti substrátů

Mezi chemické vlastnosti substrátů zařadíme pH, ústojčivou schopnost, obsah solí, přiměřený obsah organických látek, obsah přijatelných živin, obsah rizikových prvků, obsah C:N aj. (Vaněk et al. 2012).

##### 3.2.1.1.2.1 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. Je pravidlem, že mladé či nově přesazené rostliny reagují na vyšší koncentraci solí citlivěji než rostliny starší.

Situaci ztěžují fakta, že citlivost rostlin na koncentraci solí se mění během vývoje a růstu, nároky rostlin na obsah solí jsou výrazně odlišné, závislost objemové hmotnosti a obsahu organických látek substrátu mění účinek solí na rostliny (Kováčik et al. 2001).

##### 3.2.1.1.2.2 pH 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  $H^+$  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 & Broadley (2009) uvádějí, 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 & 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 přidávkem 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/m<sup>3</sup>, u rašelino-kůrových substrátů a rašelinových substrátů s dřevními vlákny se používá dávka 3–4 kg vápence/m<sup>3</sup>. Pokud se použijí alternativní komponenty do substrátů s vyšší hodnotou pH, lze dávku vápence výrazně snížit či úplně vyřadit (Šrámek et al. 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).

### 3.2.1.1.2.3 Ústojivá schopnost substrátů

- Nasycené humusové látky, které mají vysokou výměnnou kapacitu a jsou schopny sorbovat větší množství volných iontů  $H^+$  (výměnou za  $Ca^{2+}$  či  $Mg^{2+}$ ).

- Jílové minerály, které disponují podobnou sorpcí 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).

### 3.2.2 Rašelina

#### 3.2.2.1 Charakteristika

Rašelina vzniká procesem transformace organické hmoty za nepřístupu kyslíku ve vlhkém prostředí. Je charakterizována vysokým obsahem vláknité organické hmoty (nejméně 65 %), obsahuje méně než 35 % minerálních látek a vyznačuje se svým tmavým zbarvením (Huat et al. 2011).

Hlavní komponentou zahradnických substrátů vyráběných v České republice je vrchovištní rašelina převážně původem z Pobaltí nebo Běloruska (Dubský 2011). Její podíl v profesionálních substrátech tvoří minimálně 70 % obj., zpravidla ovšem 90 – 100 % obj. (Dubský & Šrámek 2008b; Dubský et al. 2010).

Mezi významné vlastnosti rašeliny se zahrnuje obsah vody, stupeň transformace organické hmoty, obsah organických látek a zbarvení. Tyto vlastnosti jsou ovlivněny klimatem a také hladinou vody v konkrétním místě rašelině. Chemické vlastnosti rašeliny jsou ovlivněny rozkládajícím se druhem biomasy v určitém prostředí. Nejvíce je rašelina tvořena uhlíkem (40 – 60 %), kyslíkem (20 – 40 %), vodíkem (4 – 6 %) a dusíkem (0 – 5 %) (Huat et al. 2011).

Těžba rašeliny v rámci států Evropské unie se pohybuje kolem 64 mil. m<sup>3</sup>. 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.

#### 3.2.2.2 Kvalitativní požadavky na rašelinové substráty

Rašelina nesmí měnit základní charakteristiky, především pak stabilitu struktury během pěstování. Dále musí mít dobrou vododržnost a vodní kapacitu pro optimální vývoj kořenového systému rostlin. Z důvodu vyšších finančních nákladů na přepravu nesmí být příliš těžká, tzn. musí mít nízkou objemovou hmotnost. Rašelinové substráty nesmí obsahovat rizikové prvky a vysokou hladinu rozpustných solí, která může být pro mnoho rostlinných druhů toxická. Dále

nesmí obsahovat rezidua semen plevelů, škůdců a chorob, které by mohly omezit růst rostlin (Pařava & Valtera 2007).

### 3.2.2.3 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 1 znázorňuje stručnou charakteristiku jednotlivých klasifikačních tříd podle vláknitosti, kyselosti a obsahu popelovin (Dubský et al. 2010).

Tabulka 1. Charakteristika základních typů rašelin (Huat et al. 2011)

<b>Klasifikační třída</b>			
	<b>H1 – H4</b>	<b>H5 – H7</b>	<b>H8 – H10</b>
<b>Označení:</b>	Vláknitá rašelina vrchovištní	přechodová	slatinná
<b>Vláknitost:</b>	Nad 67 %	33 – 67 %	Pod 33 %
<b>pH:</b>	pod 4,5, 4,5 – 5,5	5,5 – 7	7 a více
<b>Obsah popelů:</b>	Pod 5 %	5 – 15 %	Nad 15 %
<b>Zbarvení:</b>	Světle hnědé	hnědé	Tmavě hnědé

#### 3.2.2.3.1 Rozdělení rašelin dle 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).

#### 3.2.2.3.2 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.



### 3.2.2.4 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. Tyto vlastnosti uvádí tabulka 2.

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).

Tabulka 2. Fyzikální vlastnosti frakcionované rašeliny (Fonteno 1996)

velikost částic (mm)	% objemu		
	pórovitost	Vzduchem vyplněné póry	snadno dostupná voda
0 – 3	94,4	13,7	37,3
6 – 12	92	36,3	17,8
10 – 25	91,5	40,9	14,5

Chemické vlastnosti substrátu jsou taktéž ovlivněny okolním prostředím a stupněm rozkladu. Co se týká chemického složení, převažuje v jejím složení obsah organické hmoty. Rašelina se také vyznačuje vysokou hodnotou kationtové výměnné kapacity, nejvyšší hodnotu má pak rašelina vláknitá (Huat et al. 2011).

#### 3.2.2.4.1 Hodnota pH

Hodnota pH vyjadřuje koncentraci  $H^+$  v půdním roztoku (Vaněk et al. 2012). U rašelin souvisí s druhem a typem rašeliny, která se pohybuje v rozmezí 3,6 (velmi kyselá) až 7,5 (slabě zásaditá) (Pařava & 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 & 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.

#### 3.2.2.4.2 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 záливce 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 al. 2012).

Dubský et al. (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 (látky 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.

#### 3.2.2.5 Možnosti náhrady rašeliny

Zvláště z ekonomického hlediska je v posledních letech kladen důraz na hledání alternativních surovin, které mohou zcela nebo částečně nahradit rašelinu. K testování slouží především recyklované a biologicky rozložitelné odpady. Do budoucna ale přesto přetrvává obava ze zvyšující se ceny rašeliny a jejího zvyšujícího se dovozu do zemí s intenzivním nebo rozšiřujícím se zahradnictvím (Schmilewski 2008). Důvodem je mimo jiné i ochrana rašelinišť, jakožto významného ekosystému (Salaš et al. 2010).

Historicky první komerčně vyrobený pěstební substrát byl vyvinut v roce 1930 ve Velké Británii. Jednalo se o směs tvořenou kompostovanou trávou, rašelinou a pískem. Od roku 1990 dochází k postupné náhradě rašeliny jako neobnovitelného přírodního zdroje, a to až do výše 50 % obj. zejména dřevními vlákny a komposty (Alexander et al. 2008).

Při výrobě pěstebních substrátů může být rašelina částečně, případně i zcela nahrazena celou řadou alternativních organických a minerálních komponentů. V úvahu připadají především komposty, piliny, vyplozený žampionový substrát, kompostovaná kůra, drcená hydrofilní minerální plst', kokosové vlákno, čistírenské kaly a řada dalších (Dubský & Šrámek 2006; Grunert 2008; Schmilewski 2008; Dubský & Šrámek 2009).

Alternativní komponenty se nejvíce používají ke zvýšení obsahu vzduchu v substrátech (Dubský 2011). V České republice se používají dvě hlavní suroviny pro náhradu rašeliny, a to komposty a kompostovaná kůra. Nevýhodou kompostů je však jejich vysoký obsah semen plevelů, zárodků patogenů, přijatelného draslíku a celkový obsah rozpustných solí (Dubský & Šrámek 2009).

##### 3.2.2.5.1 Komponenty nahrazující rašelinu

###### 3.2.2.5.1.1 Využívané materiály organického původu

###### 3.2.2.5.1.1.1 Kompost a vermikompost

Kompost je charakterizován jako organické hnojivo (Lazcano et al. 2009), vznikající

transformací rozložitelných organických látek na látky stabilní (Ishii et al. 2000). Jeden z nejdůležitějších faktorů, který ovlivňuje kvalitu kompostu, je poměr C : N, jehož optimální hodnota se pohybuje v rozmezí 25 – 30 : 1. Nezralý, tudíž nekvalitní kompost při aplikaci na půdu, se vyznačuje vysokou aktivitou rozkladu, nedostatkem přijatelného nitrátového dusíku ovlivněnou zejména vysokým obsahem N – NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Z tohoto důvodu může dojít ke zpomalení růstu rostlin (Huang et al. 2004).

#### 3.2.2.5.1.1.2 Kompostová kůra

Kompostovaná stromová kůra pro výrobu pěstebních substrátů je hned po rašelině nejpoužívanější komponentou. V současné době je jí ale nedostatek z důvodu jejího spalování v elektrárnách. Kompostovaná kůra se přidává do substrátů v podílu 15 – 30 % obj. a používá se především pro přípravu školkařských substrátů (Dubský & Šrámek, 2007).

Kůrový kompost patří mezi porézní organický materiál, který má narušenou vnitřní strukturu surové kůry. Z toho vyplývá, že má schopnost poutat značné množství vody. Stále si však udržuje vyšší podíl nekapilárních pórů, což má za příčinu vysoký obsah vzduchu v substrátu a tím snadnější dýchání kořenů rostlin. Obohacuje rašelinové substráty, a to nejen o stopové prvky, ale také o základní živiny, část živin přitom může poutat a následně postupně uvolňovat. Dále se podílí na pufracích schopnostech substrátu (Dubský & Šrámek, 2001). Pro pěstební substráty lze také využít kompostování směsi borovicové kůry, rašeliny, perlitu a vermikulitu pro pěstování skleníkových rostlin (Wright et al. 2008).

#### 3.2.2.5.1.1.3 Kokosové vlákno

Kokosová vlákna, jako součástí pěstebních substrátů, většinou splňují základní standardní požadavky, co se týká obsahu vzduchu, vlhkosti a organického podílu. Pro pěstitele je důležité, aby stále získával kokosová vlákna stejných vlastností. Kokosovník ořechoplodý (*Cocos nucifera* L.) snadno přijímá draselné, sodné a chloridové ionty, které ukládá do svých plodů. Protože je obsah solí v kokosových plodech příliš vysoký, je potřeba snižovat zasolení vymýváním vodou s nízkým obsahem solí. Tato operace se provádí buď v místě sběru plodů, anebo ve firmách, upravující substráty pro konečné zákazníky. Největšími producenty kokosových vláken jsou hlavně země jako Indonésie, Srí Lanka, Indie, Malajsie a Filipíny. Přirozené pH se obvykle pohybuje v rozmezí 5,7 – 6,5.

Kokosové vlákno má velmi nízký obsah vápníku a hořčíku, nedostatečný pro produkci rostlin, i když v porovnání s rašelinou vyšší. Kokosová vlákna mají schopnost navázat dvojmocné ionty vápenatých či hořečnatých solí a vytěsnit draselné ionty ze svých struktur. Přidáním sádry do kokosových substrátů se taktéž doplní nízký obsah síry. Kokosové vlákno se vyznačuje nízkým obsahem dusíku. Obsah mikroprvků je vyšší ve srovnání s obsahem v rašelině (Salaš et al. 2010).

#### 3.2.2.5.1.1.4 Dřevní štěpka a dřevěná vlákna

Vhodnou surovinou pro přípravu pěstebních substrátů se jeví dřevní štěpky a dřevní vlákna. Dřevní štěpka se vyznačuje dobrou strukturální stabilitou a vysokým objemem pórů,

což zabezpečuje dobré provzdušnění substrátu. Na druhé straně se však vyznačuje nízkou vodní kapacitou, což vyžaduje častější zálivku. U dřevní štěpky se projevuje značná imobilita dusíku, proto musí být dusík dodáván ve formě dusíkatých hnojiv. Vhodné je do dřevní štěpky přidat kejdu. Předností štěpky je její stálá kvalita a dobrá dostupnost materiálu, nevýhodou je její vyšší cena. Podíl dřevní štěpky v substrátu může činit až 20 % obj. (Dubský & Šrámek, 1998).

#### 3.2.2.5.1.1.5 Drcený korek

Drcený korek používaný k přípravě pěstebních substrátů je odpadním produktem vznikajícím při výrobě korkových zátek. Mezi největší producenty korku na světě patří Portugalsko. Z pěstitelského hlediska je nejdůležitější vlastností drceného korku jeho pozitivní vliv na zvýšení vzdušné kapacity v rašelinových substrátech. Se zvyšováním vzdušné kapacity substrátu se zároveň snižuje vodní kapacita a všechny kategorie vody podle dostupnosti rostlinám, a to především u kategorie vody, která je rostlinám lehce dostupná. Právě tyto aspekty jsou z pěstitelského hlediska jedny z nejdůležitějších. Přídavek 10 % obj. drceného korku do rašelinového substrátu velice pozitivně ovlivňuje vzdušnou kapacitu substrátu. Využití této vlastnosti je především u substrátů s nízkým obsahem vzduchu, které jsou připravovány z jemnější frakce frézované rašeliny. Jak již bylo uvedeno, ke zlepšení fyzikálních vlastností postačuje 10 % obj. drceného korku, dávkování 20 % obj. je možné použít pro případ ještě vyššího zvýšení vzdušné kapacity substrátu. Vyšší přídavek drceného korku v množství 20 – 30 % obj. je vhodný do substrátů vyrobených pro množení za účelem dobrého zakořeňování řízků, které vyžadují vyšší obsah vzduchu. Přídavek korku do pěstebních substrátů velice dobře snižuje i jeho smrštění, ve výsledku tak v nádobách nedochází k přílišnému sléhávání substrátu. Z chemických vlastností má tedy samotný korek vysoký obsah draslíku a manganu, ale oproti tomu nízký obsah železa. Proto se v těchto případech musí tyto živiny regulovat, popřípadě dodávat ve formě hnojiv. Při nižších dávkách (10 – 20 % obj.) není potřeba hnojení výrazně upravovat (Dubský 2011).

#### 3.2.2.5.1.1.6 Separovaný digestát

Vedlejším výstupním produktem zemědělských bioplynových stanic je digestát – respektive jeho odseparovaná pevná složka separát, představující nerozložený zbytek při procesu anaerobní fermentace (Kolář et al. 2010). Lze ho dobře využít pro kompostování se slámou, kde plní funkci hlavně provzdušňovací (Tlustoš et al. 2014a). Velmi dobře působí při úpravě vodně – vzdušných režimů substrátu (Kolář & Vaněk 2012). Kompostování separátu může představovat reálný způsob, jak zlepšit kvalitu výchozího produktu, což může snížit zápach, koncentrace těkavých sloučenin, obsah vlhkosti a potenciální fytotoxicity. Kompostováním separátu lze také zlepšit jeho fyzikální vlastnosti. Kompostovaný separát může být využit v okrasných školkách jako náhrada rašeliny při kontejnerovém pěstování (Crippa et al. 2013).

Pro jeho použití v pěstebních substrátech je limitní obsah rozpustných solí (2,7 – 2,9 mS/cm) a zejména obsah přijatelného draslíku (Dubský & Kaplan 2012). Obsah draslíku není ve srovnání s komposty vysoký (1,3 – 1,7 %), ale separát s původní vlhkostí má vysoký obsah amonného dusíku (0,2 %). Ten limituje jeho podíl v pěstební směsi na max. 10 % obj. (Dubský

& Kaplan 2012; Dubský et al. 2012). Pokud se separát vysuší, obsah amonného dusíku výrazně poklesne a podíl separátu v pěstebním substrátu u většiny rostlin může být vyšší (20 – 40 % obj.), u rostlin náročných na živiny jako např. u venkovních chryzantém dokonce až 60 % obj. Přídavkem separátu do rašeliny se zvyšuje vzdušná kapacita a snižuje se obsah lehce dostupné vody pro rostliny. Separát po procesu anaerobní digesce obsahuje stabilní organické látky pohybující se v rozmezí 55 – 85 % v suché hmotě (Kaplan et al. 2011).

#### 3.2.2.5.1.1.7 Listovka

Listovky vznikají rozkladem listů listnatých stromů na hromadách, které se alespoň jednou ročně přehazují, popřípadě ovlhčují. Soustavné ovlhčování urychluje proces kompostování. Fyzikální a chemické vlastnosti jsou rozdílné podle stáří listovky a druhu listů. Mladá listovka vzniká po dvouletém až tříletém zrání. Jsou složeny převážně z polo rozpadlé hmoty. Mají slabě kyselou reakci. Spalitelný zbytek činí 40 – 60 %. Je kyprý, vzdušný, obsahuje 70 – 30 % kapilárních pórů a 40 % nekapilárních pórů. Zatím co staré listovky vznikají po třech až pěti letech. Jsou tvořeny beztvarem hmotou, která obsahuje 10 – 20 % organických látek. Zpravidla mají neutrální pH. Na kvalitu listovek má značný vliv druh listů. A to z důvodu, že listy určitých druhů mají jiné obsahové látky a pH. Nejkyselejší jsou listy z dubů, buků a bezu. Méně kyselé jsou z jasanu a javoru. Nejméně kyselé jsou z lip a platanů. Listů z vrb, ořešáků a z bříz je nevhodné, protože má v čerstvém stavu antibakteriální a dezinfekční účinky. Nejlepší listovka je z listů ovocných dřevin (Soukup et al. 1979; Bedrna 1989).

#### 3.2.2.5.1.1.8 Jehličnatka

V podstatě to je surový humus z borových lesů. Obsahuje jako hlavní složku jehlice borovice v jakémkoliv stádiu rozkladu a zbytky rostlin v podrostu. Má kyselé pH, vysokou nakypřovací schopnost, vzdušnost a je chudá na živiny. Používá se hlavně jako pěstební substrát pro vřesové rostliny, zejména pro azalky a eriky. Smrková jehličnatka má nakypřovací schopnost a poměrně rychle podléhá rozkladu, tudíž je nevhodná (Soukup et al. 1979; Bedrna 1989).

#### 3.2.2.5.1.1.9 Vřesovka

Hlavní složkou je hrubý surový humus, který vzniká rozkladem zbytků vřesových rostlin na vřesovištích. Ten je poté smíchán s pískem. Vřesovka se vykazuje vysokou nakypřovací schopností, nízkým obsahem živin a kyselou reakcí. Používá se pro pěstování vřesových rostlin, hlavně rododendronů, azalek a erik. U nás se vřesovka nepřipravuje pro nedostatek přírodních zdrojů (Soukup et al. 1979; Bedrna 1989).

#### 3.2.2.5.1.1.10 Mórovka (slatinka)

Nazývá se tak silně rozložená rašelina, které má podobu hnědočerné, jemné beztvare hmoty. Vyznačuje se kyselou nebo neutrální reakcí, nízkou vzdušností a nakypřovací

schopností. Používá se zřídka, a to pouze pro rostliny, které potřebují kyselou reakci, nižší nakypřenost a vzdušnost. Používá se například pro pěstování hortenzií (Soukup et al. 1979).

#### 3.2.2.5.1.1.11 Pařeništní zemina

Pařeništní zemina se připravuje ze směsi hnoje a svrchní zeminy z pařenišť. Zraje na hromadách po dobu dvou až tří let při občasném přehazování. Vyznačuje se neutrální reakcí. Obsah organických látek záleží na stupni zralosti, množství a druhu použitého hnoje (Soukup et al. 1979).

#### 3.2.2.5.1.1.12 Drnovka

Drnovka se připravuje zkompostováním sloupnutých drnů nebo celých drnových plátů, další složky jsou vápno a chlévský hnůj. Jednou za půl roku se přehazuje a již po roce je vhodná k použití. Jedná se o těžkou zeminu, která má pórovitost asi 60 %, z toho je 20 % vyplněno vzduchem a zbytek je vyplněn vodou. Mezi další vlastnosti patří neutrální reakce a vysoký podíl organické hmoty. Používá se jako základ do těžkých zemitých směsí (Soukup et al. 1979).

### 3.2.3 Digestát

#### 3.2.3.1 Charakteristika

Digestát je definován jako organické hnojivo vzniklé anaerobní fermentací při výrobě bioplynu, který má dvě části, část kapalnou fugát s poměrně vysokým obsahem vody a část tuhou označovanou jako separát (Risberg et al. 2017).

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 mokrých fermentačních procesů obsahují více vody, než ty ze suchých procesů (Deublein et al. 2008).

Svojí 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).

Dle Insam et al. (2015) je digestát po odvodnění využíván jako komponent ve výrobě kompostu nebo jako rekultivační materiál. Mimo vegetační období se musí zabezpečit jeho skladování z důvodu omezení jeho aplikace na pole. Je to hnojivo s rychle uvolnitelným dusíkem, ve zvýšeném podílu amonné frakce. Poměr C:N je nižší než 10:1. Svými vlastnostmi se blíží vlastnostem kombinovaných minerálních hnojiv. Vlastnosti digestátu jsou značně ovlivněny vstupní surovinou. Nejčastěji se používá kejda a kukuřičná siláž. Dále to mohou být například travní senáž, cukrovarské řízky a hnůj.

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  $\text{NH}_4^+$ . Tato transformace sloučenin není nežádoucí. Jejich redukovanejší formy jsou rostlinami často mnohem lépe přijímané (Babička 2010).

Nkoa (2014) doplňuje, že aplikace digestátu zvyšuje dostupnost dusíku pro rostliny, neboť 60 – 80 % dusíku v digestátu je v minerální formě, zejména  $\text{NH}_4^+$ . Hnojivé účinky digestátu jsou díky vysokému obsahu  $\text{NH}_4^+$  v porovnání s kejdou, či minerálními hnojivy mírně nižší, nebo srovnatelné. Ve zbytcích po anaerobní digestaci je z celkového obsahu dusíku až 50 % zastoupeno v organické formě, který je postupně mineralizován a zpřístupňován plodinám v amonné a dusičnanové formě. Po aplikaci digestátu lze spíše očekávat nižší vyplavení N z půdy ve srovnání s minerálními hnojivy se 100 % dusíku v minerální formě.

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  $\text{NO}_3^-$  a především přístupného draslíku.

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

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).

### 3.2.4 Aplikace minerálních hnojiv v pěstebních substrátech

Aplikace minerálních hnojiv v pěstebních substrátech zajišťuje rostlinám zdroj živin, a to hlavně dusíku, fosforu a draslíku, dále hořčíku, vápníku a síry. Zdrojem většiny minerálních hnojiv jsou více či méně čisté minerály a chemické sloučeniny. Výroba dusíkatých hnojiv se soustřeďuje hlavně v Číně, Karibiku a v zemích Středního východu. Hlavními výrobci fosforečných hnojiv jsou USA, Čína a Střední východ, tedy země se zásobami fosforitů. Draselná hnojiva se vyrábí v zemích, kde se nachází ložiska minerálů, a to v Rusku, Bělorusku, Kanadě, Izraeli a Jordánsku (Isherwood 2000).

Pro základní hnojení pěstebních substrátů se používají rozpustná vícesložková bezchloridová hnojiva v práškové (v dávce do 1 g/L substrátu, např. PG Mix) nebo granulované formě (1,5 – 3 g/l, např. Cererit nebo Hydrokomplex). Uvedená hnojiva v granulované formě lze použít i pro přihnojování během vegetace na povrch v dávkách do 2 g/l substrátu.

Pro přihnojování během vegetace se v závlahových systémech používají roztoky kapalných nebo vodorozpustných hnojiv. S přihnojováním se začíná zpravidla 2 – 3 týdny po výsadbě. V současnosti jsou nejrozšířenější vodorozpustná hnojiva se stopovými prvky s různými poměry živin (např. hnojivo Kristalon). V průběhu vegetace se používají hnojiva s vyrovnaným poměrem dusíku a draslíku (např. Kristalon Modrý) a ke konci vegetace hnojiva s vyšším podílem draslíku (např. Kristalon Bílý). Pro kontinuální přihnojování se tato hnojiva používají v koncentracích od 0,05 – 0,1 %, při méně časté aplikaci v koncentracích 0,15 – 0,2 % (Vaněk et al. 2012).

Jako možné hnojivo pro aplikaci do pěstebních substrátů se jeví popelé ze spalování biomasy. Mezi hlavní živiny zastoupené v popelech patří vápník (7 – 45 %), draslík (5 – 14,5 %), hořčík (4 – 6,5 %). Vzhledem k relativně vysokým obsahům živin se nabízí jejich opětovné využití jako hnojiva. Jak uvádí v pokusech Ochecová et al. (2011), vysoký obsah vápníku vykázal popel ze spalování dřevní štěpky. Popelé ze spalování slámy obsahovaly vysoké obsahy draslíku, popel ze spalování kůry je relativně bohatý na fosfor. Kromě živin popele působí pozitivně na fyzikální vlastnosti (vodní kapacita, kationtová výměnná kapacita) či aeraci a na hodnotu pH.

#### 3.2.4.1 Vápenatá hnojiva

Na úpravu vlastností substrátů se využívají vápenatá hnojiva. Hlavní význam je v dodání bazicky (alkalicky) účinných látek – vápenatých a hořečnatých sloučenin, které vytváří báze OH<sup>-</sup> reagující s ionty H<sup>+</sup> za vzniku vody (Flohrová 1997).

Účinnost vápenatých látek je dána jejich chemickým složením, tvrdostí, geologickým původem, jemností mletí a hodnotou pH půdy, kterou neutralizujeme (Hruška & Ciencala, 2002).



Některá vápenatá hnojiva obsahují i další důležité živiny. Tyto složky mohou být suroviny z přírodních zdrojů pro výrobu vápenatých hnojiv, nebo jejich přidáním při další úpravě. K těm významnějším se v posledních letech řadí makrobiogenní prvek síra. Vápenatých hnojiv je na trhu velký výběr, může jít například i o odpadní produkty.

Nejčastěji používanými látkami jsou vápence či dolomitické vápence. Tyto dva druhy se liší poměrem uhličitanu vápenatého a hořečnatého. Zatímco u vápenců dosahuje podíl  $\text{CaCO}_3$  až 100 %, u dolomitů klesá tento podíl na 56 % a naopak se zvyšuje podíl  $\text{MgCO}_3$ . Bazické látky v podobě vápenců, slínů a dolomitů s proměnlivým obsahem uhličitanů Ca a Mg jsou v přírodě k dispozici v poměrně velkém množství. Další vápenaté hnojivo je pálené vápno, t.j. oxid vápenatý ( $\text{CaO}$ ) získané žíháním  $\text{CaCO}_3$  v pecích (Flohrová 1997). Použití hutnických strusek podmiňuje obsah rizikových prvků, které obsahují. Hodnotným zdrojem vápníku jsou např. i saturační kaly z cukrovarů. Jejich nevýhodou je ale špatná aplikovatelnost při vlhkosti nad 40 %. Na trhu je možno setkat se s mnohem širším výběrem vápenatých hnojiv (Bujnovský & Holobradý 1997).

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  $\text{CaCO}_3$ , zahrnující vápence, dolomitické vápence a dolomity,
- křemičitanová, kde je vápník vázán na kyselinu tetrahydrogenkřemičitou jako  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ , a je součástí odpadních látek, hlavně strusek,
- síranová – síran vápenatý, nepůsobí alkalizačně a je zdrojem Ca a S.

#### 3.2.4.2 Vápnění

Vápník je ze substrátu přirozeně odebírán rostlinami a zároveň je i vyplavován přirozenou cestou. Dochází tedy k snižování jeho poměru v substrátech. Pokud se nedoplní uměle, a je odebírán větší rychlostí, substrát sám nedokáže doplnit jeho hladinu na potřebné množství (Brady & Weil 2002).

Vápnění ovlivňuje substrát v mnoha směrech. Z hlediska půdních schopností lze jako nejdůležitější označit snížení kyselosti půdy, podpora pufrční schopnosti půdy, ovlivnění mineralizačních procesů a tím ovlivnění koloběhu důležitých prvků, vyplavování hliníku a těžkých kovů. Aplikace vápna do substrátu vede ke zvýšení přístupného draslíku, fosforu, vápníku a hořčíku. Celková zásoba dusíku se také zvyšuje. Na kořenový systém rostlin a na mykorrhizu pozitivně působí i vyšší množství přístupných živin (Martinec 2010).

Martinec (2010) dále naměřil, že půdy s nízkým pH mají prokazatelně nižší obsah Ca, což může mít za následek deficit Ca v rostlinách. Volba dávky vápenatých hmot je různorodá, vždy je třeba její poměr nastavit danému substrátu.

Než se rozhodneme, kolik neutralizačních přísad vmísit do rašeliny, měli bychom znát stupeň kyselosti rašeliny, anebo alespoň její původ.

Vápník se používá v substrátu k úpravě pH. Je důležité, abychom vybrali správný druh, protože hruběji mletý působí rozvolněně a po delší dobu, zatím co velmi jemný reaguje intenzitně a podstatně kratší dobu.

Vřesovištní rašelina (původem z hor) bývá zpravidla nejkyselější. Méně kyselá přechodová rašelina z nižších poloh, kterou také neutralizujeme, i když méně. Slatinovou rašelinu z nížin můžeme bez obav používat v přirozeném stavu (Valtera 2004; Jílek 2010).

#### 3.2.4.2.1 Mletý vápenec

Patří mezi nejpoužívanější vápenatá hnojiva. Lze jej charakterizovat 30 – 38 % Ca + Mg. Získává se rozemletím přírodního vápence (Vaněk et al. 1998).

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

- vysokoprocenní s obsahem Ca 36 %
- se středním obsahem Ca 32 – 36 %
- nízkoprocenní s obsahem Ca 28 – 32 %

Důležitý je také obsah hořčíku a podle obsahu  $MgCO_3$  ve směsi s  $CaCO_3$ , podle kterého Hlušek (2004) rozlišuje:

- Vápenec 0 – 3 % Mg
- Dolomitický vápenec 3 – 7 % Mg
- Vápenatý dolomit 7 – 12 % Mg
- Dolomit 12 a více % Mg

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 %.

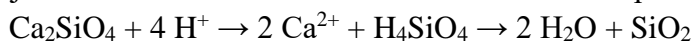
Působení vápenců je pozvolné, zejména v případě použití dolomitických vápenců (Vaněk et al. 1998).

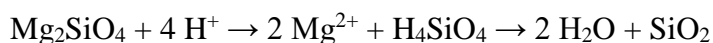
#### 3.2.4.2.2 Pálené vápno

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).

#### 3.2.4.2.3 Vápenohořečnatá 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  $\text{SiO}_2$  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).

#### 3.2.4.2.4 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).

#### 3.2.4.2.5 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 %  $\text{CaCO}_3$ , 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 křídý) mají vyšší obsah  $\text{CaCO}_3$ , např. tzv. „Kurovina“ v povodí řeky Moravy obsahující až 60 %  $\text{CaCO}_3$  (Hlušek 2004).

## 4 Materiál a metody

V rámci této diplomové práce byly hodnoceny pokusy, které probíhaly v letech 2011 až 2015. Hlavní zaměření je na vyhodnocení změn obsahu přístupných forem makroprvků po aplikaci neseparovaného digestátu do rašeliny a změn obsahu těchto živin v nadzemní hmotě pěstovaných rostlin *Gazania zářivá* (*Gazania rigens*, L.), *Bazalky pravé* (*Ocimum Basilicum*) a *Máty peprná* (*Mentha piperita*, L.). Neseparovaný digestát pocházel vždy ze zemědělské bioplynové stanice Krásná Hora nad Vltavou (okres Příbram, ČR). Vstupním substrátem pro výrobu bioplynu je zde kejda skotu, kukuřičná siláž a travní senáž. **Rašelina a digestát byly v příslušných poměrech míchány vždy objemově.** Vegetační pokusy byly vždy realizovány ve sklenících ČZU. Diplomová práce navazuje na předchozí výzkum realizovaný ČZU, kdy v řadě předchozích diplomových i bakalářských prací byly prezentovány výsledky jednotlivých plodin, případně pouze vybraných makroprvků. Práce tak má poskytnout ucelený přehled výzkumu poskytující informace o využití separovaného digestátu.

### 4.1 Pokusy s Bazalkou pravou (*Ocimum basilicum*, L.)

#### 4.1.1 Pokusy v roce 2011

Skleníkový pokus s bazalkou (*Ocimum basilicum*, L.) byl založen v roce 2011 (20.7. – 31.8.). Bylo zde realizováno 5 níže uvedených variant ve čtyřech opakováních. Do každé nádoby byly zasazeny čtyři rostliny bazalky, ty byly zalévány dle potřeby. Po sklizni proběhlo spočítání rostlin, zvážení nadzemní biomasy a její usušení a následné laboratorní analýzy.

Principem pokusu bylo srovnání různých běžně vyráběných pěstebních substrátů s rašelinou smíchanou s přidavkem různého množství neseparovaného digestátu. Vycházeli jsme z předpokladu, že samotná rašelina je chudá na živiny a má nízké pH (kolem hodnoty 4,0) a neseparovaný digestát je naopak dobrým zdrojem živin a má pH zpravidla vyšší než 7,0. Jejich smícháním by tedy měl vzniknout optimální pěstební substrát využitelný pro většinu běžně pěstovaných zahradních plodin. V rámci metodiky bylo založeno následujících 5 variant:

- Kontrola 1 - Pěstební substrát B (firma Rašelina Soběslav, Soběslav, ČR, dále jen **pěstební substrát B**)
- Kontrola 2 - Gramoflor cocofibre G-SG 02919 3,33EN (firma Gramoflor GmbH & Co. KG – Vechta, Německo, dále jen **Gramoflor**)
- 5 % neseparovaného digestátu a 95 % rašeliny (Rašelina Soběslav, Soběslav, ČR, dále jen **rašelina 1**)
- 10 % neseparovaného digestátu a 90 % rašeliny 1
- 15 % neseparovaného digestátu a 85 % rašeliny 1

#### 4.1.2 Pokusy v roce 2012

Skleníkový pokus byl založen v roce 2011 (26.4. – 20.6.). Bylo zde realizováno 5 níže uvedených variant ve čtyřech opakováních. Do každé nádoby byly zasazeny čtyři rostliny

bazalky, ty byly zalévány dle potřeby. Po sklizni proběhlo spočítání rostlin, zvážení nadzemní biomasy a její usušení a následné laboratorní analýzy.

Pokus navazoval na práci z roku 2011, kdy maximální testované množství přídatku digestátu činilo 15 %. Tato varianta vykazovala pozitivní výsledky, a proto byly v tomto roce zařazeny vyšší dávky digestátu do rašeliny. V roce 2012 byly založeny následující varianty:

- Pěstební substrát B
- Gramoflor
- 10 % neseparovaného digestátu a 90 % rašeliny 1
- 20 % neseparovaného digestátu a 80 % rašeliny 1
- 25 % neseparovaného digestátu a 75 % rašeliny 1

#### 4.1.3 Pokusy v roce 2013

Skleníkový pokus byl založen v roce 2013 (19.4. – 17.6.). Bylo zde realizováno 5 níže uvedených variant ve čtyřech opakováních. Do každé nádoby byly zasazeny čtyři rostliny bazalky, ty byly zalévány dle potřeby. Po sklizni proběhlo spočítání rostlin, zvážení nadzemní biomasy a její usušení a následné laboratorní analýzy.

Pokus navazoval na práci z předchozích let, kdy vysoké dávky digestátu (25 %) vedly ke zhoršení výnosu, avšak při použití nízkých dávek nedošlo k udržení vyhovující hladiny pH po celou dobu trvání pokusu. Proto bylo přikročeno k přidání vápenatého dolomitu k nižšímu podílu digestátu. Varianty byly následující:

- Pěstební substrát B
- 5 % Neseparovaného digestátu a 95 % rašeliny 1 + 3 g/l vápenatého dolomitu (22 % Ca, 10 % Mg, Engelhard GmbH, Ammerthal, Německo, dále jen **vápenitý dolomit**)
- 5 % Neseparovaného digestátu a 95 % rašeliny 1 + 6 g/l vápenatého dolomitu
- 10 % Neseparovaného digestátu a 90 % rašeliny 1 + 3 g/l vápenatého dolomitu
- 10 % Neseparovaného digestátu a 90 % rašeliny 1 + 6 g/l vápenatého dolomitu

#### 4.1.4 Pokusy v roce 2014

Skleníkový pokus probíhal v období 24.4.2014 až 3.6.2014. Bylo zde realizováno 5 níže uvedených variant ve čtyřech opakováních. Do každé nádoby byly zasazeny čtyři rostliny bazalky, ty byly zalévány dle potřeby. Po sklizni proběhlo spočítání rostlin, zvážení nadzemní biomasy a její usušení a následné laboratorní analýzy.

Pokus navazoval na výsledky z let 2011, 2012 a 2013. Z předchozích pokusů je zřejmé, že přidání neseparovaného digestátu zvyšuje pH substrátu pouze krátkodobě, poté dochází k mineralizaci amonných iontů a tím i snížení hodnoty pH. Rovněž dávky 3 a 6 g/l dolomitického vápence ke gazáníím a máte v roce 2013 nezabránilly poklesu pH na nízkou hladinu. Proto byly dávky dolomitu v roce 2014 ještě navýšeny, viz následující schéma:

- Pěstební substrát B
- 5 % neseparovaného digestátu a 95 % rašeliny (Agro CS, Česká Skalice, ČR, dále jen **rašelina 2**) + 10 g/l vápnitého dolomitu
- 5 % neseparovaného digestátu a 95 % rašeliny + 15 g/l vápnitého dolomitu
- 10 % neseparovaného digestátu a 90 % rašeliny + 10 g/l vápnitého dolomitu
- 10 % neseparovaného digestátu a 90 % rašeliny + 15 g/l vápnitého dolomitu

## 4.2 Pokusy s Gazánií zářivou (*Gazania rigens*, L.)

### 4.2.1 Pokusy v roce 2011

Pokus byl založen 6.4.2011 a skončil sklizní provedenou 18.5.2011. Gazánie byly vysazeny v pěti níže uvedených substrátech, vždy se čtyřmi opakováními. Do každého plastového květináče o objemu 1500 ml byla zasazena jedna rostlina *Gazania rigens*. Rostliny byly dle potřeby zalévány. Po sklizni byly spočítány květy jednotlivých rostlin a zvážená nadzemní biomasa byla podrobena následným laboratorním analýzám. Pokus byl realizován dle následujícího schématu

- Pěstební substrát B
- Gramoflor
- 5 % neseparovaného digestátu a 95 % rašeliny 1
- 10 % neseparovaného digestátu a 90 % rašeliny 1
- 15 % neseparovaného digestátu a 85 % rašeliny 1

### 4.2.2 Pokusy v roce 2012

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

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

- Pěstební substrát B
- Gramoflor
- 10 % neseparovaného digestátu a 90 % rašeliny 1
- 20 % neseparovaného digestátu a 80 % rašeliny 1
- 25 % neseparovaného digestátu a 75 % rašeliny 1

### 4.2.3 Pokusy v roce 2013

Metodika navazuje na pokusy z let 2011 a 2012, kde byly používány různé poměry digestátu s rašelinou u různých zahradních rostlin. Nejvhodnější parametry v letech 2011 a 2012 vykazovala zpravidla rašelina s 5 a 10 % digestátu, hodnota pH substrátu však byla po sklizni rostlin stále nízká. Proto byl v těchto pokusech přidáván v různých poměrech dolomitický vápenec. Vlastní pokus s gazániemi ve sklenicích ČZU byl založen 25.4. 2013 a sklizen 2.7. 2013. Rostliny byly vždy zasazeny do nádob se substrátem o objemu 1,5 l, a to vždy 1 rostlina na nádobu. Všechny varianty byly realizovány ve čtyřech opakováních. Pokusy byly dle potřeby zalévány. Všechny varianty byly realizovány ve čtyřech opakováních. Přesné schéma pokusu bylo následující:

- Pěstební substrát B
- 5 % neseparovaného digestátu + 95 % rašeliny 1 + 3 g/l vápenitého dolomitu
- 5 % neseparovaného digestátu + 95 % rašeliny 1 + 6 g/l vápenitého dolomitu

- 10 % neseparovaného digestátu + 90 % rašeliny 1 + 3 g/l vápenitého dolomitu
- 10 % neseparovaného digestátu + 90 % rašeliny 1 + 6 g/l vápenitého dolomitu

### **4.3 Pokusy s Máťou peprnou (*Mentha piperita*, L.)**

#### **4.3.1 Pokusy v roce 2012**

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

- Pěstební substrát B
- Gramoflor
- 10 % neseparovaného digestátu a 90 % rašeliny 1
- 20 % neseparovaného digestátu a 80 % rašeliny 1
- 25 % neseparovaného digestátu a 75 % rašeliny 1

#### **4.3.2 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. 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. Založené varianty byly následující:

- Pěstební substrát B
- 5 % neseparovaného digestátu + 95 % rašeliny 1 + 3 g/l vápenitého dolomitu
- 5 % neseparovaného digestátu + 95 % rašeliny 1 + 6 g/l vápenitého dolomitu
- 10 % neseparovaného digestátu + 90 % rašeliny 1 + 3 g/l vápenitého dolomitu
- 10 % neseparovaného digestátu + 90 % rašeliny 1 + 6 g/l vápenitého dolomitu

#### **4.3.3 Pokusy v roce 2015**

V roce 2015 byla pro pokusy využita rovněž máta peprná. Metodika rovněž navazuje na předchozích, kde byly používány různé poměry digestátu s rašelinou u různých zahradních rostlin. 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 níže uvedené varianty byly realizovány ve čtyřech opakováních.

- Pěstební substrát B
- 5 % neseparovaného digestátu a 95 % rašeliny + 10 g/l vápnitého dolomitu
- 5 % neseparovaného digestátu a 95 % rašeliny + 15 g/l vápnitého dolomitu
- 10 % neseparovaného digestátu a 90 % rašeliny + 10 g/l vápnitého dolomitu

- 10 % neseparovaného digestátu a 90 % rašeliny + 15 g/l vápnného dolomitu

#### 4.4 Provedené analýzy

U všech pokusů byly jako základní analýzy provedeny následující:

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

#### Stanovení obsahu přístupných živin metodou Mehlich 3

Pro analýzy usušených vzorků substrátů byl použit extrakční roztok dle Mehlich 3 (Mehlich, 1984) složený z kyseliny octové ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) o koncentraci (konc.)  $c=0,2$  mol/l; fluoridu amonného ( $\text{NH}_4\text{F}$ ) o konc.  $c=0,015$  mol/l; kyseliny dusičné ( $\text{HNO}_3$ ) o konc.  $c=0,013$  mol/l, dusičnanu amonného ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) o konc.  $c=0,25$  mol/l a kyseliny ethylendiaminetetraoctové (EDTA) o konc.  $c=0,001$  mol/l. Poměr substrátu a extrakčního roztoku činil 1:10 (10g zeminy, 100 ml roztoku). Následovalo třepání suspenze po dobu 10 min. Získaný roztok byl zfiltrován a ve vzniklých extraktech byl analyzován obsah P, Ca, Mg a S pomocí optického emisního spektrometru s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES) a obsah K pomocí atomového absorpčního spektrometru (AAS).

#### Stanovení obsahu přístupných živin metodou CAT

Analýza CAT byla provedena dle EN 13651. Tato evropská norma popisuje extrakci chloridem vápenatým a diethylentriaminpentaacetát (DTPA). Norma není vhodná pro stanovení vápníku. Vzorek byl extrahován při pokojové teplotě s roztokem 0,01 mol / l  $\text{CaCl}_2$  a 0,002 mol / l DTPA v poměru (pevná látka / kapalina) 1:10. Po 1 hodině třepání byly vzorky zfiltrovány a získané extrakty měřeny. Obsah amonného a nitrátového dusíku byl stanoven spektrofotometricky na přístroji SKALAR SAN<sup>PLUS</sup>SYSTEM. Pro stanovení přístupných forem P a S byl použit přístroj ICP-OES a pro stanovení přístupných K a Mg přístroj AAS.

#### Stanovení hodnoty pH

##### Vodný výluh

Pro stanovení hodnoty pH bylo naváženo 10 g čerstvého substrátu, který reagoval po dobu 2 hodin (1hod. třepání, 1 hod. ustálení) se 50 ml demineralizované vody ve 250 ml třepacích lahvičkách. Po ustálení proběhlo měření aktivního pH a současně i vodivosti přístrojem „HANNA Instruments, HI 991 300“ přímo v suspenzi. Stejný vodní výluh byl použit i pro stanovení vápníku v pokusech, kde byla provedena extrakce substrátů metodou CAT, protože tato metoda stanovení přístupného vápníku neumožňuje.

##### Výluh v 0,01 mol/l $\text{CaCl}_2$

Pro stanovení hodnoty výměnného 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  $\text{CaCl}_2$  ve 100 ml plastových lahvičkách. Po ustálení proběhlo měření výměnného pH přístrojem „HANNA Instruments, HI 991 300“ přímo v roztoku. Postup byl převzat od laboratoří ÚKZÚZ.



## **Analýzy rostlin**

Nadzemní hmota analyzovaných rostlin byla usušena a jemně namleta. Bylo naváženo 0,5 g ( $\pm 0,005$ g) namletého materiálu. Ten byl rozložen pomocí rozkladu na suché cestě. Získaný vzorek byl poté převeden do roztoku pomocí 1,5 %  $\text{HNO}_3$  a analyzován ICP-OES pro změření obsahu P, K, Ca, Mg, S. Obsah dusíku byl měřen metodou dle Kjeldahla na přístroji Gerhardt Vapodest 50s.

## **Zpracování výsledků**

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

## 5 Výsledky

Pro všechny pokusy 2011 – 2015 byl aplikován stejný vzorek neseparovaného digestátu a rašeliny. V tabulce 3 jsou uvedeny vstupní rozbory komponentů substrátů. Obsah sušiny v neseparovaném digestátu (ND) byl oproti rašelině velmi nízký. Rozdíl v objemové hmotnosti byl u ND oproti rašelině mírně nadpoloviční. Při stanovení pH ve výluhu 0,01 M CaCl<sub>2</sub> bylo v samotném ND změřeno průměrné pH 7,7, což bylo dobrým předpokladem pro zvýšení hodnoty pH přidáním do substrátů typu rašeliny, vykazujících zpravidla nízkou hodnotu pH 3,8. To se potvrdilo i v našich experimentech. Se stoupajícím podílem ND v substrátech stoupala i hodnota pH. Z výsledků měření obsahu makroprvků se potvrdily předpoklady, že mnohonásobně nižší podíl makroprvků je ve vztahu k ND zpravidla obsažen v rašelině. V případě fosforu byly naměřeny mnohonásobně vyšší výsledky u ND. Podobné trendy jako u obsahu P lze pozorovat i ve změnách obsahu přístupného K. Obsah vápníku byl přibližně 11x vyšší u ND oproti rašelině. U ND bylo rovněž vyšší procento Mg. Obsahy dusíku v ND byly rovněž značně vyšší než v rašelině.

Tabulka 3: vstupní rozbory sušina, objemová hmotnost, pH a obsah makroprvků (mg/kg) komponentů substrátů

komponenty	Sušina (%)	OH (g/l)	pH (CaCl <sub>2</sub> )	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P	K	Mg	Ca
rašelina	39,6	426	3,8	0,45	172	34,9	8,77	96,7	2251
ND** - čerstvá hmota	5,30	980	7,7	385	27185	18810	41271	4438	24679

\* obsahy dusíku, fosforu, draslíku a hořčíku byly stanoveny metodou CAT a obsahy vápníku metodou Mehlich 3.

\*\*ND – neseparovaný digestát

V tabulce 4 jsou uvedeny výsledky vstupních rozborů substrátů použitých k založení pokusů. Nejvyšší podíl sušiny byl stanoven u Pěstebního substrátu B, kde hodnota činila 48,7 %. Podobný výsledek byl zaznamenán i u substrátu Rašelina + 5 % ND + 3 g/l dolomitu, kde byl obsah sušiny přibližně o 2 % nižší. Nejnížší podíly sušiny byly naopak zaznamenány u variant s přísádky ND. Obecně platilo pravidlo, že se stoupající dávkou ND klesal podíl sušiny substrátu. V rámci měření objemové hmotnosti docházelo ke zvýšení hodnot s navyšováním podílu ND a nejvyšší hodnota tak byla naměřena u varianty Rašelina + 25 % ND, naopak nejnížší u kontrolní varianty Gramofloru. Dalším měřeným parametrem byla hodnota pH. Nejvyšší hodnota pH 6,4 byla naměřena u varianty kontrola a u varianty rašelina + 10 % ND + 15 g/l dolomitu, kde zvýšení pH podle předpokladu způsobilo i nejvyšší přidané množství dolomitu. Tato hodnota vyšla podle očekávání a umožňuje po smíchání s rašelinou zvýšit její pH. Hodnoty pH směsných substrátů klesaly podle klesajícího podílu digestátu a dolomitu. Z výsledků makroprvků byl obsah N-NO<sub>3</sub> nejvyšší u kontrolní varianty kontrola a pěstební substrát. U variant s přísádkem neseparovaného digestátu byla nejvyšší hodnota u varianty Rašelina + 25 % ND. Substráty smíchané s neseparovaným digestátem a dolomitem vykazovaly nejvyšší hodnotu u varianty rašelina + 5 % ND + 6 g/l dolomitu. Obsah N-NH<sub>4</sub> byl zvýšený u všech variant s přísádkem ND. Se stoupajícími dávkami ND výrazně rostl i obsah N-NH<sub>4</sub>. Z hlediska obsahu ostatních makroprvků byly u varianty Rašelina + 5 % ND + 15 g/l dolomitu naměřené hodnoty obsahu přístupného P nejnížší – 125 mg P/kg. Podle vzrůstajícího obsahu

ND se hodnoty navyšovaly. Stejnou tendenci můžeme pozorovat i u obsahu draslíku. Nejnížší hodnota 65,9 mg K/kg byla zjištěna u gramofloru a nejvyšší 2337 mg K/kg u varianty rašelina + 25 % ND. Vyrovnanější rozdíly obsahu jsou patrné u Mg, ale i zde byla naměřena nejnížší hodnota u varianty gramoflor 68,3 mg Mg/kg. Následoval pěstební substrát B 147 mg Mg/kg a s navyšujícím se procentuálním obsahem ND a dolomitem byla nejvyšší naměřená hodnota 1749 mg Mg/kg u varianty rašelina + 5 % ND + 15 g/l dolomitu. Obsah vápníku byl nejdříve stanoven metodou Mehlich 3 a po roce 2013 včetně byla zvolena metoda vodného výluhu, častěji využívaná v zahradnictví. Proto jsou změny obsahů Ca mezi sezónami jen obtížně porovnatelné. Přesto lze sledovat tendenci úbytku přístupného Ca a přibývajícím podílem digestátu a podle předpokladů i vzestup pH a obsahu vápníku se stoupající dávkou dolomitického vápence.

Tabulka 4: vstupní rozbor sušiny, objemová hmotnost, pH a obsah makroprvků (mg/kg) substrátů

Substrát	Rok varianty	Sušina (%)	OH (g/l)	pH (CaCl <sub>2</sub> )	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P	K	Mg	Ca
Pěstební substrát B	2011 - 2015	43,3	342	5,1	19,1	698	629	65,9	68,3	5353
Gramoflor	2011, 2012	48,7	452	4,9	101	5,94	226	104	147	6400
Rašelina + 5 % ND	2011, 2012	34,9	491	4,3	0,80	900	674	270	154	2006
Rašelina + 10 % ND	2011, 2012	29,9	552	4,8	2,34	1687	967	631	203	1923
Rašelina + 15 % ND	2011, 2012	26,8	581	5,3	3,70	2223	1140	849	254	1766
Rašelina + 20 % ND	2012	22,1	645	5,7	6,26	4023	1317	1648	374	1601
Rašelina + 25 % ND	2012	18,5	689	6,0	6,93	5288	1420	2337	421	1453
Rašelina + 5 % ND + 3 g/l dolomitu	2013	46,7	409	4,3	20,8	676	140,2	826	639	10,2
Rašelina + 5 % ND + 6 g/l dolomitu	2013	45,7	415	4,5	32,0	720	126,6	838	684	7,4
Rašelina + 10 % ND + 3 g/l dolomitu	2013	41,8	436	4,7	20,1	1543	292,9	1931	682	5,6
Rašelina + 10 % ND + 6 g/l dolomitu	2013	41,6	458	5,0	25,0	1636	319,9	2063	855	10,2
Rašelina + 5 % ND + 10 g/l dolomitu	2014, 2015	40,6	412	6,1	16,7	462	140	869	1401	191
Rašelina + 5 % ND + 15 g/l dolomitu	2014, 2015	42,4	390	6,3	9,48	345	125	862	1749	360
Rašelina + 10 % ND + 10 g/l dolomitu	2014, 2015	36,2	370	6,2	2,58	761	303	1558	1325	243
Rašelina + 10 % ND + 15 g/l dolomitu	2014, 2015	37,8	459	6,4	2,24	945	334	1606	1624	540

\* obsahy dusíku, fosforu, draslíku a hořčíku byly stanoveny metodou CAT a obsahy vápníku metodou Mehlich 3, od roku 2013 metodou vodného výluhu.

## 5.1 Hodnocení pokusů z roku 2011

### 5.1.1 Bazalky

Z tabulky 5 vyplývá, že objemová hmotnost je nejvyšší u varianty rašelina + 5 % ND a nejnižší u kontrolní varianty gramoflor. Hodnota pH byla nejvyšší u varianty pěstební substrát B a nejnižší u varianty rašelina + 5 % ND, která měla nejnižší obsah ND a nejvyšší obsah rašeliny. Obsah N-NO<sub>3</sub> byl statisticky prokazatelně vyšší u variant obsahujících ND. U kontrolních variant došlo k mírnému zvýšení obsahu u varianty gramoflor. Naopak N-NH<sub>4</sub> byl statisticky prokazatelně nižší u všech tří variant s přidavkem ND, nejvyšší obsah byl zaznamenán u varianty gramoflor. U výsledků v obsahu fosforu byly podobné hodnoty mezi kontrolními variantami pěstební substrát B, gramoflor a variantou rašelina + 5 % ND, narozdíl od variant rašelina + 10 % ND a rašelina + 15 % ND, u kterých byla hodnota signifikantně vyšší. Téměř shodné a zároveň nejnižší obsahy draslíku byly u kontrolních variant pěstební substrát B a gramoflor. Prokazatelně nejvyšší obsah byl zaznamenán u varianty rašelina + 15 % ND. Se stoupajícími dávkami digestátu zároveň signifikantně stoupal i obsah K. Obsahy hořčíku byly v případě kontrolních substrátů i substrátů s ND poměrně srovnatelné. Nebyla průkazná tendence zvyšování obsahu Mg se stoupající dávkou ND. Nejvyšší hodnotu měla kontrolní varianta pěstební substrát B. V případě obsahu vápníku jsou hodnoty v substrátech s digestátem vzájemně srovnatelné, avšak průkazně nižší než u kontrolních variant pěstební substrát B a gramoflor.

Tabulka 5: Objemová hmotnost, pH a obsah makroprvků v jejich sušině (mg/kg) po sklizni pokusu s bazalkou 2011

Bazalky 2011								
Varianta	OH (g/l)	pH (CaCl <sub>2</sub> )	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P	K	Mg	Ca
Pěstební substrát B	463 <sup>a</sup>	5,0 <sup>b</sup>	2,75 <sup>a</sup>	69,5 <sup>b</sup>	133 <sup>a</sup>	693 <sup>a</sup>	3863 <sup>b</sup>	6546 <sup>b</sup>
Gramoflor	377 <sup>a</sup>	4,1 <sup>a</sup>	6,00 <sup>a</sup>	262 <sup>c</sup>	211 <sup>a</sup>	533 <sup>a</sup>	2335 <sup>ab</sup>	5766 <sup>b</sup>
Rašelina + 5 % ND	515 <sup>a</sup>	3,0 <sup>a</sup>	208 <sup>b</sup>	1,00 <sup>a</sup>	221 <sup>a</sup>	1785 <sup>ab</sup>	2002 <sup>a</sup>	3705 <sup>a</sup>
Rašelina + 10 % ND	483 <sup>a</sup>	4,2 <sup>a</sup>	349 <sup>c</sup>	0,940 <sup>a</sup>	328 <sup>b</sup>	3387 <sup>b</sup>	2055 <sup>a</sup>	3279 <sup>a</sup>
Rašelina + 15 % ND	393 <sup>a</sup>	4,3 <sup>a</sup>	588 <sup>d</sup>	6,25 <sup>a</sup>	365 <sup>b</sup>	7132 <sup>c</sup>	2611 <sup>ab</sup>	3407 <sup>a</sup>

\*Obsahy dusíku, draslíku a hořčíku byly stanoveny metodou CAT a obsahy vápníku a fosforu metodou Mehlich 3.

\*\* Hladina významnosti mezi jednotlivými variantami byla hodnocena pomocí Tukeyho testu ( $p \leq 0,01$ ).

Dle výsledků statistické analýzy v tabulce 6 vyplývá, že hmotnost čerstvé nadzemní hmoty rostlin u varianty rašelina + 5 % ND byla průkazně nižší než u variant pěstební substrát B a rašelina + 15 % ND. Mezi variantami pěstební substrát B, gramoflor, rašelina + 10 % ND a rašelina + 15 % ND nebyly zjištěny průkazné rozdíly. V případě hmotnosti sušiny byly zaznamenány podobné tendence, kdy nejnižší hmotnosti vykazovaly varianty rašelina + 5 % ND a rašelina + 10 % ND oproti variantám pěstební substrát B a rašelina + 15 % ND. Obsah dusíku v rostlině u varianty rašelina + 15 % ND byl statisticky průkazně vyšší než u varianty pěstební substrát B. Varianty gramoflor, rašelina + 5 % ND a rašelina + 10 % ND byly vzájemně

srovnatelné s variantami pěstební substrát B i rašelina + 15 % ND. Obsah fosforu je průkazně nižší u varianty pěstební substrát B než u ostatních variant. Je patrná mírně stoupající tendence s vyššími přídávky digestátu. V obsahu draslíku jsou mezi všemi variantami statisticky průkazné rozdíly. Nejnižší je u varianty gramoflor a dále má obsah stoupající tendenci se zvyšujícím se množstvím ND. Obsah vápníku je nejnižší u varianty gramoflor a nejvyšší u varianty rašelina + 10 % ND. Naopak u hořčíku došlo k staticky průkazně výraznému poklesu variant s ND, oproti variantám pěstební substrát B a gramoflor. U variant s ND je obsah srovnatelný a klesá se zvyšujícím se podílem ND v rašelině. Obsah síry je téměř srovnatelný ve všech variantách, až na variantu rašelina + 15 % ND, kde je cca o 500 mg S/kg vyšší. I přes toto zvýšení je rozdíl statisticky neprůkazný.

Tabulka 6: Hmotnost nadzemní hmoty a sušiny rostlin Bazalky (2011) a celkové obsahy makroprvků v nadzemní hmotě mg/kg

Bazalky 2011								
Varianta	Nadzemní hmota (g)	Sušina (g)	N	P	K	Ca	Mg	S
Pěstební substrát B	31,8 <sup>a</sup>	2,70 <sup>a</sup>	44750 <sup>a</sup>	3590 <sup>b</sup>	28580 <sup>b</sup>	24555 <sup>ab</sup>	20783 <sup>b</sup>	4153 <sup>a</sup>
Gramoflor	28,9 <sup>ab</sup>	2,25 <sup>a</sup>	50400 <sup>ab</sup>	8047 <sup>a</sup>	28050 <sup>a</sup>	20432 <sup>a</sup>	21666 <sup>b</sup>	4149 <sup>a</sup>
Rašelina + 5 % ND	18,6 <sup>b</sup>	1,45 <sup>a</sup>	49475 <sup>ab</sup>	8755 <sup>a</sup>	29111 <sup>c</sup>	24567 <sup>ab</sup>	10771 <sup>a</sup>	4096 <sup>a</sup>
Rašelina + 10 % ND	28,9 <sup>ab</sup>	2,00 <sup>a</sup>	55650 <sup>ab</sup>	9216 <sup>a</sup>	29641 <sup>d</sup>	27322 <sup>b</sup>	9350 <sup>a</sup>	4195 <sup>a</sup>
Rašelina + 15 % ND	36,1 <sup>a</sup>	2,70 <sup>a</sup>	57875 <sup>b</sup>	9261 <sup>a</sup>	30172 <sup>c</sup>	24761 <sup>ab</sup>	7937 <sup>a</sup>	4673 <sup>a</sup>

\* Hladina významnosti mezi jednotlivými variantami byla hodnocena pomocí Tukeyho testu ( $p \leq 0,01$ ).

### 5.1.2 Gazanie

Z tabulky 7 je zřejmé, že objemová hmotnost je nejvyšší u varianty pěstební substrát B a naopak nejnižší u kontrolní varianty gramoflor. Hodnota pH byla nejvyšší u varianty pěstební substrát B a nejnižší u varianty rašelina + 5 % ND, která měla nejnižší obsah ND a nejvyšší obsah rašeliny. Obsah N-NO<sub>3</sub> byl nejvyšší u varianty rašelina + 15 % ND, obsahující nejvyšší podíl ND. U kontrolních variant došlo k mírnému zvýšení obsahu u varianty pěstební substrát B. Obdobné výsledky byly u N-NH<sub>4</sub>, kde byl statisticky prokazatelně nevyšší obsah u varianty rašelina + 15 % ND. Rozdíl v obsahu fosforu byl průkazně vyšší pouze u varianty rašelina + 15 % ND, narozdíl od ostatních variant, u kterých byly statisticky podobné hodnoty. Hodnota fosforu s navýšeným poměrem ND rostla signifikantně. Téměř shodné a zároveň nejnižší obsahy draslíku byly u kontrolních variant pěstební substrát B a gramoflor. Průkazně nejvyšší obsah byl zaznamenán u varianty rašelina + 15 % ND. Se stoupajícími dávkami digestátu zároveň signifikantně stoupal i obsah K. Obsahy hořčíku byly v případě kontrolních substrátů i substrátů s ND poměrně srovnatelné. Nebyla průkazná tendence zvyšování obsahu Mg se stoupající dávkou ND. Nejvyšší hodnotu měla varianta rašelina + 10 % ND. V případě obsahu vápníku jsou hodnoty v substrátech s digestátem vzájemně srovnatelné, avšak průkazně nižší než u kontrolní varianty pěstební substrát B.

Tabulka 7: Objemová hmotnost, pH a obsah makroprvků v jejich sušině (mg/kg) po sklizni pokusu s Gazání 2011

Gazanie 2011								
Varianta	OH (g/l)	pH (CaCl <sub>2</sub> )	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P	K	Mg	Ca
Pěstební substrát B	658 <sup>b</sup>	4,9 <sup>b</sup>	6,58 <sup>a</sup>	61,1 <sup>a</sup>	366 <sup>a</sup>	118 <sup>a</sup>	1792 <sup>a</sup>	11221 <sup>b</sup>
Gramoflor	364 <sup>a</sup>	4,5 <sup>ab</sup>	1,53 <sup>a</sup>	638 <sup>a</sup>	124 <sup>a</sup>	114 <sup>a</sup>	563 <sup>a</sup>	3749 <sup>a</sup>
Rašelina + 5 % ND	432 <sup>ab</sup>	3,8 <sup>a</sup>	0,911 <sup>a</sup>	145 <sup>a</sup>	173 <sup>a</sup>	738 <sup>ab</sup>	787 <sup>a</sup>	2707 <sup>a</sup>
Rašelina + 10 % ND	576 <sup>ab</sup>	4,3 <sup>ab</sup>	1,80 <sup>a</sup>	52,7 <sup>a</sup>	505 <sup>a</sup>	3478 <sup>bc</sup>	1819 <sup>a</sup>	2800 <sup>a</sup>
Rašelina + 15 % ND	482 <sup>ab</sup>	4,5 <sup>ab</sup>	18,7 <sup>a</sup>	1477 <sup>b</sup>	1172 <sup>b</sup>	5193 <sup>c</sup>	1598 <sup>a</sup>	3041 <sup>a</sup>

\* Obsahy dusíku, draslíku, fosforu a hořčíku byly stanoveny metodou CAT a obsahy vápníku metodou Mehlich 3.

\*\* Hladina významnosti mezi jednotlivými variantami byla hodnocena pomocí Tukeyho testu ( $p \leq 0,01$ ).

Z výsledků statistické analýzy v tabulce 8 vyplývá, že hmotnost čerstvé nadzemní hmoty rostlin u varianty gramoflor byla nižší než u variant rašelina + 10 % ND a rašelina + 15 % ND. Mezi všemi variantami však nebyl prokázán statisticky významný rozdíl. V případě hmotnosti sušiny byly zaznamenány podobné tendence, kdy nejnižší hmotnosti vykazovala varianta gramofloru, oproti variantám rašelina + 10 % ND a rašelina + 15 % ND. Obsah dusíku v rostlině u varianty rašelina + 15 % ND byl statisticky průkazně vyšší než u ostatních variant. Varianty pěstební substrát B, gramoflor, rašelina + 5 % ND a rašelina + 10 % ND byly statisticky vzájemně srovnatelné. Obsah fosforu je průkazně nejvyšší u varianty Rašelina + 15 % ND. Je patrná mírně stoupající tendence s vyššími přídávky digestátu. V obsahu draslíku nejsou mezi variantami statisticky průkazné rozdíly. Nejnižší obsah je u varianty gramoflor a dále má obsah stoupající tendenci se zvyšujícím se množstvím ND. Mezi obsahem vápníku není statisticky průkazný rozdíl. Bez statisticky průkazného rozdílu vyšel i obsah hořčíku. Obsah síry je statisticky prokazatelně vyšší u varianty rašelina + 10 % ND. U zbylých variant není staticky průkazný rozdíl. Nejnižší obsah je u varianty Rašelina + 5 % ND.

Tabulka 8: Hmotnost nadzemní hmoty a sušiny rostlin Gazanie (2011) a celkové obsahy makroprvků v nadzemní hmotě mg/kg

Gazanie 2011								
Varianta	Nadzemní hmota (g)	Sušina (g)	N	P	K	Ca	Mg	S
Pěstební substrát B	49,3 <sup>a</sup>	16,0 <sup>a</sup>	29475 <sup>a</sup>	7843 <sup>a</sup>	33815 <sup>a</sup>	8949 <sup>a</sup>	2958 <sup>a</sup>	3210 <sup>ab</sup>
Gramoflor	37,1 <sup>a</sup>	14,6 <sup>a</sup>	34875 <sup>a</sup>	6483 <sup>a</sup>	30757 <sup>a</sup>	10480 <sup>a</sup>	2499 <sup>a</sup>	3933 <sup>ab</sup>
Rašelina + 5 % ND	41,3 <sup>a</sup>	16,0 <sup>a</sup>	33600 <sup>a</sup>	7985 <sup>a</sup>	35412 <sup>a</sup>	7996 <sup>a</sup>	2116 <sup>a</sup>	2639 <sup>a</sup>
Rašelina + 10 % ND	61,5 <sup>a</sup>	17,0 <sup>a</sup>	33825 <sup>a</sup>	8446 <sup>ab</sup>	36843 <sup>a</sup>	10295 <sup>a</sup>	3524 <sup>a</sup>	5438 <sup>b</sup>
Rašelina + 15 % ND	51,9 <sup>a</sup>	16,3 <sup>a</sup>	48200 <sup>b</sup>	11077 <sup>b</sup>	40510 <sup>a</sup>	6788 <sup>a</sup>	2236 <sup>a</sup>	4076 <sup>ab</sup>

\* Hladina významnosti mezi jednotlivými variantami byla hodnocena pomocí Tukeyho testu ( $p \leq 0,01$ ).

## 5.2 Hodnocení pokusů z roku 2012

### 5.2.1 Bazalky

Z tabulky 9 je zřejmé, že objemová hmotnost je nejvyšší u varianty rašelina + 10 % ND a nejnižší u kontrolní varianty gramoflor. Hodnota pH byla nejvyšší u varianty pěstební substrát B a nejnižší u varianty rašelina + 10 % ND, která měla nejnižší obsah ND a nejvyšší obsah rašeliny. Obsah N-NO<sub>3</sub> byl statisticky prokazatelně vyšší u varianty rašelina + 20 % ND a rašelina + 25 % ND. U kontrolních variant došlo k mírnému zvýšení obsahu u varianty pěstební substrát B. Obdobné výsledky byly u N-NH<sub>4</sub>, kde byl statisticky prokazatelně nejvyšší obsah u varianty rašelina + 25 % ND. Rozdíl v obsahu fosforu u kontrolních variant pěstební substrát B a gramoflor nebyl statisticky významný, narozdíl od variant s ND, u kterých hodnota s navýšeným poměrem ND rostla signifikantně. Výrazný rozdíl v obsahu byl mezi substrátem s 10 % ND a 20 % ND. Téměř shodné a zároveň nejnižší obsahy draslíku byly u kontrolních variant pěstební substrát B a gramoflor. Nejvyšší obsah byl zaznamenán u varianty rašelina + 25 % ND. Se stoupajícími dávkami digestátu zároveň signifikantně stoupal i obsah K. Obsahy hořčíku byly v případě kontrolních substrátů i substrátů s ND poměrně srovnatelné. Nebyla průkazná tendence zvyšování obsahu Mg se stoupající dávkou ND. Nejvyšší hodnotu měla varianta Rašelina + 25 % ND. V případě obsahu vápníku je statisticky průkazný rozdíl mezi variantou pěstební substrát B a variantami gramoflor a rašelina + 10 % ND. Mezi zbývajících variantami nebyl zaznamenán statisticky průkazný rozdíl.

Tabulka 9: Objemová hmotnost, pH a obsah makroprvků v jejich sušině (mg/kg) po sklizni pokusu s Bazalkou 2012

Bazalky 2012								
Varianta	OH (g/l)	pH (CaCl <sub>2</sub> )	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P	K	Mg	Ca
Pěstební substrát B	575 <sup>a</sup>	4,5 <sup>a</sup>	4,25 <sup>a</sup>	53,2 <sup>a</sup>	116 <sup>a</sup>	583 <sup>a</sup>	2012 <sup>a</sup>	6288 <sup>b</sup>
Gramoflor	515 <sup>a</sup>	4,4 <sup>a</sup>	3,50 <sup>a</sup>	7,25 <sup>a</sup>	114 <sup>a</sup>	284 <sup>a</sup>	1588 <sup>a</sup>	4832 <sup>a</sup>
Rašelina + 10 % ND	576 <sup>a</sup>	4,0 <sup>a</sup>	150 <sup>a</sup>	6,79 <sup>a</sup>	277 <sup>c</sup>	1549 <sup>a</sup>	1864 <sup>a</sup>	4581 <sup>a</sup>
Rašelina + 20 % ND	563 <sup>a</sup>	4,2 <sup>a</sup>	337 <sup>b</sup>	321 <sup>b</sup>	557 <sup>b</sup>	5278 <sup>b</sup>	2104 <sup>a</sup>	5293 <sup>ab</sup>
Rašelina + 25 % ND	539 <sup>a</sup>	4,2 <sup>a</sup>	313 <sup>b</sup>	460 <sup>c</sup>	661 <sup>b</sup>	6326 <sup>b</sup>	2216 <sup>a</sup>	5239 <sup>ab</sup>

\* Obsahy dusíku, draslíku a hořčíku byly stanoveny metodou CAT a obsahy vápníku a fosforu metodou Mehlich 3.

\*\* Hladina významnosti mezi jednotlivými variantami byla hodnocena pomocí Tukeyho testu ( $p \leq 0,01$ ).

Z výsledků statistické analýzy v tabulce 10 vyplývá, že hmotnost čerstvé nadzemní hmoty u variant rašelina + 20 % ND a rašelina + 25 % ND byla průkazně nižší než u variant gramoflor a rašelina + 10 % ND. V případě hmotnosti sušiny byly zaznamenány podobné tendence, kdy průkazně nejnižší hmotnosti vykazovaly varianty rašelina + 25 % ND a rašelina + 20 % ND oproti variantám gramoflor a rašelina + 10 % ND. Obsah dusíku v rostlině u variant rašelina + 25 % ND a rašelina + 20 % ND byl statisticky průkazně vyšší než u variant pěstební substrát B a gramoflor. Varianty pěstební substrát B a Rašelina + 10 % ND byly vzájemně srovnatelné. Obsah fosforu je průkazně nižší u variant pěstební substrát B a gramoflor než u



variant s přidavkem digestátu. Je patrná mírně stoupající tendence s vyššími přídávky digestátu. Obsah draslíku je prokazatelně nejnižší u varianty gramoflor a dále má obsah stoupající tendenci se zvyšujícím se množstvím ND. Obsah vápníku je statisticky průkazně nejvyšší u varianty gramoflor a nejnižší u varianty rašelina + 25 % ND. Obsah má klesající tendenci s vyššími přídávky digestátu. U hořčíku došlo ke staticky průkazně výraznému poklesu u variant s ND, oproti variantám pěstební substrát B a gramoflor. U variant s ND je rozdíl v obsahu neprůkazný s tím, že stoupá se zvyšujícím se podílem ND v rašelině. Obsah síry je statisticky prokazatelně vyšší u varianty rašelina + 10 % ND. U zbylých variant není staticky průkazný rozdíl. Nejnižší obsah je u varianty pěstební substrát B.

*Tabulka 10: Hmotnost nadzemní hmoty a sušiny rostlin Bazalky (2012) a celkové obsahy makroprvků v nadzemní hmotě mg/kg*

<b>Bazalky 2012</b>								
<b>Varianta</b>	<b>Nadzemní hmota (g)</b>	<b>Sušina (g)</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>
Pěstební substrát B	34,6 <sup>c</sup>	2,6 <sup>ab</sup>	41425 <sup>ab</sup>	1751 <sup>a</sup>	64980 <sup>a</sup>	18407 <sup>b</sup>	6623 <sup>b</sup>	1220 <sup>a</sup>
Gramoflor	47,7 <sup>b</sup>	4,3 <sup>c</sup>	33150 <sup>a</sup>	2982 <sup>a</sup>	26701 <sup>b</sup>	20530 <sup>b</sup>	10962 <sup>c</sup>	1323 <sup>ab</sup>
Rašelina + 10 % ND	46,9 <sup>b</sup>	3,5 <sup>bc</sup>	48575 <sup>b</sup>	6015 <sup>c</sup>	57570 <sup>a</sup>	10206 <sup>a</sup>	2937 <sup>a</sup>	1876 <sup>b</sup>
Rašelina + 20 % ND	23,0 <sup>a</sup>	2,2 <sup>a</sup>	60950 <sup>c</sup>	8399 <sup>b</sup>	63396 <sup>a</sup>	8683 <sup>a</sup>	3134 <sup>a</sup>	1610 <sup>ab</sup>
Rašelina + 25 % ND	20,5 <sup>a</sup>	1,8 <sup>a</sup>	59900 <sup>c</sup>	8688 <sup>b</sup>	64002 <sup>a</sup>	8127 <sup>a</sup>	3540 <sup>a</sup>	1759 <sup>ab</sup>

\* Hladina významnosti mezi jednotlivými variantami byla hodnocena pomocí Tukeyho testu ( $p \leq 0,01$ ).

## 5.2.2 Gazanie

Z tabulky 11 je zřejmé, že objemová hmotnost je nejvyšší u varianty rašelina + 20 % ND a nejnižší u varianty rašelina + 25 % ND. Hodnota pH byla nejvyšší u varianty pěstební substrát B a nejnižší u varianty rašelina + 10 % ND, která měla nejnižší podíl ND. Obsah N-NO<sub>3</sub> byl statisticky prokazatelně nejvyšší u varianty rašelina + 20 % ND. U kontrolních variant byl zaznamenán mírně vyšší obsah u varianty gramoflor. Rozdíl byl u N-NH<sub>4</sub>, kde byl nevyšší obsah u varianty rašelina + 10 % ND. Rozdíl v obsahu fosforu u variant pěstební substrát B, gramoflor a rašelina + 10 % ND nebyl statisticky významný, narozdíl od variant substrátů s 20 % ND a 25 % ND, u kterých hodnota s navýšeným poměrem ND rostla signifikantně. Téměř shodné a zároveň nejnižší obsahy draslíku byly u kontrolních variant pěstební substrát B a gramoflor. Průkazně nejvyšší obsah byl zaznamenán u varianty rašelina + 20 % ND. Obsahy hořčíku byly v případě kontrolních substrátů i substrátů s ND poměrně srovnatelné. Nebyla průkazná tendence zvyšování obsahu Mg se stoupající dávkou ND. Nejvyšší hodnotu měla varianta rašelina + 20 % ND. V případě obsahu vápníku jsou hodnoty v substrátech s digestátem a varianty gramoflor vzájemně srovnatelné, avšak nižší než u kontrolní varianty pěstební substrát B.

Tabulka 11: Objemová hmotnost, pH a obsah makroprvků v jejich sušině (mg/kg) po sklizni pokusu s Gazánií 2012

Gazánie 2012								
Varianta	OH (g/l)	pH (CaCl <sub>2</sub> )	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P	K	Mg	Ca
Pěstební substrát B	528 <sup>a</sup>	5,0 <sup>c</sup>	2,44 <sup>a</sup>	8,65 <sup>a</sup>	163 <sup>a</sup>	63,5 <sup>a</sup>	992 <sup>a</sup>	6384 <sup>b</sup>
Gramoflor	477 <sup>a</sup>	4,5 <sup>b</sup>	53,1 <sup>a</sup>	18,2 <sup>ab</sup>	151 <sup>a</sup>	63,9 <sup>a</sup>	727 <sup>a</sup>	5020 <sup>ab</sup>
Rašelina + 10 % ND	473 <sup>a</sup>	4,0 <sup>a</sup>	407 <sup>a</sup>	64,0 <sup>c</sup>	525 <sup>ab</sup>	712 <sup>a</sup>	1172 <sup>a</sup>	4206 <sup>a</sup>
Rašelina + 20 % ND	536 <sup>a</sup>	4,1 <sup>a</sup>	2215 <sup>b</sup>	44,4 <sup>bc</sup>	946 <sup>b</sup>	2843 <sup>b</sup>	1881 <sup>a</sup>	5300 <sup>ab</sup>
Rašelina + 25 % ND	286 <sup>a</sup>	4,4 <sup>ab</sup>	682 <sup>a</sup>	13,7 <sup>a</sup>	1757 <sup>c</sup>	897 <sup>a</sup>	566 <sup>a</sup>	5528 <sup>ab</sup>

\* Obsahy dusíku, draslíku, fosforu a hořčíku byly stanoveny metodou CAT a obsahy vápníku metodou Mehlich 3.

\*\* Hladina významnosti mezi jednotlivými variantami byla hodnocena pomocí Tukeyho testu ( $p \leq 0,01$ ).

Dle výsledků statistické analýzy v tabulce 12 vyplývá, že u hmotnosti čerstvé nadzemní hmoty nebyly statisticky průkazné rozdíly. V případě hmotnosti sušiny byly zaznamenány podobné tendence, kdy však průkazně nejnižší hmotnosti vykazovaly varianty rašelina + 10 % ND a rašelina + 20 % ND oproti variantám pěstební substrát B a gramoflor. Obsah dusíku v rostlině u variant rašelina + 10 % ND, rašelina + 20 % ND a rašelina + 25 % ND byl statisticky průkazně vyšší, než u variant pěstební substrát B a gramoflor. Obsah fosforu je průkazně nižší u kontrolních variant pěstební substrát B a gramoflor, než u variant s obsahem ND. Je patrná mírně stoupající tendence s vyššími přídávky digestátu. V obsahu draslíku je statisticky prokazatelný rozdíl mezi kontrolními variantami pěstební substrát B, gramoflor a zároveň variantou rašelina + 25 % ND, u které je obsah nejvyšší. Nejnižší hodnota je u varianty gramoflor a dále má obsah stoupající tendenci se zvyšujícím se množstvím ND. Obsah vápníku je nejnižší u varianty rašelina + 10 % ND a nejvyšší u varianty pěstební substrát B. Obsahy hořčíku byly v případě kontrolních substrátů i substrátů s ND poměrně srovnatelné. Nebyla průkazná tendence zvyšování obsahu Mg se stoupající dávkou ND. Nejvyšší hodnotu měla varianta gramoflor. Obsah síry je statisticky prokazatelně vyšší u varianty pěstební substrát B oproti variantě rašelina + 20 % ND. U zbylých variant není staticky průkazný rozdíl.

Tabulka 12: Hmotnost nadzemní hmoty a sušiny rostlin Gazánie (2012) a celkové obsahy makroprvků v nadzemní hmotě mg/kg

Gazánie 2012								
Varianta	Nadzemní hmota (g)	Sušina (g)	N	P	K	Ca	Mg	S
Pěstební substrát B	65,1 <sup>a</sup>	6,53 <sup>a</sup>	22475 <sup>b</sup>	1650 <sup>b</sup>	58584 <sup>a</sup>	14627 <sup>a</sup>	3901 <sup>a</sup>	4815 <sup>b</sup>
Gramoflor	70,6 <sup>a</sup>	7,40 <sup>a</sup>	22800 <sup>b</sup>	1956 <sup>b</sup>	38128 <sup>c</sup>	12158 <sup>ac</sup>	3914 <sup>a</sup>	4002 <sup>ab</sup>
Rašelina + 10 % ND	52,9 <sup>a</sup>	4,95 <sup>a</sup>	32525 <sup>a</sup>	3241 <sup>a</sup>	59993 <sup>ab</sup>	8040 <sup>b</sup>	3191 <sup>a</sup>	3538 <sup>ab</sup>
Rašelina + 20 % ND	59,3 <sup>a</sup>	5,73 <sup>a</sup>	33825 <sup>a</sup>	3250 <sup>a</sup>	65430 <sup>ab</sup>	8592 <sup>bc</sup>	2895 <sup>a</sup>	3221 <sup>a</sup>
Rašelina + 25 % ND	62,3 <sup>a</sup>	6,18 <sup>a</sup>	33125 <sup>a</sup>	3316 <sup>a</sup>	76673 <sup>b</sup>	12515 <sup>a</sup>	3235 <sup>a</sup>	3746 <sup>ab</sup>

\* Hladina významnosti mezi jednotlivými variantami byla hodnocena pomocí Tukeyho testu ( $p \leq 0,01$ ).

### 5.2.3 Máta

Z tabulky 13 vyplývá, že objemová hmotnost je nejvyšší u varianty rašelina + 5 % ND a nejnižší u kontrolní varianty pěstební substrát B. Hodnota pH byla nejvyšší u varianty pěstební substrát B a nejnižší u varianty rašelina + 5 % ND. Obsah N-NO<sub>3</sub> byl statisticky prokazatelně vyšší u kontrolní varianty pěstební substrát B oproti ostatním variantám. U N-NH<sub>4</sub> byl obsah vyšší u všech tří variant s přídatkem ND, nejvyšší obsah byl zaznamenán u varianty rašelina + 15 % ND. Rozdíl v obsahu fosforu u kontrolních variant pěstební substrát B a gramoflor byl statisticky významný. Statistický rozdíl byl zaznamenán i mezi variantami s ND, u kterých hodnota s navýšeným poměrem ND rostla. Nejnižší obsahy draslíku byly u kontrolních variant pěstební substrát B a gramoflor. Nejvyšší obsah byl zaznamenán u varianty rašelina + 15 % ND. Se stoupajícími dávkami digestátu zároveň signifikantně stoupal i obsah K. Obsahy hořčíku byly v případě kontrolních substrátů i substrátů s ND statisticky srovnatelné. Nebyla průkazná tendence zvyšování obsahu Mg se stoupající dávkou ND. Nejvyšší hodnotu měla varianta Rašelina + 10 % ND. V případě obsahu vápníku jsou hodnoty v substrátech s digestátem rovněž vzájemně srovnatelné, avšak průkazně nižší než u kontrolní varianty pěstební substrát B.

Tabulka 13: Objemová hmotnost, pH a obsah makroprvků v jejich sušině (mg/kg) po sklizni pokusu s Máťou 2012

Máta 2012								
Varianta	OH (g/l)	pH (CaCl <sub>2</sub> )	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P	K	Mg	Ca
Pěstební substrát B	554 <sup>a</sup>	5,1 <sup>c</sup>	37,3 <sup>b</sup>	9,19 <sup>a</sup>	77,5 <sup>b</sup>	330 <sup>a</sup>	1100 <sup>a</sup>	6207 <sup>b</sup>
Gramoflor	573 <sup>a</sup>	4,8 <sup>bc</sup>	15,8 <sup>a</sup>	14,6 <sup>a</sup>	60,0 <sup>c</sup>	153 <sup>a</sup>	908 <sup>a</sup>	5572 <sup>ab</sup>
Rašelina + 5 % ND	666 <sup>a</sup>	3,8 <sup>a</sup>	0,92 <sup>a</sup>	31,1 <sup>a</sup>	21,3 <sup>a</sup>	419 <sup>a</sup>	1619 <sup>a</sup>	4593 <sup>a</sup>
Rašelina + 10 % ND	643 <sup>a</sup>	4,2 <sup>ab</sup>	3,34 <sup>a</sup>	61,3 <sup>a</sup>	34,5 <sup>a</sup>	739 <sup>a</sup>	1717 <sup>a</sup>	4627 <sup>a</sup>
Rašelina + 15 % ND	591 <sup>a</sup>	4,3 <sup>bc</sup>	4,37 <sup>a</sup>	142 <sup>a</sup>	81,3 <sup>b</sup>	1689 <sup>a</sup>	1475 <sup>a</sup>	4400 <sup>a</sup>

\* Obsahy dusíku, draslíku, fosforu a hořčíku byly stanoveny metodou CAT a obsahy vápníku metodou Mehlich 3.

\*\* Hladina významnosti mezi jednotlivými variantami byla hodnocena pomocí Tukeyho testu ( $p \leq 0,01$ ).

Z výsledků statistické analýzy v tabulce 14 vyplývá, že u hmotnosti čerstvé nadzemní hmoty nebyly statisticky průkazné rozdíly mezi variantami. V případě hmotnosti sušiny byly zaznamenány určité tendence, kdy nejnižší hmotnosti vykazovaly varianty gramoflor a rašelina + 10 % ND oproti variantám pěstební substrát B a rašelina + 15 % ND. V obsahu dusíku v rostlině nejsou mezi všemi variantami statisticky průkazné rozdíly. U obsahu fosforu je statisticky průkazný rozdíl mezi variantou pěstební substrát B a rašelina + 15 % ND. Mezi ostatními variantami nebyl statisticky významný rozdíl. Je patrná mírně stoupající tendence s vyššími přídatky digestátu. V obsahu draslíku je statisticky průkazný rozdíl mezi variantou gramoflor a rašelina + 10 % ND. Mezi ostatními variantami nebyl statisticky významný rozdíl. Obsah vápníku je nejnižší u varianty rašelina + 15 % ND a nejvyšší u varianty gramoflor. Naopak u hořčíku došlo ke staticky průkazně výraznému poklesu variant s ND, oproti variantě gramoflor. U variant s ND je obsah srovnatelný. Obsah síry je statisticky prokazatelně nižší u

varianty pěstební substrát B než u variant s přidavkem 10 % ND a 15 % ND. U zbylých variant není staticky průkazný rozdíl. Nejvyšší obsah je u varianty rašelina + 10 % ND.

Tabulka 14: Hmotnost nadzemní hmoty a sušiny rostlin (2012) a celkové obsahy makroprvků v nadzemní hmotě mg/kg

Máta 2012								
Varianta	Nadzemní hmota (g)	Sušina (g)	N	P	K	Ca	Mg	S
Pěstební substrát B	34,2 <sup>a</sup>	5,70 <sup>a</sup>	27350 <sup>a</sup>	1426 <sup>a</sup>	33094 <sup>ab</sup>	12384 <sup>bc</sup>	4256 <sup>ab</sup>	1714 <sup>b</sup>
Gramoflor	31,4 <sup>a</sup>	4,58 <sup>a</sup>	27300 <sup>a</sup>	2098 <sup>ab</sup>	25011 <sup>a</sup>	14304 <sup>c</sup>	4962 <sup>b</sup>	1945 <sup>ab</sup>
Rašelina + 5 % ND	37,4 <sup>a</sup>	5,60 <sup>a</sup>	27800 <sup>a</sup>	1830 <sup>ab</sup>	38050 <sup>ab</sup>	9863 <sup>ab</sup>	3403 <sup>a</sup>	2722 <sup>ab</sup>
Rašelina + 10 % ND	39,6 <sup>a</sup>	5,13 <sup>a</sup>	29550 <sup>a</sup>	2175 <sup>ab</sup>	42251 <sup>b</sup>	10304 <sup>ab</sup>	3544 <sup>a</sup>	2869 <sup>a</sup>
Rašelina + 15 % ND	55,9 <sup>a</sup>	7,55 <sup>a</sup>	36300 <sup>a</sup>	2405 <sup>b</sup>	38945 <sup>ab</sup>	8919 <sup>a</sup>	3292 <sup>a</sup>	2862 <sup>a</sup>

\* Hladina významnosti mezi jednotlivými variantami byla hodnocena pomocí Tukeyho testu ( $p \leq 0,01$ ).

## 5.3 Hodnocení pokusů z roku 2013

### 5.3.1 Bazalky

Z tabulky 15 vyplývá, že objemová hmotnost je nejvyšší u varianty rašelina + 5 % ND + 3 g/l dolomitu a nejnižší u varianty rašelina + 5 % ND + 6 g/l dolomitu. Hodnota pH byla nejvyšší u varianty rašelina + 10 % ND + 6 g/l dolomitu a nejnižší u varianty Rašelina + 5 % ND + 3 g/l dolomitu. Obsah N-NO<sub>3</sub> byl vyšší u kontrolní varianty pěstební substrát B. U variant s ND a dolomitem došlo k zvýšení obsahu u varianty rašelina + 10 % ND + 6 g/l dolomitu. Naopak N-NH<sub>4</sub> byl statisticky prokazatelně nejvyšší obsah u varianty rašelina + 10 % ND + 3 g/l dolomitu. Rozdíl v obsahu fosforu nebyl mezi jednotlivými variantami statisticky významný. Nejnižší obsahy draslíku byly u kontrolní varianty pěstební substrát B. Nejvyšší obsah byl zaznamenán u varianty rašelina + 10 % ND + 3 g/l dolomitu. Obsah hořčíku u varianty pěstební substrát B a rašelina + 10 % ND + 6 g/l dolomitu byl statisticky významný. Mezi ostatními variantami nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl. Nebyla průkazná tendence zvyšování obsahu Mg se stoupající dávkou ND a dolomitu. V případě obsahu vápníku jsou hodnoty v substrátech s digestátem a dolomitem vzájemně srovnatelné, avšak průkazně nižší než u kontrolní varianty pěstební substrát B.

Tabulka 15: Objemová hmotnost, pH a obsah makroprvků v jejich sušině (mg/kg) po sklizni pokusu s Bazalkou 2013

Bazalky 2013								
Varianta	OH (g/l)	pH (CaCl <sub>2</sub> )	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P	K	Mg	Ca
Pěstební substrát B	696 <sup>a</sup>	4,7 <sup>b</sup>	377 <sup>a</sup>	105 <sup>a</sup>	24,9 <sup>a</sup>	96,3 <sup>a</sup>	824 <sup>a</sup>	1058 <sup>b</sup>
Rašelina + 5 % ND + 3 g/l dolomitu	774 <sup>a</sup>	3,9 <sup>c</sup>	21,3 <sup>a</sup>	279 <sup>a</sup>	44,6 <sup>a</sup>	585 <sup>bc</sup>	1173 <sup>ab</sup>	17,3 <sup>a</sup>
Rašelina + 5 % ND + 6 g/l dolomitu	454 <sup>a</sup>	4,3 <sup>a</sup>	9,94 <sup>a</sup>	322 <sup>a</sup>	24,9 <sup>a</sup>	259 <sup>ab</sup>	974 <sup>ab</sup>	15,7 <sup>a</sup>
Rašelina + 10 % ND + 3 g/l dolomitu	564 <sup>a</sup>	4,2 <sup>a</sup>	41,0 <sup>a</sup>	1589 <sup>b</sup>	128 <sup>a</sup>	1120 <sup>c</sup>	1005 <sup>ab</sup>	10,4 <sup>a</sup>
Rašelina + 10 % ND + 6 g/l dolomitu	609 <sup>a</sup>	4,8 <sup>b</sup>	625 <sup>a</sup>	969 <sup>ab</sup>	73,8 <sup>a</sup>	907 <sup>bc</sup>	1377 <sup>b</sup>	33,1 <sup>a</sup>

\* Obsahy dusíku, draslíku, fosforu a hořčíku byly stanoveny metodou CAT a obsahy vápníku vodným výluhem.

\*\* Hladina významnosti mezi jednotlivými variantami byla hodnocena pomocí Tukeyho testu ( $p \leq 0,01$ ).

Z výsledků statistické analýzy v tabulce 16 vyplývá, že hmotnost čerstvé nadzemní hmoty u varianty Pěstební substrát B byla vyšší, než u variant s obsahem ND a dolomitu. Mezi variantami s ND a dolomitem nebyly zjištěny průkazné rozdíly. V případě hmotnosti sušiny byly zaznamenány podobné tendence, kdy průkazně nejnižší hmotnosti vykazovaly varianty s ND a dolomitem oproti variantě pěstební substrát B. V obsahu dusíku v rostlině nejsou mezi variantami statisticky průkazné rozdíly. Srovnatelné a statisticky neprůkazné rozdíly jsou dále u obsahu fosforu, draslíku, vápníku, hořčíku a síry.

Tabulka 16: Hmotnost nadzemní hmoty a sušiny rostlin Bazalky (2013) a celkové obsahy makroprvků v nadzemní hmotě mg/kg

Bazalky 2013								
Varianta	Nadzemní hmota (g)	Sušina (g)	N	P	K	Ca	Mg	S
Pěstební substrát B	47,3 <sup>b</sup>	7,93 <sup>b</sup>	32625 <sup>a</sup>	2089 <sup>a</sup>	24850 <sup>a</sup>	18041 <sup>a</sup>	8314 <sup>a</sup>	2889 <sup>a</sup>
Rašelina + 5 % ND + 3 g/l dolomitu	8,05 <sup>a</sup>	0,925 <sup>a</sup>	41233 <sup>a</sup>	7985 <sup>a</sup>	32389 <sup>a</sup>	14581 <sup>a</sup>	6286 <sup>a</sup>	4585 <sup>a</sup>
Rašelina + 5 % ND + 6 g/l dolomitu	16,7 <sup>a</sup>	2,63 <sup>a</sup>	38700 <sup>a</sup>	5939 <sup>a</sup>	28406 <sup>a</sup>	14741 <sup>a</sup>	6208 <sup>a</sup>	3302 <sup>a</sup>
Rašelina + 10 % ND + 3 g/l dolomitu	8,88 <sup>a</sup>	1,63 <sup>a</sup>	47067 <sup>a</sup>	11261 <sup>a</sup>	35362 <sup>a</sup>	13230 <sup>a</sup>	4541 <sup>a</sup>	3830 <sup>a</sup>
Rašelina + 10 % ND + 6 g/l dolomitu	23,5 <sup>ab</sup>	3,20 <sup>a</sup>	44400 <sup>a</sup>	10248 <sup>a</sup>	33887 <sup>a</sup>	14405 <sup>a</sup>	5262 <sup>a</sup>	3380 <sup>a</sup>

\* Hladina významnosti mezi jednotlivými variantami byla hodnocena pomocí Tukeyho testu ( $p \leq 0,01$ ).

### 5.3.2 Gazanie

Z dat uvedených v tabulce 17 lze vyvodit, že objemová hmotnost je nejvyšší u varianty rašelina + 5 % ND + 6 g/l dolomitu a nejnižší u varianty rašelina + 10 % ND + 6 g/l dolomitu. Hodnota pH byla nejvyšší u varianty pěstební substrát B a rašelina + 10 % ND + 6 g/l dolomitu, naopak nejnižší u varianty rašelina + 5 % ND + 3 g/l dolomitu. Obsah N-NO<sub>3</sub> byl vyšší u kontrolní varianty pěstební substrát B. U variant s ND a dolomitem došlo k zvýšení obsahu u variant rašelina + 10 % ND + 3 g/l dolomitu a rašelina + 10 % ND + 6 g/l dolomitu. Obdobné výsledky byly u N-NH<sub>4</sub>, kde nebyl zaznamenán statisticky prokazatelný rozdíl, ale nejvyšší obsah byl zaznamenán u varianty rašelina + 10 % ND + 3 g/l dolomitu. Rozdíl v obsahu fosforu

byl statisticky významný u kontrolní varianty pěstební substrát B současně s variantami s nižším obsahem ND oproti variantám s vyšším obsahem ND. Téměř shodné a zároveň nejnižší obsahy draslíku byly u kontrolní varianty pěstební substrát B. Mezi variantami s 5 % ND a 10 % ND byl zaznamenán statisticky prokazatelný rozdíl. Nejvyšší obsah byl zaznamenán u varianty rašelina + 10 % ND + 3 g/l dolomitu. Obsah hořčíku je nejnižší u varianty pěstební substrát B. Byla průkazná tendence zvyšování obsahu Mg se stoupající dávkou dolomitu. Nejvyšší hodnotu měla varianta rašelina + 10 % ND + 6 g/l dolomitu. V případě obsahu vápníku jsou hodnoty v substrátech s digestátem a dolomitem vzájemně srovnatelné, avšak průkazně nižší než u kontrolní varianty pěstební substrát B.

Tabulka 17: Objemová hmotnost, pH a obsah makroprvků v jejich sušině (mg/kg) po sklizni pokusu s Gazánií 2013

Gazanie 2013								
Varianta	OH (g/l)	pH (CaCl <sub>2</sub> )	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P	K	Mg	Ca
Pěstební substrát B	704 <sup>a</sup>	5,4 <sup>bc</sup>	85,4 <sup>b</sup>	105 <sup>a</sup>	23,7 <sup>a</sup>	20,2 <sup>a</sup>	717 <sup>a</sup>	789 <sup>b</sup>
Rašelina + 5 % ND + 3 g/l dolomitu	705 <sup>a</sup>	4,8 <sup>d</sup>	2,29 <sup>a</sup>	60,4 <sup>a</sup>	22,2 <sup>a</sup>	53,5 <sup>a</sup>	1187 <sup>abc</sup>	99,5 <sup>a</sup>
Rašelina + 5 % ND + 6 g/l dolomitu	720 <sup>a</sup>	5,2 <sup>ab</sup>	4,05 <sup>a</sup>	25,5 <sup>a</sup>	24,2 <sup>a</sup>	57,4 <sup>a</sup>	1505 <sup>bc</sup>	130 <sup>a</sup>
Rašelina + 10 % ND + 3 g/l dolomitu	494 <sup>a</sup>	5,1 <sup>a</sup>	35,8 <sup>ab</sup>	183 <sup>a</sup>	66,3 <sup>b</sup>	312 <sup>b</sup>	990 <sup>ab</sup>	104 <sup>a</sup>
Rašelina + 10 % ND + 6 g/l dolomitu	480 <sup>a</sup>	5,4 <sup>c</sup>	26,8 <sup>a</sup>	71,6 <sup>a</sup>	52,3 <sup>b</sup>	272 <sup>b</sup>	1594 <sup>c</sup>	164 <sup>a</sup>

\* Obsahy dusíku, draslíku, fosforu a hořčíku byly stanoveny metodou CAT a obsahy vápníku vodným výluhem.

\*\* Hladina významnosti mezi jednotlivými variantami byla hodnocena pomocí Tukeyho testu ( $p \leq 0,01$ ).

Z výsledků statistické analýzy v tabulce 18 vyplývá, že u hmotnosti čerstvé nadzemní hmoty nebyly statisticky průkazné rozdíly. Hmotnost čerstvé nadzemní hmoty u varianty rašelina + 5 % ND + 6 g/l dolomitu byla nejnižší a kontrolní varianta pěstební substrát nejvyšší. V případě hmotnosti sušiny byly zaznamenány podobné tendence, kdy nejnižší hmotnosti vykazovala varianta Rašelina + 10 % ND + 3 g/l dolomitu, oproti variantě pěstební substrát B. V obsahu dusíku a draslíku v rostlině nejsou mezi variantami statisticky průkazné rozdíly. Rozdíl v obsahu fosforu byl statisticky významný mezi variantami pěstební substrát B, rašelina + 5 % ND + 3 g/l dolomitu a rašelina + 10 % ND + 6 g/l dolomitu. Mezi zbývajících variantami nebyl statisticky významný rozdíl. Obsah vápníku, hořčíku a síry je statisticky průkazně nejvyšší u varianty pěstební substrát B. U variant s přidáním ND a dolomitem jsou výsledky téměř srovnatelné.

Tabulka 18: Hmotnost nadzemní hmoty a sušiny rostlin *Gazanie* (2013) a celkové obsahy makroprvků v nadzemní hmotě mg/kg

Gazanie 2013								
Varianta	Nadzemní hmoty (g)	Sušina (g)	N	P	K	Ca	Mg	S
Pěstební substrát B	63,1 <sup>a</sup>	6,33 <sup>a</sup>	30175 <sup>a</sup>	3253 <sup>a</sup>	28849 <sup>a</sup>	21174 <sup>b</sup>	8329 <sup>b</sup>	9937 <sup>b</sup>
Rašelina + 5 % ND + 3 g/l dolomitu	48,5 <sup>a</sup>	5,15 <sup>a</sup>	25350 <sup>a</sup>	3780 <sup>a</sup>	26301 <sup>a</sup>	14262 <sup>a</sup>	3981 <sup>a</sup>	6852 <sup>a</sup>
Rašelina + 5 % ND + 6 g/l dolomitu	44,7 <sup>a</sup>	5,03 <sup>a</sup>	23450 <sup>a</sup>	4861 <sup>ab</sup>	33044 <sup>a</sup>	13113 <sup>a</sup>	3903 <sup>a</sup>	5847 <sup>a</sup>
Rašelina + 10 % ND + 3 g/l dolomitu	45,0 <sup>a</sup>	4,80 <sup>a</sup>	33925 <sup>a</sup>	4957 <sup>ab</sup>	32708 <sup>a</sup>	13096 <sup>a</sup>	3816 <sup>a</sup>	6357 <sup>a</sup>
Rašelina + 10 % ND + 6 g/l dolomitu	56,1 <sup>a</sup>	6,23 <sup>a</sup>	31475 <sup>a</sup>	6508 <sup>b</sup>	36695 <sup>a</sup>	13476 <sup>a</sup>	4331 <sup>a</sup>	5592 <sup>a</sup>

\* Hladina významnosti mezi jednotlivými variantami byla hodnocena pomocí Tukeyho testu ( $p \leq 0,01$ ).

### 5.3.3 Mátá

Z tabulky 19 vyplývá, že objemová hmotnost je nejvyšší u varianty rašelina + 5 % ND + 6 g/l dolomitu a nejnižší u kontrolní varianty pěstební substrát. Hodnota pH byla průkazně nejvyšší u varianty pěstební substrát B a nejnižší u varianty rašelina + 5 % ND + 3 g/l dolomitu. U obsahu N-NO<sub>3</sub> nebyly zjištěny významné rozdíly mezi variantami. U kontrolní varianty pěstební substrát B byly obsahy mírně vyšší. U N-NH<sub>4</sub> taktéž nebyl statisticky prokazatelný rozdíl mezi variantami, ale zde byl obsah varianty pěstební substrát B naopak nejnižší a nejvyšší hodnota byla u varianty rašelina + 10 % ND + 6 g/l dolomitu. Srovnatelné a statisticky neprůkazné rozdíly jsou u obsahu fosforu, draslíku a hořčíku. V případě obsahu vápníku jsou hodnoty v substrátech s digestátem vzájemně srovnatelné, avšak průkazně nižší než u kontrolní varianty pěstební substrát B.

Tabulka 19: Objemová hmotnost, pH a obsah makroprvků v jejich sušině (mg/kg) po sklizni pokusu s Mátou 2013

Mátá 2013								
Varianta	OH (g/l)	pH (CaCl <sub>2</sub> )	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P	K	Mg	Ca
Pěstební substrát B	762 <sup>a</sup>	5,0 <sup>d</sup>	39,7 <sup>a</sup>	21,8 <sup>a</sup>	33,5 <sup>a</sup>	78,8 <sup>a</sup>	750 <sup>a</sup>	453 <sup>b</sup>
Rašelina + 5 % ND + 3 g/l dolomitu	986 <sup>a</sup>	3,9 <sup>b</sup>	4,70 <sup>a</sup>	21,9 <sup>a</sup>	32,1 <sup>a</sup>	110 <sup>a</sup>	1302 <sup>a</sup>	51,8 <sup>a</sup>
Rašelina + 5 % ND + 6 g/l dolomitu	1030 <sup>a</sup>	4,4 <sup>a</sup>	5,20 <sup>a</sup>	23,7 <sup>a</sup>	16,5 <sup>a</sup>	155 <sup>a</sup>	1235 <sup>a</sup>	73,0 <sup>a</sup>
Rašelina + 10 % ND + 3 g/l dolomitu	826 <sup>a</sup>	4,3 <sup>a</sup>	7,38 <sup>a</sup>	37,3 <sup>a</sup>	39,8 <sup>a</sup>	408 <sup>a</sup>	1182 <sup>a</sup>	33,4 <sup>a</sup>
Rašelina + 10 % ND + 6 g/l dolomitu	786 <sup>a</sup>	4,7 <sup>c</sup>	13,2 <sup>a</sup>	47,1 <sup>a</sup>	45,3 <sup>a</sup>	452 <sup>a</sup>	1294 <sup>a</sup>	31,9 <sup>a</sup>

\* Obsahy dusíku, draslíku, fosforu a hořčíku byly stanoveny metodou CAT a obsahy vápníku vodným výluhem.

\*\* Hladina významnosti mezi jednotlivými variantami byla hodnocena pomocí Tukeyho testu ( $p \leq 0,01$ ).

Dle výsledků statistické analýzy v tabulce 20 vyplývá, že hmotnost čerstvé nadzemní hmoty u varianty rašelina + 5 % ND + 3 g/l dolomitu byla nejnižší a u varianty rašelina + 10 % ND + 6 g/l dolomitu nejvyšší. Mezi variantami nebyly zjištěny průkazné rozdíly. V případě hmotnosti sušiny byly zaznamenány podobné tendence, kdy nejnižší hmotnosti vykazovala varianta rašelina + 5 % ND + 3 g/l dolomitu oproti variantě pěstební substrát B. V obsahu

dušíku, draslíku a síry v rostlině nebyl mezi variantami zaznamenán statisticky průkazný rozdíl. Obsah fosforu je nejnižší u varianty pěstební substrát B a zároveň průkazně nižší oproti variantě rašelina + 10 % ND + 3 g/l dolomitu. Naopak obsah vápníku je na rozdíl od ostatních variant u varianty pěstební substrát B nejvyšší.

Tabulka 20: Hmotnost nadzemní hmoty a sušiny rostlin Máty (2013) a celkové obsahy makroprvků v nadzemní hmotě mg/kg

<b>Máta 2013</b>								
<b>Varianta</b>	<b>Nadzemní hmota (g)</b>	<b>Sušina (g)</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>
Pěstební substrát B	45,8 <sup>a</sup>	10,2 <sup>a</sup>	22075 <sup>a</sup>	2193 <sup>a</sup>	15057 <sup>a</sup>	16381 <sup>b</sup>	6131 <sup>b</sup>	4384 <sup>a</sup>
Rašelina + 5 % ND + 3 g/l dolomitu	34,5 <sup>a</sup>	6,90 <sup>a</sup>	19600 <sup>a</sup>	3174 <sup>ab</sup>	16219 <sup>a</sup>	13247 <sup>ab</sup>	5380 <sup>ab</sup>	3858 <sup>a</sup>
Rašelina + 5 % ND + 6 g/l dolomitu	35,6 <sup>a</sup>	6,95 <sup>a</sup>	21550 <sup>a</sup>	2976 <sup>ab</sup>	18540 <sup>a</sup>	12508 <sup>ab</sup>	5150 <sup>ab</sup>	4066 <sup>a</sup>
Rašelina + 10 % ND + 3 g/l dolomitu	47,3 <sup>a</sup>	7,70 <sup>a</sup>	26625 <sup>a</sup>	4261 <sup>b</sup>	22158 <sup>a</sup>	11001 <sup>a</sup>	4300 <sup>a</sup>	4079 <sup>a</sup>
Rašelina + 10 % ND + 6 g/l dolomitu	47,4 <sup>a</sup>	7,93 <sup>a</sup>	27075 <sup>a</sup>	4202 <sup>ab</sup>	22697 <sup>a</sup>	11438 <sup>a</sup>	4168 <sup>a</sup>	3851 <sup>a</sup>

\* Hladina významnosti mezi jednotlivými variantami byla hodnocena pomocí Tukeyho testu ( $p \leq 0,01$ ).

## 5.4 Hodnocení pokusů z roku 2014

### 5.4.1 Bazalky

Z tabulky 21 je zřejmé, že objemová hmotnost je nejvyšší u kontrolní varianty pěstební substrát B a nejnižší u varianty rašelina + 10 % ND + 15 g/l dolomitu. Hodnota pH byla nejvyšší u varianty rašelina + 5 % ND + 10 g/l dolomitu a nejnižší u varianty pěstební substrát B. U obsahu N-NO<sub>3</sub> nebyly zjištěny významné rozdíly mezi variantami. U N-NH<sub>4</sub> byl statisticky prokazatelně nevyšší obsah u obou variant s 10 % přídatkem ND, nejvyšší obsah byl zaznamenán u varianty rašelina + 10 % ND + 10 g/l dolomitu. Naopak prokazatelně nejnižší byl obsah u varianty pěstební substrát B. Obdobné výsledky byly změřeny u obsahu fosforu, kde byl statisticky prokazatelně nejvyšší obsah u obou variant s 10 % přídatkem ND. Mezi obsahy draslíku byly statisticky významné rozdíly u všech variant. Nejnižší hodnota byla naměřena u varianty pěstební substrát B a naopak nejvyšší u varianty rašelina + 10 % ND + 10 g/l dolomitu. Statisticky průkazné rozdíly v obsahu hořčíku byly v případě kontrolního substrátu i substrátů s ND a dolomitem. Nejnižší hodnota byla opět naměřena u varianty pěstební substrát B a naopak nejvyšší u varianty rašelina + 10 % ND + 15 g/l dolomitu. V případě obsahu vápníku jsou hodnoty v substrátech s digestátem a dolomitem vzájemně srovnatelné, avšak průkazně nižší než u kontrolní varianty pěstební substrát B.



Tabulka 21: Objemová hmotnost, pH a obsah makroprvků v jejich sušině (mg/kg) po sklizni pokusu s Bazalkou 2014

<b>Bazalky 2014</b>								
Varianta	OH (g/l)	pH (CaCl2)	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P	K	Mg	Ca
Pěstební substrát B	708 <sup>a</sup>	5,2 <sup>b</sup>	174 <sup>a</sup>	41,8 <sup>c</sup>	44,9 <sup>a</sup>	98,0 <sup>a</sup>	549 <sup>d</sup>	459 <sup>b</sup>
Rašelina + 5 % ND + 10 g/l dolomitu	698 <sup>a</sup>	5,5 <sup>a</sup>	193 <sup>a</sup>	307 <sup>a</sup>	58,6 <sup>a</sup>	589 <sup>c</sup>	1373 <sup>ab</sup>	46,7 <sup>a</sup>
Rašelina + 5 % ND + 15 g/l dolomitu	668 <sup>a</sup>	5,4 <sup>ab</sup>	160 <sup>a</sup>	361 <sup>a</sup>	49,6 <sup>a</sup>	272 <sup>b</sup>	1530 <sup>bc</sup>	60,3 <sup>a</sup>
Rašelina + 10 % ND + 10 g/l dolomitu	565 <sup>a</sup>	5,3 <sup>ab</sup>	148 <sup>a</sup>	757 <sup>b</sup>	126 <sup>b</sup>	1345 <sup>d</sup>	1274 <sup>a</sup>	45,7 <sup>a</sup>
Rašelina + 10 % ND + 15 g/l dolomitu	553 <sup>a</sup>	5,4 <sup>a</sup>	143 <sup>a</sup>	698 <sup>b</sup>	141 <sup>b</sup>	1082 <sup>e</sup>	1627 <sup>c</sup>	62,9 <sup>a</sup>

\* Obsahy dusíku, draslíku, fosforu a hořčíku byly stanoveny metodou CAT a obsahy vápníku vodným výluhem.

\*\* Hladina významnosti mezi jednotlivými variantami byla hodnocena pomocí Tukeyho testu ( $p \leq 0,01$ ).

Dle výsledků statistické analýzy v tabulce 22 vyplývá, že hmotnost čerstvé nadzemní hmoty u varianty pěstební substrát B byla průkazně vyšší, než u variant obsahující ND a dolomit. V případě hmotnosti sušiny byly zaznamenány podobné tendence, kdy nejvyšší hmotnost vykazovala varianta pěstební substrát B oproti variantám obsahující ND a dolomit. Obsah dusíku v rostlině u variant obsahující 10 % ND a dolomit byl statisticky průkazně vyšší než u varianty pěstební substrát B. Mezi ostatními variantami nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl. Obsah fosforu je nejvyšší u varianty pěstební substrát B a zároveň průkazně vyšší oproti variantám rašelina + 5 % ND + 10 g/l dolomitu, rašelina + 5 % ND + 15 g/l dolomitu a rašelina + 10 % ND + 10 g/l dolomitu. Naopak obsah draslíku je nejnižší u varianty pěstební substrát B a průkazně nižší oproti variantě rašelina + 10 % ND + 15 g/l dolomitu. U obsahu vápníku a hořčíku je u varianty pěstební substrát B obsah průkazně vyšší, než u variant s přidavkem ND a dolomitu. Obsah síry je téměř srovnatelný ve všech variantách a rozdíl je proto statisticky neprůkazný.

Tabulka 22: Hmotnost nadzemní hmoty a sušiny rostlin Bazalky (2014) a celkové obsahy makroprvků v nadzemní hmotě mg/kg

<b>Bazalky 2014</b>								
Varianta	Nadzemní hmota (g)	Sušina (g)	N	P	K	Ca	Mg	S
Pěstební substrát B	45,0 <sup>b</sup>	4,55 <sup>b</sup>	37100 <sup>b</sup>	15958 <sup>b</sup>	31524 <sup>a</sup>	21209 <sup>b</sup>	9230 <sup>c</sup>	2951 <sup>a</sup>
Rašelina + 5 % ND + 10 g/l dolomitu	25,2 <sup>a</sup>	2,10 <sup>a</sup>	42400 <sup>ab</sup>	9646 <sup>a</sup>	37654 <sup>ab</sup>	15179 <sup>a</sup>	6215 <sup>ab</sup>	2715 <sup>a</sup>
Rašelina + 5 % ND + 15 g/l dolomitu	24,8 <sup>a</sup>	2,28 <sup>a</sup>	43850 <sup>ab</sup>	10359 <sup>a</sup>	37113 <sup>ab</sup>	16001 <sup>a</sup>	6674 <sup>b</sup>	2807 <sup>a</sup>
Rašelina + 10 % ND + 10 g/l dolomitu	31,6 <sup>a</sup>	2,83 <sup>a</sup>	45575 <sup>a</sup>	10443 <sup>a</sup>	37542 <sup>ab</sup>	13508 <sup>a</sup>	5025 <sup>ab</sup>	2728 <sup>a</sup>
Rašelina + 10 % ND + 15 g/l dolomitu	30,3 <sup>a</sup>	3,23 <sup>ab</sup>	47300 <sup>a</sup>	12359 <sup>ab</sup>	39790 <sup>b</sup>	15976 <sup>a</sup>	6095 <sup>ab</sup>	3134 <sup>a</sup>

\* Hladina významnosti mezi jednotlivými variantami byla hodnocena pomocí Tukeyho testu ( $p \leq 0,01$ ).

## 5.5 Hodnocení pokusů z roku 2015

### 5.5.1 Máta

Z tabulky 23 vychází, že objemová hmotnost je průkazně nejvyšší u kontrolní varianty pěstební substrát B oproti ostatním variantám obsahující ND a dolomit. Hodnota pH byla nejvyšší u varianty pěstební substrát B a nejnižší u varianty rašelina + 10 % ND + 10 g/l dolomitu. Obsah N-NO<sub>3</sub> byl statisticky prokazatelně vyšší u variant pěstební substrát B a rašelina + 10 % ND + 15 g/l dolomitu. U N-NH<sub>4</sub> byl statisticky prokazatelně vyšší obsah u obou variant s 10 % přídatkem ND, nejvyšší obsah byl zaznamenán u varianty rašelina + 10 % ND + 10 g/l dolomitu. Prokazatelně nejvyšší obsah fosforu byl u varianty rašelina + 10 % ND + 15 g/l dolomitu. Vyšší obsah byl naměřen u varianty pěstební substrát B a rašelina + 10 % ND + 10 g/l dolomitu. Obsah draslíku je nejnižší u varianty rašelina + 5 % ND + 15 g/l dolomitu. Byla průkazná tendence zvyšování obsahu Mg se stoupající dávkou digestátu. Nejvyšší hodnotu měla varianta rašelina + 10 % ND + 15 g/l dolomitu. Statisticky průkazné rozdíly v obsahu hořčíku byly zjištěny v případě kontrolního substrátu i substrátů s ND a dolomitem. Prokazatelně nejnižší hodnota byla naměřena u varianty pěstební substrát B a nejvyšší obsah byl naměřen u varianty rašelina + 5 % ND + 15 g/l dolomitu. Naopak v obsahu vápníku byla průkazně nejvyšší hodnota naměřena u varianty pěstební substrát B oproti ostatním variantám.

Tabulka 23: Objemová hmotnost, pH a obsah makroprvků v jejich sušině (mg/kg) po sklizni pokusu s Máto 2015

Máta 2015								
Varianta	OH (g/l)	pH (CaCl <sub>2</sub> )	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P	K	Mg	Ca
Pěstební substrát B	512 <sup>b</sup>	6,3 <sup>b</sup>	247 <sup>b</sup>	54,6 <sup>a</sup>	116 <sup>ab</sup>	838 <sup>ab</sup>	633 <sup>d</sup>	1655 <sup>c</sup>
Rašelina + 5 % ND + 10 g/l dolomitu	416 <sup>a</sup>	5,9 <sup>a</sup>	128 <sup>a</sup>	205 <sup>a</sup>	63,3 <sup>a</sup>	621 <sup>a</sup>	1607 <sup>bc</sup>	155 <sup>a</sup>
Rašelina + 5 % ND + 15 g/l dolomitu	425 <sup>a</sup>	6,2 <sup>b</sup>	92,3 <sup>a</sup>	99,6 <sup>a</sup>	73,9 <sup>a</sup>	579 <sup>a</sup>	1876 <sup>c</sup>	297 <sup>a</sup>
Rašelina + 10 % ND + 10 g/l dolomitu	440 <sup>a</sup>	5,8 <sup>a</sup>	89,1 <sup>a</sup>	409 <sup>b</sup>	136 <sup>b</sup>	1097 <sup>bc</sup>	1405 <sup>a</sup>	180 <sup>a</sup>
Rašelina + 10 % ND + 15 g/l dolomitu	451 <sup>a</sup>	5,9 <sup>a</sup>	215 <sup>b</sup>	382 <sup>b</sup>	201 <sup>c</sup>	1169 <sup>c</sup>	1709 <sup>bc</sup>	496 <sup>b</sup>

\* Obsahy všech makroprvků byly stanoveny metodou CAT.

\*\* Hladina významnosti mezi jednotlivými variantami byla hodnocena pomocí Tukeyho testu ( $p \leq 0,01$ ).

Dle výsledků statistické analýzy v tabulce 24 vyplývá, že hmotnost čerstvé nadzemní hmoty u kontrolní varianty pěstební substrát B byla nižší, než u variant s přídatkem ND a dolomitu. Mezi variantami nebyly zjištěny průkazné rozdíly. V případě hmotnosti sušiny byly zaznamenány podobné tendence, kdy nejnižší hmotnosti vykazovala rovněž varianta pěstební substrát B oproti variantám s přídatkem ND a dolomitu. Obsah dusíku v rostlině u varianty pěstební substrát B byl statisticky průkazně vyšší než u variant s přídatkem ND a dolomitu. Obsah fosforu, hořčíku a síry je nižší u varianty pěstební substrát B než u ostatních variant. V obsahu draslíku nejsou mezi variantami statisticky průkazné rozdíly. Obsah síry je nejnižší u kontrolní varianty pěstební substrát B a mezi variantami s přídatkem ND a dolomitu nebyly statisticky významné rozdíly. Nejnižší hmotnosti vykazovala rovněž varianta pěstební substrát B oproti variantám s přídatkem ND a dolomitu. Obsah dusíku v rostlině u varianty pěstební

substrát B byl statisticky průkazně vyšší než u variant s přidavkem ND a dolomitu. Obsah fosforu, hořčíku a síry je nižší u varianty pěstební substrát B než u ostatních variant. V obsahu draslíku nejsou mezi variantami statisticky průkazné rozdíly. Obsah síry je nejnižší u kontrolní varianty pěstební substrát B a mezi variantami s přidavkem ND a dolomitu nebyly statisticky významné rozdíly.

Tabulka 24: Hmotnost nadzemní hmoty a sušiny rostlin (2015) a celkové obsahy makroprvků v nadzemní hmotě mg/kg

Máta 2015								
Varianta	Nadzemní hmoty (g)	Sušina (g)	N	P	K	Ca	Mg	S
Pěstební substrát B	11,2 <sup>a</sup>	2,25 <sup>a</sup>	26400 <sup>b</sup>	3932 <sup>b</sup>	38510 <sup>a</sup>	17784 <sup>b</sup>	2792 <sup>b</sup>	2340 <sup>a</sup>
Rašelina + 5 % ND + 10 g/l dolomitu	18,5 <sup>a</sup>	2,88 <sup>a</sup>	32375 <sup>a</sup>	5532 <sup>a</sup>	37409 <sup>a</sup>	13340 <sup>a</sup>	5011 <sup>a</sup>	3294 <sup>ab</sup>
Rašelina + 5 % ND + 15 g/l dolomitu	15,4 <sup>a</sup>	2,75 <sup>a</sup>	32075 <sup>a</sup>	5104 <sup>ab</sup>	35797 <sup>a</sup>	12348 <sup>a</sup>	4508 <sup>a</sup>	2855 <sup>b</sup>
Rašelina + 10 % ND + 10 g/l dolomitu	17,6 <sup>a</sup>	2,90 <sup>a</sup>	34850 <sup>a</sup>	5302 <sup>a</sup>	38439 <sup>a</sup>	11866 <sup>a</sup>	3738 <sup>ab</sup>	3131 <sup>ab</sup>
Rašelina + 10 % ND + 15 g/l dolomitu	19,5 <sup>a</sup>	2,78 <sup>a</sup>	33425 <sup>a</sup>	5385 <sup>a</sup>	41441 <sup>a</sup>	11252 <sup>a</sup>	4018 <sup>ab</sup>	3149 <sup>ab</sup>

\* Hladina významnosti mezi jednotlivými variantami byla hodnocena pomocí Tukeyho testu ( $p \leq 0,01$ ).

## 5.6 Souhrnné hodnocení výsledků

V substrátech po sklizni byla hodnocena jejich objemová hmotnost, hodnota pH a obsah přístupných forem makroprvků. Cílem bylo dosáhnout podobných, popřípadě lepších, vlastností ve srovnání s kontrolními substráty běžně používanými pro pěstování rostlin. Z hlediska objemové hmotnosti po sklizni byl tento cíl splněn. Ačkoli ve vstupních substrátech se objemová hmotnost zvyšovala s přidavkem digestátu z důvodu vysokého podílu vody. Po sklizni došlo k vyrovnání objemových hmotností ve většině sledovaných ročníků. V prvních dvou pokusech s gazání a bazalkou bylo zjištěno, že po sklizni byla stanovena nízká hodnota pH, často nižší než u kontrolních substrátů. Ve vstupních substrátech sice digestát pH podstatně zvyšoval, ale během pěstování rostlin docházelo k mineralizaci amonného dusíku, a tak i k poklesu hodnoty pH. Proto byl v následujících ročnících do substrátů přidáván dolomitický vápenc. Mineralizace amonného dusíku byla prokázána i díky často vysokým obsahům N-NO<sub>3</sub> v substrátech po sklizni. Zatímco v substrátech před založením pokusů výrazně stoupal obsah amonného N s přidavkem ND, po sklizni byly často zaznamenány vysoké obsahy nitrátového N. Ve většině případů byl u bazalek zaznamenán i signifikantní nárůst obsahu fosforu v substrátech po sklizni a téměř vždy i signifikantní nárůst obsahu K. Podobné tendence v obsahu draslíku byly zaznamenány u pokusů s gazáními a mátou. Digestát je známý vysokým obsahem N a K. V této práci bylo potvrzeno, že při použitých dávkách digestátu zůstanou zvýšené obsahy těchto prvků i v substrátech po sklizni. To však nemusí být chápáno jako pozitivum oproti kontrolním substrátům, neboť nadbytek některých prvků může podpořit inhibici příjmu jiných. Opačné trendy byly zaznamenány u vápníku a hořčíku v substrátech. Zde byly hodnoty u substrátů s ND s kontrolami často buď srovnatelné, nebo dokonce nižší. To je dáno poměrně nízkým podílem Ca a Mg dodaným do substrátů digestátem a zároveň to může

být i další příčinou nízkého pH po sklizni. Po přidavku dolomitického vápence došlo u všech pokusů podle předpokladů i ke zvýšení obsahu přístupného Ca a Mg v substrátu.

V případě nadzemní hmoty rostlin byla hodnocena hmotnost jejich nadzemní hmoty (čerstvé i sušiny) a dále celkový obsah makroprvků v sušině. Cílem bylo opět dosáhnout podobných parametrů s běžně používanými substráty. Z hlediska výnosu čerstvé nadzemní hmoty se to u pokusů bez přidaného dolomitu podařilo jen částečně. Výnos nadzemní hmoty bazalky byl průkazně nižší u varianty s přidavkem 5 % ND v roce 2011, stejně jako u variant s přidavky 20 a 25 % ND v roce 2012. I přes mírné navýšení výnosu s nárůstem ND u gazánie v roce 2011 a máty v roce 2012, byly tyto dávky v navazujících pokusech vypuštěny. I v pozdějších pokusech však byly výnosy čerstvé nadzemní hmoty bazalky, gazánie a máty nižší, než u kontrolního substrátu a je tak třeba další výzkum. Výjimkou byly pokusy s mátou v roce 2015, u kterých byl výnos ve srovnání s kontrolní variantou vyšší. Podobné trendy jako u čerstvé nadzemní hmoty lze pozorovat i u hmotnosti sušiny rostlin. Při hodnocení celkového obsahu makroprvků v sušině nadzemní hmoty byly zaznamenány podobné tendence s obsahy těchto prvků v substrátech. Zatímco se hodnoty N, P a K s přidavkem digestátu zvyšovaly a byly často vyšší než u kontrolních substrátů, hodnoty Ca a Mg byly naopak ve srovnání s kontrolami často nižší. To většinou platilo i v pokusu, kde byl aplikován dolomitický vápenec. Proto je v budoucích pokusech možno uvažovat o dalším navýšení jeho dávky. V nadzemní hmotě byl sledován i obsah síry. Zde se rozdíl mezi kontrolami a variantami s digestátem prakticky nevyskytovaly.

## 6 Diskuze

Vytvořit optimální pěstební substrát pro pěstování zahradních rostlin je velmi náročné. Substrát je jednou ze složek zabezpečující kvalitní vývoj kultury a každá kultura má specifické požadavky.

Určitá možnost alternativního využití digestátu z bioplynové stanice může být jeho použití při výrobě pěstebních substrátů, kdy se s přidavkem dolomitického vápence dodá do vytvořené substrátové směsi dostatečné množství organické hmoty a živin, a zároveň dojde k úpravě hodnoty pH, tato možnost využití je ve shodě s Makadi et al. (2008). Crippa et al.

(2013) doplňuje, že nesmí být aplikací digestátu do pěstebních substrátů ohrožena kvalita pěstovaných rostlin.

Pro přípravu pěstebních substrátů jsou vhodné převážně digestáty pocházející ze zemědělských bioplynových stanic, a to dle zhodnocení jejich chemických a fyzikálních vlastností.

Smyslem pokusu probíhajícího v letech (2011 až 2015) u třech různých rostlin (bazalka, gazanie a máta) bylo prokázat teorii, že přidavek neseparovaného digestátu a dolomitického vápence do rašeliny pozitivně zapůsobí na její vlastnosti. Cílem bylo dosáhnout podobných, popřípadě lepších, vlastností ve srovnání s kontrolními substráty běžně používanými pro pěstování rostlin.

V našem pokusu jsme v rámci experimentu pracovali s hypotézou, že přidání digestátu zvýší obsah živin, zejména dusíku a draslíku. Zároveň se krátkodobě zvýší hodnota pH rašeliny z důvodu postupné mineralizace amonného dusíku. K vyšší stabilitě pH tak bude potřeba aplikovat dolomit.

Dle Vaňka et al. (2012) je hodnota pH důležitým faktorem. Tvrdí, že extrémně zásadité nebo kyselé prostředí není vhodné pro rostliny, a to kvůli zvyšování příjmu rizikových prvků nebo klesající rozpustnosti prvků potřebných.

Vaněk et al. (2012) pokračuje, že amonná forma dusíku zvyšuje pH substrátu. Amonný iont za příhodných podmínek podléhá nitrifikaci na nitrátový aniont. Ten naopak způsobuje okyselení substrátu. Lze tedy předpokládat, že přidání velkého množství amonného dusíku digestátem způsobí navýšení pH hodnoty. To lze potvrdit z našich pokusů v letech (2011 až 2015). U všech vstupních rozborů byla hodnota pH po přidání digestátu relativně vysoká, respektive stejná či dokonce vyšší než pH u kontrolních substrátů.

Alburquerque et al. (2012) uvedl v závěru svého výzkumu, že přidáním digestátu bylo pH ovlivněno pouze krátkodobě a mírně. Ve studii dále pokračovala Holečková et al. (2013), která stejně jako my u variant v letech 2011 a 2012 zakomponovala neseparovaný digestát do rašeliny také z důvodu vyrovnání pH. Námi naměřená hodnota rašeliny má pH nízké (kolem hodnoty 3,8) a neseparovaný digestát vyšší (kolem 7,7). Möller & Müller (2012) uvádějí ve své studii podobné hodnoty pH neseparovaného digestátu, a to mezi 7,3 až 9. Autoři stejně jako my předpokládali, že smícháním digestátu a rašeliny vznikne vhodný substrát pro většinu rostlin. Tyto předpoklady se ovšem nenaplnily.

Toto lze potvrdit z našich pokusů v roce 2011 a 2012, kdy pH ve vstupních rozborech před založením pokusu bylo u variant s 10 % a 15 % digestátu srovnatelné s kontrolními substráty (gramoflor a pěstební substrát B). U variant s přidavkem 20 % a 25 % digestátu byla hodnota pH oproti kontrolám podstatně vyšší. Po sklizni pokusů došlo k výraznému snížení pH

u všech variant s digestátem. Zatímco u kontrolních substrátů zůstaly hodnoty téměř shodné se vstupním rozborem.

Z tohoto důvodu se v následujících letech (2013 až 2015) k variantám substrátů s digestátem začal přidávat dolomitický vápenec. Dolomitický vápenec byl přidán, aby zmírnil výkyvy pH. Podle Vaňka et al. (2012) se vápenec pomalu rozpouští a působí tak dlouhodobě na půdní reakci.

Aplikace vápence byla přínosná i u pokusu, který prováděl Tlustoš et al. (2013). Pozoroval výnosy rostlin a hodnoty pH v substrátech s různým poměrem rašeliny a místo digestátu použil separovanou část digestátu separát. Pokus prokázal, že separát může pozitivně ovlivnit hodnotu pH v substrátu, narozdíl od kontrolních substrátů byly ale výnosy rostlin nižší. Jednou z variant kontrolního substrátu byla rašelina s přídatkem dolomitického vápence. Přidáním dolomitu dojde k vyrovnání hodnoty pH, avšak nezpůsobí nižší výnosy jako zvýšené procento separátu.

U námi zkoumaných pokusů v letech (2013 až 2015) ve variantách substrátů složených z rašeliny, digestátu a s přídatkem dolomitického vápence byly již hodnoty pH po sklizni přijatelnější, než u pokusů v roce 2011 a 2012, které vápenec neobsahovaly.

Ve svém výzkumu Alburquerque et al. (2012) prokázal, že digestát obsahuje vysoké množství amonného a nitrátového dusíku (N-NH<sub>4</sub> a N – NO<sub>3</sub>) a mohl by tak být velmi vhodným hnojivem. Zároveň ale potvrzuje, že změny anorganického dusíku v substrátech po aplikaci digestátu způsobují rychlejší nitrifikaci amonného dusíku, který byl vpraven do substrátu přidáním digestátu. Vysoký vliv digestátu na výsledný obsah amonného dusíku prokázaly i naše výsledky.

Bustamante et al. (2012) ve své studii zaznamenal také vysoký nárůst obsahu nitrátového dusíku, kdy se zabýval využitím digestátu jako komponent kompostů. Ztráty se snažil vyrovnat přidáním odpadu z prořezávky vinné révy. Möller & Stinner (2009) uvádějí, že ve srovnání s ostatními organickým hnojivem aplikace digestátu nesnižuje obsah N-NO<sub>3</sub> v období podzimu, tudíž nemá vliv na snížení vyplavení N-NO<sub>3</sub> v období nejvyšších ztrát. Na to ukazuje i zvýšení obsahu nitrátového dusíku se stoupajícím přídatkem digestátu do substrátů u většiny našich pokusů. Je tedy předpoklad, že pohyblivost NO<sub>3</sub><sup>-</sup> iontů má za následek jejich vyplavování.

García-Sanchez et al. (2015) prováděli test aplikace digestátu na vliv půdních vlastností a mikrobiální aktivitu. Výsledkem bylo zjištění, že následkem přidání digestátu došlo ke zlepšení všech testovaných chemických parametrů (celkový obsah organického uhlíku, obsah reaktivního organického uhlíku, sacharidů, vodivost, celkového a nitrátového dusíku). Po uplynutí 60 dnů byl zaznamenán i nárůst N-NH<sub>4</sub>. Pokus byl realizován ve směsi půdy s 10 % usušeného digestátu u pšenice seté (*Triticum aestivum*). V našich pokusech při zvyšujícím se množství amonného a nitrátového dusíku (z přidaného digestátu) v substrátu se zvyšovalo i množství celkového dusíku v nadzemní biomase rostlin bazalky, gazánie a máty. Na rozdíl od García-Sanchez et al. (2015) ale množství amonného dusíku s v substrátu postupně klesalo.

Tambone et al. (2010) zaznamenal v substrátech s podílem digestátu mimo zvýšení obsahu dusíku také zvýšení obsahu fosforu a draslíku. I náš pokus tento fakt potvrdil. Zvýšení obsahu makroprvků v substrátech s přidaným digestátem zaznamenal i Abubaker et al. (2012). Ve svých pokusech hodnotil průmyslová hnojiva, kejdu prasat a digestát jako komponenty pěstebních substrátů. Na rozdíl od našeho pokusu se jednalo o digestát získaný z bioodpadu

z domácnosti, z lihovarnického a jatečného odpadu. V tomto pokusu měla největší vliv na zvýšení obsahu prvků kejda. Použití digestátu přináší výhodu v jeho předešlé hygienizaci. Dalo by se očekávat, že problém snížení patogenů by vyřešila anaerobní fermentace kejdy s následným přidáním digestátu do pěstebních substrátů. Výsledky pokusů toto očekávání nepotvrdily.

Ve většině našich případů byl u bazalek zaznamenán signifikantní nárůst obsahu fosforu v substrátech po sklizni a téměř vždy i signifikantní nárůst obsahu K. Podobné tendence v obsahu draslíku byly zaznamenány u pokusů s gazániami a mátou.

Schilling (2000) uvádí, že se draslík může hromadit v rostlinných pletivech, a to může mít nepříznivé dopady na příjem ostatních kationtů – takové působení je označováno jako antagonistické a snižuje se příjem Na, Mg a Ca. Koncentrace jednotlivých iontů v půdním roztoku ovlivňuje příjem hořčíku. Výrazně antagonisticky působí  $K^+$ . Amonný iont také omezuje příjem Mg, na rozdíl od nitrátového aniontu, který podporuje příjem všech kationtů včetně Mg.

Bachmann et al. (2016) testovali příjem fosforu při aplikaci digestátu. K výzkumu byl realizován nádobový pokus s devíti různými variantami a to NK, NPK, močůvka, digestátem A (separovaný digestát, neseparovaný digestát, fugát) a digestátem B (separovaný digestát, neseparovaný digestát, fugát) ve čtyřech opakováních u rostlin Fazol šarlatový (*Phaseolus coccineus*), Čirok dvoubarevný (*Sorghum bicolor*), Laskavec krvavý (*Amaranthus cruentus*) a Kukuřice setá (*Zea mays*). Analýza byla zaměřena na výnos sušiny jednotlivých rostlin a obsah prvků v pěstebním substrátu. Oba digestáty ve všech formách vykazovaly stejné účinky fosforu ve formě vysoce rozpustné, a představovaly tak cenný zdroj přístupného P. Z výsledků je zřejmé, že všechny druhy digestátů vedly k vyššímu příjmu fosforu rostlinou než kontroly a močůvka. Závěr tedy potvrzuje, že tato forma je považována za dobrý zdroj pro rostliny.

Koszel et al. (2016) uvádí ve svých pokusech zvýšené množství makroprvků (N, P, K, Ca, Mg). V porovnání s minerálními hnojivy došlo prokazatelnému zvýšení v listech u vojtěšky seté (*Medicago sativa*), jak po první, tak i po druhé seči. Výsledky obsahu u Pšenice jarní (*Triticum aestivum*) vykazovaly vysoké hodnoty bílkovin a doporučují tak digestát využít jako hnojivo. Lošák et al. (2017) doplňuje, že digestáty do půdy dodávají všechny makro i mikro živiny, přičemž dominuje dusík a draslík. Také Tambone et al. (2010) zjistil v substrátech s podílem digestátu zvýšení obsahu těchto živin. Zvýšení obsahu makroprvků v substrátech s přidáním digestátem potvrzuje i Abubaker et al. (2012). Ve svých pokusech taktéž dospěl k závěru, že digestát zvyšuje obsah prvků v substrátech.

Z našich výsledků z let (2011 až 2015) je rovněž patrné, že přidání neseparovaného digestátu do pěstebního substrátu mělo vliv na celkové zvýšení obsahů prvků N, P a K. Ovšem v porovnání s kontrolními substráty vykazovaly substráty s přidavkem digestátu menší obsah vápníku a hořčíku. To většinou platilo i v pokusu, kde byl aplikován dolomitický vápenec. Proto je v budoucích pokusech možno uvažovat o dalším navýšení jeho dávky. V obsahu síry se rozdíl mezi kontrolními variantami a variantami s digestátem prakticky nevyskytovaly.

Dzida (2010) se ve své práci zabýval hnojením bazalky různými přídávky  $CaCO_3$  k běžným pěstebním substrátům. Z porovnání výsledků vyplývá, že zatímco obsahy fosforu, vápníku a síry v rostlině byly téměř shodné s našimi pokusy, množství draslíku a hořčíku bylo nepatrně nižší. To lze vysvětlit využitím odlišných typů substrátů i různými podmínkami pro pěstování.

Využití digestátu jako komponentu do pěstebních substrátů považujeme za stále nové téma. Doposud nebylo publikováno dostatečné množství studií týkající se této oblasti. Ve většině publikovaných studií se jednalo o jednoleté nebo dvouleté pokusy. Pokud bude naším trvalým zájmem hnojení digestátem rozšířit do podvědomí zemědělců a provozovatelů bioplynových stanic, je potřeba ve výzkumu vytrvat a provést ještě mnoho pokusů s víceletým opakováním u různých vegetačních pokusů, a to převážně s digestáty ze zemědělských bioplynových stanic, ale taktéž s digestáty z různých původních materiálů v různých poměrech a na různých substrátech. Bustmante et al. (2012) tvrdí, že se nesmí zapomínat na možné navýšení obsahů rizikových prvků, fytotoxicitu, zasolenost, biodegradabilitu a hygienické vlastnosti digestátů různého původu. Musí se brát taky v potaz hodnocení všech ekonomických aspektů. Pokud je naším cílem, aby byly digestáty nebo různé pěstební substráty s těmito komponenty používány jako hnojivo, měly by z toho plynout ekonomické výhody jak pro spotřebitele, tak pro producenta.



## 7 Závěr

Cílem této práce bylo vyvinout vhodný pěstební substrát za použití rašeliny, neseparovaného digestátu a vápenitého dolomitu. Tato práce hodnotí pokusy z let 2011 až 2015.

V rámci pokusu byly pro test zvoleny běžně pěstované zahradní rostliny, a to Bazalka pravá (*Ocimum basilicum*), Gazánie zářivá (*Gazania rigens*) a Máta peprná (*Mentha piperita*).

U jednotlivých variant byl sledován vliv různého množství přísadků neseparovaného digestátu a dolomitického vápence. Jako kontrolní substráty byly použity běžně dostupné pěstební substráty. Stanovené parametry byly následující: Podíl sušiny, objemová hmotnost, hodnota pH a obsah přístupných forem makroprvků v substrátech před založením i po sklizni pokusů. Dále byl hodnocen výnos nadzemní hmoty rostlin v době sklizně a obsah makroprvků v nadzemní hmotě rostlin.

Z hlediska objemové hmotnosti se ve vstupních substrátech objemová hmotnost zvyšovala s přísadkem digestátu z důvodu vysokého podílu vody. Po sklizni došlo k vyrovnání objemových hmotností ve většině sledovaných ročníků. Zatímco hodnoty pH kontrolních substrátů po sklizni pokusu zůstaly zachovány, u všech testovaných substrátů s digestátem došlo k statisticky průkaznému poklesu hodnot. Proto byl od roku 2013 do substrátů přidáván dolomitický vápenec. Obsah N-NO<sub>3</sub> byl ve většině případů vyšší u kontrolní varianty pěstební substrát B, oproti variantám obsahujícím ND a dolomit. Při porovnání obsahů N-NH<sub>4</sub> lze říci, že obsah byl ve většině případů vyšší u variant s neseparovaným digestátem. Vyšší obsahy N-NH<sub>4</sub> byly prokázány zejména v letech 2013 až 2015. Se stoupajícím přísadkem digestátu se obsah N-NH<sub>4</sub> ve výsledných substrátech téměř vždy zvyšoval. Výsledky u draslíku v testovaných substrátech jednoznačně vykazovaly signifikantní nárůst v případě všech variant s přísadkem ND, nezávisle na přísadku dolomitu. Ve většině případů byl u všech druhů rostlin zaznamenán i signifikantní nárůst obsahu fosforu v substrátech se podílem ND po sklizni. Hodnoty hořčíku a vápníku byly u substrátů s ND s kontrolami často buď srovnatelné, nebo dokonce nižší. To je dáno poměrně nízkým podílem Ca a Mg dodaným do substrátů digestátem a zároveň to může být i další příčinou nízkého pH po sklizni. Po přísadku dolomitického vápence došlo u všech pokusů podle předpokladů i ke zvýšení obsahu přístupného Ca i Mg.

V případě nadzemní hmoty rostlin byla hodnocena její hmotnost (čerstvé i sušiny) a dále celkový obsah makroprvků v sušině. Celkový obsah dusíku byl vyšší u variant obsahujících ND oproti kontrolním variantám. Obsah draslíku v rostlině opět stoupal s navyšující se dávkou digestátu v substrátu. Stejně jako u draslíku byl obsah fosforu vyšší ve většině případů s navýšeným zastoupením digestátu. U vápníku a hořčíku byl nejvyšší obsah ve většině případů naměřen v u kontrolních variant. Lze tedy usuzovat, že digestát není vhodným zdrojem přístupného Ca a Mg. K signifikantnímu zvýšení množství Ca nedošlo ani po přidání dolomitického vápence. V nadzemní hmotě byl sledován i obsah síry. Ze všech hodnocených makroprvků byly u obsahu síry mezi jednotlivými variantami nejmenší rozdíly mezi kontrolami a variantami s digestátem.

Na základě poznatků z teoretické části práce a výsledků experimentu lze prohlásit, že neseparovaný digestát a dolomitický vápenec lze využít jako komponenty pro výrobu pěstebních substrátů. Důležité je ovšem stanovit vhodný podíl.

## 8 Seznam literatury

- 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 JA, De la Fuente C, Campoy M, Carrasco L, Nájera I, Baixauli C, Bernal MP. 2012. Agricultural use of digestate for horticultural crop production and improvement of soil properties. *European Journal of Agronomy*. **43**:119–128.
- Albuquerque JA, Fuente C, Bernal MP. 2012. Chemical properties of anaerobic digestates affecting C and N dynamics in amended soils Agriculture. *Ecosystems and Environment*. **160**:15–22.
- Albuquerque JA, Fuente C, Ferrer-Costa A, Carrasco L, Cegarra J, Abad M, Bernal MP. 2012. Assessment of the fertiliser potential of digestates from farm and agroindustrial residues. *Biomass and Bioenergy*. **40**:181–189.
- Alexander PD, Bragg NC, Meade R, Padelopoulos G, Watts O. 2008. Peat in horticulture and conservation: the UK response to a changing world. *International Mire Conservation Group and International Peat Society* **3**: Art. 8., 3.
- Ansorena JM. 1994. *Sustratos: propiedades y caracterización*. Mundi-Prensa. Madrid. 172 p.
- Babička L. 2010. Významný přínos výroby bioplynu. *Biom.cz*. Available from <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyznamny-prinos-vyroby-bioplynu> (accessed February 2010).
- Bachmann S, Uptmoor R, Eichler-Löbermann B. 2016. Phosphorus distribution and availability in untreated and mechanically separated biogas digestates. *Scienti Agricola*. **73**:(1).
- Bedrna Z. 1989. *Substráty na pestovanie rastlín – základy pestovania*. 1. vyd. Bratislava: Príroda. ISBN 80-07-00012-7.
- Brady NC, Weil RR. 2002. *The nature and properties of soils*, 13<sup>th</sup> Ed. Prentice – Hall Inc. New Jersey. USA. 960p.
- Bujnovský R, Holobradý K. 1997. *Metodika úpravy kyslej pôdnej reakcie vápnením*. Bratislava: Výskumný ústav pôdnej úrodnosti. 28 s. ISBN: 80-85361-31-0.
- Bustamante MA, Albuquerque JA, Restrepo AP, Paredes C, Bernal MP. 2012. Co-composting of the solid fraction of anaerobic digestates, to obtain added-value materials for use in agriculture. *Biomass and Bioenergy*. Spain. **43**:26–35.

- Crippa L, Zaccheo P, Orfeo D. 2013. Utilization of the Solid Fraction of Digestate from Anaerobic Digestion as Container Media Substrate. International Symposium on Growing Media. Composting and Substrate Analysis. Book Series: Acta Horticulturae. vol. 1013. pp. 367–373.
- Deublein D, Steinhauser A. 2008. Biogas from Waste and Renewable Resources. Wiley. Munich. 572 p. ISBN: 978352731844.
- Dubský M, Šrámek F. 2001. Pěstební substráty s kompostovanou kůrou. Zahradnictví **2**:15–16.
- Dubský M, Šrámek F. 2006. Pěstební substráty s přidavkem minerální plsti. Acta Pruhoniana 82. VÚKOZ Průhonice. s. 11–16.
- Dubský M, Šrámek F. 2007. Obsah a dostupnost stopových prvků v substrátech. Zahradnictví. **5**:56–57.
- Dubský M, Šrámek F. 2009. Pěstební substráty s přidavkem odpadní minerální plsti. Certifikovaná metodika. VÚKOZ Průhonice. 21 s.
- Dubský M, Šrámek F, Slezáček Z. 2010. Fyzikální vlastnosti rašelin. Zahradnictví. **9**:58 – 59.
- Dubský M. 2011. Drcený korek – alternativní komponent pěstebních substrátů. Zahradnictví. **2**:60–63.
- Dubský M, Kaplan L. 2012. Substráty a zeminy s komposty a separovaným digestátem. Zahradnictví. **8**:62–65.
- Dzida K. 2010. Nutrients contents in sweet basil (*Ocimum basilicum L.*) herb depending on calcium carbonate dose and kultivar. Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus. **9**:143-151. ISSN 1644-0692.
- EXCEL. Microsoft Office Excel 2007. Microsoft office Enterprise 2007. USA. release SP2
- Fernandes C, Corá JE. 2004. Bulk density and relationship air/water of horticultural substrate. Sci. Agric. **61**:446–450.
- Flohrová A. 1997. Vápník a jeho význam pro půdu a rostliny. ed Stud. inf. 5, UZPI, Praha.
- Fonteno WC. 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 MZ, Atland Owen JE. 2009. The effect of Physical and Hydraulic Properties of Peatmoss and Pumice on Douglas Fir Bark Based Soilless Substrates. *HortScience*. **44**:874–878.
- Garcia-Sánchez M, Siles JA, Cajthaml T, Garcia-Romera I, Tlustoš P, Száková J. 2015. Effect of digestate and fly ash applications on soil functional properties and microbial communities. *European Journal of Soil Biology*. **71**:1–12.
- Grunert O, Perneel M, Vandaele S. 2008. Peat-based organic growbags as a solution to the mineral wool waste problem. *International Mire Conservation Group and International Peat Society* **3**: Art. 6., 3.
- Havličková 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.
- Hlušek J. 2004. Vápenatá hnojiva s uhličitanovou formou vápníku. Ústav agrochemie a výživy rostlin. Available from [http://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/vyziva\\_rostlin/html/hnojiva/mineralni/cauhlicitanova.htm](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/hnojiva/mineralni/cauhlicitanova.htm) (accessed January 2004).
- Holečková Z, Kulháněk M, Černý J, Kaplan L, Balík J. 2013. Využití neseparovaného digestátu jako zdroje živin pro pěstování gazánie (*gazania rigens*). Sborník z 19. mezinárodní konference Racionální použití hnojiv konané v Praze dne 28.11.2013. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. 89-92. ISBN: 978-80-213-2416-9.
- Hruška J, Cienciala E. 2002. Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd – limitující faktor současného lesnictví. Ministerstvo životního prostředí. Praha. 159 s. ISBN 80-7212-190-1.
- Huang GF, Wong JWC, Wu QT, Nagar BB. 2004. Effect of C/N on composting of pig manure with sawdust. *Waste Management* vol. **24**:805–813.
- Huat BBK, Kazemian S, Prasad A, Barghchi M. 2011. State of an art review of peat: General perspective. *International Journal of the Physical Sciences* vol. **6**:1988–1996.
- Ishii K, Fukui M, Takii S. 2000. Microbial succession during a composting process as evaluated by denaturing gradient gel electrophoresis analysis. *Journal of Applied Microbiology* vol. **89**:768–777.

- Isherwood KF. 2000. Mineral Fertilizer Use and the Environment. International Fertilizer Industry Association. United Nations Environment Programme. Paris. France. p. 45.
- Jílek A. 2010. Pěstební substrát – základ úspěchu. *Úroda*. 2010 Available from <https://uroda.cz/pestebni-substrat-zaklad-uspechu> (accessed July 2010).
- 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.
- Kolář L, Kužel S, Peterka J, Borová-Batt J. 2010 Agrochemical value of the liquid phase of wastes from fermenters during biogas production. *Plant, Soil and Environment*, vol. **56**:23–27.
- Kolář L, Vaněk V. 2012. Použití digestátu jako hnojiva – vlastnosti a působení na půdu. Sborník Racionální použití hnojiv, Praha, s. 47–52.
- Koszel M, Kocira A, Lorencowicz E. 2016. The evaluation of the use of biogas plant digestate as a fertilizer in alfalfa and spring wheat cultivation. *Fresenius Environmental*. **25**:3258–3264.
- Kováčik P, Duscaý L, Varga L. 2001 *Pestovatelské substráty*. SPU Nitra. ISBN: 807137875589.
- Lang JH. 1996. Growing media testing and interpretation. In Reed. D. W. (ed.): *Water, Media and Nutrition for Greenhouse Crops*. Ball Publishing. 123–139.
- Lazcano C, Arnold J, Tato Zaller AJG, Domínguez J. 2009. Compost and vermicompost as nursery pot components: effects on tomato plant growth and morphology. *Spanish Journal of Agricultural Research*. vol. **7**:944–951.
- Lea-Cox JD, Smith IE. 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.
- Lošák T, Dostál J, Hlušek J, Čermák P. 2017. *Využití tekutých statkových a organických hnojiv ke hnojení zemědělských plodin*. Mendelova univerzita v Brně. Brno. 60 s. ISBN 978-80-7509-471-1.

- Makadi M, Tomocsik Eichler-Loebermann B, Schiemenz K. 2008. Nutrient cycling bioenergy by residues – effects digestate, biogas plant and soil parameters more options. *Soil Science. Microbiology and Plant Nutrition*. vol. **36**:1807–1810.
- Martinec J. 2010. Návrh klasifikace tlumivé schopnosti půd. Agrotest fyto, Kroměříž. Brno. 98s. ISBN 978-80-904594-1-0.
- Matějka J, Ciahotný K, Kajan M, Dohányos J, Kamarád L. 2010. Strategická výzkumná agenda v oboru bioplyn. Česká bioplynová asociace. Available from [www.czba.cz/files/ceska-bioplynova-asociace/uploads/files/SVA\\_CzBA\\_duben\\_2010\\_verze\\_final%281%29.pdf](http://www.czba.cz/files/ceska-bioplynova-asociace/uploads/files/SVA_CzBA_duben_2010_verze_final%281%29.pdf) (accessed April 2010).
- Miwa K, Fujiwara T. 2010. Boron transport in plants: co-ordinated regulation of transporters. *Annals of Botany*. **105**:1103–1108.
- Möller K, Stinner W. 2009. Effects of different manuring systems with and without biogas digestion on soil mineral nitrogen content and on gaseous nitrogen losses (ammonia, nitrous oxides). *International journal of agricultural and biological engineering*. **30**:1–16.
- Möller K, Müller T. 2012. Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth: A review. Universität Hohenheim. Germany. *Engineering in Life Sciences*. **12**:242–257.
- Ochecová P, Tlustoš P, Száková J, Habart J. 2011. Celkové obsahy živin v popelích ze spalování biomasy. *Sborník Racionální použití hnojiv*, Praha, s. 107–111.
- Pasian C. 1997. Physical characteristics of growing mixes. *Horticulture and crops science. Extension Fact Sheet*, Ohio State University.
- Pařava R, Valtera J. 2007. Rašelina – terminologie a další zajímavosti I. *Zahradnictví*. **6**:50–51.
- Pařava R, Valtera J. 2007. Rašelina – terminologie a další zajímavosti II. *Zahradnictví*. **6**:62–63.
- Pokluda R. 2005. Moderní složky zahradnických substrátů. *Zahradnictví*. **4**:49–50.
- Raviv M, Lieth JH. 2008. *Solless Culture: theory and practice*. Elsevier. Amsterdam. 587 s. ISBN: 9780444529756.

- Risberg K, Cederlund H, Pell M, Arthurson V, Schnürer A. 2017. Comparative characterization of digestate versus pig slurry and cow manure – Chemical composition and effects on soil microbial activity. *Waste Management*. **61**:529–538.
- Salaš P, Mokričková J, Sasková H, Chromečková J. 2010. Uplatnění alternativních komponent v pěstebních školkařských substrátech. *Zahradnictví*. **9**:62–63.
- Schilling G. 2000. *Pflanzenernährung und Düngung*. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart. 464 s.
- Schmilewski G. 2008. The role of peat in assuring the quality of growing media. *International Mire Conservation Group and International Peat Society* **3**: Art. 2., 3.
- 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. 2018. *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.
- Tlustoš P, Kaplan L, Dubský M. 2014a. Možnosti uplatnění upravených složek digestátu. *Sborník Racionální použití hnojiv*. Praha. s. 36–42.
- 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. 2007. *Výživa polních a zahradních plodin*. Pro Press, s.r.o., Praha. 167 s. ISBN 976-80-86726-25-0.
- Vaněk V. 2012. *Výživa zahradních rostlin*. Academia. Praha. 570 s.

- Vaněk V, Balík J, Černý J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P, Valtera J. 2012. Výživa zahradních rostlin. Academia. Praha. 570 s. ISBN: 9788020021472.
- White PJ, Broadley MR. 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.
- Wright RD, Jackson BE, Browder JF, Latimer JG. 2008. Growth of chrysanthemum in a pine tree substrate requires additional fertilizer. *Horttechnology*, vol. **18**:111–115.