

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin



Nároky okrasných trav na živiny

Bakalářská práce

Autor práce: Kateřina Kohoutová

Vedoucí práce: prof. Ing. Pavel Tlustoš, CSc.

Konzultant práce: Ing. Lukáš Kaplan

© 2013 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "*Nároky okrasných trav na živiny*" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce prof. Ing. Pavlu Tlustošovi, CSc. za vedení práce. Dále bych ráda poděkoval konzultantovi Ing. Lukášovi Kaplanovi za vedení a pomoc při ověřování vegetačních experimentů. A v neposlední řadě všem členům katedry Agroenvironmentální chemie a výživy rostlin, kteří přispěli k vytvoření této práce.

Nároky okrasných trav na živiny

Nutrient Requirements of Ornamental Grasses

Souhrn

Okrasné trávy ukrývají značný energetický potenciál, a proto si zasluhují naši zvýšenou pozornost v době, kdy hovoříme o konečnosti fosilních energetických zdrojů a pěstování biomasy se jeví jako jedno z možných východisek. Podaří-li se nám najít ty nejhodnější druhy vhodné k masovému pěstování a dokážeme zajistit jejich výživu (hnojení) „odpadním“ recyklátem, mohli bychom dosáhnout ideálního stavu uzavřeného koloběhu, velmi šetrného k přírodě, která je dnes nadměrně přetěžována lidskou činností.

Cílem literární části práce bylo zpracování významu okrasných trav z hlediska nejen estetického, ale především z hlediska jejich využití pro produkci biomasy. V experimentální části práce pak testování různých pěstebních směsí na bázi rašeliny s přidávkou separovaného digestátu a popelů původem ze spalování dřeva či slámy při pěstování rostlin *Cortaderia selloana* ‘Pumila‘.

V literární rešerši stručně charakterizují významné čeledi okrasných trav, jejich rozdělení a dále popisují jejich význam a použití v zahradnictví. V následující kapitole pak uvádím nároky okrasných trav na prostředí, vhodnost substrátu pro výsadbu okrasných trav a dále zde charakterizují postup při výsadbě a přezimování. Ve čtvrté kapitole popisují nároky vybraných druhů okrasných trav na prostředí a živiny, dále stručně popisují jednotlivé živiny a jejich význam pro rostlinu a také příznaky nedostatku a nadbytku těchto živin v rostlině. V poslední kapitole literární rešerše se zabývám významem a produkcí biomasy, popisují způsoby přeměny biomasy na energii a v neposlední řadě zde popisují možnosti využití odpadního produktu - popele ze spalování biomasy.

V experimentální části práce byl realizován vegetační nádobový experiment s cílem ověření možnosti využití separovaného digestátu a popelů jako možnou alternativní surovinu při pěstování okrasných trav, konkrétně *Cortaderia selloana*. Ze získaných analýz jednotlivých rostlin a substrátů uvádím obsahy a odběry živin rostlinami a agrochemické

vlastnosti pěstebních směsí. Nejlépe se osvědčila směs na bázi rašeliny s přidavkem dolomitického vápence a NPK hnojiva, díky které měly rostliny nejvyšší výnosy a dále vykazovaly nejvyšší hodnoty odběrů posuzovaných živin Ca, Mg a Zn. Toto složení pěstební směsi následoval substrát s příměsí popela ze spalování dřevní štěpky. Dá se říci, že tyto směsi zajistily rostlinám dostatek potřebných živin a vhodné podmínky pro optimální růst. Třetí posuzovanou variantou byla pěstební směs s příměsí popela ze spalování pšeničné slámy, ve které rostliny vykazovaly nejvyšší odběr živin P a K, díky vysokému obsahu těchto prvků ve slámovém popelu, ovšem odběry dalších hodnocených živin Ca, Mg a Zn dosahovaly nejnižších hodnot a výnosy rostlin v tomto substrátu byly nižší než u předchozích variant.

Klíčová slova: *Cortaderia selloana*, živina, pěstební substrát, popel, biomasa

Summary

Ornamental grasses are hiding energy potential of a significant value, and therefore deserve our primary attention - especially at the time when the communities and society as a whole discuss the potential finiteness of fossil energy resources and the cultivation of biomass appears to be one of the possible solutions. If we can find the most appropriate species suitable for mass production and we are able to ensure their needful nutrition demand (fertilizer) by "waste" recycled material, we could achieve the ideal state of closed cycle, very friendly and thoughtful to nature, which is excessively overloaded by human activities today.

The aim of the literary part of the work was the processing of ornamental grasses in terms of not only aesthetic, but above all in terms of their use for the biomass production. In the experimental part of the work then testing different peat-based growing mixtures, with the addition of a separated digestate and ash originating from combustion of wood chips or corn straw, in the cultivation of plants *Cortaderia selloana* 'Pumila'.

In literary recherche I briefly characterize a major family of ornamental grasses and their division, describing their meaning and possible use in horticulture. In the next chapter I present the demands of ornamental grasses on the environment, the appropriateness of the substrate for planting the ornamental grasses and determine the procedure for planting and wintering. In the fourth chapter, I describe the wants of the selected species of ornamental grasses considering the environment and nutrients needs, as well as briefly describing each of the nutrients and their importance for the plant. Also, symptoms of deficiency and excess of these nutrients in the plant are discussed. In the last chapter of literary recherche I evaluate the importance of biomass production, I describe the process of biomass conversion to energy and at last but not least I also suggest the possibility of waste product utilization – concretely, ash from biomass combustion.

In the experimental part of the work the vegetational bucket experiment was executed with the aim of possible verification of using separate digestate and ash as a potential alternative raw materials in the cultivation of ornamental grasses, *Cortaderia selloana* specifically. From the given analyses of all examined plants and substrates I cite the nutrients contents and consumptions of the plants and agrochemical properties of growing mixtures. The best results had peat-based mixture with the addition of dolomitic limestone and NPK

fertilizer, which caused the highest yields and plants showed the highest value of donations considered nutrients Ca, Mg and Zn. This composition was – taking into account the results - followed by the substrate mixed with ash from the combustion of wood chips. It can be said that these mixtures ensured plenty of necessary nutrients for the plants and therefore proper conditions for optimal growth. A third variant was to be a growing mixture mixed with ash from the combustion of wheat straw in which plants had the highest consumption of nutrients P and K, thanks to high contents of these elements in the straw ashes, but consumption of the other investigational nutrients Ca, Mg and Zn had reached the lowest values. Yields of the plants in this sample were lower than in previous variants.

Keywords: *Cortaderia selloana*, nutrient, growing medium, ash, biomass

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Hypotézy a cíle práce.....	2
2.1. Hypotéza	2
2.2. Cíl práce.....	2
3. Literární přehled	3
3.1. Významné čeledi okrasných trav	3
3.1.1. Rozdělení okrasných trav podle vytrvalosti.....	3
3.1.1.1. Rozdělení vytrvalých okrasných trav	4
3.1.2. Rozdělení okrasných trav podle období vegetace.....	4
3.2. Význam a použití okrasných trav v zahradnictví.....	5
3.2.1. Výsadba do volných ploch.....	6
3.2.2. Výsadba do nádob.....	7
3.3. Nároky okrasných trav na prostředí.....	8
3.3.1. Nároky okrasných trav na množství závlahové vody	8
3.3.2. Nároky okrasných trav na světlo	9
3.3.3. Nároky a způsoby použití vytrvalých okrasných trav podle stanoviště.....	10
3.3.4. Příprava substrátu při výsadbě okrasných trav	11
3.3.5. Výsadba okrasných trav	12
3.3.6. Přezimování okrasných trav.....	12
3.4. Nároky okrasných trav na živiny	13
3.4.1. Makroelementy	14

3.4.2. Mikroelementy	18
3.4.3. Charakteristika vybraných druhů okrasných trav a jejich nároky na živiny.....	21
3.4.3.1 <i>Cortaderia selloana</i>	21
3.4.3.2. <i>Miscanthus sinensis</i>	22
3.4.3.3. <i>Phalaris arundinacea</i>	23
3.5. Obecná charakteristika biomasy	24
3.5.1. Zdroje biomasy	24
3.5.2. Využití okrasných trav jako energetické suroviny	25
3.5.3. Způsoby přeměny biomasy na energii	25
3.5.3.1. Metoda přímého spalování.....	25
3.5.3.1.1. Spalování na roštu.....	26
3.5.3.1.2. Spalování na fluidním loži	27
3.5.3.1.3. Prachové spalování	27
3.5.3.2. Metoda fermentace	27
3.5.4. Popel z biomasy a jeho využití	28
4. Materiál a metody	30
4.1. Založení pokusu	30
4.1.1. Charakteristika použité odrůdy v pokusu	30
4.1.2. Výsadba rostlin	30
4.1.3. Způsob přípravy pěstebních směsí.....	30
4.1.4. Odběr rostlin	31
4.2. Metody stanovení živin rostlinného materiálu a stanovení obsahu živin a chemických vlastností pěstebního substrátu	31

4.2.1. Metoda mikrovlnného rozkladu rostlinného materiálu pro stanovení makro i mikro prvků.....	32
4.3. Metody stanovení chemických vlastností pěstebních směsí.....	32
4.3.1. Stanovení hodnoty pH a elektrické vodivosti (EC).....	32
5. Výsledky a diskuze.....	33
5.1. Výnos nadzemních částí <i>Cortaderia selloana</i>	33
5.1.1. Výnosy čerstvé hmoty nadzemních částí <i>Cortaderia selloana</i>	33
5.1.2. Výnos suché hmoty nadzemních částí <i>Cortaderia selloana</i>	35
5.2. Obsah živin v nadzemní biomase u vybraných variant.....	35
5.3. Odběr živin rostlinou <i>Cortaderia selloana</i>	36
5.3.1. Odběr fosforu rostlinou <i>Cortaderia selloana</i>	36
5.3.2. Odběr draslíku rostlinou <i>Cortaderia selloana</i>	37
5.3.3. Odběr vápníku rostlinou <i>Cortaderia selloana</i>	38
5.3.4. Odběr hořčíku rostlinou <i>Cortaderia selloana</i>	38
5.3.5. Odběr zinku rostlinou <i>Cortaderia selloana</i>	39
5.4. Agrochemické vlastnosti pěstebních směsí.....	40
6. Závěr.....	41
7. Seznam literatury.....	42

1. Úvod

Trávy jsou rozšířené po celém světě a jsou nedílnou součástí všech přirozených rostlinných společenstev. Okrasné trávy se pěstují pro svůj jedinečný habitus, výrazné zbarvení listů či zajímavá květenství, díky čemuž mají široké uplatnění v zahradní architektuře. Jejich využití v zahradách i parcích je víceúčelové. Mohou být součástí trvalkových a letničkových výsadeb, dají se použít jako výrazné a nápadné solitéry a můžeme je použít i do výsadeb krajinného rázu. Dále jsou pěstovány pro produkci biomasy, a tím přispívají k ekologické rovnováze.

Biomasa rostlin je důležitý obnovitelný zdroj surovin a energie. Některé druhy rostlin pro energetické využití prošly již řadou experimentů a výzkumů a jsou zhodnoceny pro produkci biomasy v této oblasti jako velmi cenné. Mezi takové rostliny patří i okrasné trávy, které mají velký potenciál k tomuto využití. Význam biomasy nespočívá jen v získání nového zdroje energie, ale má daleko širší souvislosti. Přispívá k omezování skleníkového efektu, umožňuje efektivní využití půdy, její intenzivní zeleň zlepšuje ekologii krajiny a dále má i významné sociální aspekty, neboť přispívá k vytváření nových pracovních příležitostí.

Při spalování biomasy vzniká odpadní produkt ve formě popela, který je dále využitelný, a to nejen díky možnosti jeho navrácení do půdy, což zároveň znamená i navrácení živin do půdy, ale například i jako výhodný materiál použitelný ve stavitelství.

2. Hypotézy a cíle práce

2.1. Hypotéza

V současné době se zvyšuje v ČR počet instalovaných zařízení na spalování biomasy a tím i produkce popelů. Předpokládáme, že popel ze spalování biomasy může být cenným zdrojem živin. Popel tak může obohatit pěstební substráty založené na bázi rašeliny živinami, které by zaručily optimální příjem živin a růst hrnkových rostlin.

2.2. Cíl práce

Cílem literární rešerše bakalářské práce “*Nároky okrasných trav na živiny*“ bylo na základě dostupné literatury charakterizovat nároky okrasných trav na prostředí a živiny.

Dále prostřednictvím nádobového vegetačního experimentu navrhnout a vyhodnotit pěstební směsi založené na bázi rašeliny s přidavkem odměřeného podílu popelů ze spalování biomasy a jejich vliv na růst a odběr živin rostlinami *Cortaderia selloana* Schult. et Schult. F. v nádobách. Z důvodu rozsahu bakalářské práce je cílem vyhodnotit obsahy a odběry živin rostlinami u tří vybraných variant z celkového pokusu.

3. Literární přehled

3.1. Významné čeledi okrasných trav

Termínem okrasné trávy jsou označovány jak trávy pravé, tak i rostliny podobné. Z botanického hlediska patří trávy pravé do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) a mezi nepravé trávy řadíme čeledi šáchorovité (*Cyperaceae*), sítinovité (*Juncaceae*) či orobincovité (*Typhaceae*) nebo áronovité (*Araceae*) (Nováková, 2004).

Protože jsou si však zástupci výše uvedených čeledí blízké, jsou v zahradnické praxi všechny rostliny trávovitého vzhledu označovány souhrnně jako trávy. Od počátku 19. století však čeština užívá pro trávy nepravé termín traviny (Leyhe, 2004).

Nejvýznamnější skupinou trav je čeleď lipnicovitých. Zahrnuje přibližně 9000 druhů, které jsou rozšířeny po celém světě a často vytvářejí rozlehlé porosty (stepi, prairie, savany, pampy apod.). Vedle početných okrasných druhů patří do této čeledi i řada užitkových rostlin. Typickým znakem lipnicovitých je okrouhlé, často duté stéblo, členěné na kratší nebo delší úseky v tzv. kolínkách. Na bázi stébla nebo i na stéblu samém vyrůstají listy. Květy vyrůstají většinou v koncových široce latovitých nebo úzce klasovitých květenstvích (Leyhe, 2004).

3.1.1. Rozdělení okrasných trav podle vytrvalosti

Používání okrasných trav v zahradách, parcích či jiných plochách závisí na jejich vytrvalosti a způsobu růstu. Podle vytrvalosti je rozdělujeme na jednoleté a vytrvalé (Nováková, 2004).

Jednoleté trávy během jednoho roku vyklíčí, vykvetou, vytvoří semena a odumřou. V našich podmínkách se mezi ně řadí i takové, které u nás nepřezimují, přestože ve své domovině jsou vytrvalé. Pěstují se především pro svá zajímavá květenství či okrasné listy. Ve výsadbách se používají jednoleté trávy v letničkových záhonech, pro doplnění stepních partií nebo tematických zahrad. Nejsou nosnou částí výsadeb, pouze doplňkem, slouží jako zjemňující a vylehčující prvek (Opatrná a Součková, 2003).

Vytrvalé trávy rostou na vhodném stanovišti více let bez přesazení. Využití vytrvalých trav je značně ovlivněno způsobem jejich růstu. Lze charakterizovat tři způsoby růstu: výběžkatý, trsnatý, stébelnatý (Opatrná a Součková, 2003).

3.1.1.1. Rozdělení vytrvalých okrasných trav

Podle vzhledu a způsobu růstu dělíme vytrvalé okrasné trávy na výběžkaté, trsnaté, stébelnaté. Toto rozdělení je záležitost čistě zahradnická, nikoli botanická (Ondřej a Opatrná, 1997).

Výběžkaté trávy mají schopnost vytvářet zapojený porost, kolonizovat velké plochy, a jsou proto vhodné jen pro větší zapojené výsadby, zpevnění svahů, jsou vhodné do velkých přírodních parků na rozsáhlé plochy. Rozšiřují se podzemními oddenky a některé z nich jsou silně invazivní. Mezi výběžkaté trávy patří např. *Leymus arenarius* L., *Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb., *Phalaris arundinacea* L. (Nováková, 2004).

Trsnaté trávy tvoří pouze krátké oddenky a po obvodu trsu přirůstají pomalu. Listy jsou v přízemním, hustém trsu. Pro jejich pravidelný tvar se používají jako solitérní rostliny, do nádobových výsadeb. Vysazujeme je tedy jednotlivě, případně v malých a řídkých skupinkách, ale jednotlivé kusy se mohou vzájemně prolínat a tvořit větší porosty v samostatných travnatých partiích, vřesovištích, mezi skupinami stromů a keřů i v trvalkových záhonech. Mezi větší zástupce patří *Cortaderia selloana* Schult. et Schult. F., *Molinia caerulea* (L.) Moench, *Pennisetum alopecuroides* (L.) Spreng. a s menším vzrůstem např. *Festuca cinerea* VILL., *Koeleria glauca* (Schrad.) DC. Pouze pokud se rostliny vysází nahusto, mohou vytvořit souvislý, zapojený porost (Opatrná a Součková, 2003).

Stébelnaté trávy se během roku mění ve svém vzhledu. Zprvu tvoří rašící listy přízemní trsy a později je stébla vynesou vzhůru a své konečné výšky dosahují až ve vrcholném létě. Spíše než solitérně se uplatní ve větších skupinách, ovšem vysoké druhy s kompaktním růstem nebo zajímavými listy či květy se jako solitéry či v malých roztroušených skupinách používat dají. Stébelnaté trávy jsou např. *Spartina pectinata* Bosc ex Link, *Panicum virgatum* L., *Miscanthus floridulus* (Labill.) Warb. ex K. Schum. & Lauterb. (Opatrná a Součková, 2003).

3.1.2. Rozdělení okrasných trav podle období vegetace

Okrasné trávy se rozdělují podle období vegetace na stálezelené a zatahující druhy. Stálezelené druhy rostou na konci zimy a brzy na jaře a v tomto období také kvetou. Přes léto

odpočívají a aktivní růst nastává opět na podzim při nižších teplotách. Stálezelené trávy (*Carex morrowii* L., *Poa chaixii* Vill., *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin., aj.) svůj vzhled během roku výrazně nemění (Nováková, 2004).

Zatahující druhy začínají vegetaci později na jaře, kdy jsou teploty relativně vyšší, kvetou v průběhu léta až do podzimu a začátkem zimy vstupují do vegetačního klidu. Během roku jsou více proměnlivé, jako například na podzim, kdy se výrazně vybarvují, později žloutnou, až úplně zasychají. (*Miscanthus sinensis* Anderss., *Molinia caerulea* (L.) Moench, *Panicum virgatum* L., aj.) (Nováková, 2004).

3.2. Význam a použití okrasných trav v zahradnictví

Historie používání trav sahá tisíce let zpět, kdy se pěstovaly nikoliv jako okrasné, ale jako zemědělské a průmyslové rostliny. Jako zemědělské plodiny se pěstovaly a pěstují dodnes pšenice, ječmen, oves, proso, rýže, kukuřice, aj. (Oudolf et King, 1998).

Okrasné trávy jsou specifickou pěstitelskou skupinou okrasných rostlin. Díky své oblíbenosti a rozmanitosti mají široké uplatnění. Vysoké trávy pohledově dělí prostor a tvoří neutrální pozadí pro jiné rostliny. Výběžkaté trávy rychle zakryjí velké plochy a ochrání je před erozí. Trsnaté trávy vyniknou jako solitéry nebo v malých skupinkách na okrajích záhonů, vřesovištích a na skalkách. Dekorativní květenství, především jednoletých druhů, lze dále využít k aranžování v čerstvém i suchém stavu (Nováková, 2004).

Okrasné trávy se podle Ondřeje a Opatrné (1997) lépe uplatňují v zahradách s volnou, nepravidelnou, záměrně přirozeně působící kompozicí než v zahradách přísně geometricky řešených. Dobře působí na okrajích vodních bazénů a jezírek, lze je použít k lemování cest nebo k vytvoření pozadí určitých partií v zahradách. Některé nízké druhy mohou sloužit k vytváření jednotlivých a jednobarevných půdních pokryvů pod korunami stromů a uplatnění nacházejí i v suchomilných společenstvech vysazovaných na střešních zahradách, jak na intenzivních, tak i na extenzivních, zvláště na málo únosných střešních konstrukcích s nízkými vrstvami zeminy.

Opatrná a Součková (2003) uvádí, že okrasné trávy se kombinují zpravidla s jarními cibulovinami, kvetoucími trvalkami, letničkami nebo drobnými keři a velmi hezké kontrasty tvoří s velkolistými trvalkami. Z různých druhů trav lze vytvářet i samostatné travnaté partie.

Význam uplatnění okrasných travin stoupá také v použití při ozeleňování dopravních staveb, jako jsou silnice, dálnice, kruhové objezdy či křižovatky. V centrech měst jsou často vysazovány v kombinaci s trvalkami a jinými okrasnými rostlinami (Mrvová, 2012).

3.2.1. Výsadba do volných ploch

Volnou plochou rozumíme rozsáhlejší prostor, na který můžeme využít takové druhy okrasných trav, které jsou schopné rychlého rozrůstání, jsou vhodné pro výsadbu do zapojených porostů, dále se jedná o vrostlé druhy dominantní svými rozměry, které se používají jako solitéry, ale naopak zde najdou uplatnění i trávy nižšího vzrůstu, které lemují okraje cest a záhonů nebo se používají jako podrosty keřů a dřevin. Takovouto volnou plochou mohou být parkové výsadby či květnaté trávníky, dále pak městské výsadby či soukromé zahrady (Mrvová, 2012).

Opatrná a Součková (2003) uvádějí příklady okrasných trav využitelných do volné plochy viz. **Tab. 1.**

Tabulka 1 - Okrasné trávy do volné plochy

Vytrvalé trávy na velké plochy	<i>Brachypodium pinnatum</i> (L.) P.Beauv., <i>Brachypodium sylvaticum</i> (Huds.) Beauv., <i>Carex flacca</i> Schreb., <i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) P.Beauv., <i>Leymus racemosus</i> (Lam.) Tzvelev
Vytrvalé trávy do malých skupin	<i>Briza media</i> L., <i>Carex flava</i> L., <i>Carex morrowii</i> L., <i>Deschampsia flexuosa</i> (L.) Trin., <i>Festuca amethystina</i> L., <i>Festuca ovina</i> L., <i>Luzula sylvatica</i> (Huds.) Gaudin
Jednoleté trávy na velké plochy	<i>Agrostis nebulosa</i> Boiss. & Reut., <i>Briza maxima</i> L., <i>Hordeum jubatum</i> L., <i>Lagurus ovatus</i> L., <i>Panicum capillare</i> L., <i>Rhynchelytrum repens</i> (Willd.) Zizka
Jednoleté trávy do malých skupin	<i>Briza minor</i> L., <i>Lagurus ovatus</i> L. (i do velkých ploch), <i>Lamarckia aurea</i> (L.) Moench, <i>Polypogon monspeliensis</i> (L.) Desf., <i>Setaria italica</i> (L.) P. Beauvois
Solitéry	<i>Cortaderia selloana</i> Schult. et Schult. F., <i>Miscanthus sinensis</i> Anderss., <i>Molinia caerulea</i> (L.) Moench, <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud., <i>Typha latifolia</i> L.

Podle Novákové (2004) se do velkých skupin všeobecně více hodí trávy stébelnaté, naopak jako solitérní rostliny je lepší využít trávy trsnaté pro jejich pravidelný tvar. Pro vytvoření zapojené výsadby, popřípadě trávníky je vhodné využít trávy výběžkaté.

3.2.2. Výsadba do nádob

Trávy i traviny v nádobách a květináčích mohou obohatit terasy, přístupové cesty, náměstí či jiná prostranství. Zvláště vhodné jsou pro takové využití pestrolisté trávy. Pěstování v přenosných nádobách je zajímavé také proto, že ne zcela mrazuvzdorné druhy a odrůdy je možné na zimu i s nádobou uložit na chráněném místě (Leyhe, 2004).

Při výsadbě okrasných trav do nádob je důležité vybrat vhodný tvar a materiál nádoby. Všechny tvary nádob jsou vhodné, pokud má jejich dno menší plochu než střední část nádoby a střední část nádoby má menší průměr než horní okraj nádoby. Nejvhodnější jsou nádoby se svislými nebo rozšířenými stěnami na horním okraji. U ostatních nádob, které mají například

zúžené hrdlo, dochází při nezbytném přesazování rostliny k jejich poškození nebo k poškození kořenového balu samotné rostliny (Lange, 2003).

Dále je důležité si uvědomit, že kolísání teploty v nádobách je značně vyšší než v půdě nebo v zapuštěných nádobách. Sluneční záření substrát více ohřívá. Proto je také dobré věnovat pozornost volbě materiálu nádoby. V dnešní době je na trhu široká škála nádob na květiny, těmi základními jsou keramické, dřevěné, plastové a kovové (Lange, 2003).

3.3. Nároky okrasných trav na prostředí

Trávy a traviny tvoří ve své podstatě jednu z nejrozšířenějších rostlinných skupin. Vyskytují se jak vysoko v horách, rovníkových oblastech a jiných extrémních podmínkách, tak i v prériích, savanách a stepích, kde jsou naopak dominantní vegetací. Základní vlastností travin je tedy vytrvalost, nenáročnost a přizpůsobivost k prostředí. Ty jsou pak předpokladem pro jejich úspěšné využití v zahradní architektuře (Mrvová, 2012).

3.3.1. Nároky okrasných trav na množství závlahové vody

Okrasné trávy pro záhony na slunci či trávy pro stepní partie zahrad vyžadují slunnou polohu s propustnou půdou a zpravidla velmi dobře snášejí letní sucha. Naproti tomu okrasné trávy určené pro výsadbu na polostinná až stinná stanoviště vyžadují obvykle čerstvé až vlhké půdy a vyšší vzdušnou vlhkost. Takové podmínky nacházejí tyto rostliny ve světlém stínu pod stromy a keři. Takovéto typy rostlin pro slunné i stinné stanoviště, a s tím spojené nároky na vodu, jsou uvedené v **Tab. 2**. Existují ovšem i takové druhy trav, jimž vyhovuje vodní prostředí, břehy vodních toků, okraje stojatých vod (Leyhe, 2004).

Okrajem vody se rozumí stanoviště v blízkosti uměle založených vodních ploch, která jsou od vodní plochy izolována a je zde možné pěstování všech druhů *Miscanthusu*, dále *Phalaris arundinacea* L., *Spartina michauxiana* A.S. Hitchc., aj. Na okraj vodních ploch a jiná vlhká až příležitostně bažinatá stanoviště se hodí rostliny, které jsou schopny snášet kolísání vodní hladiny a dočasné zaplavení, např. *Carex flava* L., *Eleocharis palustris* (L.) Roem. & Schult., *Juncus effusus* L., *Phragmites communis* Trin. (Štěpánek, 2010).

3.3.2. Nároky okrasných trav na světlo

Leyhe (2004) uvádí přehled okrasných trav a jejich nároky na světlo viz. **Tab. 2**.

Tabulka 2 - Nároky okrasných trav na světlo

Velké trávy (vysoké až 180 cm), slunečná místa	<i>Arundo donax</i> L., <i>Cortaderia selloana</i> , <i>Miscanthus sinensis</i> (v kultivarech)
Velké trávy (vysoké nad 100 cm), slunečná místa	<i>Miscanthus sinensis</i> (v kultivarech), <i>Panicum virgatum</i> L., <i>Schizachyrium scoparium</i> (Michx.) Nash, <i>Sorghastrum nutans</i> (L.) Nash, <i>Spodiopogon sibiricus</i> Trinius
Velké trávy (vysoké nad 100 cm), polostinná až světle stinná místa	<i>Molinia arundinacea</i> Schrank
Středně vysoké trávy (vysoké nad 40 cm), slunečná místa	<i>Helictotrichon sempervirens</i> (Vill.) Pilg., <i>Hystrix patula</i> L., <i>Koeleria glauca</i> (Schrad.) DC., <i>Pennisetum alopecuroides</i> (L.) Spreng., <i>Stipa calamagrostis</i> (L.) Beauv.
Středně vysoké trávy (vysoké nad 40 cm), polostinná až světle stinná místa	<i>Carex pendula</i> Huds., <i>Chasmanthium latifolium</i> (Michx.) Yates., <i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) P. Beauv., <i>Molinia caerulea</i> (L.) Moench
Nízké trávy (vysoké do 40 cm), slunečná místa	<i>Briza media</i> L., <i>Festuca amethystina</i> L., <i>Festuca ovina</i> L., <i>Melica ciliata</i> L.
Nízké trávy (vysoké do 40 cm), polostinná až světle stinná místa	<i>Carex elata</i> 'Aurea' All., <i>Carex oshimensis</i> 'Evergold' Nakai, <i>Carex plantaginea</i> Lam., <i>Carex remota</i> L., <i>Luzula nivea</i> DC.

3.3.3. Nároky a způsoby použití vytrvalých okrasných trav podle stanoviště

Štěpánek (2010) popisuje využití okrasných trav na specifická stanoviště a s tím spojené nároky na prostředí. Jednotlivé možnosti rozděluje na několik základních stanovišť, a to na podrost dřevin, okraje porostů dřevin, otevřené plochy, stanoviště s kamenem, záhon, okraj vody a okraj vodních ploch a jiná vlhká až příležitostně bažinatá stanoviště.

Jako podrost dřevin a na okraje porostů dřevin se využívají okrasné trávy, které snášejí konkurenci kořenů stromů, zhoršené světelné podmínky nebo střídavý režim slunečního osvětlení a snášejí nebo dokonce vyžadují každoroční opad listů stromů. Mezi takové patří *Brachypodium sylvaticum* (Huds.) Beauv., *Deschampsia caespitosa* (L.) P. Beauv., *Festuca gigantea* (L.) Vill., *Luzula pilosa* (L.) Willd., *Melica nutans* L., aj. (Štěpánek, 2010).

Dále se využívají okrasné trávy pro pěstování na plochách, kde se dřeviny nevyskytují, ale nemusí být udržovány v černém úhoru a obvykle jsou tyto plochy osety trávnickem. Často se takto vytváří stylizované výsadby stepního a polostepního charakteru (Nováková, 2004). Tato skupina se dá rozdělit na otevřené půdy vřesovištního charakteru, otevřené půdy stepního charakteru, otevřené plochy s charakterem záhonových travin a otevřené plochy s charakterem divoce rostoucích travin (Štěpánek, 2010).

Na otevřených půdách vřesovištního charakteru, tedy půdách čerstvých, kyselých, písčitých a chudých, je možno využít okrasných trav jako *Briza media* L., *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin., *Festuca ovina* L., *Nardus stricta* L., aj. Okrasné trávy pro stepní partie snášejí velmi dobře letní sucha a potřebují propustnou půdu, ale ne příliš bohatou na živiny. Dají se velmi dobře kombinovat s trvalkami a polokeři snášejícími sucho. Na otevřené půdy stepního charakteru se využívají *Bouteloua gracilis* (Willd. ex Kunth) Lag. ex Griffiths, *Festuca amethystina* L., *Festuca glauca* L., *Helictotrichon sempervirens* (Vill.) Pilg., *Koeleria glauca* (Schrad.) DC., *Stipa capillata* L., aj. (Leyhe, 2004). Štěpánek (2010) dále popisuje otevřené plochy s charakterem záhonových travin jako specifickou skupinu travin, která podle konkrétních podmínek může být kombinována jak s divoce rostoucími, tak záhonovými trvalkami. Mezi takové okrasné trávy patří *Achnatherum calamagrostis* (L.) Beauv., *Miscanthus sinensis* v odrůdách, *Pennisetum* sp., *Sesleria autumnalis* L., aj. Mezi otevřené plochy s charakterem divoce rostoucích travin patří květnatý trávnick s vlhkou, příležitostně vysychající půdou (*Agrostis tenuis* Sibth., *Briza media* L., aj.) a květnatý trávnick

typu stepní louka se suchou vápenitou půdou (*Briza media* L., *Bromus erectus* Huds., *Carex humilis* Leyss., *Festuca amethystina* L., *Stipa pennata* L., aj.

Stanoviště s kamenem zahrnuje různorodé typy stanovišť s přítomností kamene. Na takových místech porostou druhy citlivé na vlhkost, dále druhy rostoucí ve štěrku, skalních drtích a vodopropustných půdách či skalních stepích. Pro takové stanoviště jsou vhodné okrasné trávy, jako *Briza media*, *Carex firma* Host, *Festuca glauca* Vill., *Poa alpina* L., aj. (Opatrná a Součková, 2003).

Na záhonu je možné použití všech druhů z předešlých skupin, ovšem za předpokladu dodržení stanovištních podmínek, tedy světelných, vlhkostních a půdních (Nováková, 2004). Podstatným rozdílem je zde pěstování v černém úhoru a vyšší intenzita údržby. Trávy zde mohou být jako ústřední prvek, dominantní rostliny, spojovací prvek, harmonizující prvek či rytmizující prvek (Štěpánek, 2010).

3.3.4. Příprava substrátu při výsadbě okrasných trav

Darke (2007) uvádí, že okrasné trávy jsou velice oblíbené v soukromé i veřejné zeleni, z důvodu jejich schopnosti růstu i v chudých půdách na živiny. Nováková (2004) popisuje, že přestože jsou okrasné trávy poměrně nenáročné a přizpůsobivé, většina pravých trav upřednostňuje lehčí substráty s podílem písku nebo kačírku, nepravé trávy lépe rostou v těžší, nepříliš vysychavé zemině. Leyhe (2004) uvádí, že stínomilné druhy trav vyžadují, podobně jako například kapradiny (s kterými se velmi často při výsadbě kombinují), kypře půdy a půdy s vyšší zásobou organických látek. Naproti tomu stepní druhy okrasných trav dávají přednost provětraným, spíše chudším půdám na živiny, s dobrou propustností a druhům pro trvalkové záhony vyhovují hlinité půdy s dobrou zásobou organických látek.

Pro okrasné trávy náročné na vysoký obsah organických látek je vhodné zvolit jako substrát rašelinu. Organický podíl by měl v přijatelné kvalitě rašeliny činit 80 %. Rozsah hodnoty pH souvisí s druhem a typem rašeliny a pohybuje se v rozmezí od velmi kyselé 3,6 až slabě zásadité 7,5 (Pařava a Valtera, 2007). Nároky okrasných trav na pH jsou specifické podle druhu a tyto hodnoty se pohybují v rozmezí zhruba 4,5 – 7,5 (Ondřej a Opatrná, 1997).

Dále je vhodné opatřit výsadbu tenkou vrstvou mulče. Díky této vrstvě je omezeno nadměrné prohřívání povrchu půdy, je zabráněno nadměrnému výparu a klíčení plevelů.

Nejčastěji se používá drcená borka, její vrstva by však neměla být víc jak 6 cm (Nováková, 2004).

3.3.5 Výsadba okrasných trav

Výsadba okrasných trav je totožná jako u ostatních trvalek. Trávy jsou ovšem velice citlivé na vertikální umístění při výsadbě. Je nutné je vysazovat ve stejné výšce kořenového krčku jako v původním substrátu. Před výsadbou je vhodné kontejnery s trávami prolít vodou a ihned po výsadbě jim opět poskytnout vydatnou zálivku. Jestliže se vysazené rostliny budou mulčovat, je vhodné je vysadit o něco výše, než byly v kontejneru. Pokud by se rostliny vysadily příliš vysoko, docházelo by k vysychání kořenového balu. Jestliže je naopak rostlina vysazena příliš hluboko, tedy pod úroveň kořenového krčku, mohlo by dojít k odumírání trsu (Darke, 2007).

Nejlepším termínem pro výsadbu je u většiny trav jarní období, rostliny stihnou zakořenit ještě před letními nepříznivými podmínkami, jako jsou vysoké teploty. Rostliny zakoupené v kontejneru mohou být vysazovány i v létě, pokud je zabezpečena vydatná zálivka a případné přistínění. Stálezelené trávy lze umístit na stanoviště i na začátku podzimu, kdy nastává druhá fáze vegetace po vegetačním klidu (Nováková, 2004).

Výsev se používá především u trav jednoletých nebo u vytrvalých trav, které jsou navrženy na velké plochy v krajinářství. Výsev se provádí ručně, klasickým secím strojem nebo hydroosevem (Darke, 2007). Jednoleté okrasné trávy se vysévají buď přímo na slunné stanoviště na jaře po odeznění posledních zimních mrazíků, nebo se na určená místa vysazují také na jaře předpěstované sazenice, které vykvétají o něco dříve než trávy z přímého výsevu (Ondřej a Opatrná, 1997).

3.3.6. Přezimování okrasných trav

Některé okrasné trávy jsou v zimním období značně citlivé na vlhkost a vyžadují zvláště v exponovaných polohách zimní kryt. Nízké trávy vyžadují zimní kryt v podobě chvojí či vrstvy suchého listí. Velká pozornost se musí věnovat extrémně náročným druhům, jako je například *Cortaderia selloana*, které je třeba upevnit v celek i v zimě zelené listy a stébla a na

bázi opatřit silnou vrstvou suchého listí a zakrýt chvojmí či vytvořit dřevěné bednění vyložené polystyrenem. U okrasných trav, které jsou stálezelené, se musí již při výsadbě dbát na to, aby byly chráněny před ostrým slunečním zářením (Leyhe, 2004). Opatrná a Součková (2003) uvádí, že pokud se při výsadbě toto opatření opomene, je nutné tyto druhy na podzim opět chránit chvojmí, což platí i pro některé pestrolisté kultivary, například *Carex* spp., kterým ostré sluneční paprsky v zimním období poškozují listy.

Důležité je odstraňovat každý rok na jaře staré listy. Stálezelené trávy není potřeba zcela ostříhat, obvykle stačí odstranit z trsu suché čepele. Zatahujícím druhům každý rok nadzemní část zcela zasychá a pro jejich vzhled v následujícím vegetačním období je nezbytné ostříhat trs několik centimetrů nad zemí. Nejlepším termínem je konec února, počátek března. Pokud se ostříhají na podzim, hrozí, že se do nechráněných trsů dostanou zimní srážky a trs odumře (Opatrná a Součková, 2003).

Pro přečlování nádobových rostlin do následujícího vegetačního období je kromě jejich mrazuvzdornosti rozhodující také dostupnost vhodného prostoru k přezimování. Ideální pro přezimování je zasklený balkón, zasklená terasa nebo zimní zahrada a další nevytápěné prostory bez rizika mrazu. Všechny olistěné rostliny potřebují v zimě specifickou vlhkost půdy. Zpravidla je dostačující, když se nádoby opatří podložními miskami, do kterých se nalévá voda a kontroluje její spotřeba. U neolistěných nádobových rostlin, tedy u zatahujících druhů trav, kterým listy odstraníme již na podzim, je vhodné dodržovat omezenou četnost závlivy. Rostliny jsou v klidu a musí pouze vyrovnávat výpar vody ze substrátu. Dále je vhodné opatřit nádoby drenážemi, které jsou v zimě velice důležité, protože nedochází k výparu a substrát s nedostatečnou propustností může způsobit přemokření a následné odumírání kořenové soustavy (Lange, 2003).

3.4. Nároky okrasných trav na živiny

Vaněk a kol. (2002) uvádí že, živiny jsou látky, které organismus přijímá a požaduje k projevu všech svých životních funkcí. U zelených rostlin se jedná o látky anorganické, které se stávají živinami většinou až v iontové formě. Nedostatek živin se projevuje poruchami růstu, které mohou vést až k úplnému odumírání rostliny. Každá živina má svou úlohu

v určitých procesech probíhajících v rostlině. Z hlediska obsahu prvků v rostlině a jejich výskytu se dělí rostlinné živiny do těchto skupin:

- Makroelementy – vyskytují se v rostlinách od několika desetin do desítek %.
Jedná se o: C, O, H, N, P, K, Ca, Mg, S
- Mikroelementy – jejichž výskyt je zpravidla menší než 0,05 %.
Patří sem: Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Ni, Cl, Co
- Užitečné prvky – prvky, které nepotřebují všechny rostlinné druhy, ale jejich obsah v rostlinách může dosahovat vysokých hodnot.
Např.: Na, Al, Si, Cl

Výživa je základní biologický proces, který umožňuje její růst a vývoj. Základem vývoje jsou fotosyntetické procesy, při nichž rostlina získává uhlík, kyslík a vodík, tedy soubor prvků tvořících převážnou část sušiny. Uhlík, kyslík a vodík se podílejí na tvorbě organické hmoty rostlin a na fyziologických pochodech ve větších objemech. Zbývající živiny se nacházejí v sušině rostlin v menším množství a tvoří souhrnně pouze 5 – 10 % podíl sušiny a nazýváme je živinami minerálními (Neuberg, 1998).

3.4.1. Makroelementy

Nejvyšší obsah v sušině mají prvky jako uhlík, kyslík a vodík. Uhlík a kyslík rostliny získávají ze vzduchu ve formě CO_2 a vodík rostlina získává z přijaté vody. Uhlík spolu s kyslíkem a vodíkem jsou základními kameny všech organických látek rostlinného těla. Jsou součástí vlákniny bílkovin, sacharidů, tuků, organických kyselin, vitamínů a jsou základními činiteli v procesu fotosyntézy. Tyto tři prvky tvoří zhruba 95 % hmoty sušiny rostlin (Neuberg, 1998).

Dusík (N) – Dusík je pro rostliny a všechny živé organismy jeden z nejvýznamnějších prvků. Rostliny nejsou schopny přijímat dusík ve formě dvouatomových molekul (N_2) a proto jej přijímají kořeny z půdy pomocí iontů, buď jako aniont NO_3^- nebo kationt NH_4^+ . Obě tyto formy dusíku může rostlina využívat k tvorbě aminokyselin (Rosypal a kol., 1998). Aminokyseliny tvoří základní stavební jednotku peptidů a polypeptidů (bílkovin). Bílkoviny

jsou součástí všech živých buněk a pletiv rostlin. Jsou obsaženy zvláště v mladých orgánech, dělivých pletivech, nukleoproteidech a dalších látkách, které se podílejí na celkové tvorbě biomasy (Vaněk a kol., 2002). Neuberg (1998) uvádí, že dusík je nejen podstatnou složkou bílkovin, ale i enzymů, chlorofylu, vitamínů apod.

Poruchy v příjmu dusíku rostlinami se projevují narušením metabolismu, omezením růstu, snížením výnosu a většinou i zhoršením kvality produkce (Vaněk a kol., 2012). Nedostatek dusíku má od počátku vegetace za následek omezení tvorby stavebních a funkčních bílkovin, což se projevuje omezením růstu rostlin a tvorby všech podstatných orgánů rostlin (listů, stébel, lodyh). Omezená tvorba listů a chlorofylu vede ke snížení fotosyntézy, a tím k nižší tvorbě produkce biomasy. Výrazným znakem nedostatku N je světlejší zbarvení rostlin, které je způsobeno sníženou tvorbou chlorofylu (Vaněk a kol., 2002). Nedostatek dusíku je zřetelný především u starších listů. Opadávání listů začíná na bázi výhonků a nervatura listů je nevýrazná (Neuberg, 1998).

Příznaky přehnojení dusíkem nejsou tak výrazné jako při jeho nedostatku. Nadbytek dusíku se projevuje bujným růstem velkých a vodnatých listů tmavě zelené až namodralé barvy. Rostliny často poléhají, jelikož neudrží přebujelé listy (Neuberg, 1998). Při výrazném nadbytku dusíku jsou zjevné příznaky poškození okrajů listů nekrózami či zasycháním okrajů listů. Je to důsledek toho, že přijatý dusík je transportován až do okrajů listů, kde se hromadí, a když přesáhne jeho obsah toxickou hladinu, jsou poškozována pletiva (Vaněk a kol., 2002).

Fosfor (P) – Fosfor je především součástí zásobních bílkovin a nezbytným prvkem pro ukládání, přenos a uvolňování energie v rostlinách. Urychluje vývoj a zrání plodů. Zvyšuje odolnost proti nízkým teplotám, podporuje rozvoj kořenového systému (Neuberg, 1998).

Fosfor je přijímán rostlinami ve formě aniontů kyseliny trihydrogenfosforečné, převážně ve formě H_2PO_4^- a HPO_4^{2-} . Na příjem fosforu rostlinami působí příznivě dostatečná vlhkost půdy, příznivá hodnota pH v rozmezí 5,5 – 7,0 a dostatek organických látek v půdě s dobrou biologickou činností. Přijatý minerální fosfor je zabudován do organických sloučenin a takto transportován do nepotřebnějších míst – do mladých listů, vegetačního vrcholu, později do květů a semen (Vaněk a kol., 2002).

Při nedostatku fosforu bývají listy tmavě zelené, malé, matné a kožovité, mohou se také zbarvovat do červených až fialových odstínů, stejně jako báze stonků. Postupem času špičky listů zasychají a opadávají. Dochází ke zpomalení růstu rostliny a snížení tvorby květů, které často opadávají. Nejcitlivější k nedostatku tohoto prvku jsou rostliny v časných vývojových etapách (Rosypal a kol., 1998). Vysoká dávka fosforu může způsobit krátkodobé snížení přijatelnosti některých kovů tím, že se rozpustné fosforečnany váží na tyto kovy a vytvářejí nerozpustné sloučeniny (Vaněk a kol., 2002). Neuberg (1998) uvádí, že nadbytek fosforu se může projevit nedostatkem železa či zinku v rostlině. K nadbytku fosforu v substrátech dochází málokdy, může se tak stát například u rašeliny. Dochází k zbarvení krajů listů do žluta a dochází k tvorbě hnědočervených skvrn (Rosypal a kol., 1998).

Draslík (K) – Draslík je nezbytný pro řadu biochemických procesů. Má silný vliv na vodní režim. Výrazně ovlivňuje osmotický tlak a tím i turgor buněk, které souvisí s hospodařením s vodou. Podporuje příjem vody kořeny a dále přítomnost draslíku ve svěracích buňkách průduchů ovlivňuje otevírání a zavírání průduchů. Dále jeho pohyblivost v rostlině umožňuje transport i ostatních látek především do kořenů rostlin. Velký vliv má draslík na aktivitu enzymů, kdy například podporuje tvorbu ATP a výrazně ovlivňuje fotosyntézu, konkrétně transport elektronů v thylakoidních membránách chloroplastů. Draslík je rostlinami přijímán jako kationt K^+ . Jeho příjem je výrazně ovlivňován vlhkostí, teplotou a intenzitou slunečního záření (Vaněk a kol., 2002).

Nedostatek draslíku snižuje intenzitu fotosyntézy, hlavně v důsledku zpomaleného odtoku asimilátů z listů. Listy se začínají stáčet dolů a kadeřavější. Dochází ke snížení tvorby květů a dále k jejich snížené velikosti (Rosypal a kol., 1998). Rostliny s nadbytkem draslíku jsou sytě zelené, bujně rostou a pozvolně jim zasychají starší listy. Nadbytek draslíku se vyskytuje hlavně na místech, kde se skladují organická hnojiva (Vaněk a kol., 2002). Nadbytek draslíku může vyvolávat příznaky nedostatku hořčíku a vápníku, kterým omezuje přístup do rostliny (Neuberg, 1998).

Vápník (Ca) – Vápník působí příznivě především na růst a funkci kořenů. Aktivuje některé důležité enzymy a je stavební složkou důležitých sloučenin jako jsou fyty a pektin. Snižuje přebytek organických kyselin v některých rostlinách (Neuberg, 1998). Velký význam má vápník ve stabilizaci buněčných membrán a stěn buněk (Vaněk a kol., 2002).

Vápník je rostlinou přijímán jako kationt Ca^{2+} z půdního roztoku. Příjem vápníku je negativně ovlivněn zvýšeným výskytem jiných iontů, jako je například kationt K^+ či Mg^{2+} . Co se týče ovlivnění příjmu vápníku vnějšími podmínkami, rostlina vápník lépe přijímá při nižší vlhkosti (Vaněk a kol., 2002).

Při nedostatku vápníku se snižuje transport sacharidů z listů do kořenů a působí poruchy v růstu tím, že se tvoří sloučeniny vápníku s hlavním rostlinným hormonem – auxinem. To vede k jeho inaktivaci (Rosypal a kol., 1998). Při nedostatku vápníku je dále narušen kořenový systém. Přestává se tvořit kořenové vlášení a staré kořeny hnědnou, později zahnívají a odumírají. Dochází také k poruchám růstu vegetačního vrcholu (Vaněk a kol., 2012). Přímý nadbytek vápníku v rostlinách a jeho negativní vliv na růstové procesy není znám. Nadbytek vápníku se však může projevit snížením příjmu zejména některých mikroživin, především železa, manganu, ale i bóru. Toto nebezpečí vzrůstá u lehkých půd, písku, lehkých zahradnických substrátů a vodních kultur (Neuberg, 1998).

Hořčík (Mg) – Tento prvek je nezastupitelnou složkou chlorofylu nezbytného pro fotosyntézu. Je stavební složkou i jiných organických látek a aktivátorem důležitých enzymů a také působí na syntézu bílkovin (Neuberg, 1998). Dále umožňuje vazbu enzymů na substrát (Vaněk a kol., 2002).

Hořčík je přijímán jako kationt Mg^{2+} . Výrazně negativně na jeho příjem působí K^+ . V kyselém prostředí je příjem Mg omezen vyšší koncentrací H^+ , ale také kationty, které se v kyselé oblasti pH snadněji dostávají do roztoku, tedy Al, Fe a Mn (Vaněk a kol., 2002).

Nedostatek hořčíku se vyznačuje bledě zelenými listy a omezením tvorby květů (Rosypal a kol., 1998). Neuberg (1998) uvádí, že nadbytek hořčíku vzniká jen výjimečně. Potom jej doprovází nedostatek vápníku, draslíku, ale i železa. Oproti tomu Vaněk a kol. (2002) popisuje, že hořčík je poměrně dobře sorbován půdou a nepůsobí většinou antagonisticky na přísun ostatních iontů.

Síra (S) – Síra je součástí bílkovin, rostlinných olejů, vitamínů a enzymů (Neuberg, 1998). V rostlinách se hromadí ve formě síranu, který slouží jako zásobní látka. Podle potřeby rostliny síran redukují na H_2S a zabudovávají do organických sloučenin (Vaněk a kol., 2002).

Síra je rostlinou přijímána převážně jako aniont SO_4^{2-} z půdy. Dále jsou rostliny schopny přijímat síru i z ovzduší jako SO_2 . Síra je transportována hlavně do mladých listů (Vaněk a kol., 2012).

Nedostatek síry se nejprve projevuje omezením syntézy bílkovin, včetně enzymů, což se projevuje především při příjmu nitrátů, které nejsou v dostatečné míře převáděny na amoniak, a tím je v rostlinách omezena tvorba prvotních zdrojů organických látek obsahujících dusík a minerální dusík v nitrátové formě se hromadí nevyužit v pletivech rostlin. Snížená fotosyntetická asimilace vede k nižší produkci cukru a následnému snížení obsahu hlavních složek rostlin, škrobu, cukrů, apod. (Vaněk a kol., 2002). Vizuálně se nedostatek síry projevuje podobně jako u dusíku. Světle zelené až žluté jsou však nejdříve listy mladší. Rostliny mají bohatě rozvětvené a jasně bílé kořeny. Rostliny špatně rostou, jsou sice vzpřímené, ale velmi slabé a nízké. Příznaky nadbytku síry jsou výhradně spojeny s nadbytkem SO_2 v ovzduší v blízkosti zdrojů spalování produktů s vyšším obsahem síry, při kterém dochází k poškození rostlinných pletiv (Neuberg, 1998).

3.4.2. Mikroelementy

Železo (Fe) – Železo se podílí z velké části na torbě chlorofylu, při tvorbě bílkovin, nukleových kyselin a RNK. Je přijímán ve formě Fe^{2+} či Fe^{3+} . Příjem železa rostlinami je ovlivněn hodnotou pH půdy. Omezený příjem železa nastává v alkalické oblasti pH, kde se vytvářejí málo rozpustné sloučeniny a snižuje se rozpustnost těch přítomných (Vaněk a kol., 2002).

Nedostatečný přísun železa do rostliny vede ke snížení intenzity dýchání i fotosyntézy. Dále dochází ke žloutnutí listů a jejich rychlému opadu. Nadbytkem železa dochází k tvorbě hnědočerných skvrn a vznikají problémy při vykvétání (Rosypal a kol., 1998). Nadbytek železa může přicházet v úvahu jen na stanovištích silně kyselých, kde vysokou rozpustností sloučenin Fe v půdě se může projevit až jeho toxicita. Zároveň je negativně ovlivněn příjem fosforu a molybdenu (Vaněk a kol., 2002).

Zinek (Zn) – Zinek je přijímán rostlinami jako Zn^{2+} . Vyšší hodnota pH snižuje příjem zinku, který je potlačován také přítomností většího množství Fe a Cu a vyšší obsah P

v rostlině omezuje pohyb zinku, hlavně jeho transport do vegetačních vrcholů (Vaněk a kol., 2012). Zinek je schopen aktivovat spoustu enzymových reakcí, stejně jako Mg umožňuje vazbu enzymu na substrát. Důležitý je při tvorbě růstových hormonů a při jeho nedostatku je snížen počet chloroplastů (Vaněk a kol., 2002).

Nedostatek zinku se projevuje skvrnitou chlorózou především starších listů. Mezi nervaturou listů vznikají světlé skvrny, v chlorotických pásech se vytvářejí červenohnědé nekrotické zóny a listy pak odumírají. Výhonky zarážejí růst a zůstávají krátké. Trávy ovšem společně s obilninami trpí na nedostatek zinku nejméně. Nadbytek zinku se projevuje symptomy nedostatku železa, rostliny špatně rostou a mají silnou chlorózu. Nadměrný příjem zinku lze omezit vápněním (Vaněk a kol., 2002).

Měď (Cu) – Měď působí na regulaci vodního režimu v rostlinách, ovlivňuje příznivě stabilitu chlorofylu a účastní se některých enzymových dějů přeměn N (Neuberg, 1998). Přijímána je jako kationt Cu^{2+} a poněkud lépe je uvolnitelná na půdách s nižší hodnotou pH (Vaněk a kol., 2012).

Projevem nedostatku mědi je bělavé zbarvení a zasychání špiček nejmladších listů a jejich stáčení, později vadnutí celé rostliny. Nebezpečí nedostatku mědi je pravděpodobné na silně humózních a rašeliništních půdách. Přebytek mědi se může projevit symptomem nedostatku železa (Neuberg, 1998). Vaněk a kol. (2002) ovšem tvrdí, že nadbytek mědi je u rostlin velmi ojedinělý, což je dáno tím, že měď je v půdě velmi silně sorbována, takže nepřechází ani při jejím velkém přísunu do půdy do půdního roztoku.

Bór (B) – Bór je důležitý pro růst kořenů, transport asimilátů z chloroplastů a listů do zásobních orgánů, na tvorbu generativních orgánů. Dále je významný pro výstavbu a stabilitu buněčné blány, kde se vyskytuje jak přímo v bláně buněčné, tak i v mezibuněčných prostorech. Rostliny jej přijímají ve formě kyseliny borité - H_3BO_3 . Příjem bóru, respektive jeho rozpustnost a přijatelnost rostlinami je značně omezena za sucha, kdy se zvyšuje jeho vazba v půdě. Dále příjem bóru ovlivňuje pH, lépe přijatelný je v kyselém prostředí (Vaněk a kol., 2002).

Při nedostatku bóru odumírají vrcholy mladých výhonků. Mladé listy jsou často zkadeřené a křehké. Zpočátku mají tmavě zelenou až šedozelelou barvu. Vrcholové listy buď zasychají, nebo při vlhkém počasí zahnívají. Při nadbytku je charakteristické zežloutnutí špiček listů,

které se později rozšíří a změní na zežloutnutí či zhnědnutí celého listu. Žlutozelené až hnědé listy opadávají odzdoła (Neuberg, 1998).

Mangan (Mn) – Uplatnění manganu spočívá především v jeho schopnosti příjmu a přesunu elektronů (změny Mn^{2+} a Mn^{4+}), a proto se zúčastňuje při tvorbě řady oxidačně-redukčních enzymů, dále při tvorbě glycidů a bílkovin. Je významný při tvorbě některých vitamínů, jako je vitamín C. Dále je mangan důležitý při fotosyntetických pochodech, konkrétně při fotolýze vody. Účastní se na tvorbě buněčných membrán, tudíž i při výstavbě důležitých chloroplastů. Rostlinami je přijímán jako kationt Mn^{2+} (Vaněk a kol., 2002).

Při nedostatku manganu se tvoří hnědé až tmavohnědé protáhlé skvrny mezi zřetelně zelenou žilnatinou čepelí středních až horních listů. Silně zaostává růst kořenů. Nedostatek manganu vzniká spíše nevhodnými stanovištními podmínkami, než jeho nepřítomností v půdě (Vaněk a kol., 2012). Například na půdách karbonátových nebo převápněných přechází mangan z půdního roztoku do forem těžko dostupných pro rostlinu (Neuberg, 1998). Nadbytek manganu se vyskytuje jen na silně kyselých půdách u rostlin nesnášející kyselá stanoviště. Reakce rostlin na nadbytek manganu je podobná jako při jeho nedostatku. Většinou se vytvářejí hnědé skvrny na starších listech. Nekrózami je však postižena i nervatura, což při nedostatku manganu není (Vaněk a kol., 2002).

Molybden (Mo) – Molybden je transportován do nadzemních částí rostliny především jako aniont MoO_4^{2-} . Při nedostatku Mo se snižuje příjem Fe a vztah mezi Mo a Cu je jednoznačně antagonistický. Naopak fosfor hraje důležitou roli ve vztahu k molybdenu při jeho přesunu z kořenových buněk do transportního systému, při kterém mu značně napomáhá (Vaněk a kol., 2002). Molybden je využíván pro zajištění funkcí důležitých enzymových systémů a je například přítomen v enzymech působících redukci dusičnanů (Neuberg, 1998).

Příznaky nedostatku molybdenu jsou velmi podobné jako u dusíku. Starší listy jsou zpočátku modrozelené, později světle zelené, často se stácejí a nakonec zhnědnou a odumírají (Neuberg, 1998). Vaněk a kol. (2002) ovšem uvádí, že vysoké nároky na molybden a s tím spojené příznaky při jeho nedostatku mají především brukvovité rostliny. Nadbytek molybdenu a jeho toxické působení je málo pravděpodobné a v běžných podmínkách velmi vzácné.

Nedostatek či nadbytek jednotlivých živin je velmi těžké posoudit pouze vizuálně, jelikož některé příznaky jsou si velice podobné. Přesnou diagnostiku lze zajistit kvantitativním stanovením jednotlivých prvků chemickou analýzou rostliny nebo chemickou analýzou substrátu (Neuberg, 1998).

3.4.3. Charakteristika vybraných druhů okrasných trav a jejich nároky na živiny

3.4.3.1 *Cortaderia selloana*

Tato okrasná tráva patří do čeledi *Poaceae*. Rod *Cortaderia* obsahuje 24 druhů, nejvíce původem z Jižní Ameriky a čtyři domácí druhy z Nového Zélandu (Dellow et McCaffery, 2009). *Cortaderia selloana*, neboli pampová tráva pochází z oblasti Jižní Ameriky, přesněji z Brazílie, Argentiny a Chile (Nováková, 2004). Tato vytrvalá okrasná tráva tvoří mohutné trsy vysoké až 3 m a široké až 2,5 m (Ardle, 2007). Obloukovitě ohnuté šedo zelené listy jsou tuhé, 1 – 2 cm široké, s velmi ostrými okraji. Pevná, 2 – 2,5 m vysoká stébla nesou vejčité, husté laty, zprvu hedvábně stříbřité, později smetanové nebo lehce růžové, kvetoucí během září až října. Jedná se o dvoudomé rostliny. Samičí rostliny jsou pro své větší, široce pyramidální laty využívány při výsadbách častěji (Nováková, 2004).

Cortaderia selloana vyžaduje propustnou a na živiny bohatou půdu a slunné, proti větru chráněné stanoviště (Ardle, 2007). Při výsadbě je třeba vylehčit těžší hlinitou půdu pískem nebo drobným štěrkem, případně položit drenáž z hrubého štěrku na dno výsadbové jámy (Nováková, 2004). Ačkoliv *Cortaderia selloana* obvykle vyžaduje vysokou dostupnost světla, bylo zjištěno, že klíčivost semen byla vyšší v tmavším prostředí, než na přímém slunci. Klíčivost semen byla dále vyšší v písčité půdě, ovšem při nedostatku přísunu vody byla omezena na 60 %, a to i přesto, že je tato rostlina schopná tolerovat a odolávat velmi dobře vodnímu stresu (Domenecha et Vila, 2008). Tato okrasná tráva je náročná na přezimování, kdy je třeba trs zakrýt chvojím a folií proti pronikání vody (Opatrná a Součková, 2003).

Optimální pH půdy je 5,5 – 6,5. *Cortaderia selloana* je velmi přizpůsobivá i stanovišti, které má omezený obsah půdního dusíku a půdní vláh. Přesto jsou ovšem dokázány vyšší výnosy nadzemní hmoty, pokud má rostlina dostatek dusíku a vody v půdě (Vourlitis et

Kroon, 2013). Mladým rostlinám je vhodné dodat fosfor do půdy na podporu dobrého vývoje kořenů. Při nedostatku živin v půdě je vhodné rostlinám dodat při výsadbě základní živiny N, P, K v množství $N= 5 \text{ g/ m}^2$, $P= 4 \text{ g/ m}^2$, $K= 7 \text{ g/ m}^2$ (Dellow et McCaffery, 2009). Wilson et al., (2001) uvádí, že rostliny, kterým je dodáván dusík do půdy preferují formu amonného dusíku (NH_4^+). Rostliny přihnojované dusíkatým hnojivem s amonnou formou dusíku v dávce $N= 1 \text{ g/ m}^2$ měly vysoký výnos nadzemní hmoty, ale nízký výnos kořenové hmoty, zatímco rostliny přihnojované $N= 10 \text{ g/ m}^2$ vytvářely méně nadzemní rostlinné hmoty a více kořenového materiálu.

3.4.3.2. *Miscanthus sinensis*

Okrasná tráva *Miscanthus sinensis*, českým názvem ozdobnice čínská, pochází ze střední a severní Číny, Japonska a Koreje a patří do čeledi *Poaceae* (Nováková, 2004). Tato rostlina vytváří husté, až 3 metry vysoké trsy. Listová čepel je hladká, tmavě zelená, většinou se stříbřitým středovým pruhem, vzpřímená nebo obloukovitě přehýbaná. Květní laty jsou až 40 cm dlouhé, péřité a dle odrůdy stříbřité, bělavé či hnědočervené. Takto výrazně kvete od srpna do října (Leyhe, 2004).

Tato okrasná tráva se dostala do Evropy již začátkem 30. let 20. století jako ozdobná rostlina. Až roku 1989 začaly pokusy o šlechtění. Jedná se o vytrvalou rostlinu typu C4, což znamená, že dokáže optimálně využít vody, živin a světla na asimilaci (Holub, 2007). Tato vytrvalá rostlina vydrží na svém stanovišti až 20 let. Údaje ze zahraničí uvádí velmi vysoké výnosy této plodiny a to kolem 20 t/ ha suché nadzemní hmoty. Pro tyto vlastnosti je vhodná k energetickému využití pro přímé spalování (Petříková, 2005). *Miscanthus sinensis* je v České republice povolený jako energetická rostlina a nejsou k jejímu pěstování výhrady pro nepříznivé vlivy na životní prostředí jako např. u křídlatky (Holub, 2007).

Této rostlině se nejlépe daří na lehčích, dobře propustných půdách, spíše v teplejších oblastech, na plném slunci až v lehkém polostínu a je mrazuvzdorná (Ardle, 2007). *Miscanthus sinensis* snáší vyšší hladinu podzemní vody, ale ne více než 60 cm. Při dosahování vysokých výnosů má vysoké nároky na zavlažování. Při výnosu 40 t/ ha je třeba alespoň 1 000 mm srážek nebo podzemní zavlažování. Optimální pH půdy je 5 až 6,5 (Holub, 2007).

Hood et al. (2011) uvádějí, že tato rostlina je nenáročná na živiny a nepotřebuje pro svůj optimální růst žádné hnojení, pokud má vysokou zásobu živin v půdě. Je schopen získané živiny ukládat do svých kořenů a při dalším vegetačním období je opět využívat k životním pochodům a tvorbě biomasy. Holub (2007) uvádí, že na půdách s nízkým obsahem živin se doporučuje hnojit druhým rokem na jaře jednorázově dávkou $N= 5 - 8 \text{ g/ m}^2$, $P= 4 \text{ g/ m}^2$, $K= 7 \text{ g/ m}^2$. Petříková (2005) doporučuje hnojení hned při zakládání porostu $N= 5 \text{ g/ m}^2$ a v dalších produkčních letech tuto dávku zvýšit na $5 - 10 \text{ g/ m}^2$, s doplněním dávky draslíku a fosforu. Dále uvádí, že lze také využít například kejdu hospodářských zvířat v dávce 30 t/ ha při zakládání porostu.

3.4.3.3. *Phalaris arundinacea*

Phalaris arundinacea, česky chrastice rákosovitá, je vytrvalá výběžkatá tráva dosahující výšky až 2 m. Jedná se o druh, který je rozšířen po celé Evropě, východní Asii a Severní Americe, kde se vyskytuje na březích stojatých vod (Opatrná a Součková, 2003). Tato rostlina kvete v červenci až srpnu na přímých olistěných stéblech v podlouhlých, úzkých latách šedozelené barvy, které nejsou zdaleka tak dekorativní jako její zeleno-bílé, lysé, úzce protáhlé listy (Leyhe, 2004).

Tato okrasná tráva vyžaduje humózní, hlinitojílovitou půdu, bohatou na živiny, slunná a teplá místa, snáší ovšem i zastínění a je mrazuvzdorná (Opatrná a Součková, 2003). Dále vyžaduje dostatečnou půdní vláhu, dobře snáší i zaplavení. Vysokých výnosů je dosahováno na půdách, kde se hranice spodní vody pohybuje mezi 30 - 40 cm. Chrastice rákosovitá je velmi přizpůsobivá půdní reakci, a to v rozmezí pH od 4 do 7,5 s optimem okolo pH 5 (Stražil, 2011).

Stražil (1999) uvádí, že *Phalaris arundinacea* je značně náročná rostlina na živiny. Ve Švédsku uvádějí průměrné dávky živin při pěstování chrastice rákosovité sklízené na jaře $N= 8 \text{ g/ m}^2$, $P= 10 \text{ g/ m}^2$, $K= 3 \text{ g/ m}^2$. Ve Švédsku bylo použito s úspěchem také přihnojování čistírenským kalem. Ve Finsku používali v polních pokusech prvním rokem dávky dusíku v množství $N= 4 - 7 \text{ g/ m}^2$ a později $N= 7 - 10 \text{ g/ m}^2$. Z těchto experimentů vyplynula vhodnost hnojení od druhého roku pěstování v závislosti na půdních podmínkách v dávce dusíku $N= 5 - 8 \text{ g/ m}^2$. Petříková (2005) uvádí stejné údaje o dávkování jednotlivých živin a dále se zmiňuje, že v rámci hnojení lze využívat i kejdu hospodářských zvířat.

3.5. Obecná charakteristika biomasy

V současné době se hledají možnosti náhrady fosilních energetických zdrojů v rámci jejich blízkého vyčerpání. Jedním z důležitých obnovitelných zdrojů energie je biomasa, jejíž význam nespočívá pouze v získání nového zdroje energie. Produkce biomasy přispívá k omezení globálního oteplování, intenzita výsadby v městské zeleni zlepšuje ekologii krajiny, umožňuje zúrodnování půdy a v neposlední řadě má i významné sociální aspekty, neboť přispívá k vytváření nových pracovních příležitostí. Ze zemědělského hlediska je tento způsob využívání některých rostlin zvláště výhodný, neboť umožňuje produkovat netradiční komodity, které neslouží pouze pro potravinářské účely. To znamená, že místo potravin může zemědělství určitým podílem produkovat ekologicky výhodnou energii. Pro pěstování energetických rostlin lze s výhodou využít půdu, která není potřebná pro produkci potravin nebo krmiv a která se v ČR rozlohou blíží téměř 1 mil. hektarů (465 tis. ha orné půdy a 523 tis. ha luk a pastvin). Biomasa slouží především k vytápění budov, nebo k výrobě bioplynu, zpravidla s následnou produkcí elektřiny. Tradiční topení dřevem je rovněž jedna z nejvýznamnějších forem využívání energetické biomasy (Petříková, 2006).

3.5.1. Zdroje biomasy

Biomasa pro energetické využití se nejčastěji využívá ve formě nejrůznějších odpadních surovin organického původu, jako například dřevní či lesní štěpky, slámy obilné, řepkové, kukuřičné apod. Využívání odpadních surovin se ukazuje jako nejlevnější zdroj biomasy (Petříková, 2006). Biomasu můžeme tedy rozdělit na dřevní biomasu „odpadní“ ve formě štěpek, pilin, hoblin, mající původ ve dřevozpracujícím průmyslu a v lesnictví nebo dřevní biomasu získanou z cíleně pěstovaných energetických dřevin. A dále na rostlinnou biomasu „odpadní“ ve formě balíků ze slámy zbylé po sklizni zrna nebo rostlinnou biomasu získanou z cíleně pěstovaných energetických rostlin (Voláková, 2010). Poměrně známé jsou plantáže rychle rostoucích dřevin, které jsou i u nás zakládány, ale jsou rozšířeny hlavně v zahraničí. Méně známé jsou energetické rostliny bylinného charakteru (Petříková, 2006).

3.5.2. Využití okrasných trav jako energetické suroviny

V posledních deseti letech nabývá na významu využívání energie z rostlinné biomasy (Frydrych a kol., 2006). Pěstování rostlin na ladem ležící půdě je určitou možností využití této půdy pro nepotravinářské účely. Do spektra rostlin pro výrobu energie můžeme zařadit i trávy (Frydrych, 2003). Havrland et al. (2011) uvádí, že pro výrobu biopaliva (především ve formě peletek a briket) jsou velmi vhodné energetické rostliny typu okrasných trav, kde se nejlépe osvědčil *Miscanthus*, jehož výsledky ve výzkumu stanovení spalného tepla a výhřevnosti dosahovaly vysokých hodnot.

Z energetického hlediska lze travní biomasu využívat pro přímé spalování, na výrobu elektřiny a tepla (Stražil a kol., 2011) nebo pro výrobu bioplynu (Kára, 2003). Pro energetické využití lze použít odpadní biomasu z luk a pastvin nebo z porostů cíleně pěstovaných trav, které lze pěstovat jako travní směsi nebo jako monokultury (Stražil a kol., 2011).

3.5.3. Způsoby přeměny biomasy na energii

Energeticky využitelné rostliny, mezi které patří okrasné trávy, jsou přeměňovány na energii několika základními postupy – metoda přímého spalování, metoda výroby bioplynu a metoda termického zplyňování (Ust'ak, 2001). Při procesu přímého spalování vzniká zbytkový produkt – popel, který lze dále využít jako hnojivo. Stejně tak lze naložit s digestátem, což je zbylý produkt v procesu anaerobní fermentace (Stražil, 2011).

3.5.3.1. Metoda přímého spalování

Nejjednodušší metodou pro termickou přeměnu biomasy je spalování za dostatečného přístupu kyslíku. Tato technologie je dokonale zpracovaná a pro investory představuje minimální riziko. Produktem je tepelná energie, která se následně využije pro vytápění, technologické procesy nebo pro výrobu elektrické energie (Motlík a Váňa, 2002). Přímé spalování biomasy probíhá ve speciálně upravených spalovnách, neboť značný obsah některých látek způsobuje její snadnou těkavost a vysokou spékavost. Jako u každého paliva je spalování biomasy závislé na jejím chemickém složení a fyzikálních vlastnostech. Výhřevnost slámy i celých rostlin je v průměru jen málo nižší než u dřeva, rašeliny a hnědého uhlí. Ovšem dřevěné uhlí, černé uhlí a koks už mají zhruba dvojnásobnou výhřevnost.

Vlhkost v palivech by měla být co nejnižší, aby bylo zajištěno ekologické a efektivní spalování. Za optimální se považuje vlhkost biomasy v rozmezí 15 - 20 % (Ust'ak, 2001).

K biomase se ovšem mohou přidružit také cizí materiály, což je anorganický materiál, kterým může být biomasa kontaminována vlivem geologických procesů, kontaminací během sklizně nebo dopravy paliva, kdy dochází velice často ke znečištění biomasy zeminou a dalšími materiály, které mohou být smíchány s palivem během sběru, dopravy nebo skladování. Z hlediska zastoupení těchto prvků v biomase lze říci, že biomasa dřevního charakteru je obecně považována za palivo nízkoalkalické, s nižší koncentrací chlóru a vyšší koncentrací síry a rostlinná biomasa je naopak považována za palivo vysokoalkalické, s vyšším obsahem chloru a nižším obsahem síry. Přítomný chlór a síra se zapojují do nežádoucích korozivních procesů kotlového tělesa v případě, že biomasa je využívána k získávání energie právě spalováním (Voláková, 2010).

3.5.3.1.1. Spalování na roštu

Spalování biomasy je v současnosti technicky dostatečně vyřešeno, a to ve třech koncepcích, spalování na roštu, spalování na fluidní vrstvě a prachové spalování. Spalování na roštu zajišťuje jednolitě rozdělení paliva a lože ze žhavých uhlíků po celém povrchu roštu, což je důležité pro rovnoměrné zásobování vzduchem. Nerovnoměrný přísun vzduchu může způsobovat tvorbu vedlejšího produktu spalování - strusky či vyšší podíl úletového popela a zvýšenou potřebu vzduchu pro celkové spálení, čímž dochází ke ztrátě tepla (Tlustoš a kol., 2012). Spalování všech druhů paliv probíhá za provozních podmínek s určitým přebytkem vzduchu. Přebytek vzduchu musí být minimální, aby ztráty tepla spalinami byly co nejmenší, avšak dostatečný, aby se zaručilo dokonalé spálení paliva (Malat'ák a Vaculík, 2008). Metoda spalování na roštu je vhodná pro spalování biomasy s vysokým obsahem vlhkosti, různou velikostí částic a vysokým obsahem popela. Teploty při spalování se pohybují mezi 500 - 900 °C (Tlustoš a kol., 2012).

3.5.3.1.2. Spalování na fluidním loži

Výhodou procesu spalování na fluidním loži je možnost spalovat různé směsi biomasy, díky dostatečnému promíchání, oproti spalování na roštu. Je zde ale třeba dodržet velikost spalovaných částic, a to ne větších než 8 cm. Fluidním ložem se rozumí suspenze horkého, interního a granulovaného materiálu a je tvořeno především křemičitým pískem a dolomitem. Spalovací vzduch vstupuje do spalovacího zařízení zespodu a uvádí do pohybu horký materiál s biomasou. Spalovací teplota je v rozmezí 650 – 900 °C (Tlustoš a kol., 2012).

3.5.3.1.3. Prachové spalování

V tomto druhu spalovacího systému jsou paliva jako piliny či jemnější hobliny pneumaticky vstříkovány, společně se vzduchem, do pece, kde vzniká vírové proudění. Velikost spalovaných částic ovšem nesmí být větší než 1 – 2 cm a vlhkost by neměla překročit 20 %. Díky těmto požadavkům lze uplatnit technologii prachového spalování při zpracování jemného dřevního odpadu. Tato metoda se ovšem uplatňuje především při spalování uhlí, které lze na rozdíl od biomasy rozdrtit na požadovanou velikost (Tlustoš a kol., 2012).

3.5.3.2. Metoda fermentace

Další ze základních metod využití biomasy k energetickým účelům je fermentace, která probíhá pomocí anaerobní mikroflóry a jinak je také nazývána metodou výroby bioplynu. V anaerobním prostředí působí mikroorganismy ve fermentačních procesech, jejichž výsledkem je bioplyn. Tento produkt se kromě energeticky využitelného metanu (40 – 80 % objemu) skládá z oxidu uhličitého, sirovodíku, vodíku, amoniaku a jiných příměsí. Pro srovnání, zemní plyn je obvykle tvořen až z 99 % objemu metanem (Ušťak, 2001).

Anaerobní fermentace travní biomasy na bioplyn má oproti přímému spalování několik výhod. Je možné použít čerstvou biomasu. Biomasa s obsahem vody nad 50 % se dá přímo využít pouze na výrobu bioplynu. Pokud by se měla používat na účely spalování přímo v kotlích nebo na výrobu pelet či briket, bylo by třeba ji dosušet za příznivého počasí přímo na poli nebo uměle v sušárnách. Pro přímé spalování či k lisování do briket nebo pelet je vhodný obsah vody v biomase pod 20 %. Vznikající bioplyn je možno využít k výrobě tepla a elektrické energie, případně po úpravě dodávat do sítě zemního plynu. Digestát – zbytek po fermentaci, obsahuje prakticky nezměněné množství minerálních látek obsažených v původní

biomase a umožňuje recyklaci živin spojenou se zvyšováním produkce biomasy a následné snížení měrných provozních nákladů na produkci a sklizeň travní biomasy (Stražil, 2011).

3.5.4. Popel z biomasy a jeho využití

Se vzrůstajícím počtem realizací spaloven na biomasu se jeví jako potřebné vyřešit nakládání s popelem. Legislativa v ČR tento problém prozatím přímo neřeší a tak je popel mnohdy zbytečně vyvážen na skládky komunálního odpadu. Při posuzování možností dalšího využití popela je důležité znát jeho prvkové složení. Popel ze spalování biomasy je bohatý na obsah alkalických kovů a kovů alkalických zemin. Dále obsahuje velké množství křemíku, větší množství železa případně hliníku. Nezanedbatelný podíl na celkovém obsahu prvků má též síra a fosfor. Reakce popela je zásaditá (Voláková, 2010).

Popel ze spalování biomasy je možné v současné době posuzovat s ohledem na jeho prvkové složení a s ohledem na platnou současnou legislativu tak, že je to materiál pocházející z organické nekontaminované hmoty a tudíž je vhodné ho opět za určitých podmínek recyklovat. Jedním z možných způsobů, jak popel z biomasy dále využít, je aplikace popela do půdy. Zde je nutné dodržet podmínku pravidelného sledování obsahu rizikových látek (Voláková, 2010)

K posouzení obsahu rizikových látek v popelech je možné vzít za současného stavu legislativy v úvahu vyhlášky týkající se požadavků na minerální hnojiva, požadavků na aplikaci kalů nezemědělskou půdu nebo požadavek na kvalitu surovin pro kompostování. Popel je tedy nutné posuzovat podle zákona 185/2001 Sb., o odpadech ve znění pozdějších platných právních předpisů. Ertl a kol. (2011) uvádí, že při analýzách popelů získaných z biomasy bylo zjištěno, že především tzv. „úletové“ frakce popelů, ale i popel z roštů neobsahují žádné nebezpečné látky, jako jsou těžké kovy apod. Naopak bylo zjištěno, že obsahují minerální látky, které se svým obsahem a složením blíží minerálním hnojivům, které jsou v současné době aplikovány a průmyslově vyráběny, tj. především hnojiva s výrazným podílem oxidu vápenatého a oxidu draselného.

Také je možné použít popel ze spalování biomasy jako surovinu pro přípravu kompostů a množství rizikových prvků posoudit podle ČSN 465735 „Průmyslové komposty“. Tato norma

stanovuje jakostní znaky a nejvyšší přípustná množství sledovaných látek v průmyslovém kompostu a v příloze této normy jsou uvedena nejvyšší přípustná množství sledované látky ve vysušeném vzorku suroviny (Voláková, 2010).

Dále existuje možnost využití popelů z biomasy při výrobě stavebních prefabrikátů, kde poslouží jako plniva, která zlepšují mechanické vlastnosti těchto výrobků. Přesněji se jedná o využití popelů z biomasy jako reagujícího plniva do geopolymerních kompozitů. Geopolymerní pojivo na bázi tepelně aktivovaných jílových materiálů (buď čistých, ve formě kaolinitických jílů nebo ve formě různých odpadových materiálů z výroby porcelánu) lze zpracovat společně s popely z biomasy. Popele z biomasy se vyznačují především tím, že obsahují význačné podíly draselných a vápenatých rozpustných solí ve formě chloridů a síranů vedle dalších částí popela, kterými je především křemík. Základní identifikované látky obsahující draslík jsou chlorid draselný a síran draselný. Forma vápenaté soli (uhličitan vápenatý) může částečně napomáhat tvorbě geopolymerní reakce tepelně upraveného jílu. Lze předpokládat, že popel z biomasy je částečně plnivem a částečně vstupuje do polykondenzační reakce (Ertl a kol., 2011).

4. Materiál a metody

4.1. Založení pokusu

Vlastní experiment v rámci této bakalářské práce byl realizován v prostorách pokusných skleníků Katedry agroenvironmentální chemie a výživy rostlin, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, ČZU v Praze v roce 2012. Šlo o nádobový pokus umístěný na venkovní ploše pod automaticky výsuvnou střechou s regulací živin.

4.1.1. Charakteristika použité odrůdy v pokusu

K otestování substrátových pěstebních směsí s přídavkem slámového či dřevního popela a separovaného digestátu, pocházejícího ze zemědělské bioplynové stanice ZD Krásná Hora nad Vltavou, a.s., byla vybrána okrasná tráva *Cortaderia selloana*, odrůda ‘Pumila’.

Tato odrůda je charakteristická svými kompaktními špičatými a štíhlými vzpřímenými květy. Vytváří hustý trs šedozelených převislých a na okraji ostrých listů. Bývá většinou menší a kompaktnější než původní druh *Cortaderia selloana*. Odrůda ‘Pumila’ kvete již počátkem září, na rozdíl od původního druhu *Cortaderia selloana*, která kvete až na přelomu září až října.

4.1.2. Výsadba rostlin

Mladé rostliny byly sázeny 1. června 2012. K sázení byla použita nádoba o objemu 5 l. Každé dno nádoby bylo opatřeno odtokovými otvory a pod každou rostlinu byla umístěna miska z důvodu zabránění ztrát živin. Celkem bylo vysazeno 30 rostlin do deseti odlišných pěstebních substrátů po třech opakováních.

4.1.3. Způsob přípravy pěstebních směsí

V rámci experimentu bylo celkem realizováno deset variant. **Tab. 5** shrnuje jednotlivé složení pěstebních směsí. První varianta byla připravena pěstební směs ve složení 2 kg rašeliny, 10 ml NPK (0,5 g N, 0,16 g P, 0,4 g K) a 28,5 g dolomitického vápence. Druhá varianta byla namíchána v poměru 80% rašelina a 20% separát. Varianta 3 – 10 již obsahovala podíl popela v různých dávkách a odlišné formě, u variant 9 a 10 byla použita granulovaná forma popelů. V tomto nádobovém pokusu byl použit popel ze spalování pšeničné slámy a dřevní štěpky.

Tab. 3 a 4 (viz. Přílohy) uvádí obsahy jednotlivých živin popela ze spalování dřevní štěpky popela ze spalování pšeničné slámy, které byly přimíchány do vybraných pěstebních substrátů.

Tabulka 5 – Schéma pokusu

Varianta	Složení pěstebních směsí	Počet opakování
1	Rašelina 2 kg + dolomitický vápenec 28,5 g + 10 ml NPK (0,5 g N, 0,16 g P, 0,4 g K)	3
2	80 % rašelina + 20 % separát	3
3	Rašelina 2 kg + dřevní popel 58,8 g + 0,5 g N	3
4	Rašelina 2 kg + dřevní popel 117,6 g + 0,5 g N	3
5	Rašelina 2 kg + slámový popel 42,1 g + 0,5 g N	3
6	Rašelina 2 kg + slámový popel 84,2 g + 0,5 g N	3
7	80 % rašelina + míchaný dřevní popel 117,6 g + 20 % separát	3
8	80 % rašelina + míchaný slámový popel 42,1 g + 20 % separát	3
9	Rašelina + granulovaný dřevní popel 235,2 g + 0,5 g N	3
10	Rašelina + granulovaný slámový popel 84,2 g + 0,5 g N	3

4.1.4. Odběr rostlin

Aby mohly být stanoveny odběry živin rostlinami, byl proveden po ukončení pokusu v roce 2012 odběr nadzemních částí rostlin z každé varianty. Po odběru následovalo zvážení čerstvé hmoty. Po usušení se suchá hmota zvážila a poté umlela. Nadzemní část se vždy seřízla těsně nad povrchem substrátu v zóně kořenového krčku a poté se ihned zvážila v přirozeném stavu bez ovlhčení. Sklizeň rostlin, a tím i ukončení vegetačního nádobového pokusu, proběhla 15. 10. 2012.

4.2. Metody stanovení živin rostlinného materiálu a stanovení obsahu živin a chemických vlastností pěstebního substrátu

Stanovení obsahu makro a mikro živin v rostlinném materiálu bylo provedeno na katedře Agroenvironmentální chemie a výživy rostlin FAPPZ ČZU v Praze. Rozbory byly provedeny z nadzemní biomasy a pěstebních směsí.

4.2.1. Metoda mikrovlnného rozkladu rostlinného materiálu pro stanovení makro i mikro prvků.

Mikrovlnný rozklad byl proveden v kyvetách, do kterých bylo naváženo 0,5 g vzorku. Poté byly vzorky zality 8 ml HNO₃ a 2 ml H₂O₂ a vzniklý mineralizát byl odpařen. Obsahy celkových živin P, K, Ca, Mg, S a obsahy celkových stopových prvků Zn, Cu, B, Mo a Al byly stanoveny atomovou absorpční spektrometrií s plamenovou atomizací na přístroji Varian 280FS a optickou emisní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem na přístroji Varian Vista Pro, oba firma Varian, Austrálie.

4.3. Metody stanovení chemických vlastností pěstebních směsí

Čerstvá hmota pěstebních směsí byla předem usušena při 35 °C a zhomogenizována, poté analyzována.

4.3.1. Stanovení hodnoty pH a elektrické vodivosti (EC)

Z chemických vlastností byla měřena hodnota pH a hodnota elektrické vodivosti (stanovení rozpustných solí). Bylo odváženo 5 g vzorku na technických váhách. Do 250 ml nádoby byl vzorek vsypán a zalit 100 ml demineralizované vody. Vzorek byl extrahován na mechanické třepačce 5 minut. Po této době bylo provedeno měření kalibrovaným konduktometrem a kalibrovaným pH metrem.

5. Výsledky a diskuze

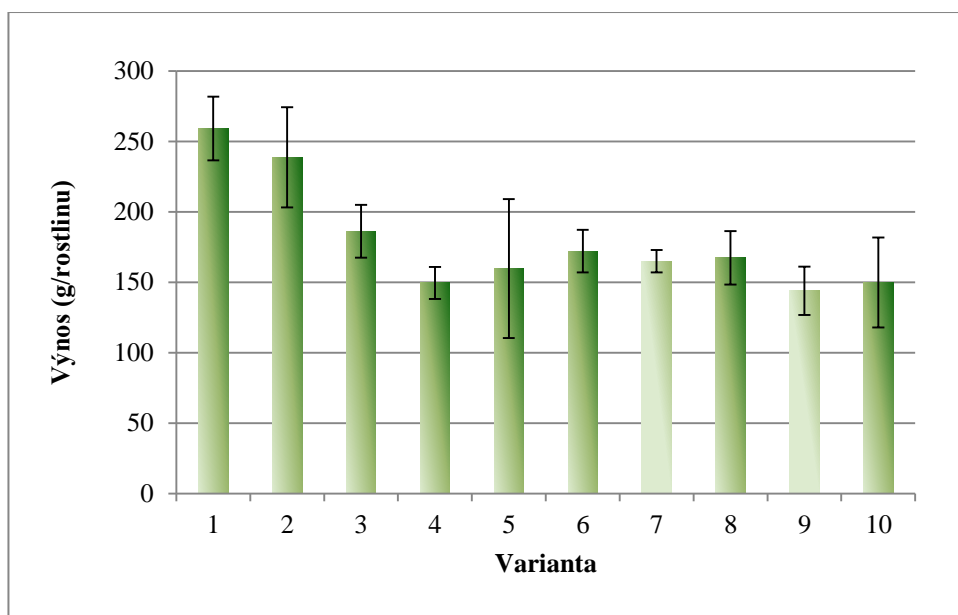
5.1. Výnos nadzemních částí *Cortaderia selloana*

Tabulka 6 (viz. Přílohy) uvádí výsledky výnosů nadzemních částí rostliny *Cortaderia selloana*, která byla v rámci vegetačního pokusu pěstována v deseti odlišných substrátech. Každá z těchto deseti variant zahrnovala tři opakování.

5.1.1. Výnosy čerstvé hmoty nadzemních částí *Cortaderia selloana*

Graf 1 znázorňuje výnosy čerstvé hmoty *Cortaderia selloana*. Nejvyšší výnos byl zaznamenán u varianty 1, která byla namíchána z 2 kg rašeliny, 28,5 g dolomitického vápence a 10 ml NPK (0,5 g N, 0,16 g P, 0,4 g K). Nejnižší výnos byl zaznamenán u variant 9 a 10, jejichž substrát obsahuje rašelinu, 0,5 g N, 235,2 g granulovaného dřevního popela a u varianty 10 příměs 84,2 g granulovaného slámového popela. Předpokládá se, že díky zhoršené rozpustnosti granulované formy popelů nemohl být substrát dostatečně obohacen o potřebné živiny, čímž rostliny strádaly. Varianta 3 se substrátem namíchaným z 2 kg rašeliny, 58,8 g dřevního popela a 0,5 g N měla nejvyšší výnosy z variant s příměsí popelů ze spalování biomasy. Varianta 4 s přídatkem 117,6 g dřevního popela měla téměř nejnižší výnosy, a to pravděpodobně v důsledku nadměrného množství příměsi dřevního popela, který jakožto zásaditý komponent ve velkém množství ovlivnil pH substrátu (viz. **Tab. 9**), které bylo příliš vysoké pro optimální růst *Cortaderia selloana*, jejíž rozmezí pH je od 5,5 – 6,5 jak uvádí Vourlitis et Kroon (2013). Varianty 5 a 6 obsahovaly v pěstebním substrátu vedle 2 kg rašeliny a 0,5 g N příměs popela ze spalování pšeničné slámy (42,1 g u varianty 5 a 84,2 g u varianty 6). Tyto varianty poskytly nižší výnosy než varianty s přídatkem popela dřevního. Tento substrát nedokázal zajistit takový odběr živin rostlinami jako varianta s příměsí dřevního popela, která dosahovala vyšších hodnot u všech posuzovaných odběrů živin s výjimkou odběru fosforu a téměř shodného odběru draslíku (**Graf 3 – 7**).

Graf 1 – Výnosy čerstvé hmoty nadzemních částí rostlin *Cortaderia selloana* (g/rostlinu)



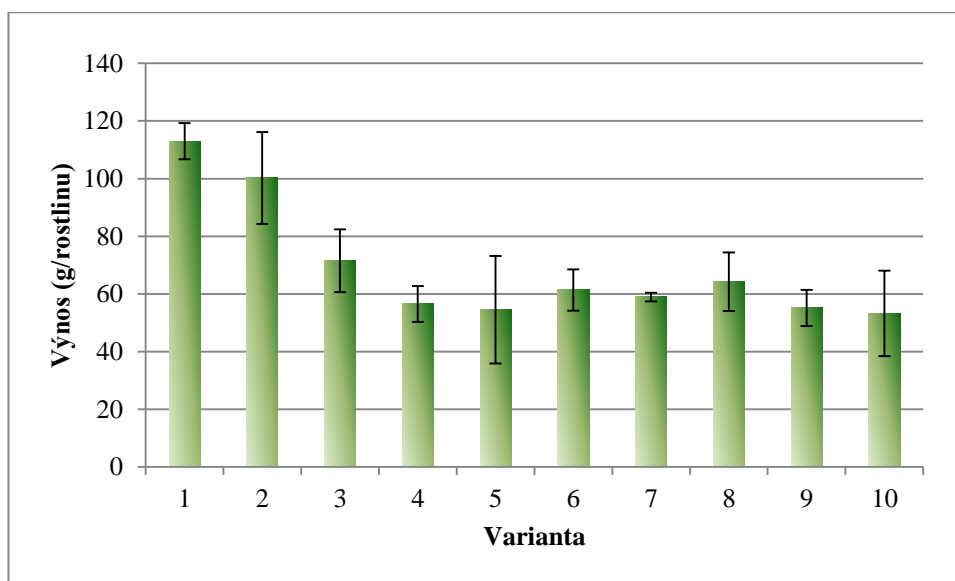
Obrázek 1 – Porovnání rostlin *Cortaderia selloana* (varianta 1 – 10) ve fázi kvetení (říjen, 2012)



5.1.2. Výnos suché hmoty nadzemních částí *Cortaderia selloana*

Graf 2 znázorňuje výnos suché hmoty nadzemních částí *Cortaderia selloana*. Nejvyšší výnos hmoty byl zaznamenán opět u kontrolní varianty, kde byla použita pěstební směs ve složení rašeliny s přidavkem 28,5 g dolomitického vápence a 10 ml NPK (0,5 g N, 0,16 g P, 0,4 g K). Naopak nejnižší výnos byl zaznamenán u varianty 10, kde byl použit substrát složený z rašeliny s přidavkem 84,2 g granulovaného slámového popela a 0,5 g N.

Graf 2 – Výnosy suché hmoty nadzemních částí rostlin *Cortaderia selloana* (g/rostlinu)



5.2. Obsah živin v nadzemní biomase u vybraných variant

Z tabulky 7 a 8 vyplývá, že nejvyšší zastoupení u všech vybraných variant mají základní živiny fosfor a draslík. Při porovnání jednotlivých variant je zřejmé, že nejvyšší obsah těchto živin v nadzemní biomase má varianta 5, jejíž pěstební substrát je namíchan z rašeliny, 42,1 g slámového popela a 0,5 g N. Popel ze spalování pšeničné slámy je bohatým zdrojem právě na tyto dva prvky, z čehož vyplývá, že obsah těchto prvků v rostlině, která je pěstována v substrátu s podílem slámového popela, bude mít hodnoty P a K vyšší než ostatní varianty. Voláková (2010) uvádí, že popel ze spalování biomasy, především popel ze spalování obilné slámy, je bohatým zdrojem živin jako je P, K a S, což dokazují i výsledky obsahů živin v rostlinách, které byly pěstovány v substrátech s přidavkem popelů. Nejnižší

obsah draslíku má varianta 1 namíchaná z rašeliny, dolomitického vápence a NPK hnojiva (0,5 g N, 0,16 g P, 0,4 g K). Kontrolní varianta 1 měla ovšem oproti zbylým variantám zvýšený obsah vápníku, zinku a hliníku. Obsahy ostatních živin jsou u jednotlivých variant poměrně vyrovnané.

Tabulka 7 – Obsah živin v nadzemní biomase – P, K, Ca, Mg, S

Obsah živin v nadzemní biomase (mg/kg)					
Varianta	P	K	Ca	Mg	S
1	1408±442	4679±1179	1303±60,1	1121±82,5	5118±509
3	1194±143	11326±1317	1005±122	416±64,1	5577±564
5	3162±773	15309±2664	710±19,2	340±46,8	5802±763

Tabulka 8 – Obsah živin v nadzemní biomase – Zn, Cu, B, Mo, Al

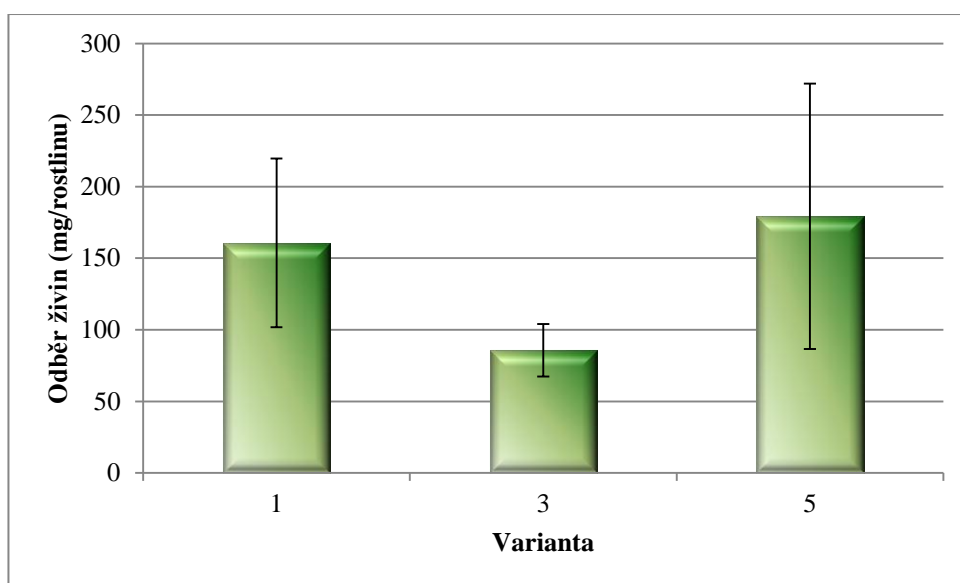
Obsah živin v nadzemní biomase (mg/kg)					
Varianta	Zn	Cu	B	Mo	Al
1	14,2±1,52	1,02±0,063	3,51±0,269	0,828±0,079	16,4±5,44
3	9,20±0,926	0,686±0,060	5,24±0,775	0,880±0,103	11,6±1,45
5	11,2±2,42	0,669±0,209	4,54±0,489	0,613±0,272	10,2±2,17

5.3. Odběr živin rostlinou *Cortaderia selloana*

5.3.1. Odběr fosforu rostlinou *Cortaderia selloana*

Z **grafu 3** vyplývá, že nejvyšší odběr fosforu je zaznamenán u varianty 5 (2 kg rašeliny, 42,1 g slámového popela, 0,5 g N), a to až dvakrát větší než u varianty 3, jejíž substrát je namíchan z 2 kg rašeliny, 58,8 g dřevního popela a 0,5 g N. **Tabulka 3 a 4** (viz. Přílohy) poukazují na rozdíl obsahů fosforu v popelu původem ze spalování dřevních pelet a pšeničné slámy. Stejně jako uvádí Ertl a kol (2011), Tab. 8 a 9 ukazují, že popel ze spalování pšeničné slámy obsahuje více fosforu a draslíku než popel ze spalování dřevních pelet. I přesto, že dávka dřevního popela je větší, množství fosforu dodaného do substrátu s příměsí slámového popela zůstalo vyšší. Na **obrázku 4** (viz. Přílohy) je vidět i příznak nedostatku fosforu u varianty 3 – zčervenání bází stonků. U varianty 1 byl zaznamenán dostatečný odběr fosforu rostlinami, díky přidanému NPK hnojivu (obsahující 0,16 g P) do pěstební směsi.

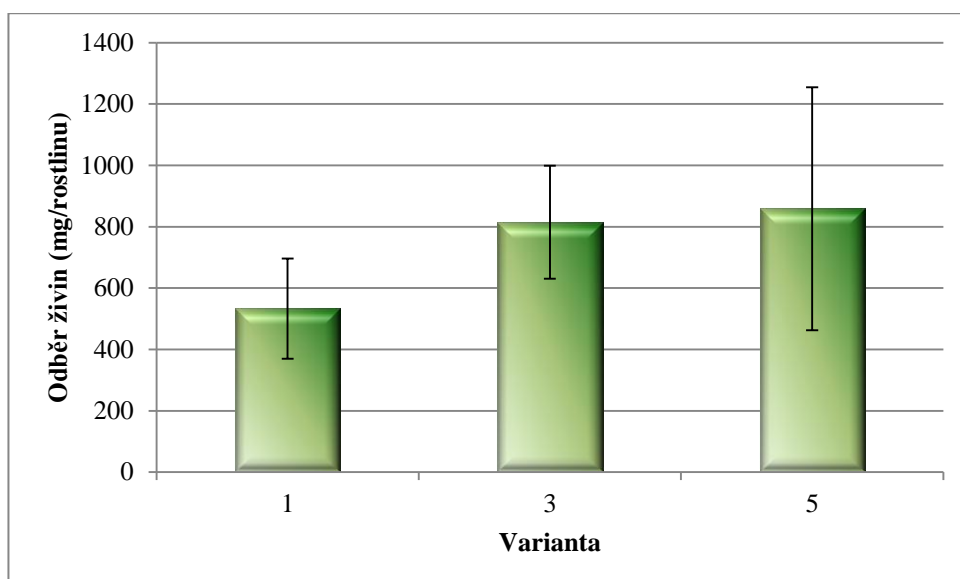
Graf 3 - Odběr fosforu rostlinami *Cortaderia selloana* (mg/rostlina)



5.3.2. Odběr draslíku rostlinou *Cortaderia selloana*

Graf 4 zobrazuje, že nejvyšší odběr draslíku byl stanoven u varianty 5, jejíž substrát je namíchan z 2 kg rašeliny, 0,5 g N a 42,1 g slámového popela, o něco menší odběr draslíku byl stanoven u varianty 3, která je s přidavkem 58,8 g popela dřevního. Popel ze spalování pšeničné slámy obsahuje 3 krát větší množství draslíku než popel ze spalování dřevních pelet (viz. **Tab. 3 a 4** - Přílohy)

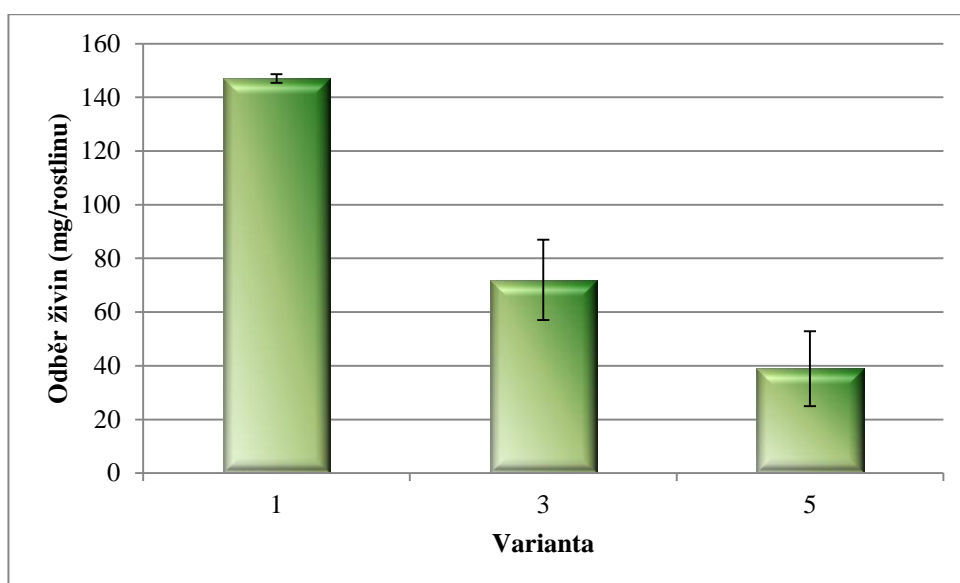
Graf 4 - Odběr draslíku rostlinami *Cortaderia selloana* (mg/rostlina)



5.3.3. Odběr vápníku rostlinou *Cortaderia selloana*

Z **grafu 5** vyplývá, že nejvyšší odběr vápníku byl stanoven u varianty 1, jejíž substrát obsahuje rašelinu, NPK hnojivo a příměs dolomitického vápence, jehož prvkové složení je bohaté právě na vápník, který mohly rostliny dostatečně čerpat z tohoto pěstebního substrátu. Nejnižší odběr vápníku je zaznamenán u varianty s příměsí popela slámového, tedy u varianty 5.

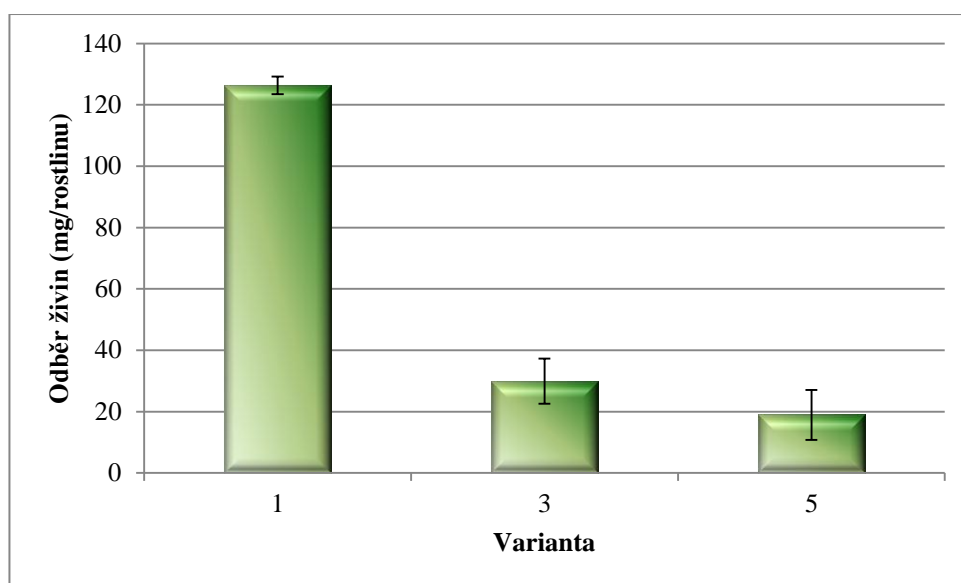
Graf 5 - Odběr vápníku rostlinami *Cortaderia selloana* (mg/rostlina)



5.3.4. Odběr hořčíku rostlinou *Cortaderia selloana*

Nejvyšší odběr hořčíku vykazuje kontrolní varianta ve složení 2 kg rašeliny, 28,5 g dolomitického vápence a NPK hnojiva, na rozdíl od varianty 5 se substrátem namíchaným z rašeliny a slámového popela, jejíž hodnoty jsou až šestkrát menší (**Graf 6**). Vyšší odběr hořčíku rostlinami u varianty 1 pravděpodobně ovlivnila přítomnost dolomitického vápence v substrátu, který obsahuje především vápník a hořčík (ve formě $MgCO_3$).

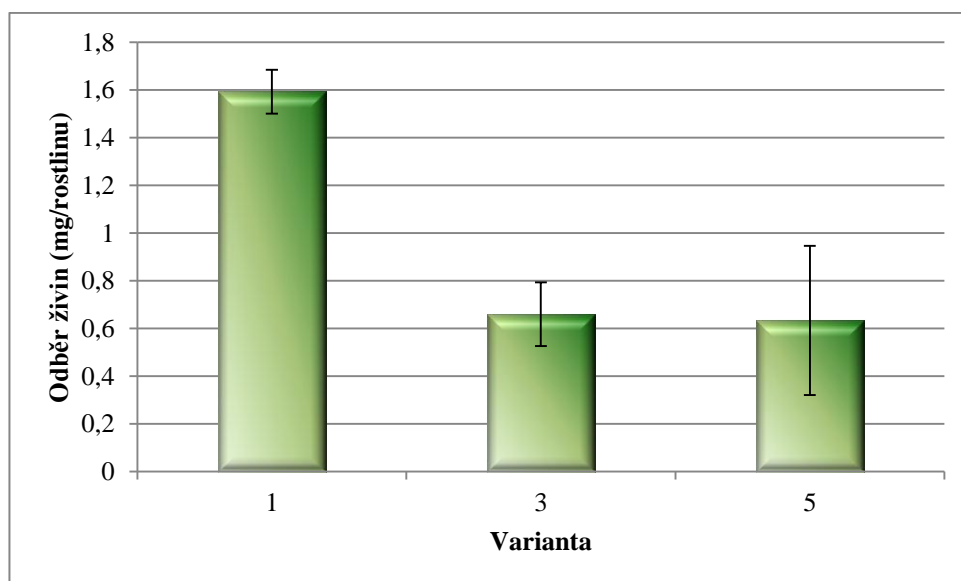
Graf 6 - Odběr hořčíku rostlinami *Cortaderia selloana* (mg/rostlina)



5.3.5. Odběr zinku rostlinou *Cortaderia selloana*

Nejvyšší odběr tohoto mikroprvku byl zaznamenán u kontrolní varianty 1, naopak z **grafu 7** vyplývá, že odběr zinku u varianty 3 a 5 se substrátem s příměsí dřevního a slámového popela je téměř shodný.

Graf 7 - Odběr zinku rostlinami *Cortaderia selloana* (mg/rostlina)



5.4. Agrochemické vlastnosti pěstebních směsí

Tabulka 9 uvádí průměrné hodnoty pH, EC a sušiny v použitých pěstebních směsích. Nejvyšší hodnota pH je zaznamenána u varianty 7, obsahující směs 80% rašeliny, 20% separátu a 117,6 g míchaného dřevního popela. Tato varianta má dále nejvyšší hodnoty EC. Velmi vysoké pH má i varianta 4 ve složení substrátu: 2 kg rašeliny, 117,6 g dřevního popela a 0,5 g N, a to díky velkému množství zásaditého komponentu – dřevního popela. Nejnižší hodnota pH, tedy nejvíc kyselé prostředí, se vyskytuje u varianty 2, jejíž pěstební substrát je složen z 80 % rašeliny a 20 % separátu, od čehož se odvíjejí i nízké hodnoty EC. Nejvyšší obsah sušiny je zaznamenán u varianty 3, jejíž pěstební směs je složena z 2 kg rašeliny, 58,8 g dřevního popela a 0,5 g N.

Tabulka 9 – Agrochemické vlastnosti pěstebních směsí

Varianta	Sušina (%)	pH (1:10 w/v)	EC (mS/cm)
1	53,3±2,57	5,09±0,09	0,12±0,006
2	52,1±2,81	4,84±0,01	0,14±0,003
3	58,2±1,86	6,91±0,06	0,25±0,007
4	49,8±6,11	7,93±0,07	0,41±0,025
5	51,1±3,29	5,33±0,13	0,24±0,020
6	53,0±8,46	6,31±0,03	0,37±0,014
7	42,7±2,58	8,26±0,12	0,51±0,037
8	51,6±6,26	6,06±0,12	0,27±0,032
9	43,8±4,25	6,76±0,29	0,49±0,051
10	43,9±1,85	5,42±0,04	0,28±0,029

6. Závěr

V literární rešerši bylo zhodnoceno využití okrasných trav nejen v zahradnictví, ale především jejich možné využití k produkci biomasy a dále jejich nároky na prostředí a živiny. Z literární části vyplynulo, že nároky okrasných trav na prostředí a živiny jsou odlišné a jednotlivé druhy okrasných trav mají své specifické požadavky. *Cortaderia selloana* je jednou z náročných rostlin na množství živin v půdě a přezimování v našich klimatických podmínkách. Dále z této části vyplynulo, že okrasné trávy jsou rostliny se značným energetickým potenciálem a některé druhy okrasných trav již dnes dosahují uspokojivých výsledků při produkci biomasy.

V rámci experimentu bylo celkem realizováno deset variant různého složení pěstebních směsí založených na bázi rašeliny s přidavkem popela ze spalování dřevních pelet a pšeničné slámy a separovaného digestátu při pěstování okrasných trav *Cortaderia selloana*. Z pokusné části práce vyplynulo, že nejvyšší výnosy čerstvé i suché hmoty nadzemních částí rostlin byly u varianty 1, tedy kontrolní varianty bez přidavku popela či separátu, ale s přidavkem NPK hnojiva (0,5 g N, 0,16 g P, 0,4 g K). Ze tří vybraných variant 1, 3 a 5 bylo dosaženo nejnižších výnosů u varianty 5 s příměsí slámového popela, přestože popel původem ze spalování pšeničné slámy obsahuje velké množství fosforu a draslíku, a tím zajišťuje pro rostlinu možný vysoký odběr těchto důležitých živin pro rostlinu. Tento substrát ovšem nedokázal zajistit takový odběr ostatních živin rostlinami jako varianta 3 s příměsí dřevního popela, která dosahovala vyšších hodnot u všech posuzovaných odběrů živin s výjimkou odběru P a téměř shodného odběru K. Varianta 3 s příměsí dřevního popela měla poměrně vysoké výnosy i přesto, že měla nejnižší obsahy živin P, K, S v rostlinách a vysoké pH, ovšem obsahy a odběry ostatních hodnocených živin byly vyšší než u varianty 5. *Cortaderia selloana* má optimální pH od 5,5 – 6,5, tudíž je třeba kontrolovat dávky popelů tak, aby nezměnily pH substrátu na příliš zásadité, a tedy ne příliš vhodné pro tyto rostliny. Pokud by se podařilo namíchat směs jednotlivých použitých komponentů tak, aby bylo využito jejich „bohatství“ na živiny a zároveň zajištěno optimální pH, mohly by být tyto komponenty využity jako ideální hnojivo organického původu.

7. Seznam literatury

Ardle, J. 2007. Bamboos and Grasses. Dorling Kindersley Limited. London. p. 160. ISBN: 978-1-4053-1683-5.

Darke, R. 2007. The encyclopedia of grasses for livable landscapes. Timber Press. Portland. p. 484. ISBN: 978-0-88192-817-4.

Dellow, J., McCaffery, A. 2009. Pampas Grass. 2nd ed. Primefact. p. 4. ISSN: 1832-6668. Dostupný také z: <<http://www.dpi.nsw.gov.au>>.

Domenecha, R., Vila, M. 2008. Cortaderia selloana seed germination under different ecological conditions. Acta oecologica-international journal of ecology. Vol. 33. p. 93-96.

Ertl, Z., Hanzlíček, T., Perná, I., Boura, P., Janků, R. Popel z biomasy - odpad nebo cenná surovina? [online]. Odpadové fórum. 2011 [cit. 2012-11-20]. Dostupné z <<http://odpadoveforum.cz/OF2011/dokumenty/prispevky/072.pdf>>.

Frydrych, J. 2003. Využití trav pro energetické účely. In: Ust'ak, S. (ed.) Energetické a průmyslové rostliny IX. CZ-Biom & VÚRV. Praha. s. 60-67. ISBN: 80-86555-29-1.

Frydrych, J., Andert, D., Kára, J., Juchelková, D. 2006. Výzkum a využití trav pro energetické účely. In: Ust'ak, S. (ed.) Energetické a průmyslové rostliny XI. CZ-Biom & VÚRV & EnviBio. Praha. s. 38-45. ISBN: 80-86555-88-7.

Havrland, B., Pobedinischi, V., Vrancean, V., Pecen, J., Ivanova, T., Kandakov, A. 2011. Biomass Processing to Biofuel. Powerprint. Praha. p. 86. ISBN: 978-80-87415-20-7.

Holub, P. Miscanthus - energetická rostlina budoucnosti? [online]. Biom. 18. dubna 2007 [cit. 2012-12-05]. Dostupné z <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/miscanthus-energeticka-rostlina-budoucnosti>>.

Hood, E., Nelson, P., Powell, P. 2011. Plant Biomass Conversion. John Wiley & Sons Inc. Chichester. p. 376. ISBN: 978-0-8138-1694-4.

Kára, J. 2003. Bioplyn. In: Andert, D. (ed.) Zemědělská technika a biomasa. Výzkumný ústav zemědělské techniky. Praha. s. 34 – 36. ISBN: 80-903271-1-7.

- Lange, P. 2003. Kbelíkové rostliny. Rebo productions CZ. Praha. 96 s. ISBN: 80-7234-281-9.
- Leyhe, U. 2004. Trávy, traviny a kapradiny: Nejkrásnější druhy a odrůdy. Rebo Productions CZ. Praha. 96 s. ISBN: 80-7234-320-3.
- Malat'ák, J., Vaculík, P. 2008. Biomasa pro výrobu energie. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. 206 s. ISBN: 978-80-213-1810-6.
- Motlík, J., Váňa, J. Biomasa pro energii (2) Technologie. [online]. Biom. 6. února 2002 [cit. 2013-01-03]. Dostupné z <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-pro-energii-2-technologie>>.
- Mrvová, J. 2012. Trávy pro veřejnou zeleň. Zahradnictví. 3. 81 - 82. ISSN 1213-7596.
- Neuberg, J. 1998. Hnojení a výživa rostlin na zahradě. Grada Publishing. Praha. 152 s. ISBN: 80-7169-496-7.
- Nováková, A. 2004. Okrasné trávy. Grada Publishing. Praha. 100 s. ISBN: 80-247-0820-5.
- Ondřej, J., Opatrná, M. 1997. Trávníky a okrasné trávy. BRIO. Praha. 128 s. ISBN: 80-902209-5-9.
- Opatrná, M., Součková, M. 2003. Pěstujeme okrasné trávy. Brázda. Praha. 176 s. ISBN: 80-209-0318-6.
- Oudolf, P., King, M. 1998. Gardening with Grasses. Timber Press. Portland (Oregon). p. 152. ISBN 0-88192-411-3.
- Pařava, R., Valtera, J. 2007. Rašelina – terminologie a další zajímavosti II., Zahradnictví, 12 (3), 62 - 63 s.
- Petříková, V. 2005. Pěstování rostlin pro energetické účely. Neoset. Praha. 32 s. ISBN: 80-239-5497-0.
- Petříková, V. Biomasa z energetických rostlin [online]. Biom. 19. dubna 2006 [cit. 2012-12-01]. Dostupné z <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-z-energeticky-ch-rostlin>>.
- Rosypal, S., Beneš, J., Beneš, K., Buchar, J., Heráň, I., Homola, J., Hůrka, K., Kubišta, V., Kvaček, Z., Linc, R., Losos, B., Mladá, J., Mladý, F., Novotný, I., Pavlová, L., Pikálek, P.,

- Romanovský, A., Slavíková, Z., Slavíková, J., Šašek, V., Šebánek, J., Šmarda, J., Štys, P., Urban, Z. 1998. Přehled biologie. 2. vydání. Scientia. Praha. 642 s. ISBN: 80-718311-0-7.
- Stražil, Z., Kohoutek, A., Diviš, J., Moudrý, J., Kajan, M. 2011. Trávy jako energetická surovina. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. Praha. 36 s. ISBN: 978-80-7427-078-9.
- Štěpánek, O. 2010. Okrasné trávy a jejich význam pro současnou zahradní a krajinářskou tvorbu. Diplomová práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Zahradnická fakulta. Lednice. 131 s.
- Tlustoš, P., Ochečová, P., Száková, J., Perná, I., Hanzlíček, T., Habart, J., Straka, P. 2012. Monitoring kvality popelů ze spalování biomasy. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. 22 s. ISBN: 978-80-213-2327-8.
- Ust'ak S. 2001. Průmyslové a energetické rostliny a základní způsoby jejich využití. In: Ust'ak S. (ed.) Energetické a průmyslové rostliny VII. CZ-Biom & VÚRV. Praha. s. 40-58. ISBN: 80-86555-00-3.
- Vaněk, V., Balík, J., Pavlíková, D., Tlustoš, P. 2002. Výživa a hnojení polních a zahradních plodin. 3. vydání. Ing. Martin Sedláček. Praha. 132 s. ISBN: 80-902413-7-9.
- Vaněk, V., Balík, J., Černý, J., Pavlík, M., Pavlíková, D., Tlustoš, P., Valtera, J. 2012. Výživa zahradních rostlin. Academia. Praha. 584 s. ISBN: 978-80-200-2147-2.
- Voláková, P. Biomasový popel – prvkové složení a možnosti jeho využití [online]. Biom. 14. dubna 2010 [cit. 2013-01-01]. Dostupné z <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasovy-popel-prvkove-slozeni-a-moznosti-jeho-vyuziti>>.
- Voláková, P. Prvkové složení biomasy [online]. Biom. 8. září 2010 [cit. 2012-12-30]. Dostupné z <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/prvkove-slozeni-biomasy>>.
- Vourtilis, G. L., Kroon, J. L. 2013. Growth and Resource Use of the Invasive Grass, Pampasgrass, in Response to Nitrogen and Water Availability. Weed Science. Vol. 61. p. 117-125.
- Wilson, F. E. A., Harvey, B. M. R., McAdam, J. H., Walton, D. W. H. 2001. The response of Whitegrass to nitrogen nutrition. Grass and Forage Science. Vol. 56. p. 84-91.

Samostatné přílohy

Tabulka 3 – Chemické složení popela ze spalování pšeničné slámy

Ukazatel	Hodnota	Jednotka
Arsen	1,87	mg/kg
Kadmium	0,44	mg/kg
Chrom	17,1	mg/kg
Měď	77,5	mg/kg
Rtuť	0,021	mg/kg
Molybden	4,6	mg/kg
Nikl	11,7	mg/kg
Olovo	5,55	mg/kg
Zinek	294	mg/kg
Draslík	119	mg/kg
Fosfor	36,3	mg/kg
Sušina celková	86,7	%
pH (H ₂ O)	12,06	
Spalitelné látky	4,32	%
Dusík celkový	0,13	%

Tabulka 4 - Chemické složení popela ze spalování dřevní štěpky

Ukazatel	Hodnota	Jednotka
Arsen	9,54	mg/kg
Kadmium	11,1	mg/kg
Chrom	71,2	mg/kg
Měď	99,1	mg/kg
Rtuť	0,02	mg/kg
Molybden	4,1	mg/kg
Nikl	35,4	mg/kg
Olovo	24,8	mg/kg
Zinek	654	mg/kg
Draslík	42,5	mg/kg
Fosfor	21,6	mg/kg
Sušina celková	99,5	%
pH (H ₂ O)	12,79	
Spalitelné látky	<0,5	%
Dusík celkový	0,14	%

Tabulka 6 – Výnos nadzemních částí rostlin

Varianta	Výnos nadzemních částí (g/rostlina)					
	Čerstvá hmota			Suchá hmota		
	Opakování 1	Opakování 2	Opakování 3	Opakování 1	Opakování 2	Opakování 3
1	285,3	244,4	248,2	108,8	109,9	120,2
2	255,3	263,2	198	83,3	115	102,4
3	202,6	165,8	190,5	75,9	59,1	79,5
4	148	161,7	139,1	62,5	50,1	57,1
5	103,4	194,9	181,2	63,4	33,1	67,1
6	182,6	154,8	179	53,1	65,6	65,5
7	158,2	162,9	173,9	58,3	57,8	60,7
8	176,1	145,5	180,5	67	53	72,7
9	129,3	162,8	139,7	53,5	62,1	49,9
10	133	130	186,8	48,8	69,8	41,2

Obrázek 2 – Rostliny *Cortaderia selloana* (varianta 1, 3, 5) ve fázi kvetení (říjen, 2012)



Obrázek 3 – Detail rostliny *Cortaderia selloana* - varianta 1 (říjen, 2012)



Obrázek 4 – Detail rostliny *Cortaderia selloana* – varianta 3 (říjen, 2012)



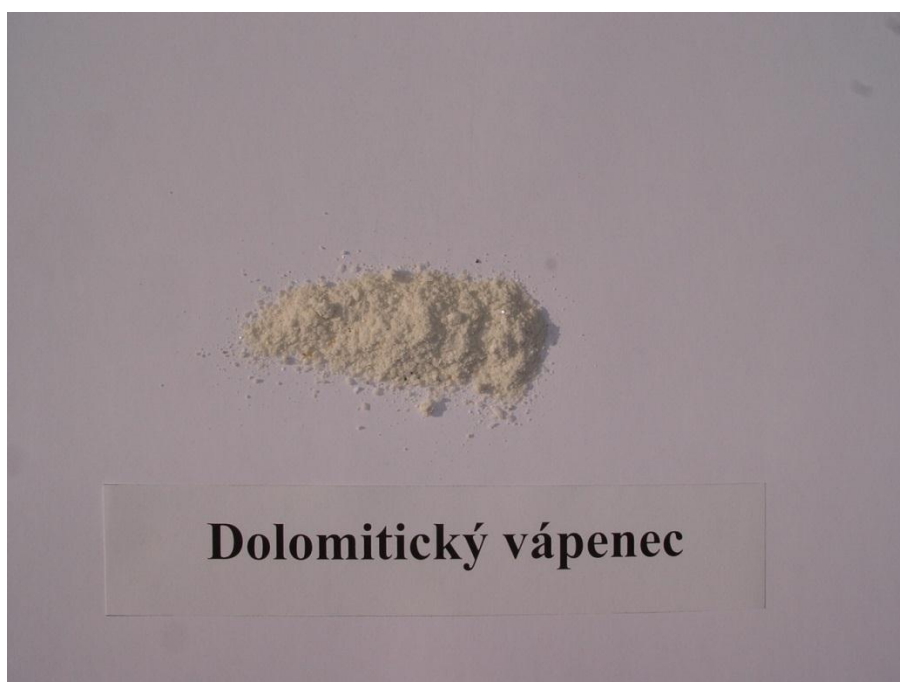
Obrázek 5 – Detail rostliny *Cortaderia selloana* – varianta 5 (říjen, 2012)



Obrázek 6 - Rašelina



Obrázek 7 - Dolomitický vápenec



Obrázek 8 - Separát



Obrázek 9 - Slámový popel



Obrázek 10 – Dřevní popel



Obrázek 11 – Granulovaný slámový popel



Obrázek 12 – Granulovaný dřevní popel

