



ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

**Pěstování léčivých, aromatických a kořeninových rostlin
v pěstebním médiu založeném na bázi
odpadních materiálů z bioplynových stanic**

certifikovaná metodika

Lukáš Kaplan a kol.



© Česká zemědělská univerzita v Praze
Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin, FAPPZ
165 00 Praha-Suchbátov
<http://www.af.czu.cz>

Vydavatelství Česká zemědělská univerzita v Praze

ISBN 978-80-213-3086-3

Praha 2021

Certifikovaná metodika byla zpracována v rámci řešení výzkumného projektu
TAČR TJ02000130

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

**Pěstování léčivých, aromatických a kořeninových rostlin
v pěstebním médiu založeném
na bázi odpadních materiálů z bioplynových stanic**

CERTIFIKOVANÁ METODIKA

Lukáš Kaplan a kol.

CERTIFIKOVANÁ METODIKA

Hlavním cílem projektu bylo využití teplotně upravených substrátů na bázi fugátu obohaceného selenem (Se) ve směsi se slámou jako bezpečného média pro pěstování léčivých, aromatických a kořeninových rostlin (LAKR) určených k přímé konzumaci.

Dedikace: Ke zpracování certifikované metodiky bylo použito výsledků výzkumných aktivit realizovaných v rámci řešení výzkumného projektu TAČR TJ02000130 „Vývoj inovovaných fermentačních technologií výroby pěstebních médií pro kultivaci jedlých hub a léčivých, aromatických a kořeninových rostlin“.

Kolektiv autorů:

Ing. Lukáš Kaplan, Ph.D.
prof. Ing. Pavel Tlustoš, CSc., dr. h. c.
Ing. Lukáš Praus, Ph.D.
Ing. Tomáš Mrština
Ing. Pavel Míchal, Ph.D.

Pěstování léčivých, aromatických a kořeninových rostlin v pěstebním médiu založeném na bázi odpadních materiálů z bioplynových stanic

Lukáš Kaplan a kol.

Vydání první, duben 2021

Vydavatelství: Česká zemědělská univerzita v Praze

Tisk Powerprint s.r.o., Brandejsovo nám. 1219/1, 165 00 Praha Suchbát, www.powerprint.cz

Foto obálky: Lukáš Kaplan

© Česká zemědělská univerzita v Praze

Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin, FAPPZ ČZU v Praze

Kamýcká 129, 165 00 Praha 6 - Suchbát

tel.: +420 224 382 736, <http://www.af.czu.cz>

ISBN 978-80-213-3086-3

Abstrakt

Předkládaná metodika je primárně určena výrobcům pěstebních substrátů, provozovatelům zemědělských bioplynových stanic (BPS) a pěstitelům léčivých, aromatických a kořeninových rostlin (LAKR). Mezi obtížné úkoly těchto odvětví patří v současnosti uplatnění fugátu (vedlejší produkt výroby bioplynu), závislost na rašelině (neobnovitelný přírodní zdroj) a hledání konkurenčních výhod při produkci a prodeji LAKR. Předmětem certifikace je výroba alternativních pěstebních substrátů fortifikovaných selenem. V těchto substrátech byla část rašeliny nahrazena fermentovaným materiálem na bázi fugátu obohaceného selenem a slámy, který byl připraven technologií aerobní fermentace. Součástí metodiky je hodnocení fyzikálně-chemických parametrů vstupů a výstupů aerobní fermentace a optimalizace skladby komponent pěstebního substrátu. Metodika byla ověřena při pěstování rostlin máty peprné, meduňky lékařské, bazalky pravé v modelových substrátech. Z výsledků vyplývá, že implementací metodiky lze dosáhnout úspory finančních prostředků (nižší spotřeba rašeliny a minerálních hnojiv) a optimálního obsahu Se v konzumních částech LAKR při zachování výnosů v porovnání s pěstováním v konvenčních substrátech.

Klíčová slova: Fugát, rašelina, živiny, máta peprná, meduňka lékařská

Abstract

The presented methodology is primarily intended for producers of growing media, operators of agricultural biogas stations and growers of medicinal, aromatic and culinary plants. Currently, the difficult tasks of these sectors include the application of liquid phase of digestate (a by-product of biogas production), dependence on peat (a non-renewable natural resource) and the search for competitive advantages in the production and sale of medicinal, aromatic and culinary plants. The subject of certification is the production of alternative growing substrates fortified with selenium. In these substrates, part of the peat was replaced by fermented material based on straw and fugate, enriched with selenium, which was prepared by aerobic fermentation technology. Part of the methodology is the evaluation of physico-chemical parameters of inputs and outputs of aerobic fermentation and optimization of the composition of components of the growing substrate. The methodology was verified in plants such as peppermint, lemon balm, sweet basil, which were growing in model substrates. The results show that the implementation of the methodology can achieve financial savings (lower consumption of peat and mineral fertilizers) and optimal Se content in the edible parts of medicinal, aromatic and culinary plants while maintaining yields compared to growing in conventional substrates.

Keywords: Liquid phase of digestate, peat, nutrients, peppermint, lemon balm

OBSAH

I. Cíl metodiky	1
II. Vlastní popis metodiky	2
1. Úvod	2
2. Analýza vstupních surovin a upravených materiálů fermentací	4
3. Využití fermentovaných produktů ve vegetačních experimentech pěstování LAKR	12
III. Srovnání novosti postupů	20
IV. Popis uplatnění certifikované metodiky	21
V. Ekonomické aspekty	21
VI. Závěr	23
VII. Seznam použité související literatury	24
VIII. Seznam publikací, které předcházely metodice	25
IX. Dedikace	26
X. Ostatní náležitosti certifikované metodiky	26

I. Cíl metodiky

Provoz zemědělských bioplynových stanic (BPS) je rozšířenou technologií využití organických materiálů při produkci bioplynu, který lze využít k výrobě elektrické energie a tepla. Nicméně udržitelnost výroby bioplynu touto cestou do značné míry závisí i na vhodném využití vedlejších produktů vzniklých při anaerobní fermentaci. Je potřeba nalézt takový způsob nakládání s těmito produkty, aby se zabránilo jejich negativnímu vlivu na životní prostředí. Bioplynové stanice mohou zpracovávat nejen cíleně vypěstovanou biomasu, ale i celou škálu biologicky rozložitelných materiálů, které by se potenciálně staly odpadem. Přírozený proces anaerobní fermentace těchto materiálů je v BPS technologicky řízen s cílem získat co nejvyšší výtěžek kvalitního bioplynu. Kromě bioplynu je produktem anaerobní fermentace tzv. digestát a jeho separovaná pevná část (separát) a kapalná část (fugát). Digestát lze aplikovat přímo jako hnojivo. Separát lze kompostovat a fugát lze použít pro přípravu kapalného hnojiva nebo ho aplikovat přímo na ornou půdu.

Hlavním trendem tuzemské produkce LAKR je zajištění kvality a bezpečné produkce, a to zavedením správné pěstitelské praxe, včetně skladování. Další trendy jsou určovány poptávkou spotřebitelů a zpracovatelů LAKR, která ovlivňuje druhové složení pěstovaných LAKR i podobu finálního produktu. Stále nabývá na významu pěstování čerstvé natě či produkce hrnkových rostlin.

Selen (Se) je esenciální stopový prvek ve výživě člověka, který se podílí na zabezpečení řady životně důležitých biochemických procesů, nejčastěji ve formě tzv. selenoproteinů. V popředí zájmu jsou především antioxidační a protirakovinné účinky sloučenin Se. Hlavním zdrojem Se pro člověka je strava, avšak potraviny, zvláště rostlinného původu, jsou na Se velmi chudé a nemohou tak zabezpečit optimální denní příjem Se. Suboptimální příjem Se představuje zvýšené riziko mnoha závažných onemocnění. Řízená selenizace jedlých rostlin a produkce funkčních potravin představují spolehlivý nástroj navýšení denního příjmu Se člověkem.

Cílem předkládané metodiky je aplikace technologie aerobní fermentace při zpracování fugátu z BPS a slámy. Produkt této fermentace je využit při výrobě pěstebních substrátů pro LAKR. Ambicí navržené technologie je: (i) alternativní materiálové zhodnocení fugátu, (ii) vzniklým materiálem nahradit část rašeliny (neobnovitelný zdroj) při konvenční výrobě pěstebních substrátů, (iii) procesní selenizace fermentovaného materiálu. Součástí metodiky je komplexní rozbor vlastností surovin vstupujících do technologie aerobní fermentace, dále také fermentovaného produktu a výsledných pěstebních směsí. Následně je ověřen vliv různé receptury pěstebního substrátu sestávajícího se z fermentovaného materiálu na obsah přístupných živin a na kvalitu a výnos LAKR ve vegetačních nádobových pokusech. Úspěšnost selenizace LAKR lze vyhodnotit na základě obsahu Se v konzumních částech rostlin. Sláma ob-

sahuje relativně méně živin, a však pro své příznivé fyzikální vlastnosti může být vhodnou komponentou pro přípravu pěstebního média. Pro svůj vysoký obsah živin lze při uplatnění fugátu v pěstebních směsích počítat s úsporou minerálních hnojiv, které se používají při konvenční výrobě pěstebních substrátů.

II. Vlastní popis metodiky

Předkládaná metodika je souhrnem poznatků o praktické aplikaci technologie aerobní fermentace pro výrobu nezávadného pěstebního média odvozeného ze selenizovaného fugátu a slámy, které bude využito jako komponenta pěstebních substrátů. Důraz je kladen na hodnocení fyzikálně-chemických parametrů vstupních surovin i fermentovaných produktů, včetně fyzikálních (hydrofyzikálních) vlastností připravených pěstebních směsí, zvláště schopnost fermentovaných materiálů ve směsi s rašelinou zadržovat vodu. Vedle bilance makro- a mikroprvků, jejichž přijatelný podíl v pěstebním substrátu je důležitý z hlediska výživy LAKR, je nezbytné ověřovat také obsahy rizikových prvků, a to v substrátech i biomase LAKR. Na základě výsledků hrnkových vegetačních experimentů je vyhodnocen vliv přídavku fermentovaných materiálů v substrátových směsích na výnos a obsah makro- a mikroprvků a rizikových prvků v konzumních částech vypěstovaných LAKR. Metodika poskytuje ucelený návod na využití fermentačních médií při pěstování rostlin LAKR. V metodice jsou detailně popsány postupy, které byly použity při řešení výzkumného projektu TJ02000130 „*Vývoj inovovaných fermentačních technologií výroby pěstebních médií pro kultivaci jedlých hub a léčivých, aromatických a kořeninových rostlin*“. Pro stanovení vlastností surovin organického původu, fugátu a navržených pěstebních směsí jsou doporučeny vhodné metodické postupy.

1. Úvod

Fugát vzniká mechanickou separací fermentačního zbytku po anaerobní digesti v bioplynových stanicích. Fugát může být použit jako kapalné hnojivo (Švehla a kol., 2021), ale také jako přísada pěstebních substrátů. Fugát se vzhledem ke své konzistenci ukládá ve skladovacích jímkách a aplikuje se na pole obdobně jako kejda. Fugát je charakteristický svým obsahem sušiny pohybující se v rozmezí 2 – 4 % a lze ho aplikovat jako kapalné hnojivo (Pawlica, 2010). Fugát obsahuje dusík především v minerální formě, tudíž je rostlinám přístupný. Obsah dusíku v kapalném fugátu je však jen 0,15 % – 0,30 %. Základními fyzikálně-chemickými parametry fugátu, jež ovlivňují růst rostlin, jsou hodnota pH a hodnota elektrické vodivosti (EC), která udává obsah rozpuštěných solí. Z významných živin se jedná především o dusík ve formě amonné i nitrátové, fosfor, draslík, hořčík a vápník; fugát je také zdrojem stopových prvků, např. železa, manganu, zinku, mědi, boru, molybdenu (Tlustoš a kol., 2013). Způsob využití fugátu se může měnit v závislosti na specifických podmínkách

a jeho kvalitě. Fugát je možné aplikovat jako hnojivo na zemědělskou půdu. Dalším způsobem použití fugátu je aplikace jako rekultivačního materiálu mimo zemědělskou a lesní půdu (Schievano a kol., 2009).

Základní složku většiny pěstebních substrátů používaných v zahradnické produkci v České republice tvoří rašelina, podobně tomu je i v jiných evropských zemích. Používá se samostatně nebo v kombinaci s dalšími organickými nebo minerálními komponenty. Při výrobě pěstebních substrátů může být rašelina částečně, případně i zcela nahrazena celou řadou alternativních komponentů (Dubský a Šrámek, 2006). V současné době se v některých zemích vyvíjí tlak na omezení používání rašeliny jako neobnovitelného přírodního zdroje (Pestrepo a kol., 2013). Používají se komposty nebo další obnovitelné zdroje organického původu, maximálně však do 20 % objemu v substrátové směsi tak, aby nedošlo k omezení růstu nebo poklesu kvality rostlin (Sonneveld a Voogt, 2009).

Maloobchodní prodej LAKR určených ke konzumaci v čerstvém stavu reaguje na stále zvyšující se oblibu těchto rostlin a vykázal v předešlých letech setrvalý růst (Zaccardelli a kol., 2021). LAKR jsou hodnotným zdrojem bioaktivních látek, např. silic, fenolických látek a antioxidantů a těší se zájmu potravinářského, farmaceutického a chemického průmyslu (Viuda-Martos a kol., 2010). Mnohé LAKR jsou označovány jako tzv. funkční potraviny. V posledních letech nabývá na významu stále více produkce tzv. „zeleného koření“. Pod tímto pojmem se rozumí rostliny pěstované nebo sbírané ve volné přírodě pro dochucování jídel. Používají se listy, květy nebo celá nať v čerstvém, sušeném nebo jinak konzervovaném stavu. Pro lidský organismus tyto rostliny pozitivně působí na trávení a správné vstřebávání látek z potravy. Použití zeleného koření koresponduje s trendem stále vyššího zájmu o novinky v oblasti gastronomie, ale také tradičních pokrmů a s trendem lokální výroby a spotřeby. Dalším z několika trendů, je snižování obsahů soli a cukru v jídlech, což vede k poptávce o druhy jako je *Ocimum* (bazalka) a *Petroselinum* (petržel) (Hrabalová, 2017). Pěstování zeleného koření ve sklenících je možné buď z přímých výsevů nebo z předpěstované sadby. Používají se různé technologie pěstování. Jednou z možností je kapková závlaha pro zajištění řízené kontroly veškerých faktorů v prostředí (živiny, ochrana proti škůdcům a chorobám), hydroponické pěstování, které s sebou přináší vyšší pořizovací náklady a nemožnost pěstování při produkci v bio kvalitě (Geneve et al., 2015). V USA se některé druhy (např. bazalka, máta) pěstují v systému kombinace hydroponie a recirkulační akvakultury. Při tomto systému rostliny čerpají živiny z „odpadu“ produkovaného rybami (zejména dusík), ovšem z hlediska dalších důležitých živin (draslík, vápník, železo) musí být tyto do systému doplněny (Nozzi et al., 2018).

Adekvátní příjem selenu člověkem zajišťuje optimální expresi selenoproteinů, tj. biomolekul, které jsou oblastí aktivního výzkumu prevence a léčby závažných one-

mocnění, zvláště kardiovaskulárních, neurologických a některých typů rakoviny (Newman a kol., 2019). Světové zdravotnické organizace uvádí hodnoty doporučeného denního příjmu (DDP) Se pro dospělého muže v rozmezí 42 µg (WHO/FAO, 2004) až 70 µg (National Health and Medical Research Council, 2006). Podle indexů Se publikovaných v Kvíčala a kol. (1995) je příjem Se obyvateli České republiky znepokojivě nízký, přičemž deficiencí Se jsou ohroženy především určité skupiny obyvatel (Kapounová a kol., 2014). Navíc v návaznosti na predikční modely změn klimatu ve 21. století se riziko deficiencí Se v globálním měřítku může dále zvyšovat (Jones a kol., 2017). Biofortifikace selenem znamená implementaci postupů, jejichž cílem je zvýšení obsahu Se v konzumních částech rostlin, v produktech živočišného původu a houbách (Wu a kol., 2015). V zemědělské praxi se biofortifikace selenem zatím uplatňuje pouze v několika zemích (Finsko, Austrálie, Velká Británie, Čína). Podstatou této tzv. agronomické fortifikace selenem je aplikace Se do půdy (ve formě vícesložkového minerálního hnojiva s obsahem selenanu) či na list (ve formě roztoku selenanu). Agronomická fortifikace a následná konzumace selenizovaných plodin (potravin) se vyznačuje biologickou bezpečností, spolehlivostí, dlouhodobou udržitelností a jednoduchostí celého procesu při vynaložení relativně nízkých nákladů (Alfthan a kol., 2015). Je otázkou času, kdy se úspěšný koncept agronomické fortifikace prosadí také při selenizaci pěstebních substrátů.

2. Analýza vstupních surovin a upravených materiálů fermentací

První část metodiky především charakterizuje konstrukci fermentačního zařízení na pracovišti v Červeném Újezdě ČZU. Dále charakterizuje vstupní suroviny – fugát a čtyři druhy slámy, pšeničnou a sójovou slámu, hrachovinu a slámu rostlin *Miscanthus*.

2.1. Metodické postupy

2.1.1. Aerobní fermentace

V Červeném Újezdě byla provedena technická realizace zařízení zajišťující proces aerobní fermentace (obr. 1 a 2). Zařízení je vybaveno přívodem páry a je opatřeno čidlem vedoucím do regulační skříně regulující přívod páry z vyvíječe. Ve spodní části ve výši 15 cm ode dna je umístěn rošt. Po straně zařízení je upevněn středotlaký ventilátor, který v horní části boxu (nad vrstvou substrátu) nasává vzduch a ve spodní části boxu vzduch tlačí do podroštového prostoru. Pod roštem je umístěn i přívod páry. Vzduchotechnická potrubí jsou opatřena klapkami, ovládané klapkovými pohony BELIMO. Obecně je aerobní proces fermentace běžně používán při přípravě substrátů pro pěstování hub. Proces v první fázi probíhá nejdříve za semiaerobních podmínek při teplotě 80 °C po dobu 3 - 6 dnů. Posléze ve druhé fázi proces pokračuje 6 - 7 dnů

za intenzivní aerace při teplotě 48 °C (Tlustoš a kol, 2016). V rámci této metodiky byl odzkoušen podobný proces pro přípravu pěstebního média pro pěstování rostlin.



Obrázek 1. Fermentační zařízení



Obrázek 2. Fermentační zařízení v provozu

2.1.2. Chemické a fyzikální analýzy

Z chemických a fyzikálních analýz byla stanovena **hodnota pH** a obsah **rozpuštěných solí** (konduktometricky) ve vodném výluhu suchého vzorku a demineralizované vody v poměru 1w/5v. Analýza obsahů **celkového dusíku a uhlíku** byla provedena pomocí elementárního CHNS analyzátoru (Vario Macro Cube, Německo). Obsah amonné formy dusíku byl stanoven s využitím destilačního přístroje Gerhard Vapodest 50s. **Celkové obsahy** dalších **makro- a mikroprvků** ve vstupních surovinách byly stanoveny atomovou absorpční spektrometrií s plamenovou atomizací (F-AAS, Varian 280FS, Varian, Austrálie) a optickou emisní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES, Agilent 720, Agilent Technologies Inc., USA), a to v mineralizátech po rozkladu vzorků na mokré cestě ve směsi HNO_3 (8 ml) a H_2O_2 (2 ml) při teplotě 190 °C v mikrovlnném zařízení (Ethos 1, Advance Microwave Digestation System). Stanovení **celkového obsahu Se** ve vzorcích po mineralizaci byl proveden technikou hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS, Agilent 7700x, Agilent Technologies Inc., USA) při měření v módu kolizní cely (helium).

2.2. Zhodnocení vlastností vstupních surovin a fermentovaných materiálů

Byly hodnoceny čtyři druhy slámy – pšeničná a hrachová sláma pocházející ze zemědělského družstva Krásná Hora nad Vlavou, a.s., sójová sláma pocházející z rodinné farmy Ing. Ivo Hlaváček z Doudleb nad Orlicí a sláma rostlin *Miscanthus* z pěstírny jedlých hub podniku Ing. Rudolfa Rýznera v Kojátkách. Všechny druhy slámy byly nadrceny na velikost částic v rozmezí 1,5 - 5 cm a dovezeny na pracoviště v Červeném Újezdu. Tabulka č. 1 uvádí fyzikálně–chemické parametry jednotlivých druhů slámy.

Tab. 1. Přehled fyzikálně–chemických parametrů jednotlivých druhů slámy, celkové obsahy prvků vyjádřené v sušině

Surovina	Sušina (%)	pH (H ₂ O)	EC (mS/cm)	N (%)	C (%)
Pšeničná sláma	94,5 ± 0,2	7,0 ± 0,1	1,13 ± 0,02	0,57 ± 0,02	43,0 ± 0,1
Hrachová sláma	93,8 ± 0,3	7,0 ± 0,1	0,80 ± 0,01	1,04 ± 0,01	42,2 ± 0,2
Sójová sláma	92,3 ± 0,2	7,2 ± 0,1	0,46 ± 0,21	0,97 ± 0,02	43,1 ± 0,3
Sláma <i>Miscanthus</i>	93,7 ± 0,1	6,0 ± 0,1	0,54 ± 0,05	0,58 ± 0,10	43,9 ± 0,2
Surovina	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	S (mg/kg)
Pšeničná sláma	738 ± 27	12312 ± 267	2940 ± 17	1106 ± 77	1462 ± 34
Hrachová sláma	728 ± 61	10438 ± 195	12222 ± 607	1512 ± 49	771 ± 47
Sójová sláma	852 ± 16	4528 ± 78	16230 ± 397	2615 ± 43	719 ± 9
Sláma <i>Miscanthus</i>	330 ± 8	4526 ± 275	2502 ± 72	677 ± 20	650 ± 29
Surovina	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Se (mg/kg)
Pšeničná sláma	243 ± 21	14,5 ± 0,6	3,65 ± 0,49	28,6 ± 1,1	0,05 ± 0,01
Hrachová sláma	96 ± 28	8,9 ± 0,9	3,80 ± 0,21	14,7 ± 2,9	0,05 ± 0,02
Sójová sláma	3918 ± 85	58 ± 5	6,54 ± 0,08	138 ± 4	0,44 ± 0,09
Sláma <i>Miscanthus</i>	226 ± 13	8,8 ± 0,3	2,51 ± 0,02	21,3 ± 0,2	0,29 ± 0,04



Obrázek 3. Hrachová sláma



Obrázek 4. Sláma rostlin Miscanthus



Obrázek 5. Pšeničná sláma



Obrázek 6. Sójová sláma

Z tabulky č. 2, která uvádí fyzikálně-chemické vlastnosti fugátu, vyplývá nízký obsah sušiny, vysoká hodnota pH a vysoký obsah rozpuštěných solí. Z makroživin byl ve fugátu zjištěn nejvyšší obsah draslíku, který se pohyboval v rozmezí 4,8 – 4,9 % v sušině. Z mikroprvků byl nejvyšší obsah zjištěn u železa (0,47 – 0,50 %). Pro obsahy sledovaných rizikových prvků nebyly překročeny limitní hodnoty z vyhlášky

č. 131/2014 Sb. definované pro organická hnojiva a statková hnojiva se sušinou ≤ 13 %. Přídavek selenanu (Na_2SeO_4) do fugátu ve formě roztoku zajistil vysoký obsah Se (134 mg/kg sušiny). Tabelované vlastnosti fugátu a selenizovaného fugátu (tab. č. 2), které pocházejí ze dvou nezávislých odběrů s odstupem vzorkování fugátu delším než 1 měsíc, potvrzují, že fugát produkovaný v BPS Krásná Hora vykazuje vysokou stabilitu obsahu makro- a mikroprvků, rizikových prvků, sušiny a hodnoty pH.

Tab. 2. Přehled fyzikálně–chemických parametrů fugátu z BPS Krásná Hora nad Vltavou, celkové obsahy prvků v sušině

Vzorek	Sušina (%)	pH (H_2O)	EC (mS/cm)	N (%)	N- NH_4^+ (mg/kg č.h.)
Fugát	$5,4 \pm 0,1$	$9,1 \pm 0,1$	$> 4,00$	$3,24 \pm 0,01$	1785 ± 152
Fugát + Se	$5,3 \pm 0,2$	$9,2 \pm 0,1$	$> 4,00$	$3,20 \pm 0,02$	1699 ± 163
Vzorek	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	S mg/kg
Fugát	11185 ± 105	48273 ± 1862	33408 ± 963	11234 ± 1021	8437 ± 652
Fugát + Se	10996 ± 214	48989 ± 1025	32098 ± 725	11095 ± 1520	7776 ± 952
Vzorek	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Mo (mg/kg)
Fugát	5052 ± 132	489 ± 25	$73,2 \pm 0,3$	280 ± 13	$1,88 \pm 0,02$
Fugát + Se	4705 ± 215	378 ± 38	$64,9 \pm 0,4$	272 ± 25	$1,25 \pm 0,01$
Vzorek	Se (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Ni (mg/kg)
Fugát	$1,64 \pm 0,06$	$0,24 \pm 0,01$	$6,52 \pm 0,05$	$1,89 \pm 0,02$	$4,42 \pm 0,03$
Fugát + Se	134 ± 3	$0,33 \pm 0,01$	$5,00 \pm 0,04$	$1,67 \pm 0,01$	$3,85 \pm 0,02$

Tab. 3. Složení vstupních směsí a procesní podmínky fermentací (F1, F2)

Fermentace	Složení surovin/množství vkladky	Podmínky
F1	Pšeničná sláma (71 kg), fugát (71 kg), voda (150 kg), Na_2SeO_4 (501 mg Se ^{VI})	7 dnů, 78 °C, pára 1 hod.
F2	Sláma <i>Miscanthus</i> (71 kg), fugát (50 kg), voda (150 kg), Na_2SeO_4 (501 mg Se ^{VI})	7 dnů, 78 °C, pára 1 hod.

V rámci fermentačních experimentů byly provedeny dvě aerobní fermentace. Z hlediska rozdílných hydrofyzikálních vlastností byly pro přípravu pěstebních směsí použity fermentační produkty z pšeničné slámy (F1) a slámy rostlin *Miscanthus* (F2). Složení vstupních materiálů a podmínky jednotlivých fermentací uvádí tabulka č. 3. Příprava směsí pro aerobní fermentaci spočívala v rozvrstvení slámy na ploše tak, aby byla dokonale zhomogenizována s příměsí vody. Do slámy s vodou byl pro aktivaci procesu aplikován v dělené dávce plošně fugát. Takto připravená směs byla ponechána na vzduchu 48 h pro nasáknutí slámy. Do takto upraveného materiálu byl aplikován druhý podíl fugátu společně s roztokem Na_2SeO_4 . Celá směs byla důkladně zho-

mogenizována a naskladněna do fermentačního zařízení, které bylo provozováno podle definovaných podmínek. V rámci poloprovozních zkoušek fermentace byly aplikovány dvě rozdílné dávky fugátu.

Tabulka č. 4 znázorňuje vybrané fyzikálně-chemické parametry vstupních směsí jednotlivých fermentací. Z tabulky je patrné, že se jednotlivé zjištěné parametry v obou směsích výrazně nelišily.

Tab. 4. Fyzikálně-chemické parametry vstupních směsí před fermentací (vkládky), celkové obsahy prvků v sušině

Směs	Sušina (%)	pH (H ₂ O)	EC (mS/cm)	N (%)	C (%)
F1	26,3 ± 0,2	9,3 ± 0,2	2,78 ± 0,32	1,6 ± 0,1	43,3 ± 0,1
F2	27,8 ± 1,3	9,2 ± 0,2	2,35 ± 0,65	1,7 ± 0,0	44,0 ± 0,6
Směs	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	S (mg/kg)
F1	1738 ± 586	14387 ± 509	5597 ± 213	1934 ± 192	1821 ± 128
F2	1616 ± 264	13174 ± 986	5945 ± 189	2332 ± 481	1484 ± 136
Směs	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Se (mg/kg)
F1	476 ± 98	39,1 ± 3,8	6,2 ± 0,0	47 ± 10	8,08 ± 0,14
F2	491 ± 85	34,9 ± 5,2	6,6 ± 0,0	47 ± 12	8,96 ± 0,77

Tab. 5. Fyzikálně-chemické parametry směsí na konci fermentace, celkové obsahy prvků v sušině

Směs	Sušina (%)	pH (H ₂ O)	EC (mS/cm)	N (%)	C (%)
F1	29,4 ± 0,5	8,7 ± 0,0	0,85 ± 0,01	1,5 ± 0,9	42,2 ± 0,9
F2	29,6 ± 0,7	8,5 ± 0,0	0,62 ± 0,03	1,7 ± 0,4	44,0 ± 1,1
Směs	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	S (mg/kg)
F1	2374 ± 106	15650 ± 274	7068 ± 413	2256 ± 384	1758 ± 298
F2	1032 ± 165	11363 ± 121	10197 ± 881	1559 ± 214	899 ± 127
Směs	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Mo (mg/kg)
F1	414 ± 11	36,5 ± 1,6	6,25 ± 0,35	62,1 ± 9,6	0,85 ± 0
F2	241 ± 24	24,4 ± 0,1	4,77 ± 0,08	29,5 ± 4,1	< 0,01
Směs	Se (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Ni (mg/kg)
F1	6,27 ± 0,14	0,26 ± 0,05	0,83 ± 0,02	< 0,02	0,72 ± 0,02
F2	6,51 ± 0,72	0,88 ± 0,01	0,75 ± 0,03	< 0,02	0,51 ± 0,04

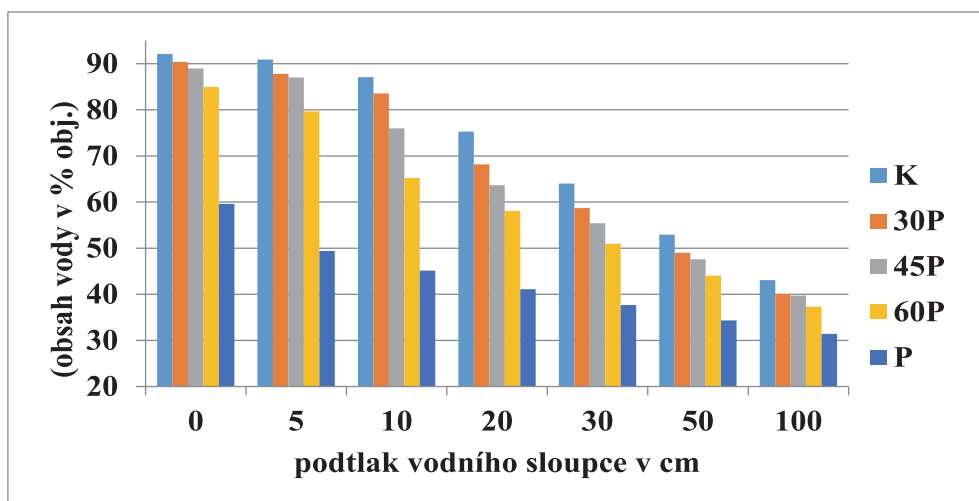
Tabulka č. 5 ukazuje vybrané fyzikálně-chemické parametry směsí na konci fermentace. V porovnání se vstupními směsmi byl zaznamenán vyšší obsah sušiny, mírný pokles hodnoty pH a pokles obsahu rozpuštěných solí.

2.3. Zhodnocení vlivu fermentovaných materiálů na hydrofyzikální vlastnosti připravených pěstebních směsí

V rámci vyhodnocení vlivu fermentovaných produktů na hydrofyzikální vlastnosti pěstebních směsí byly navrženy a připraveny směsi založené na bázi světlé rašeliny s přidavkem fermentovaných produktů (F1 a F2). Kontrolní směs byla tvořena rašelinou s přidavkem minerálního hnojiva PGMix (AGRO CS, a.s.) a dolomitického vápence (Hasit, s.r.o.). Jednotlivé pokusné varianty byly připraveny (míchány) v dávkách 30 % obj., 45 % obj. a 60 % obj. fermentovaného materiálu s rašelinou. Grafy 1 a 2 znázorňují dynamiku retenčních křivek jednotlivých pěstebních směsí. Pro komplexní **hydrofyzikální rozbor** organického substrátu byly na pískovém tan-ku stanoveny retenční křivky, které charakterizují závislost vlhkosti substrátu na vodním potenciálu v rozsahu $-0,25$ kPa (nasycený vzorek) až -10 kPa. Objem vody v substrátu byl postupně stanoven při podtlaku 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50 a 100 cm vodního sloupce. Pro hodnocení byla použita metoda, která vychází z evropské normy EN 13041.

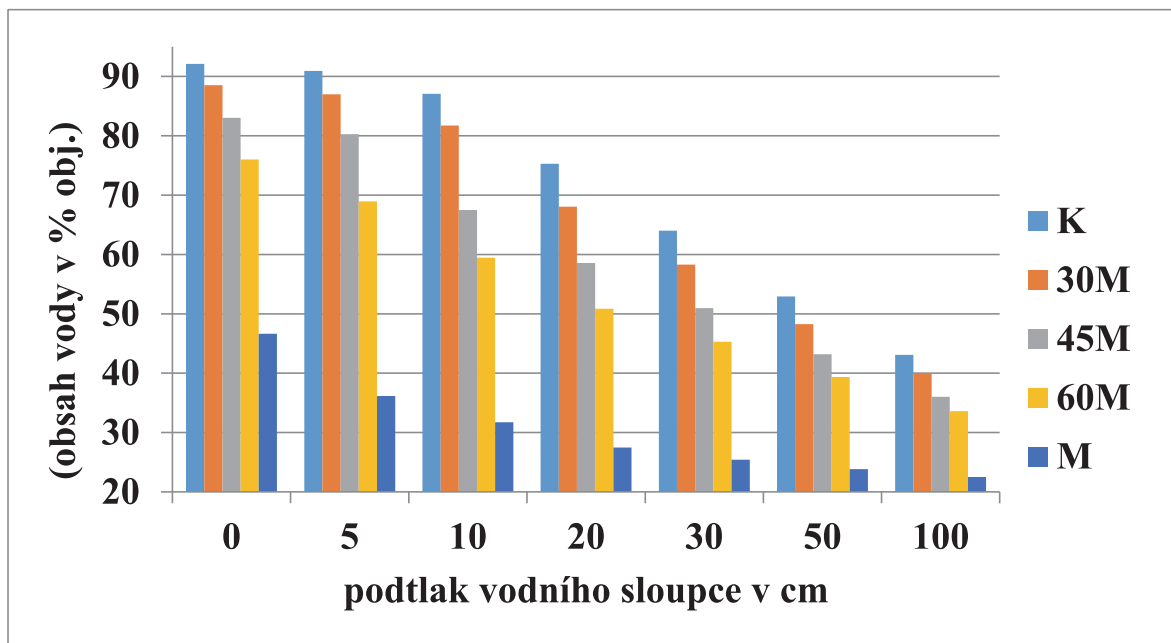
Z grafů 1 a 2 jsou patrné odlišné trendy zadržování vody jak v samotných použitých materiálech, tak i v jejich kombinaci ve směsi. V kontrolní variantě, kde byla použita pouze rašelina, byla zjištěna nejvyšší schopnost zadržet dostupnou vodu. Nejvyšší schopnost zadržet dostupnou vodu ve fermentovaných materiálech, byla zjištěna u pšeničné slámy s fugátem, naopak nejnižší u slámy rostlin *Miscanthus*. S rostoucí dávkou fermentovaných materiálů ve směsi s rašelinou klesala schopnost zadržování dostupné vody.

Graf 1. Retenční křivky modelových pěstebních směsí s přidavkem materiálu F1 – obsah vody v závislosti na vodním potenciálu (podtlaku vodního sloupce)



K – kontrola, 30P (30% obj.), 45P (45% obj.), 60P (60% obj.), P (pšeničná sláma)

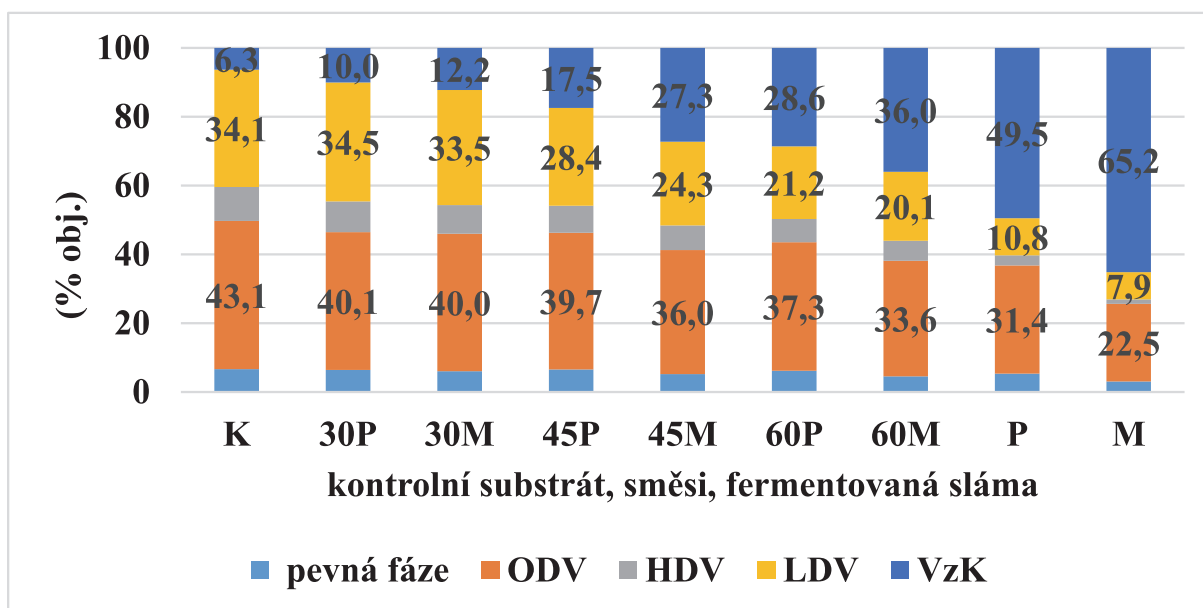
Graf 2. Retenční křivky modelových pěstebních směsí s přidavkem materiálu F2 – obsah vody v závislosti na vodním potenciálu (podtlaku vodního sloupce)



K – kontrola, 30M (30% obj.), 45M (45% obj.), 60M (60% obj.), M (Miscanthus)

Graf 3 uvádí podíl pevné fáze, vody a vzduchu u modelových substrátů. Ve směsích 60 % obj. došlo k výraznému zvýšení vzdušné kapacity, tím i snížení obsahu LDV.

Graf 3. Podíl pevné fáze, vody a vzduchu u modelových substrátů



Pozn.: VzK – vzdušná kapacita, obsah vzduchu při podtlaku 10 cm vodního sloupce; LDV – lehce dostupná voda, rozdíl v obsahu vody při podtlaku 10 a 50 cm; HDV – hůře dostupná voda, rozdíl v obsahu vody při podtlaku 50 a 100 cm; ODV – obtížně dostupná voda, obsah vody při podtlaku 100 cm.

3. Využití fermentovaných produktů ve vegetačních experimentech pěstování LAKR

Předmětem dalšího ověřování bylo spolupůsobení fermentovaných materiálů ve směsích s rašelinou při tradičním a alternativním hnojení fugátem v nádobových vegetačních experimentech.

3.1. Metodický přístup

Pro stanovení přijatelných živin v modelových směsích byly použity metody CAT (VÚKOZ) a Mechlich III (ČZU). Pro rozbor metodou CAT byly použity metody EU: Objemová hmotnost (OH) substrátu byla stanovena podle normy EN 13040. Chemické vlastnosti, hodnoty pH (norma EN 13037) a EC, elektrické vodivosti (norma EN 13038)) a obsah přijatelného vápníku (norma EN 13652) stanovené ve vodním výluhu 1v:5v, obsah přijatelných živin (N, P, K, Mg) stanoven ve vyluhovacím činidle CAT (norma EN 13651). Metodou Mehlich III byl připravený filtrát analyzován technikou F-AAS (K), ICP-MS (Se) a ICP-OES (ostatní prvky).

Ke stanovení celkového obsahu prvků v rostlinném materiálu byly použity stejné postupy a analytické koncovky specifikované pro analýzu vstupních materiálů (kapitola 2.1.).

3.2. Modelové příklady vegetačních experimentů

V rámci vegetačních nádobových experimentů byly zvoleny dva pěstební systémy – systém přímého výsevu a systém pěstování rostlin ze sazenic. Všechny druhy rostlin byly pěstovány v hrncích (objem 0,8 l) v předem navržených modelových pěstebních směsích (tabulka č. 6). V rámci vegetačních nádobových experimentů byly pěstovány rostliny bazalky pravé (*Ocimum basilicum* L.) z přímých výsevů, rostliny máty (*Mentha piperita* L.) a meduňky (*Melissa officinalis* L.) byly pěstovány ze sazenic. Z důvodu nedostatku dusíku ve fermentačních produktech bylo do všech pěstebních směsí F1 a F2 dodáno 204 mg N / 1 l ve formě ledku amonného.

Tab. 6. Příprava modelových pěstebních směsí

Fermentovaný produkt	Varianty	Složení pěstební směsi	Rostlina
F1 (pšeničná sláma)	Kontrola	100 % rašeliny, 1,5 g PGMix/1 l, 6 g váp./1 l	Máta Bazalka
	F1 (30)	30 % obj. F1, 70 % obj. rašeliny, 0,6 g LA/1 l	
	F1 (45)	45 % obj. F1, 55 % obj. rašeliny, 0,6 g LA/1 l	
	F1 (60)	60 % obj. F1, 40 % obj. rašeliny, 0,6 g LA/1 l	
F2 (<i>Miscanthus</i>)	Kontrola	100 % rašeliny, 1,5 g PGMix/1 l, 6 g váp./1 l	Máta Meduňka
	F2 (30)	30 % obj. F2, 70 % obj. rašeliny, 0,6 g LA/1 l	
	F2 (45)	45 % obj. F2, 55 % obj. rašeliny, 0,6 g LA/1 l	
	F2 (60)	60 % obj. F2, 40 % obj. rašeliny, 0,6 g LA/1 l	

Pozn.: LA (ledek amonný – 34 % N)

3.3. Zhodnocení fyzikálně-chemických vlastností připravených pěstebních směsí

Tabulky č. 7 a 8 uvádějí vybrané fyzikálně-chemické vlastnosti a obsahy přístupných živin (**metodou CAT, VÚKOZ**) v pěstebních směsích připravených z materiálů konečných produktů fermentace (F1 a F2). Z tabulky č. 7 vyplývá dvojnásobný obsah přístupného draslíku v pšeničné slámě, vyšší obsah rozpustných solí a relativně podobný obsah přístupného vápníku v porovnání se slámou rostlin *Miscanthus*.

Tab. 7. Obsahy přijatelných makroživin v sušině (výluh CAT, srovnání s optimem pro vyhnojené rašelinové substráty)

Vzorek	SL	OHV	Suš.	OHS	pH*	EC*	N-NH ₄	N-NO ₃	P	K	Ca*	Mg
	(%)	(g/l)	(%)	(g/l)	(H ₂ O)	(mS/cm)	(mg/l substrátu)					
Rašelina	94,5	185	53,3	99	4,0	0,06	46	2	2	13	98	5
F1 (pš. sláma)	89,0	233	27,5	64	8,7	0,75	16	0	61	1365	144	23
F2 (Misc.)	87,5	359	24,6	88	8,3	0,47	22	0	56	765	148	12
Kontrola	88,0	249	38,0	95	5,9	0,55	125	69	88	265	9	132
F1 (30)	94,0	220	39,7	87	4,5	0,17	6	5	20	455	7	133
F1 (45)	93,5	222	36,4	81	4,4	0,22	11	5	33	635	7	122
F1 (60)	92,5	227	35,5	81	5,4	0,34	8	8	41	860	9	140
F2 (30)	93,5	254	39,5	100	4,6	0,14	0	3	17	250	7	107
F2 (45)	91,5	270	34,8	94	5,0	0,19	15	4	27	430	7	128
F2 (60)	90,0	301	32,1	97	5,8	0,23	6	4	30	520	8	121
Optimum (pěstební substrát)					5,5–6,5	0,3–0,4	120–200		40–90	120–180	80–160	40–100

Tabulka 8. Obsahy přijatelných stopových živin v sušině (výluh CAT, srovnání s optimem pro vyhnojené rašelinové substráty)

Vzorek	Fe	Zn	Cu	Mn	B	Mo
	(mg/l substrátu)					
Rašelina	23,5	1,67	1,25	0,08	0,13	0,006
F1 (pš. sláma)	5,8	1,48	1,26	0,11	0,20	0,011
F2 (Misc.)	12,9	3,06	2,81	0,18	0,69	0,004
Kontrola	23,3	1,57	1,11	4,00	0,30	0,196
F1 (30)	21,9	1,52	0,17	1,96	0,16	0,486
F1 (45)	16,9	1,35	0,10	1,74	0,14	0,029
F1 (60)	16,0	1,34	0,15	1,60	0,15	0,015
F2 (30)	13,9	1,37	0,12	1,78	0,17	0,010
F2 (45)	24,1	1,62	0,14	2,06	0,23	0,008
F2 (60)	24,9	1,96	0,12	2,32	0,29	0,006
Rašelina	23,0	2,29	0,12	2,83	0,39	0,004
F1 (pš. sláma)	18,7	2,10	0,11	2,62	0,40	0,003
Optimum (pěstební substrát)	15–30	1–4	1–3	2–6	0,2–1	0,002

Tabulky č. 9 a 10 uvádějí vybrané fyzikálně-chemické vlastnosti a obsahy přístupných živin (**metodou Mehlich III, ČZU**) v pěstebních směsích připravených z materiálů konečných produktů fermentace (F1 a F2).

Tabulka 9. Obsahy přijatelných makroživin v sušině (výluh Mehlich III)

Vzorek	Suš.	pH	EC	N (celk.)	P	K	Ca	Mg	S
	(%)	(H ₂ O)	(mS/cm)	(%)	(mg/l substrátu)				
Kontrola	37	5,5	0,31	1,0	132	128	240	135	146
F1 (30)	42	4,8	0,18	1,4	17	218	218	226	84
F1 (45)	36	5,4	0,24	1,4	29	341	341	224	83
F1 (60)	34	5,9	0,37	1,5	27	280	321	212	87
F2 (30)	35	4,9	0,16	1,5	23	259	300	93	83
F2 (45)	33	5,3	0,28	1,6	32	383	331	99	106
F2 (60)	30	5,8	0,49	1,9	35	487	335	104	109

Tabulka 10. Obsahy přijatelných stopových živin v sušině (výluh Mehlich III)

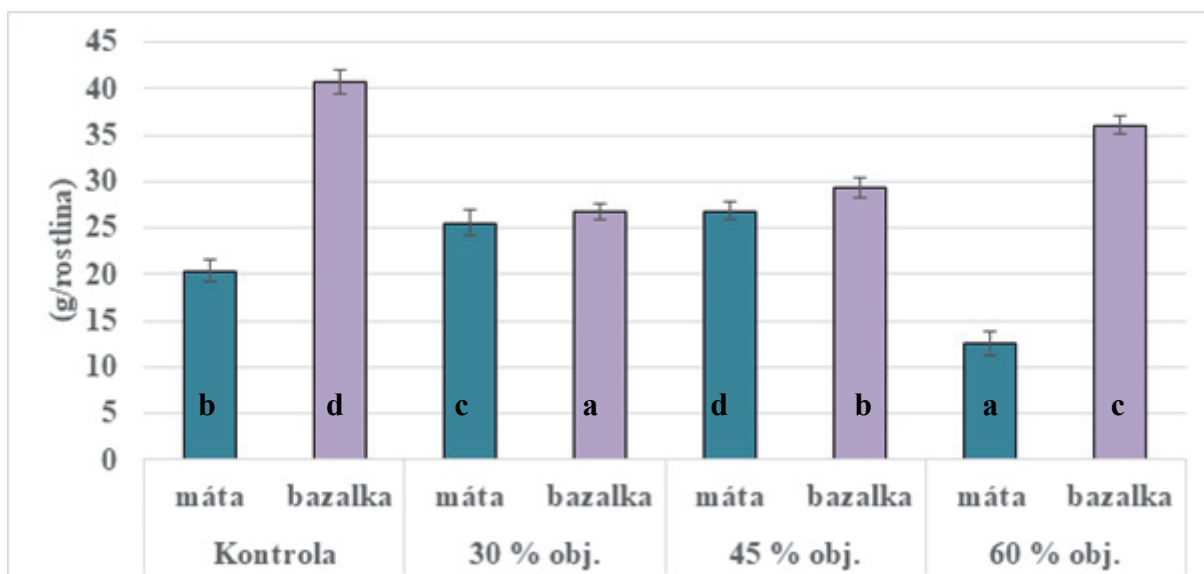
Vzorek	Fe	Zn	Cu	Mn	Se
	(mg/l substrátu)				
Kontrola	47	2,3	15,2	3,7	0,001
F1 (30)	19	1,4	0,84	1,7	0,030
F1 (45)	33	1,4	0,91	1,7	0,031
F1 (60)	29	1,8	0,99	1,6	0,029
F2 (30)	32	1,7	1,67	1,6	0,070
F2 (45)	32	1,7	1,81	1,5	0,089
F2 (60)	37	1,8	2,31	1,6	0,118

3.4. Vliv přídavku fermentovaných surovin do pěstebních směsí na výnos rostlin

Po sklizni konzumních částí rostlin z vegetačních experimentů byly stanoveny výnosy čerstvé hmoty LAKR. Výnosy byly vypočteny z průměru ze čtyř nádob v dané variantě pokusu.

Graf 4 znázorňuje výnosy biomasy LAKR v pěstebních směších s přídavkem fermentované pšeničné slámy s fugátem (F1) pro rostliny máty a bazalky. Po aplikaci ledku amonného do pěstebních směsí bylo dosaženo srovnatelných výnosů máty a bazalky s kontrolními variantami. Nejvyšší výnos máty byl zjištěn ve variantě s přídavkem 45 % obj. fermentačního produktu. Výnos v této variantě byl o 32 % vyšší oproti kontrole. Příčinou výrazné redukce výnosu při přídavku 60 % obj. je zřejmě citlivost máty k vyššímu obsahu rozpuštěných solí, které byly stanoveny v této směsi v porovnání s kontrolním substrátem. Pro bazalku byl nejvyšší výnos dosažen ve variantě s přídavkem 60 % obj.

Graf 4. Výnos nadzemní biomasy (čerstvá hmota) máty a bazalky (F1)



Rozdílná malá písmena ve sloupcích znamenají statisticky významný rozdíl mezi variantami podle jednofaktorové analýzy rozptylu ($p < 0,05$), $n=4$ v programu Statistica.



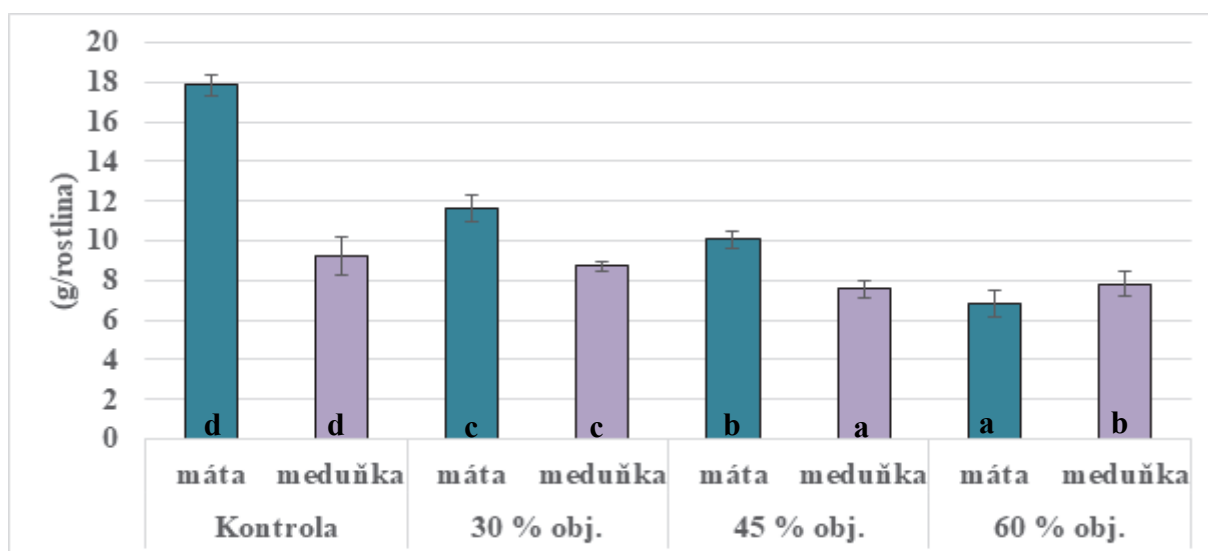
Obrázek 7. Vypěstovaná máta (zleva: kontrola, 30 % obj., 45 % obj., 60 % obj.)



Obrázek 8. Vypěstovaná bazalka (zleva: 30 % obj., 45 % obj., 60 % obj.)

Graf 5 znázorňuje výnosy LAKR v pěstebních směsích s přidavkem fermentované slámy *Miscanthus* (F2) pro rostliny máty a meduňky. V modelových směsích obsahujících fermentovaný materiál bylo nejvyšších výnosů máty i meduňky dosaženo při přidavku 30 % obj. tohoto materiálu. V porovnání s kontrolními variantami však došlo ke snížení výnosu o 6 % (meduňka) a o 35 % (máta). Výnos máty ve směsi 60 % obj. byl o 61 % nižší oproti kontrolní variantě. Již výsledky předešlého vegetačního pokusu naznačily náchylnost máty k redukci výnosu při vysokém podílu fermentovaného materiálu F1 v pěstební směsi. Relativní hodnotu poklesu výnosu máty při porovnání obou pokusů ($F1 \times F2$) nelze vysvětlit pouze na základě negativního vlivu vyššího zasolení substrátu. Ve fermentaci F2 byla použita sláma *Miscanthus*. Tato rostlina je v literatuře zmiňována v souvislosti s fytotoxickým účinkem obsažených alelopatických látek (rostlinných fenolů) na některé rostliny (Chou a Lee, 1991), jejich vliv v našich pokusech nelze vyloučit. Na druhou stranu, meduňka při 60 % obj. ve směsi vykazovala pokles výnosu pouze o 15 % oproti kontrolní variantě.

Graf 5. Výnos nadzemní biomasy (čerstvá hmota) máty a meduňky (F2)



Rozdílná malá písmena ve sloupcích znamenají statisticky významný rozdíl mezi variantami podle jednofaktorové analýzy rozptylu ($p < 0,05$), $n=4$ v programu Statistica.

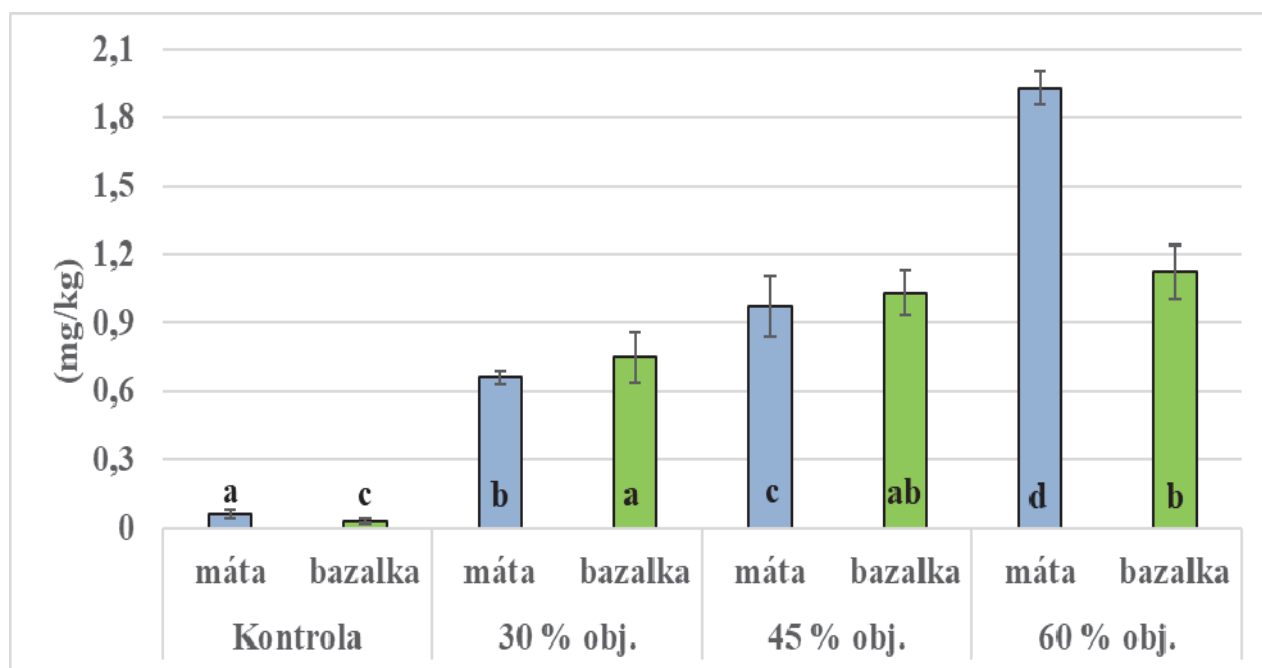


Obrázek 9. Vypěstovaná meduňka (zleva: kontrola, 30 % obj., 45 % obj., 60 % obj.)

3.5. Zhodnocení selenizace konzumních částí rostlin LAKR

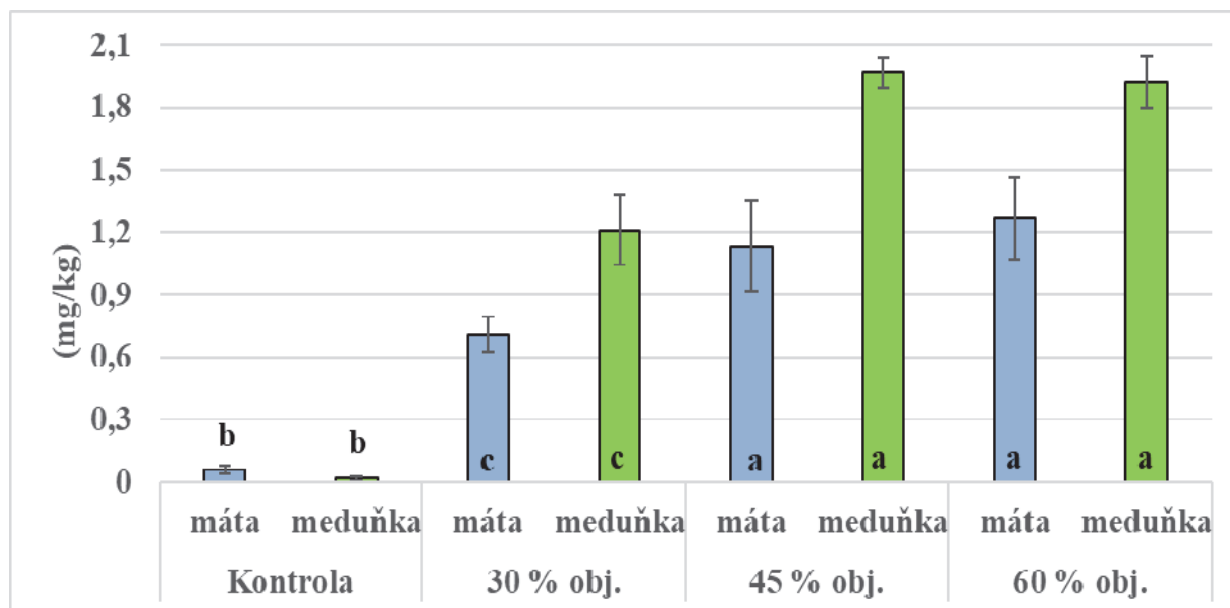
Obsah selenu ve všech LAKR vypěstovaných v kontrolních variantách (bez pří-
davku Se) byl velmi nízký ($\leq 0,06$ mg/kg sušiny). Takové obsahy Se jsou typické ta-
ké pro polní plodiny pěstované v zemědělských půdách chudých na selen, které v ČR
převládají (ÚKZÚZ, 2010). Pěstování LAKR v selenizovaných pěstebních směsích
signifikantně ($p < 0,05$) zvýšilo obsah Se v biomase všech rostlin oproti kontrolním
variantám (až 100krát). Z látkové bilance na straně vstupů vyplývá, že spolu se zvy-
šujícím se podílem fermentovaného materiálu (30-45-60 % obj.) v pěstební směsi se
zvyšovalo množství Se v dané směsi. Zřetelně odstupňované obsahy Se v biomase dle
podílu fermentovaného materiálu byly zjištěny pouze v rostlinách máty v F1 (graf 6).
V ostatních případech nebyl při hodnocení obsahů Se v LAKR mezi variantami pří-
davek 45 % a 60 % obj. významný rozdíl pozorován. Obsahy Se v LAKR se při tom-
to podílu fermentovaného materiálu pohybovaly v rozmezí 1,0 – 2,0 mg/kg sušiny.
Konzumace 10 g (v sušině) takto selenizovaných LAKR je dle doporučení
(WHO/FAO, 2004) ekvivalentem 24 – 47 % doporučeného denní příjmu Se pro do-
spělého člověka. Zvýšením dávky Na_2SeO_4 do fugátu je možné dosáhnout pro některé
LAKR i vyšších obsahů Se než 2 mg/kg.

Graf 6. Obsah selenu v nadzemní biomase máty a bazalky v sušině (F1)



Rozdílná malá písmena ve sloupcích znamenají statisticky významný rozdíl mezi variantami podle jednofaktorové analýzy rozptylu ($p < 0,05$), $n=4$ v programu Statistica.

Graf 7. Obsah selenu v nadzemní biomase máty a meduňky v sušině (F2)



Rozdílná malá písmena ve sloupcích znamenají statisticky významný rozdíl mezi variantami podle jednofaktorové analýzy rozptylu ($p < 0,05$), $n=4$ v programu Statistica.

3.6. Zhodnocení obsahů celkových živin v konzumních částech rostlin LAKR

Tabulky č. 11 – 14 informují o celkových obsazích (v sušině) makroživin a mikroživin v biomase máty, bazalky a meduňky vypěstovaných v pěstebních směsích založených na bázi surovin 1. a 2. fermentace. Při pěstování rostlin máty a bazalky s přidavkem fermentačního produktu F1 byl nejvyšší obsah draslíku (6,7 %) zjištěn u bazalky ve variantě 60 % obj. Obsahy sledovaných živin obecně korespondovaly s dávkou fermentačního produktu v jednotlivých směsích. Z mikroživin byl zjištěn nejvyšší obsah u manganu v kontrolních variantách máty a bazalky, obsah Mn ve směsi 45 % obj. u máty byl však o 23 % nižší, u bazalky ve směsi 60 % obj. byl nižší o 14 %.

Tabulka 11. Celkové obsahy makro- a mikroživin v sušině v rostlinách máty pěstované v substrátech s přidavkem fermentované pšeničné slámy a fugátu (F1)

Varianta	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)
Kontrola	3,615 ± 0,04	4274 ± 231	35338 ± 965	4206 ± 306
F1-30	3,96 ± 0,06	3172 ± 533	37566 ± 1952	3129 ± 439
F1-45	3,77 ± 0,62	4319 ± 399	50173 ± 2215	3613 ± 72
F1-60	4,19 ± 0,21	3950 ± 55	44530 ± 1105	3573 ± 310
Varianta	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)
Kontrola	76,0 ± 12,0	45,6 ± 9,1	6,25 ± 0,15	173 ± 9
F1-30	38,6 ± 0,4	39,1 ± 1,6	3,57 ± 0,74	90 ± 6
F1-45	59,7 ± 6,4	46,5 ± 0,6	4,21 ± 0,37	134 ± 14
F1-60	42,1 ± 6,1	39,2 ± 7,1	3,38 ± 0,21	100 ± 13

Tabulka 12. Celkové obsahy makro- a mikroživin v sušině v rostlinách bazalky pěstované v substrátech s přidavkem fermentované pšeničné slámy a fugátu (F1)

Varianta	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)
Kontrola	5,18 ± 0,18	7965 ± 562	46287 ± 4003	5041 ± 187
F1-30	5,22 ± 0,20	2864 ± 485	41460 ± 2563	2154 ± 239
F1-45	5,93 ± 0,21	3370 ± 612	52651 ± 1899	3604 ± 310
F1-60	5,55 ± 0,32	3416 ± 256	67307 ± 2105	3567 ± 157
Varianta	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)
Kontrola	119 ± 22	59 ± 3,0	6,83 ± 0,63	180 ± 7
F1-30	34,7 ± 5,8	35,4 ± 1,3	3,40 ± 0,25	75 ± 10
F1-45	44,5 ± 7,4	40,5 ± 3,1	4,52 ± 0,31	102 ± 9
F1-60	54,2 ± 5,2	57,9 ± 4,5	5,00 ± 0,48	154 ± 12

Tabulka 13. Celkové obsahy makro- a mikroživin v sušině v rostlinách máty pěstované v substrátech s přidavkem fermentované slámy *Miscanthus* a fugátu (F2)

Varianta	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)
Kontrola	3,62 ± 0,04	4837 ± 217	37567 ± 2541	4080 ± 365
F2-30	4,12 ± 0,30	3278 ± 94	27933 ± 2658	1708 ± 206
F2-45	4,64 ± 0,50	3285 ± 120	35122 ± 3568	1299 ± 103
F2-60	5,72 ± 0,45	4202 ± 140	37331 ± 4526	1087 ± 294
Varianta	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)
Kontrola	68,2 ± 9,1	44,3 ± 2,6	5,50 ± 0,33	143 ± 12
F2-30	42,5 ± 3,1	50,2 ± 0,7	2,84 ± 0,12	77 ± 5
F2-45	40,3 ± 4,1	44,3 ± 0,9	2,78 ± 0,35	52 ± 2
F2-60	40,9 ± 3,7	54,1 ± 1,5	3,59 ± 0,32	111 ± 7

Tabulka 14. Celkové obsahy makro- a mikroživin v sušině v rostlinách meduňky pěstované v substrátech s přidavkem fermentované slámy *Miscanthus* a fugátu (F2)

Varianta	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)
Kontrola	4,76 ± 0,22	6594 ± 108	44660 ± 1028	3872 ± 162
F2-30	5,55 ± 0,20	3815 ± 29	29843 ± 1523	1175 ± 63
F2-45	5,83 ± 0,64	7843 ± 94	42791 ± 1985	2106 ± 141
F2-60	5,61 ± 0,36	8146 ± 95	36545 ± 952	2067 ± 75
Varianta	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)
Kontrola	95,0 ± 9,0	47,1 ± 2,6	7,50 ± 1,09	136 ± 6
F2-30	35,3 ± 3,4	56,3 ± 0,4	3,13 ± 0,01	121 ± 5
F2-45	203 ± 15	68,9 ± 3,7	5,89 ± 0,12	90 ± 4
F2-60	80,1 ± 0,6	71,3 ± 3,5	3,24 ± 0,05	82 ± 0

Obsahy draslíku v rostlinách máty a meduňky ve směsích s přidavkem fermentované slámy *Miscanthus* (F2) byly výrazně nižší oproti variantám s přidavkem pšenič-

né slámy (F1). Z mikroživin byl zjištěn vysoký obsah železa v rostlinách meduňky ve variantě 45 % obj. (F2). Obsahy rizikových prvků (Pb a Cd), jejichž maximální koncentrace v čerstvé biomase rostlin a zelenině definuje Nařízení Komise (ES) č. 1881/2006, nebyly překročeny v žádném ze vzorků pěstovaných rostlin LAKR.

III. Srovnání novosti postupů

Navržená metoda úpravy vedlejších produktů zemědělské výroby (fugát ze zemědělských bioplynových stanic a sláma) procesem aerobní fermentace vede k materiálovému zhodnocení zmíněných vstupů. Výstup z aerobní fermentace lze využít jako bezpečnou komponentu při výrobě pěstebních substrátů na bázi rašeliny, čímž lze významně snížit spotřebu této neobnovitelné suroviny. Součástí navržené metody je obohacení pěstebního substrátu selenem prostřednictvím selenizace fugátu, jehož výsledkem je zvýšení obsahu Se v konzumních částech rostlin. Předložená metodika podává souhrn poznatků a zkušeností získaných ze zpracování vstupních materiálů aerobní fermentací, laboratorních rozborů různých pěstebních směsí a z pěstování LAKR v hrnkových experimentech s využitím inovativních pěstebních směsí. Poznátky z provedených zkoušek a vegetačních experimentů lze shrnout do následujících bodů:

1) Fugát aplikovaný do fermentačního média je zdrojem vody a minerálních živin, především draslíku a fosforu. Obsah rizikových prvků ve fugátu je dostatečně nízký, aby pěstební směsi připravené z fermentovaných surovin nebyly legislativně vyloučeny z využití jako pěstebních substrátů.

2) Přídavek fermentovaných materiálů vhodného složení (fugát a pšeničná sláma) do pěstebních substrátů namísto definovaného podílu (až 45 % obj.) rašeliny vedl k dosažení srovnatelných výnosů LAKR v porovnání s kontrolními variantami. Bylo však nutné doplnit část chybějícího přijatelného dusíku do těchto alternativních pěstebních směsí; v případě konvenčních substrátů se běžně doplňuje N, P, K a stopové prvky.

3) Aplikace Se ve formě selenanu do fugátu a následná produkce selenizovaných pěstebních směsí významně zvýšila obsah Se v konzumních částech LAKR.

4) Námi navrhovaná metodika je snadno aplikovatelná při pěstování různých druhů LAKR v hrncích, lze ji však potenciálně využít i při pěstování jiných druhů jedlých rostlin a hub.

IV. Popis uplatnění certifikované metodiky

Certifikovanou metodiku mohou využívat především:

1. subjekty v zahradnickém sektoru, které mají zájem produkovat hrnkové rostliny LAKR se zvýšenou nutriční hodnotou;
2. zemědělské subjekty, které mají zájem využívat k úpravě vlastní zdroje biomasy organického původu;
3. podniky provozující zemědělské bioplynové stanice, které hledají další alternativní využití kapalné části digestátu – fugátu a slámy;
4. Firmy zabývající se výrobou pěstebních substrátů, jako návod pro uplatnění modifikovaných pěstebních médií s významnou úsporou importované rašeliny.

V. Ekonomické aspekty

V rámci poloprovozní výroby pěstebních médií na pracovišti ČZU v Červeném Újezdě ze slámy a fugátu obohaceného selenem ve speciálním fermentačním zařízení byl vykalkulován odhad nákladů na výrobu 1 m³ fermentovaného média. Tabulka č. 15 znázorňuje náklady na spotřebu energií a vody vynaložených na provoz fermentačního zařízení. Proces fermentace trval 7 dní, v rámci této doby byl vyvíječ páry v provozu 1 h.

Tabulka 15. Kalkulace nákladů na energie a vodu při výrobě pěstebního média aerobním fermentačním zařízením v množství 1 m³

Fermentační box	Spotřeba energie na 1 hodinu	Cena/jednotka	Spotřeba za 7 dní	Celkem (Kč)
Motor	0,25kWh	5 Kč/kWh	42 kWh	210,-
Regulační ventil	0,002 kWh		0,336 kWh	1,68,-
Řídící jednotka	0,008 kWh		1,344 kWh	6,72,-
Celkem	0,26 kWh		43,68 kWh	218,40,-
Vyvíječ páry	15,2 kWh	90 Kč/m ³	---	76,-
Pára (voda)	23,7L/1 hodina		23,7 L	2,13,-
---	---	---	---	Σ = 296,50 Kč

Tabulka 16. Tržní ceny surovin pro výrobu fermentačního média

Surovina	Kč/jednotka
Pšeničná sláma	1200 Kč/t
Hrachová sláma	1500 Kč/t
Sójová sláma	1500 Kč/t
sláma rostlin Miscanthus	800 - 1100 Kč/t
Fugát	500 Kč/t
Selen (ve formě Na ₂ SeO ₄)	5972 Kč/kg
Ledek amonný s vápencem	16 Kč/kg

Dalším krokem je kalkulace materiálových nákladů (sláma, fugát, selen) pro výrobu fermentačních médií. Současné ceny vstupů zobrazuje tabulka č. 16. Cena selenu sodného byla stanovena dle nabídky Sajan Overseas, India a zahrnuje dopravu.

Při výrobě zahradnických substrátů v ČR stále dominuje rašelina, která se používá buď bez jakékoliv příměsi dalších organických či minerálních komponent nebo s příměsí. Základem pro posouzení rentability výroby alternativního pěstební substrátu na bázi fermentovaného média je nutné porovnání výrobních nákladů s konvenčními pěstebními substráty. V tabulce č. 17 jsou uvedeny ceny surovin pro konvenční výrobu. Cena frézované rašeliny z Pobaltí je vč. dopravy, cena vápence podle Hasit, s.r.o., ceny hnojiv podle ceníku AGRO CS, a.s.

*Tabulka 17. Tržní cena surovin
pro výrobu konvenčních pěstebních substrátů*

Surovina	Kč/jednotka
Rašelina	650 Kč/m ³
Minerální hnojivo PGMix	67 Kč/kg
Dolomitický vápenec	4 Kč/kg

Pokud bude výrobce využívat při výrobě pěstebních substrátů fermentační médium založené na bázi fugátu a slámy, částečně tímto může nahradit rašelinu. Náklady na spotřebu rašeliny, minerálních hnojiv a vápence se sníží. V tabulce č. 18 jsou porovnány celkové náklady (energie, voda, materiál) na přípravu 1 m³ modelové pěstební směsi s podílem 45 % obj. fermentačního média a náklady na přípravu 1 m³ konvenčního rašelinového substrátu z jednotlivých komponent. Rašelinový substrát byl obohacen minerálním NPK hnojivem (PGMix) v dávce 1,5 kg na 1 m³ substrátu. Na úpravu hodnoty pH byl použit dolomitický vápenec v dávce 6 kg/m³. V modelové směsi F (45) bylo pro základní hnojení použito pouze dusíkaté hnojivo ledek amonný v dávce 0,778 kg/m³. Objemová hmotnost čerstvé hmoty fermentovaného média činila 233 g/l. Z porovnání celkových nákladů vyplývá, že popsáný alternativní způsob výroby pěstební substrátu s využitím technologie aerobní fermentace má nižší jednotkové náklady (o 27 %) již v poloprovozním měřítku.

Tabulka 18. Porovnání celkových nákladů na výrobu rašelinového substrátu a substrátu s podílem fermentačního média v dávce 45 % obj.

Položka	Náklady	Modelová směs 45 % obj.
Rašelinový substrát	(Kč/m ³)	Položka
Rašelina	650 Kč	Fermen. produkt 195,30 Kč
PGMix (1,5 g/l)	101 Kč	Rašelina 357,50 Kč
Dolom. vápenec (6 g/l)	24 Kč	LA(V) 12,40 Kč
---	Suma 775 Kč	Suma 562 Kč
---	---	Rozdíl - 210 Kč

Metodika aplikuje nové poznatky o alternativním využití kapalné části digestátu – fugátu ze zemědělských bioplynových stanic, jako součásti alternativních pěstebních substrátů se sníženým podílem rašeliny. Metodika je součástí projektu, jehož cílem bylo ověřit bezpečné pěstování konzumních částí LAKR v pěstebních médiích obsahujících podíl aerobně fermentované směsi slámy s fugátem obohacené o selen. V rámci metodiky byly v poloprovozních podmínkách vyrobeny fermentované směsi, které byly detailně hodnoceny. Následně bylo ověřeno využití těchto směsí jako komponenty pěstebních substrátů v nádobových vegetačních experimentech při pěstování LAKR.

Získané výsledky ukázaly, že

1) aerobně fermentovaná směs fugátu a slámy může nahradit až 45 % obj. rašeliny v pěstebním substrátu a snížit potřebu dodání minerálních živin a vápnění, a to při zachování srovnatelných výnosů LAKR dosažených s komerčními pěstebními substráty;

2) selenizace fugátu selenanem významně zvýšila obsah Se v konzumních částech LAKR při zachování bezpečnosti z hlediska množství přijatého Se po konzumaci LAKR;

3) připravené alternativní substráty a vypěstovaná biomasa LAKR jsou nezávadné z hlediska obsahu rizikových prvků;

4) náhrada rašeliny, jejíž těžba je environmentálně problematická, fermentovanou směsí fugátu a slámy v pěstebních substrátech může být spojena s úsporou finančních prostředků;

5) Metoda CAT a Mehlich III vyluhují rozdílná množství živin z pěstebních substrátů. Pro stanovení přijatelných živin je nezbytné upřednostnit metodu CAT. Metoda Mehlich III se může uplatnit při hodnocení potenciálně dostupných stopových prvků, případně vápníku a síry.

Doporučení pro výrobce:

1. u směsi 30 % obj. je nutné dodat přijatelný fosfor (TSP) a dusík (LAV), při nižší dávce (15 % obj.) se musí doplnit vápenec při dávce 2 g/l pro zvýšení hodnoty pH, fosfor (40 mg/l) a ledek amonný (150 mg/l),
2. směsi 60 % obj. mohou vykazat vysoký obsah draslíku (citlivost rostlin na vyšší obsahy rozpustných solí),
3. do fugátu lze přidat selenan v množství, které zajistí 10 mg Se/1 kg suché hmoty vkládky (vstupního materiálu pro aerobní fermentaci).

VII. Seznam použité související literatury

- Alfthan G, Eurola M, Ekholm P, Venäläinen ER, Root R, Korkalainen K, Hartikainen H, Salminen P, Hietaniemi V, Aspila P, Aro A. 2015. Effects of nationwide addition of selenium to fertilizers on foods, and animal and human health in Finland: From deficiency to optimal selenium status of the population. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 31. 142-147.
- Carlile WR. 2008: The use of composted materials in growing media. *Acta Horticulturae*. 779. 321–327.
- De Boodt M, Verdonck O, Cappaert I. 1974. Method for measuring water release curve of organic substrates. *Acta Horticulturae*. 37. 2054–2062.
- ČSN EN 13037 (2012): Pomocné půdní látky a substráty – Stanovení pH. 12 s. [ÚNMZ, Praha].
- ČSN EN 13040 (2013): Pomocné půdní látky a substráty – Příprava vzorků pro chemické a fyzikální zkoušky, stanovení obsahu sušiny, vlhkosti a objemové hmotnosti laboratorně zhuštělého vzorku. 16 s. [ÚNMZ, Praha].
- ČSN EN 13041 (2012): Pomocné půdní látky a substráty – Stanovení fyzikálních vlastností – Objemová hmotnost vysušeného vzorku, objem vzduchu, objem vody, součinitel smršťování a celková pórovitost. 28 s. [ÚNMZ, Praha].
- ČSN EN 13651 (2002) Půdní melioranty a stimulanty růstu – Extrakce živin rozpustných v chloridu vápenatém / DTPA (CAD). 20 s. [ÚNMZ, Praha].
- ČSN EN 13652 (2002) Půdní melioranty a stimulanty růstu – Extrakce živin rozpustných ve vodě. 20 s. [ÚNMZ, Praha].
- Dubský M, Šrámek F. 2006. Pěstební substráty s přídavkem minerální plsti. *Acta Pruhonica* 82. VÚKOZ Průhonice. 11–16.
- Geneve R, Kaiser C, Ernst M. 2015. Culinary herbs. Center for Crop Diversification Crop Profile. Kentucky: University of Kentucky College of Agriculture. Food and Environment. Dostupné z: <http://www.uky.edu/ccd/sites/www.uky.edu/ccd/files/herbs.pdf>
- Hrabalová A. 2017. Ekologické zemědělství v České republice: ročenka 2016. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky. ISBN 978-807-4344-015.
- Chou CH, Lee YF. 1991. Allelopathic dominance of *Miscanthus transmorrisonensis* in an alpine grassland community in Taiwan. *Journal of Chemical Ecology*. 17. 2267-2281.
- Jones GD, Droz B, Greve P, Gottschalk P, Poffet D, McGrath SP, Seneviratne SI, Smith P, Winkel LHE. 2017. Selenium deficiency risk predicted to increase under future climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 114(11). 2848-2853.
- Kapounová Z, Blahová J, Dofková M, Ruprich J, Řehůřková I. 2014. Obvyklý přívod a dietární zdroje selenu v české populaci. *Hygiena*. 59. 64-70.
- Kvíčala J, Zamrazil V, Čeřovská J, Bednář J, Janda J. 1995. Evaluation of selenium supply and status of inhabitants in three selected rural and urban regions of the Czech Republic. *Biological Trace Element Research*. 47. 365-375.
- National Health and Medical Research Council. 2006. Nutrient reference values for Australia and New Zealand. National Health and Medical Research Council. Canberra. p. 309. ISBN: 1864962437.
- Newman R, Waterland N, Moon Y, Tou JC. 2019. Selenium biofortification of agricultural crops and effects on plant nutrients and bioactive compounds important for human health and disease prevention – a review. *Plant Foods for Human Nutrition*. 74. 449-460.
- Nozzi V, Graber A, Schmutz Z, Mathis A, Junge R. 2018. Nutrient management in aquaponics: Comparison of three approaches for cultivating lettuce, mint and mushroom herb. *Agronomy*. 8(3), 1-15.

- Pawlica P. Sušení odpadním teplem z bioplynové stanice. Biom.cz [online]. 2010 [cit. 2021-03-11]. Dostupné z <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/suseni-odpadnim-teplem-z-bioplynove-stanice>>
- Pestrepo AP, Medina E, Pérez-Espinosa A, Agulló E, Bustamante MA, Mininni C, Bernal MP, Moral R. 2013. Substitution of Peat in Horticultural Seedlings: Suitability of Digestate-Derived Compost from Cattle Manure and Maize Silage Codigestion. Taylor & Francis Group, LLC. 44. 668–677.
- Schievano F, Adani F, Tambone G, D'Imporzano B, Scaglia P. 2009. Anaerobic Digestion: opportunity for agriculture and environment. Regione Lombardia. Italy. p. 577–583. ISBN 9788890374609.
- Sonneveld C, Voogt W. 2009. Plant Nutrition of Greenhouse Crops, SpringerScience + Business Media B. V. Netherlands. 431 p.
- ÚKZÚZ. 2010. Obsah selenu (Se) v zemědělských půdách ČR. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Brno. Dostupné z: <<http://www.eagri.cz/public/web/mze>>
- Viuda-Martos M, Ruiz-Navajas Y, Fernández-López J, Pérez-Álvarez JA. 2010. Spices as functional foods. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 51(1). 13-28.
- WHO/FAO. 2004. Vitamin and mineral requirements in human nutrition. 2nd ed. World Health Organization. Geneva. p. 341. ISBN: 9241546123.
- Wu Z, Bañuelos GS, Lin ZQ, Liu Y, Yuan L, Yin X, Li M. 2015. Biofortification and phytoremediation of selenium in China. Frontiers in Plant Science. 6. 136.
- Zaccardelli M, Roscigno G, Pane C, Celano G, Di Matteo M, Mainente M, Vuotto A, Mencherini T, Esposito T, Vitti A, De Falco E. 2021. Essential oils and quality composts sourced by recycling vegetable residues from the aromatic plant supply chain. Industrial Crops & Products. 162. 113-255.

VIII. Seznam publikací, které předcházely metodice

- Tlustoš P, Kaplan L, Száková J, Dubský M, Roubíková I, Šrámek F. 2013. Využití pevné složky digestátu pro přípravu pěstebních substrátů. PowerPrint s.r.o. Praha. 20 s. ISBN: 9788021324305.
- Tlustoš P, Dubský M, Kaplan L, Habart J, Chaloupková Š. 2016. Pěstební substráty s komponenty na bázi separátu. PowerPrint s.r.o. Praha. 27 s. ISBN 978-80-213-2711-5.
- Tlustoš P, Jablonský I, Jelínek F, Kaplan L, Koudela M, Bazalová M. 2016. Zhodnocení fyzikálně-chemických a biologických vlastností substrátů založených na bázi separátů upravených fermentací. PowerPrint s.r.o. Praha. 37 s. ISBN 978-80-213-2677-4.
- Švehla P, Míchal P, Tlustoš P, Caceres M.V, Procházka P, Liberský M, Pacek L, Humpál F, Blabolil J, Klimuškin Š. 2021. Minimalizace ztrát dusíku při nakládání s kapalnou frakcí fermentačního zbytku s využitím procesu nitrifikace. PowerPrint s.r.o. Praha. 39 s. ISBN 978 - 80 - 213 - 3074 - 0.
- Praus L, Száková J. 2019. Role of sulphate in affecting soil availability of exogenous selenate (SeO₄²⁻) under different statuses of soil microbial activity. Plant, Soil and Environment. 65. 470-476.
- Praus L, Száková J, Steiner O, Goessler W. 2019. Rapeseed (Brassica napus L.) biofortification with selenium: How do sulphate and phosphate influence the efficiency of selenate application into soil? Archives of Agronomy and Soil Science. 65(14). 2059-2072.

IX. Dedikace

Ke zpracování certifikované metodiky bylo použito výsledků výzkumných aktivit realizovaných v rámci řešení výzkumného projektu TAČR TJ02000130 „*Vývoj inovovaných fermentačních technologií výroby pěstebních médií pro kultivaci jedlých hub a léčivých, aromatických a kořeninových rostlin*“.

X. Ostatní náležitosti certifikované metodiky

V souladu se závazným *Postupem pro uznání výsledku typu „Nmet – Certifikovaná metodika“*, který vydalo Ministerstvo zemědělství – Odbor výzkumu, vzdělávání a poradenství dne 9. května 2016, jsou v následujících podkapitolách uvedeny další požadované údaje nebo doplňující informace.

Jména oponentů a názvy jejich organizací

Posudek odborníka v daném oboru vypracoval: Ing. Martin Dubský, Ph.D. (*martin.dubsky@vukoz.cz*), Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i., Květnové náměstí 391, 252 43 Průhonice.

Posudek pracovníka příslušného odborného orgánu státní správy vypracovala: Ing. Michaela Budňáková (*budnakova@mze.cz*), Ministerstvo zemědělství ČR, Těšnov 65/17, 110 00 Praha 1.

Podíly na vzniku předkládané metodiky

Na zpracování a finalizaci předkládaného výstupu projektu (certifikované metodiky) se členové řešitelského týmu s rolí spoluautorů metodiky zúčastnili níže uvedeným podílem: Lukáš Kaplan (30 %), Pavel Tlustoš (20 %), Lukáš Praus (20 %), Tomáš Mrština (20 %), Pavel Míchal (10 %).

Osvědčení odborného orgánu státní správy

Osvědčení o uznání certifikované metodiky vydalo Ministerstvo zemědělství ČR.

V Praze dne 6. 4. 2021

Osvědčení MZE-19733/2021-18145