



Tomáš Šimon, Sergej Ust'ak, Vojtěch Váňa

Možnosti výroby a využití specializovaných organických hnojiv a substrátů v zemědělství

METODIKA PRO PRAXI



Výzkumný ústav
rostlinné výroby, v.v.i.

2018

Metodika vznikla za finanční podpory Technologické agentury České republiky (TA ČR) v rámci řešení výzkumného projektu TH01030299 s názvem „Výroba a využití specializovaných organických hnojiv s vyšší přidanou hodnotou na základě kompostů a různých přídatných látek“ (75 %) a Ministerstva zemědělství České republiky (MZe ČR) v rámci projektu institucionální podpory MZe ČR č. RO 0418 (25 %).

Metodika je určena zemědělcům, zemědělským poradcům, zahrádkářům, původcům a zpracovatelům bioodpadů, majitelům a provozovatelům kompostáren, investorům a dalším zájemcům o dotčenou problematiku.

V rámci schválení metodiky byla uzavřena smlouva o využití výsledků v praxi s firmou Kobra Údlice, s.r.o., výrobcem a distributorem kompostů a pěstebních substrátů (www.kobra-udlice.cz).

Metodika byla schválena Ministerstvem zemědělství České republiky, odborem rostlinných komodit pod č. j. 70394/2018-MZE-17221.

Oponenti: 1) za státní správu: Ing. Michaela Budňáková, MZe ČR

2) za odbornou veřejnost: Ing. Petr Hutla, CSc., VÚZT Praha

Ministerstvo zemědělství doporučuje tuto metodiku pro využití v praxi.

© Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., 2018

ISBN 978-80-7427-296-7

Tomáš Šimon, Sergej Ust'ak, Vojtěch Váňa

**Možnosti výroby a využití
specializovaných organických hnojiv
a substrátů v zemědělství**

METODIKA PRO PRAXI

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

2018

Možnosti výroby a využití specializovaných organických hnojiv a substrátů v zemědělství

Cílem metodiky je poskytnout zemědělcům, zemědělským poradcům, zahrádkářům, výrobcům a uživatelům organických hnojiv a pěstebních substrátů, pracovníkům ve výzkumu a zemědělském školství a všem ostatním zájemcům základní informace o možnostech výroby a využití specializovaných organických hnojiv a substrátů v zemědělství. Její uplatnění v praxi může zajistit ekologicky přijatelné a ekonomicky efektivní hnojení zemědělských plodin. V úvodu metodika poskytuje základní přehled literárních informací ohledně dotčené problematiky. Dále metodika popisuje vlastní výsledky získané v průběhu řešení výzkumného projektu využitelné v praxi a poskytuje jejich agrochemické, agronomické a ekonomické hodnocení. Součástí metodiky je hodnocení agrochemické efektivity použití hnojiva při pěstování vybraných zemědělských plodin. Popsány jsou způsoby aplikace a účinky na půdu a rostliny. Na závěr uvádí souhrnné hodnocení dosažených výsledků a obecná doporučení pro praxi.

Klíčová slova: organická hnojiva; hnojivé substráty; komposty; prospěšné půdní mikroorganismy; agrochemická účinnost; výnosové charakteristiky plodin.

Production and use of specialized substrates and organic fertilizers in agriculture

The aim of the methodology is to provide to farmers, agricultural advisors, gardeners, producers and users of organic fertilizers and cultivation substrates, research workers and agricultural educators and all other interested parties, the basic information on the possibilities to use specialized substrates and organic fertilizers in agriculture.

Its application in practice can ensure environmentally acceptable and economically efficient fertilization of agricultural crops. In the introduction, the methodology provides a basic overview of literary information about the concerned issue. Furthermore, the methodology describes the results obtained during the research project, which can be used in practice and provides agrochemical, agronomic and economic assessment. Part of the methodology is the assessment of agrochemical efficiency of fertilizer application at the cultivation of selected agricultural crops. There are described application methods and effects on soil and plants. Finally, it provides a summary of the results achieved and general recommendations for practice.

Keywords: organic fertilizers; fertilizing substrates; composts; beneficial soil microorganisms; agrochemical efficiency; yield characteristics of crops.

Metodika je určena zemědělcům, zemědělským poradcům, zahrádkářům, výrobcům a uživatelům organických hnojiv a pěstebních substrátů, pracovníkům ve výzkumu a zemědělském školství a všem ostatním zájemcům o dotčenou problematiku.

V rámci schválení metodiky byla uzavřena smlouva o využití výsledků v praxi s firmou Kobra Údlice, s.r.o., výrobcem a distributorem kompostů a pěstebních substrátů.

Metodika byla schválena Ministerstvem zemědělství ČR – odborem rostlinných komodit pod č. j. 70394/2018-MZE-17221

O B S A H

I. CÍL A NOVOST METODIKY	4
II. Vlastní popis metodiky	5
1. Úvod – současný stav problematiky.....	5
1.1. Obohacená organická hnojiva a substráty na bázi kompostů	5
1.2. Využití organických hnojiv a substrátů v zemědělství	9
2. Popis způsobů řešení a dosažených výsledků	11
2.1. Výběr komponentů pro vývoj specializovaných organických substrátů	11
2.3. Obohacení směsných substrátů prospěšnými půdními bakteriemi	17
2.4. Využití obohacených směsných substrátů pro pěstování zeleniny.....	20
2.4.1. <i>Popis I. etapy pěstování.....</i>	22
2.4.2. <i>Výsledky I. etapy pěstování</i>	23
2.4.3. <i>Popis II. etapy pěstování (ředkvička po salátu, salát po ředkvičce).....</i>	26
2.4.4. <i>Výsledky II. etapy pěstování.....</i>	28
2.4.5. <i>Popis III. etapy pěstování (špenát po ředkvičce a salátu).....</i>	30
2.4.6. <i>Výsledky III. etapy pěstování.....</i>	31
2.4.7. <i>Sledování přítomnosti půdních bakterií v zemině a substrátu během pěstování zeleniny</i>	33
2.5. Využití specializovaných organických hnojiv pro hnojení rostlin a pro obohacení půdy organickou hmotou	36
2.5.1. <i>Popis vegetačních nádobových pokusů</i>	36
2.5.2. <i>Vliv aplikace organického hnojiva na růst rostlin</i>	37
2.5.3. <i>Vliv aplikace organického hnojiva na obsah živin v půdě</i>	41
2.5.4. <i>Vliv aplikace organického hnojiva na kvalitu půdní organické hmoty.....</i>	42
2.5.5. <i>Popis polních pokusů</i>	44
2.6. Souhrnné závěry	50
III. EKONOMICKÉ PŘÍNOSY	51
IV. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ	52
V. POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY	52
VI. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY.....	53
VII. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE	54

I. CÍL A NOVOST METODIKY

Cílem metodiky je poskytnout zemědělcům, zemědělským poradcům, zahrádkářům, majitelům a provozovatelům kompostáren a dalším zájemcům o dotčenou problematiku základní informace o vývoji specializovaných organických hnojiv a substrátů na bázi kompostů a dalších přídatných látek a navazujících způsobech jejich využití. Rutinní postup přípravy kompostu jako základní složky organického hnojiva je v další fázi doplněn mícháním s odpadními surovinami, jako je uhelný prach a papírenský kal ve vhodných poměrech. Následuje inokulace základního organického substrátu směsí prospěšných půdních mikroorganismů. Nově vyvinuté organické hnojivo je využitelné v zemědělství pro účinné hnojení rostlin a pro zvýšení obsahu organické hmoty v půdě. Současně je použitelné jako velice hodnotný substrát pro pěstování zeleniny. Součástí metodiky je hodnocení agrochemické efektivity použití hnojiva při pěstování vybraných zemědělských plodin. Popsány jsou způsoby aplikace a účinky na půdu a rostliny. Metodika je určena širokému okruhu uživatelů. Metodika může posloužit jako podklad pro úpravu technických zařízení, technologických postupů i jako materiál pro výuku na středních zemědělských školách, univerzitách se zemědělským zaměřením nebo zemědělským poradcům. Na závěr uvádí souhrnné hodnocení dosažených výsledků a obecná doporučení pro praxi.

Novost metodiky vyplývá z toho, že se jedná o výzkumně zdůvodněný a experimentálně ověřený postup, který je výsledkem řešení projektů výzkumu a vývoje. Novost je rovněž doložena dvěma právně chráněnými výstupy výzkumu obsaženými v metodice. Doposud podobná metodika popisující možnosti výroby a využití specializovaných organických hnojiv a substrátů v zemědělství zpracována nebyla. V předložené metodice jsou zahrnuty především vlastní poznatky nově získané v průběhu řešení výzkumných projektů uvedených v dedikaci.

II. VLASTNÍ POPIS METODIKY

1. Úvod – současný stav problematiky

1.1. Obohacená organická hnojiva a substráty na bázi kompostů

V současné zemědělské praxi ubývá produkce statkových hnojiv a víceletých píceň, což má za následek snižující se přívod organické hmoty do půdy a zhoršování kvality půdy. K poklesu obsahu organické hmoty v půdách přispívá též intenzivní obhospodařování spojené s opakovaným pěstováním monokultur a nadměrným používáním minerálních hnojiv a pesticidů. Nedostatek statkových hnojiv je částečně kompenzován zaorávkou slámy obilovin chudých na dusík a chudou lehce rozložitelnou organickou hmotou ve formě digestátů. Za určitých podmínek může tato primární organická hmota stimulovat mineralizaci a podporovat úbytek půdní organické hmoty. Úrodnost půdy se tak neposiluje a dále se snižuje její kvalita. Vhodným řešením výše popsaných problémů je lepší využití průmyslových kompostů. Rozvoj a uplatnění průmyslového kompostování v České republice není tolik brzděn nedostatkem výrobních kapacit, jako především potížemi s odbytem kompostů. Nízký zájem ze strany největšího potenciálního odběratele kompostů – zemědělského sektoru je motivován vyššími náklady na transport a aplikaci ve srovnání s minerálními hnojivy. Existuje proto potřeba vypracování a ověření nových postupů pro lepší zhodnocení vyrobených kompostů za účelem výroby a využití specializovaných organických hnojiv a hnojivých substrátů na jejich bázi s vyšší přidanou hodnotou, poskytujících uživatelům doplňkové benefity.

Organická hnojiva obsahují přírodní látky jako je např. hnůj (kravský, koňský), rašelinu a další složky dodávající živiny pro růst rostlin a organickou hmotu pro půdu. Základní součástí směsných organických hnojiv a pěstebních substrátů je kompost, který obsahuje stabilizované organické látky a rostlinné živiny získané řízeným biologickým rozkladem směsí skládajících se z rostlinných zbytků a dalších látek. Hlavními surovinami pro kompostování jsou zemědělské odpady (včetně odpadů z chovu zvířat) a další odpady jako je dřevní odpad (piliny, odřezky, kůra, štěpka), sláma, tráva, listí, shrabky z trávníků, zeleninové odpady a kaly z čistíren odpadních vod. Důležitou součástí je ornice.

Kompostování je přirozená biochemická přeměna, při které vzniká z organických látek za přístupu vzduchu vlivem aerobních mikroorganismů stabilní organický produkt. Kompostovací proces zahrnuje čtyři fáze. První fáze – mezofilní, začíná počátečním rozpadem organické hmoty uskutečněným mezofilními mikroorganismy, které vegetují v rozmezí teplot 15 °C až 35 °C. Tyto mikroorganismy využívají rozpustné a snadno asimilovatelné sloučeniny, jako jsou cukry, aminokyseliny a lipidy přítomné ve vstupních surovinách používaných k výrobě kompostu. Mikrobiální metabolická aktivita vyvolává exotermní reakci, která zvyšuje teplotu v tvořícím se kompostu na 65 °C až 85 °C. Za těchto podmínek se populace mezofilních mikroorganismů stává méně konkurenceschopnou a je nahrazována termofilními mikroorganismy. Během tohoto stadia, nazývaného termofilní fáze, dochází k proliferaci aktinobakterií a dalších termofilů. Tyto mikroorganismy mají enzymy, které degradují komplexní organické molekuly jako je celulóza, lignin, hemicelulóza a proteiny. Současně při růstu teploty dochází k eliminaci patogenních mikroorganismů a klíčivosti semen. Po vyčerpání energetických zdrojů se teplota kompostu sníží na 15 °C až 35 °C, což vede k druhé kolonizaci kompostu mezofily. V tomto stadiu, známém jako chladící fáze, mezofilní mikroorganismy rozkládají zbývající množství cukrů, celulózy a hemicelulózy. V poslední fázi – dozrávání kompostu se vytvářejí prekursor huminových látek.

Hlavními faktory ovlivňujícími proces kompostování jsou: poměr C:N ve vstupních surovinách, vlhkost, povaha surovin, dostupnost kyslíku a technologie kompostování. Prvním stupněm při výrobě kompostu je skladba surovin. Za tímto účelem by měl být poměr C:N v počáteční směsi surovin mezi 30 a 35, aby se zajistily vhodné podmínky pro rozklad a transformaci organických látek mikroorganismy. Některé z často používaných surovin mají relativně nízký obsah dusíku (jako v případě mnoha materiálů rostlinného původu), takže se přidávají materiály bohaté na dusík, jako je hnůj nebo některé frakce pevného komunálního odpadu, aby se vhodný poměr C:N dosáhl. Pro správný rozvoj mikroorganismů by měla být vlhkost směsi surovin v rozmezí 55-65 %. Je-li vlhkost vysoká, může být průchod vzduchu hromadami kompostu přerušen, protože voda

může vyplnit potřebné vzduchové prostory, které zvýhodňují anaerobní fermentaci. Na druhou stranu, pokud je vlhkost příliš nízká, mikroorganismy nemohou růst a vyvinout typické biochemické procesy, které se vyskytují během kompostování. Při nevhodném přívodu vzduch se kompostovací proces zpomaluje. Proces kompostování mohou zpomalit také některé lignocelulózy materiály jako dřevnaté zbytky nebo piliny vzhledem k jejich odolnosti k enzymatickému štěpení mikroorganismy.

Výsledný kompost představuje univerzální hnojivo, které obsahuje rostlinné živiny, humusové složky a půdotvorné látky. Zralý kompost má drobtovitou strukturu bez zápachu, ve kterém nelze rozeznat strukturu původních částic. Podle vyhlášky č. 341/2008 Sb. v platném znění se vlastnosti kvalitního kompostu vyznačují těmito znaky: vlhkost 40-65 % hm., pH 6,0-8,5, spalitelné látky v sušině min. 25 % hm., celkový N přepočtený na sušinu min. 0,6 % hm., poměr C:N min. 20 (max. 30) a obsah nerozložitelných příměsí max. 2,0 % hm. Konkurenční nevýhodou kompostů je však to, že ve srovnání s chemickými hnojivy nedodávají odpovídající koncentrace makroživin požadované pro intenzivní výživu rostlin, což snižuje jejich poptávku. Zlepšením nutričních vlastností kompostu však lze získat zemědělské materiály, které dodají nejen živiny do půdy, ale také zlepší její fyzikálně-chemické a mikrobiologické vlastnosti.

Organická hnojiva a specializované substráty na bázi kompostu jako základní složky mohou být připravena z dalších materiálů, které výslednému produktu poskytnou dobré fyzikální vlastnosti a dostatek živin pro růst rostlin. Jednou z možností je doplňování kompostů fosforem a draslíkem ve formě fosfátových a draselných hornin. Vzhledem k tomu, že část mikroorganismů zapojených do procesu kompostování má schopnost solubilizovat fosfáty a zpřístupňovat draslík, je přidání fosforových a draselných materiálů do kompostu logickým přístupem k využití této mikrobiální frakce. Při výrobě organických hnojiv je snahou ekologicky zužitkovat odpadní látky z průmyslové výroby a biologicky rozložitelné komunální odpady (BRKO), které mohou vylepšit půdní vlastnosti.

Přetrvávajícím problémem většího využívání odpadních látek při přípravě zemědělsky využitelných organických hnojiv a substrátů je však

jejich biologická čistota a obsahy těžkých kovů. Stále jsou tedy hledány nové způsoby využití různých odpadních látek a jejich přeměny v bezpečné složky organických substrátů. Jako příklad využití vhodných odpadních látek je možné uvést produkty spalování uhlí, které mají velký potenciál pro použití ve výrobě skleníkových a sadbových médií. Kompostové materiály a organické odpady, pokud jsou smíchány s popílky, mohou poskytnout dobré fyzikální podmínky pro klíčení semen a růst rostlin, stejně jako minerální živiny dodávající rostlinám. Mezi další využitelné odpady je možné zařadit odpadní látky vznikající při průmyslové výrobě jako je papírenský průmysl a při důlní činnosti. Možností, jak ekologicky zužitkovat odpadní látky vznikající při výrobě papíru a při těžbě hnědého uhlí je připravit organický substrát na bázi kompostu a jako doplňkovou složku použít uhelný prach ve směsi se stabilizovaným papírenským kalem. Uhelňý prach má částice s průměrem do 2 mm a vzniká při těžbě, nakládání, dopravě a skladování uhlí. Uhelňý prach v ovzduší je zdraví škodlivý a při manipulaci s ním je nutné jeho zvlhčování. Kaly vznikající při výrobě celulózy a papíru jsou často využívány k výrobě kompostů a rekultivačních substrátů. Kvalita kalů se liší podle charakteru výroby a podle separace při čištění. Na rozdíl od kalů z čistíren odpadních vod nejsou papírenské kaly zatíženy hygienickými riziky a obvykle ani cizorodými látkami.

Za účelem zlepšení biologické kvality a zvýšení využitelnosti v zemědělství a zahradnictví je specializovaná organická hnojiva a substráty připravené mícháním vyžralého kompostu a odpadních látek možné oživit vybranými skupinami prospěšných půdních mikroorganismů. Tato skupina půdních mikroorganismů kolonizuje kořeny rostlin, fixuje vzdušný dusík a produkcí a uvolňováním metabolitů zpřístupňuje živiny z půdy a stimuluje růst rostlin. Podílí se též na řadě klíčových procesů v půdě, přispívá ke zvyšování dostupnosti živin pro rostliny a napomáhá k udržení dobré půdní struktury. Podle vztahu k rostlinám je dělíme na symbiotické a volně žijící půdní bakterie. Například endofytické bakterie podporující růst rostlin rostou v kořenové zóně rostlin a vykazující příznivý účinek na rostliny vylučováním fytohormonů a zvýšením příjmu fosforu solubilizací anorganických fosfátů v půdě. Symbiotické bakterie rodu *Rhizobium* a

volně žijící bakterie rodu *Azotobacter*, *Pseudomonas*, *Xanthomonas* a další fixují vzdušný dusík a tím přispívají k výživě rostlin. Organická hnojiva a substráty proto mohou být obohacena prospěšnými bakteriemi pocházejícími ze sbírek mikroorganismů nebo izolovanými z půdy nebo jiných zdrojů. Mikroorganismy se velkoobjemově kultivují a v různých poměrech míchají do základních surovin tvořících organická hnojiva. Konečným cílem přípravy obohacených organických hnojiv je poskytnout komplexní produkty jak pro růst a výživu rostlin, tak pro zvýšení obsahu a kvality organické hmoty v půdě.

1.2. Využití organických hnojiv a substrátů v zemědělství

Organická hnojiva na bázi kompostů mají široký poměr živin C:N, stabilní formu dusíku, slabě kyselé až neutrální pH a obsahují další makroprvky jako P, K, Ca, Mg. Současně obsahují stabilní humusové látky a půdní mikroorganismy. Přídavné odpadní látky doplňují kompostovou složku organických hnojiv o další živiny a organické látky. Aplikace organických hnojiv obsahujících kompost a další přídavné látky přináší zlepšení fyzikálních, chemických i mikrobiálních vlastností půdy. Díky optimální velikosti částic přispívá aplikace organických hnojiv k vytvoření půdního prostředí, které usnadňuje zadržování vody a výměnu vzduchu v půdě. Tím se zlepšuje struktura a pomáhá zachovat fyzikálně-chemická a mikrobiologická rovnováha v půdě. Vlivem zadržení půdní vláhly dochází k efektivnějšímu využívání živin rostlinami. Vstup organické hmoty spolu s organickými hnojivy do půdy dlouhodobě zvyšuje obsah půdní organické hmoty, přispívá k tvorbě půdního humusu, pozitivně ovlivňuje sorpční schopnosti půd a tím zvyšuje úrodnost půdy. Obohacení půdy mikroorganismy přispívá k vyšší mikrobiální aktivitě v půdě a uvolňování živin pro rostliny, což má za následek zvýšenou vzcházivost osiva i sadby, zvýšený růst kořenů rostlin a aktivitu mikroorganismů v rhizosféře.

Aplikace organických hnojiv ve větších objemech regeneruje narušené půdy, zvyšuje zpracovatelnost půdy a snižuje spotřebu energie při jejím obdělávání. Díky zvýšené vodní jímavosti snižuje aplikace organických hnojiv nebezpečí eroze půdy na svazích a zároveň zabraňuje vysychání

půd. Působení organických hnojiv na kvalitu půdy, mikrobiální život v půdě i výživu rostlin je mnohostranné a vytváří komplexní efekt.

Použití organických hnojiv na bázi kompostů v zemědělské praxi je vhodné ke všem plodinám, zvláště se hodí k plodinám vyžadujícím postupné uvolňování živin. Dávkování organických hnojiv je 10 až 100 t/ha, průměrná dávka se pohybuje v rozmezí 20 až 40 t/ha, podobně jako u hnoje. Na lehčích půdách se organické hnojivo aplikuje po 2 až 3 letech, na těžších půdách se aplikace provádí po 3 až 4 letech. Aplikace a zapravení organických hnojiv se provádí převážně na podzim, v případě lehčích půd je možná aplikace a zapravení na jaře. Organické hnojivo se zapravuje orbou nebo jinými kypřiči nejlépe bezprostředně po aplikaci. Řada polních pokusů ukazuje, že pravidelné hnojení organickými hnojivy vede k podstatnému zvýšení obsahu půdní organické hmoty v půdě. V polních pokusech VÚRV, v.v.i. dlouhodobé hnojení organickými hnojivy přispívá k průměrnému zvýšení obsahu organického uhlíku o 0,2 – 0,8 % ročně oproti původním hodnotám při založení pokusů.

Je důležité zdůraznit, že působení organických hnojiv na bázi kompostu na půdu je odlišné od působení průmyslových hnojiv. Proto není možné organická hnojiva a syntetická hnojiva přímo porovnávat, zejména z hlediska neprostředního vlivu na výnosy rostlin, protože působení organických hnojiv je sice časově pomalejší, ale vede k dosažení dlouhodobé rovnováhy v půdě a udržení nebo zlepšení půdní úrodnosti.

Ekonomická bilance aplikace a dopravy kompostů a organických hnojiv na zemědělskou půdu se řídí jednotkovou cenou organických produktů na tunu nebo m³. U kompostů s celkově nízkým obsahem živin je ekonomická bilance příznivá, pokud je dopravní vzdálenost nižší než cca 10 km k místu aplikace. U kompostů a organických hnojiv s průměrným až nadprůměrným obsahem živin je ekonomická dopravní vzdálenost zhruba 30-50 km. Z ekonomického hlediska je též důležité dávkování kompostů a organických hnojiv. Při porovnání nákladovosti aplikace kompostů pomocí provozních normativů zemědělských strojů bylo stanoveno, že vysoké dávky kompostů (90 a 120 t/ha) vykazovaly 2 až 3násobek nákladů ve srovnání s aplikací nižších dávek (30 a 60 t/ha). Možnosti snižování nákladů na aplikaci lze spatřovat především ve zvýšení ložného objemu

rozmetadel, které výrazně snižuje pracnost aplikace. Příznivé účinky organických hnojiv jsou dlouhodobé, a když je základní kompost doplněn dalším surovinami o živiny nebo naočkován mikroorganismy transformujícími živiny, získaný upravený biologický vstupní materiál nabízí v době jeho aplikace do půdy další výhody, které jsou v dlouhodobém měřítku i rentabilní. Využívání organických hnojiv obsahujících kompost a odpadní látky bohaté na živiny může dále významně přispět ke snížení výrobních nákladů a k redukci dopadů na životní prostředí způsobené konečným odstraňováním organického i průmyslového odpadu.

2. Popis způsobů řešení a dosažených výsledků

Popis způsobu řešení a dosažených výsledků se zakládá na výsledcích získaných v průběhu řešení projektu Technologické agentury České republiky (TA ČR) č. TH01030299, především na Úřadem průmyslového vlastnictví ČR registrovaných užitných vzorech č. 29962 a 30985 z let 2016 a 2017.

Užitné vzory se týkají směsných substrátů a organických hnojiv na bázi kompostu obsahujících mikroorganismy prospěšné pro půdní úrodnost.

2.1. Výběr komponentů pro vývoj specializovaných organických substrátů

Základ nových organických substrátů tvořil typový kompost standardní kvality vyráběný z rozličných bioodpadů a dalších organických materiálů. Kompost Standard KOB-2 (Kobra Údlice, s.r.o.) byl vyroben aerobní fermentací zhomogenizovaných bioodpadů rostlinného a živočišného původu, obsahujících rozložitelné organické látky a rostlinné živiny. Suroviny pro výrobu kompostu jsou dřevní odpad, sláma, tráva, listí, koňský a kravský hnůj a ornice. Technologie kompostování je založena na nucené aeraci a celý proces výroby kompostu od navážení surovin až po expedici hotového produktu je důsledně sledován a řízen pomocí speciálního softwaru, který zajišťuje soulad s normami a předpisy pro přeměnu biologicky rozložitelného odpadu na kompost. Na začátku procesu jsou suroviny hygienizovány ve dvou uzavřených fermentorech,

kde dochází při teplotě až 70 °C k zániku patogenních bakterií a ničí se klíčivost semen. Po hygienizaci je z fermentoru kompost převezen na venkovní zakládky, kde se cca v týdenním intervalu překopává speciálními mobilními traktorovými překopávači. Při překopání dochází k dokonalému promíchání surovin a k nadlehčení celé zakládky, což napomáhá lepšímu průchodu vzduchu zakládkou a tím i ke zvýšení aktivity mikroorganismů. Během počáteční fáze výroby je z fermentorů a prvních zakládek odsáván vzduch, který je vypouštěn do ovzduší přes biofiltr, který výrazně omezuje pachové emise. Řídící počítač pomocí speciálních sond sleduje vývoj teploty v zakládce a reguluje množství odsávaného nebo dodávaného vzduchu. Při poklesu teploty pod 40 °C dá pokyn k další operaci a při dlouhodobém snížení teploty pod 20 °C je proces ukončen a kompost je připraven k uložení na dozrávací plochu. Chemické a fyzikální vlastnosti vyrobeného kompostu jsou uvedeny v tab. 1.

Tabulka 1. Výsledky rozborů kompostu (Kobra Údlice, s.r.o.)

Chemické a fyzikální vlastnosti	Hodnota	Limity dle registrace	Prvek	Hodnota	Limit pro org. hnojiva
Vlhkost (%)	25,1		Obsah stopových a rizikových prvků (mg/kg sušiny)		
pH/H ₂ O	6,23	6 -8,5	Hg	0,216	1
Vodivost (mS/m)	107	max. 2000	As	8,74	20
Spalitelné látky 550 °C (%)	26,6	min. 25	Ba	135	
Nerozložitelné příměsi (%)	6,17	max. 10	Be	0,948	
C _{tot} (%)	13,3		Cd	0,509	1
C:N	9,3	max. 30	Co	9,29	
Celkový obsah živin (% sušiny)			Cr	53,3	100
N	1,424	min. 1,2	Cu	49,1	150
P	0,649		Mo	2,15	5
K	1,311		Ni	35,0	50
Ca	1,699		Pb	41,2	100
Mg	0,555		V	34,0	
Na	0,177		Zn	222	600
S	0,294		B	18,5	
Fe	2,513		Mn	645	
			Al	9 876	

Tab. 2 ukazuje mikrobiální pozadí uvedeného kompostu. Při mikrobiologickém rozboru byly sterilní vodou ředěné vzorky kompostu přelity živnými půdami: a) Ashby agar (používaný pro kultivaci bakterií rodu *Azotobacter*), b) YEM (kvasničný agar s mannitolem pro stanovení bakterií rodu *Rhizobium*) a c) P-agar (živný agar s obsahem nerozpustného fosforečnanu vápenatého) pro stanovení počtu bakterií tvořících prosvětlené zóny na agaru, které svědčí o schopnosti bakterií solubilizovat těžko rozpustné fosfáty.

Tabulka 2. Vstupní mikrobiální rozbor kompostu před další úpravou

Ashby <i>Azotobacter</i> (KTJ/g)	YEM <i>Rhizobium</i> (KTJ/g)	P-agar P-solubil. (KTJ/g)
0	0	$6,8 \times 10^6$

Hotový kompost uložený na dozrávacích plochách byl použit jako základní surovina pro vývoj obohacených substrátů. Jako první byly vyrobeny zkušební směsi standardního kompostu s rašelinovým inokulantem obsahujícím prospěšné půdní bakterie. Přídavek půdních bakterií rodů *Azotobacter*, *Rhizobium* a P-solubilizujících bakterií v rašelinovém nosiči byl proveden přímo do vyzrálého kompostu bez použití dalších látek.

Samotný kompost neobsahoval bakterie rodu *Azotobacter* a *Rhizobium* (tab. 2). P-solubilizující bakterie obsahoval v počtech $> 10^6$ KTJ/g. V kompostu převládají aktinomycety a mikromycety, které se účastní rozkladu organických látek. Při přídavku prospěšných bakterií do standardního kompostu byl jejich růst během krátké doby potlačen mikroflórou kompostu. Počty bakterií rodu *Azotobacter* rychle klesaly pod stanovitelnou úroveň, počty rhizobií klesaly během krátkého skladování o více než dva řády a později již nebyla detekovatelná. P-solubilizující bakterie nebyly dobou skladování příliš ovlivněny a v kompostu přežívaly jako původní mikroflóra. Míchání půdních bakterií (*Azotobacter*, *Rhizobium*) ve formě rašelinového preparátu přímo do kompostu bylo málo účinné, proto bylo nutné hledat další přídatné látky pro vývoj organických hnojiv, ve kterých by dodané bakterie lépe přežívaly.

Vývoj směsných organických substrátů byl proto dále veden na základě úvah, že nosné substráty pro mikroorganismy by měly poskytnout určité specifické vlastnosti jako je vysoká sorpční kapacita, vododržnost, chemická a fyzikální stabilita, vyhovující obsah rizikových prvků, nepřítomnost toxických látek pro mikroorganismy a rostliny a šetrnost k životnímu prostředí. Vhodné přídatné materiály nesmí při míchání s komposty snížit jejich agronomickou kvalitu. Proto by mělo jít o materiály s vysokým obsahem stabilizované organické hmoty, vysokou sorpční kapacitou a neutrálním nebo snadno nastavitelným pH. Zároveň by mělo jít o materiály, které se v daných oblastech použití hojně vyskytují nebo jejichž výroba je ekonomicky výhodná. Nejvhodnějšími, z hlediska ekonomických nákladů, jsou obvykle odpadní produkty z těžebního a zpracovatelského průmyslu.

Pro účely vývoje směsných organických substrátů byly vedle standardního kompostu jako zdroje organických látek a živin vytipovány dva druhy materiálů, které vyhovují shora uvedeným požadavkům. Jedná se o 1) uhelný prach, který má částice s průměrem do 2 mm a vzniká při hornické činnosti (při těžbě, nakládání, dopravě a skladování uhlí); 2) stabilizovaný světlý papírenský kal, vznikající při výrobě celulózy a papíru.

Uvedené materiály jsou v místních podmínkách dobře dostupné a jejich využití jako odpadů při přípravě směsných substrátů přispívá k řešení jejich hospodárného zhodnocení. Tabulky 3 a 4 uvádí stanovené chemické a fyzikální vlastnosti použitých materiálů ve stejném rozsahu parametrů jako u rozborů kompostu. Výsledky laboratorních rozborů dokládají nezávadnost uvedených materiálů z hlediska obsahu rizikových prvků. Mikrobiologickými rozbory bylo zjištěno, že uhelný prach a papírenský kal neobsahují bakterie rodu *Azotobacter*, *Bacillus* a *Rhizobium*. Dále bylo stanoveno, že při dodání těchto bakterií do uvedených materiálů není jejich přežívání výrazně potlačeno.

Uhelný prach a papírenský kal byly zkušebně míchány s kompostem a zemínou za účelem sledování klíčení rostlin. Z výsledků vyplývá, že klíčení obilovin ani vybraných zelenin (salát, ředkvička) nebylo potlačeno. Potvrdila se tak vhodnost těchto materiálů jako přídatných látek pro vývoj obohacených organických substrátů.

Tabulka 3. Výsledky chemických rozborů – úhelný prach (důl Bílina)

Chemické a fyzikální vlastnosti	Hodnota	Limit pro org. hnojiva	Prvek	Hodnota	Limit pro org. hnojiva
Vlhkost (%)	15,5		Obsah prvků (mg/kg sušiny)		
pH/H ₂ O	6,08	6-8,5	Hg	0,186	1
Vodivost (mS/m)	53	max. 2000	As	15,3	20
Spal. látky 550 °C (%)	54,3	min. 25	Ba	270	
Nerozlož. příměsi (%)		max. 10	Be	1,719	
C _{tot} (%)	27,2		Cd	0,291	1
C:N	46,6	max. 30	Co	17,3	
Celkový obsah živin (% sušiny)			Cr	38,9	100
N	0,583	min. 1,2	Cu	48,8	150
P	0,027		Mo	2,93	5
K	0,115		Ni	50,6	50
Ca	0,472		Pb	23,8	100
Mg	0,138		V	53,4	
Na	0,060		Zn	288	600
S	3,091		B	30,6	
Fe	3,794		Mn	180	
			Al	6 678	

Tabulka 4. Výsledky chemických rozborů – papírenský vláknitý kal

Chemické a fyzikální vlastnosti	Hodnota	Limit pro org. hnojiva	Prvek	Hodnota	Limit pro org. hnojiva
Vlhkost (%)	64,9		Obsah prvků (mg/kg sušiny)		
pH/H ₂ O	7,46	6-8,5	Hg	0,058	1
Vodivost (mS/m)	-	max. 2000	As	8,69	20
Spal. látky 550 °C (%)	84,5	min. 25	Ba		
Nerozlož. příměsi (%)	-	max. 10	Be	0,1	
C _{tot} (%)	23,5		Cd	0,354	1
C:N	15,5	max. 30	Co	0,978	
Celkový obsah živin (% sušiny)			Cr	10,9	100
N	1,52	min. 1,2	Cu	42,9	150
P	0,277		Mo	0,81	5
K	0,147		Ni	4,86	50
Ca	12,8		Pb	55,1	100
Mg	0,225		V	8,35	
Na	0,074		Zn	33,7	600
S	0,488		B	13,1	
Fe	0,134		Mn	1 240	
			Al	10 866	

Pro vylepšení fyzikálních vlastností (vylehčení) vyvíjených směsných organických substrátů byl použit písek, který měl následující parametry (tab. 5).

Tabulka 5. Výsledky chemických rozborů – písek (Kobra Údlice, s.r.o.)

Chemické a fyzikální vlastnosti	Hodnota	Limit pro org. hnojiva	Prvek	Hodnota	Limit pro org. hnojiva
Vlhkost (%)	0,2		Obsah stopových a rizikových prvků (mg/kg sušiny)		
pH/H ₂ O	5,58		Hg	0,075	1
Vodivost (mS/m)	112,5	max. 2000	As	7,73	20
Spalitelné látky 550 °C (%)	1,35	min. 25	Ba	13	
Nerozložitelné příměsi (%)	-	max. 10	Be	0,086	
C _{tot} (%)	0,68		Cd	0,006	1
C:N	8,88	max. 30	Co	0,10	
Celkový obsah živin (% sušiny)			Cr	0,8	100
N	0,076	min. 1,2	Cu	0,8	150
P	0,005		Mo	0,345	5
K	0,026		Ni	0,158	50
Ca	0,095		Pb	0,510	100
Mg	0,039		V	6,60	
Na	0,028		Zn	<0,1	600
S	0,116		B	1,6	
Fe	1,033		Mn	44	
			Al	316	

Byly vyrobeny tři substráty obsahující standardní kompost Kobra, uhelný prach, stabilizovaný papírenský kal a písek v poměrech uvedených v tab. 6. Při výběru poměrů jednotlivých složek byla jako rozhodující složka vybrán kompost jako hlavní zdroj organické hmoty a živin. Zvyšujícímu se poměru kompostu v substrátech byl přizpůsoben obsah ostatních složek. Odlišné poměry vstupních komponentů byly zvoleny tak, aby bylo možné posoudit schopnost přežívání inokulačních bakterií v těchto směsích. Jednotlivé složky byly naváženy a smíchány v uvedených poměrech. Odebrané vzorky byly uloženy do plastových sáčků a uchovány při 7 °C v chladničce.

Tabulka 6. Složení směsných substrátů (v g na 1 kg)

	Substrát č.	1	2	3
1	Kompost Kobra	200	300	400
2	Uhelný prach	300	250	200
3	Papírenský kal	300	250	200
4	Písek	200	200	200
	Celkem	1000	1000	1000

2.3. Obohacení směsných substrátů prospěšnými půdními bakteriemi

Po výrobě základních směsných substrátů s různými poměry vstupních komponentů byla připravena inokulační látka obsahující prospěšné půdní mikroorganismy. Jednalo se o symbiotická N₂ fixující rhizobia rodu *Rhizobium*, volně žijící bakterie fixující dusík rodu *Azotobacter* a P-solubilizující bakterie rodu *Bacillus*. Účinnost uvedených bakterií byla v předstihu ověřena laboratorními testy, vybrané kmeny bakterií jsou uchovávány v pracovní sbírce. Kultivace bakterií byla provedena v Erlenmeyerových baňkách v odpovídajících živných půdách: kultivační médium YEM (bakterie rodu *Rhizobium*), kultivační médium Ashby (bakterie rodu *Azotobacter*) a MP kultivační médium (bakterie rodu *Bacillus*). Kultury bakterií se po kultivaci slily dohromady a v objemu 250 ml sterilně přelily do rašelinového nosiče (650 g). Poté bylo přistoupeno ke konečné přípravě obohacených organických substrátů. Na základě předběžných výsledků byl pro přípravu obohacených substrátů zvolen poměr 1:10 tzn. 100 g inokulační látky na 1000 g základního substrátu. Takto zvolený poměr inokulační látky k směsnému substrátu byl vybrán proto, aby se co největší množství živých buněk půdních bakterií dodalo do základních substrátů, a aby došlo k jejich dobrému usídlení a dlouhodobému přežívání v novém prostředí.

Samotná příprava obohacených substrátů byla provedena namícháním inokulační látky do základních substrátů v poměru 1:10. Ihned po konečné přípravě obohacených organických substrátů bylo ve vzorcích substrátů stanoveno pH a vlhkost (tab. 7.) Sáčky s hotovými substráty se

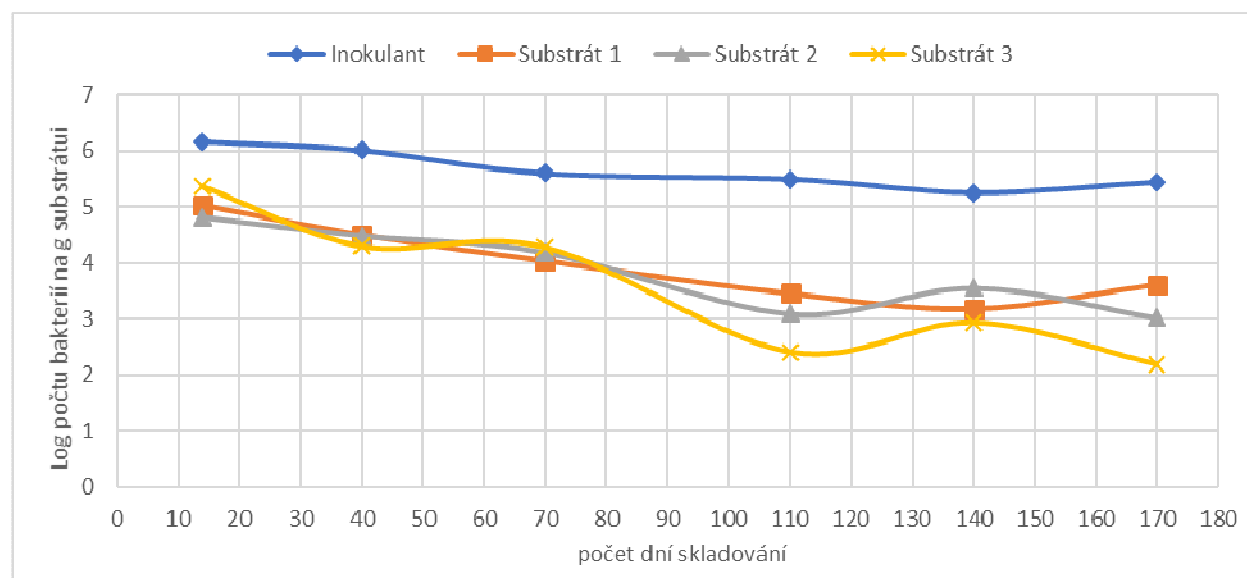
důkladně promíchaly, okraje sáčků se přelepily izolepou. Hotové výrobky byly dále uchovány v temnu při 18 °C.

Tabulka 7. Stanovení pH a vlhkosti obohacených substrátů

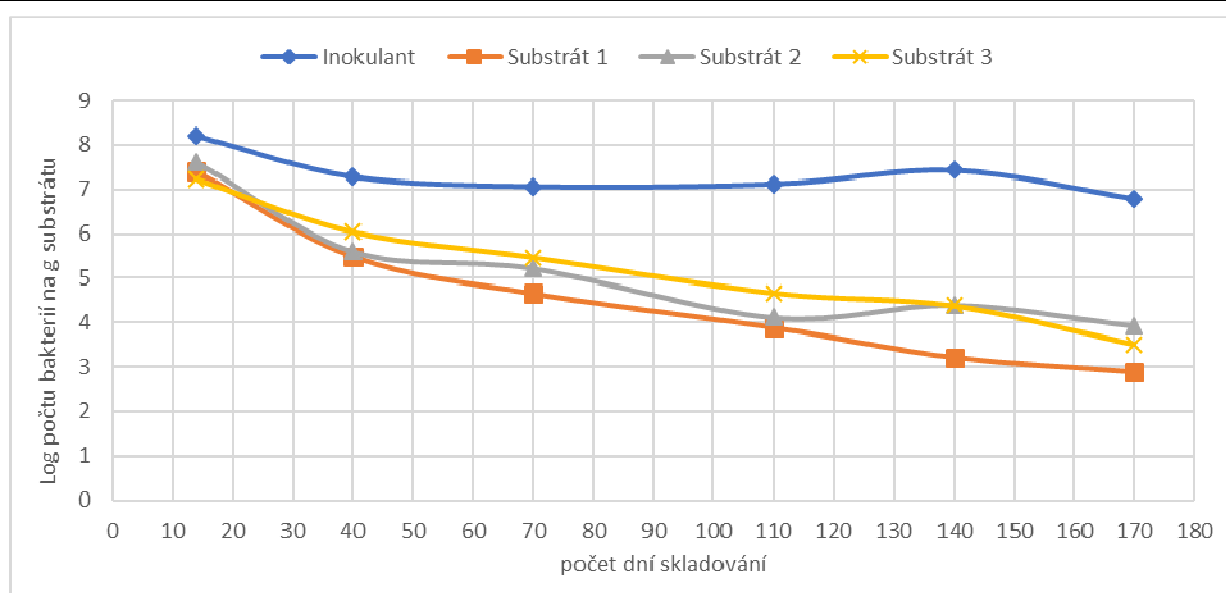
Obohacený substrát č.	pH/H ₂ O	Vlhkost (%)
1	7,11	36,61
2	6,87	35,28
3	6,65	33,33

Z tab. 7 je patrné, že pH substrátů se mírně snižuje se zvyšujícím se množstvím obsaženého kompostu, vlhkost je u všech substrátů srovnatelná. Stanovené pH i vlhkost se pohybují v rozmezích, které jsou příznivé pro přežívání a další růst dodaných bakterií.

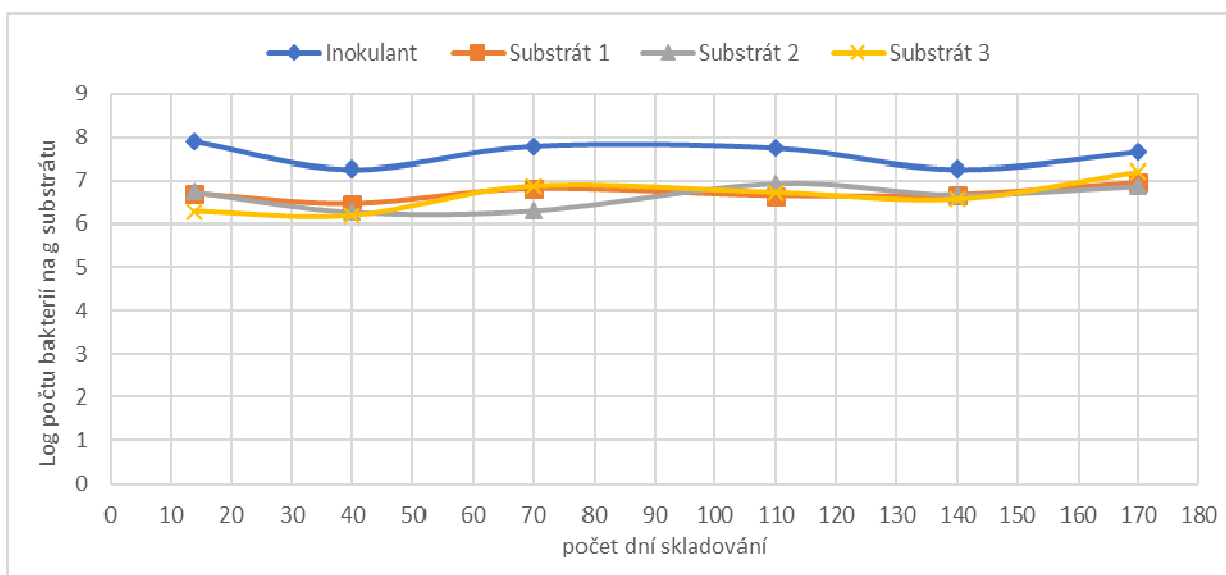
Ve vyrobených obohacených směsných substrátech bylo v určitých časových odstupech od výroby sledováno přežívání dodaných bakterií. Grafy 1–3 dokumentují závislost obsahů bakterií v substrátech na době skladování. Současně je na grafech pro porovnání ukázáno přežívání inokulačních bakterií v základním rašelinovém inokulantu. Grafické znázornění přehledně dokumentuje stav substrátů po dlouhodobém skladování a obsah prospěšných půdních bakterií v nich.



Obr. 1. Obsah bakterií rodu Azotobacter



Obr. 2. Obsah bakterií rodu *Rhizobium*



Obr. 3. Obsah P-solubilizujících bakterií

Sledování přežívání prospěšných půdních bakterií ve zkušebních obohacených substrátech při dlouhodobém skladování přineslo cenné informace využitelné při výrobě substrátů v provozním měřítku. Z výsledků sledování vyplývá, že:

- Všechny zkušební organické substráty skládající se z typového kompostu, uhlého prachu, papírenského kalu a písku umožňují usídlení prospěšných půdních bakterií a mikrobiologické oživení vyrobených substrátů.

-
- Nastavené pH a vlhkost je vyhovující, s prodlužující dobou skladování substrátů se snižuje pouze minimálně a nelimituje přežívání dodaných bakterií.
 - Inokulační bakterie rodů *Azotobacter* a *Rhizobium* po vnesení do organických substrátů s různými poměry jednotlivých složek vlivem delšího skladování postupně snižují své počty nebo jako v případě bakterií rodu *Azotobacter* u substrátu 1 dosahují rovnovážného stavu.
 - P-solubilizující bakterie vnesené do substrátů doplňují původní P-solubilizující mikroflóru dodanou spolu s kompostem do substrátů. Počty těchto bakterií se s délkou skladování nesnižují.

2.4. Využití obohacených směsných substrátů pro pěstování zeleniny

Podle originální receptury popsané shora byl vyroben bohatší organický substrát obsahující vyšší podíl standardního kompostu (40 %) a dále uhelný prach (20 %), stabilizovaný světlý papírenský kal (20 %) a písek (20 %). Po důkladném promíchání jednotlivých složek následovalo přesátí substrátů (5 mm síto) a odstranění nerozložených zbytků kompostu. Celkem bylo vyrobeno 20 kg substrátu. Tab. 8 ukazuje chemické a fyzikální vlastnosti vyrobeného substrátu. Výsledky laboratorních rozborů dokládají nezávadnost vyrobeného produktu z hlediska obsahu rizikových prvků.

Základní substrát byl v poměru 1:10 obohacen inokulační látkou obsahující prospěšné půdní bakterie rodů *Rhizobium* a *Azotobacter* a P-solubilizujícími mikroorganismy. Po přípravě obohaceného organického substrátů byl ve vzorcích substrátu proveden mikrobiologický rozbor (tab. 9). Počáteční počty půdních bakterií byly vysoké.

Vyrobený substrát, který měl vyšší podíl kompostu, více živin a obsahoval prospěšné půdní bakterie byl v roce 2017 testován ve třech etapách v nádobových vegetačních pokusech s cílem posoudit růst a tvorbu biomasy vybrané rané zeleniny (ředkvička, salát) a letního špenátu v samotném substrátu a ve směsi substrátu 1:1 se zeminou. Jako kontrolní varianta byla použita samotná zemina bez přídavku substrátu.

Tabulka 8. Výsledky rozborů směsného substrátu

Chemické a fyzikální vlastnosti	Hodnota	Limit pro org. hnojiva	Prvek	Hodnota	Limit pro org. hnojiva
Vlhkost (%)	34,9	max. 50	Obsah stopových a rizikových prvků (mg/kg sušiny)		
pH/H ₂ O	7,36	6–8,5	Hg	0,081	1
Vodivost (mS/m)	158	max. 2000	As	6,87	20
Spalitelné látky 550 °C (%)	43,64	min. 10	Ba	104,2	
Nerozložitelné příměsi (%)		max. 10	Be	1,659	
C _{tot} (%)	21,8	min. 5	Cd	0,382	2
C:N	20,2	max. 30	Co	5,84	
Celkový obsah živin (% sušiny)			Cr	44,2	100
N	1,081		Cu	37,7	150
P	0,416		Mo	2,17	5
K	0,732		Ni	28,5	50
Ca	1,155		Pb	20,45	100
Mg	0,274		V	21,6	
Na	0,085		Zn	153,6	600
B	17,5		Al	5 323	
S	4 182		Fe	12 918	
			Mn	272	

Tabulka 9. Obsah dodaných půdních bakterií v substrátu

Ashby <i>Azotobacter</i> (KTJ/g)	YEM <i>Rhizobium</i> (KTJ/g)	P-agar P-solubil. (KTJ/g)
1,1x10 ⁵	9,0x10 ⁷	2,55x10 ⁷

Varianty pokusu měly 4 opakování. Pokusy byly založeny ve vegetační hale ve vegetačních nádobách o průměru 150 mm a výšce 130 mm. Zemina pro pokus – hnědozem na spraši – byla odebrána z dlouhodobě nehnojené parcely pokusu Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v.v.i. v Praze-Ruzyni a proseta přes 20mm síto. Do každé nádoby bylo seto 6 semen letního ledového hlávkového salátu (*Lactuca sativa* L., odrůda

Pražan), 6 semen ředkvičky seté (*Raphanus sativus* L., odrůda Věra) a v poslední etapě pěstování 6 semen letního špenátu (*Spinacia oleracea* L., odrůda Viking). Po vyklíčení bylo provedeno jednocení na 2 rostlin na nádobu. Nádoby byly během vegetace pravidelně zalévány na 70 % maximální půdní vodní kapacity. Ve sklizňové zralosti byly rostliny odebrány z nádob a stanoveny jejich průměrné růstové a výnosové parametry.

2.4.1. Popis I. etapy pěstování

Míchání směsi substrátu se zemínou a plnění vegetačních nádob bylo provedeno začátkem dubna, následovalo setí 6 semen salátu hlávkového a 6 semen ředkvičky do každé nádoby. Nádoby s rostlinami byly umístěny do vegetační haly a zality vodou do plného nasycení. Pravidelné zalévání a kontrola pokusu probíhalo během celé vegetace rostlin. Klíčení ředkvičky a salátu bylo pozorováno týden po zasetí. Poněkud horší klíčení rostlin bylo zaznamenáno v samotném substrátu než v zemině. Následovalo jednocení na 2 rostliny na nádobu. Stav porostu je vidět na obr. 4.



zemina zemina+substrát substrát zemina zemina+substrát substrát

Obr. 4. Stav pokusu v rané fázi růstu

Během pokračující vegetace se začaly výrazně projevovat rozdíly mezi jednotlivými variantami pokusu. Nejlepší růst salátu byl pozorován ve směsi zemina+substrát, horší růst v samotném substrátu a nejhorší

v zemině. Podobně nejlepší růst u ředkvičky byl zaznamenán ve směsi zemina+substrát, horší růst potom v zemině a samotném substrátu (obr. 5).



zemina zemina+substrát substrát zemina zemina+substrát substrát

Obr. 5. Rozdíly v růstu salátu a ředkvičky v zemině a substrátu

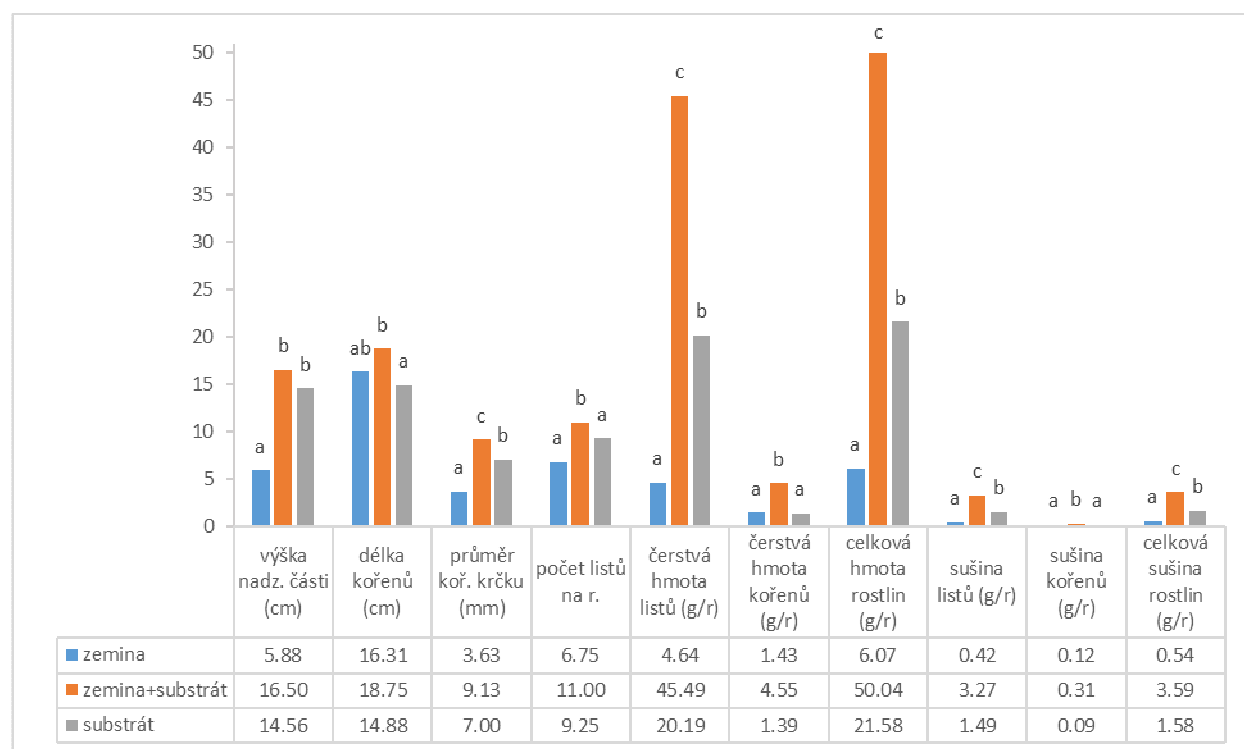
Skřízeň ředkvičky a salátu byla provedena ve sklizňové zralosti. Rostliny byly opatrně vyjmuty z nádob, kořeny salátu a bulvy ředkviček byly omyty vodou a osušeny. Rostliny byly ihned váženy v čerstvém stavu, byly spočítány listy a měřena délka listů a kořenů (salát). Po vysušení byla stanovena suchá hmota listů, kořenů (salát) a bulv (ředkvička). Suché namleté vzorky rostlin byly podrobeny chemické analýze.

2.4.2. Výsledky I. etapy pěstování

Výsledky pěstování salátu v první etapě jsou souhrnně uvedeny v grafu na obr. 6. V kontrolní zemině rostl salát s nízkým vzrůstem, kratšími kořeny, nižším počtem listů a výrazně nižší čerstvou hmotou i sušinou listů a kořenů v porovnání s ostatními variantami pokusu. Směs zeminy+substrátu obsahující živiny dodané především kompostovou složkou a papírenským kalem, navíc obohacená prospěšnými půdními bakteriemi poskytla nejlepší prostředí pro růst salátu. Rostliny byly robustní se silným kořenovým krčkem, zvýšení všech hodnocených parametrů bylo v porovnání se zeminou statisticky významné. Markantní rozdíly (až

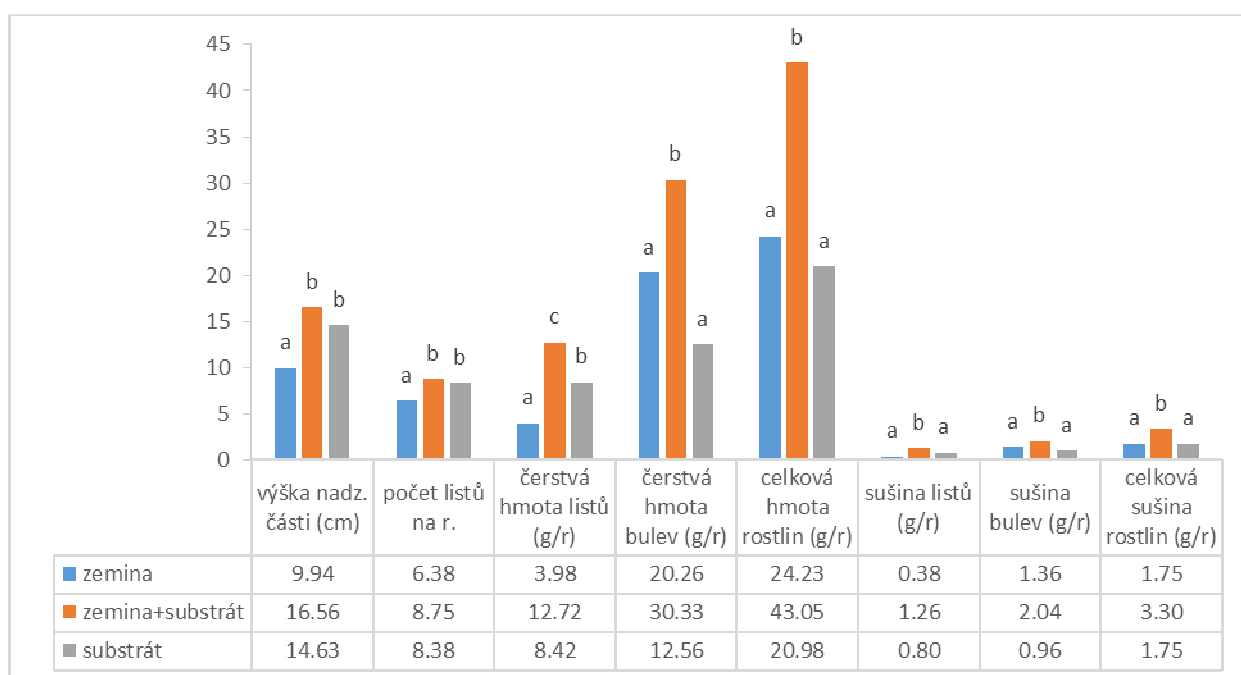
9násobné) byly zvláště patrné u produkce nadzemní hmoty (čerstvá i suchá hmotnost listů). Růst salátu v čistém substrátu bez zeminy byl lepší než v samotné zemině, avšak vzhledem k nadbytku živin, který limitoval růst, horší než u směsi substrátu a zeminy.

Výsledky pěstování ředkvičky jsou uvedeny v grafu na obr. 7. V kontrolní zemině rostla ředkvička s nízkým vzrůstem, nižším počtem listů a nižší čerstvou hmotou i sušinou bulev, a především listů v porovnání s ostatními variantami pokusu. Směs zeminy+substrátu stejně jako u salátu poskytla nejlepší prostředí pro růst ředkvičky. U rostlin pěstovaných ve směsi substrátu a zeminy bylo prokázáno statisticky významné zvýšení všech hodnocených parametrů v porovnání s kontrolní zeminou i samotným substrátem, hmotnost bulev byla o 50 % vyšší než u zeminy. Ředkvičky pěstované v substrátu bez zeminy tvořily větší hmotu listů než v zemině, ale hmotnost bulev v sušině byla nižší o 40 %.



Pozn. Sloupce označené stejnými písmeny se statisticky významně neliší (ANOVA, Tukey HSD test, $p > 0,05$)

Obr. 6. Růstové a výnosové vlastnosti salátu (průměrné hodnoty)



Pozn. Sloupce označené stejnými písmeny se statisticky významně neliší (ANOVA, Tukey HSD test, $p > 0,05$)

Obr. 7. Růstové a výnosové vlastnosti ředkvičky (průměrné hodnoty)

Vedle sledování růstu a vývoje rostlin a stanovení hmotnosti nadzemní hmoty, kořenů a bulv byly též provedeny chemické analýzy vzorků zelenin v jednotlivých etapách pěstování a stanoveny základní živiny v sušině sledovaných zelenin (tab. 10 a 11).

Tabulka 10. Výsledky agrochemických rozborů listů a bulv ředkvičky na obsah základních živin (% sušiny)

Prvek	Listy			Bulvy		
	zemina	zemina+substrát	substrát	zemina	zemina+substrát	Substrát
N	2,607	4,431	5,134	1,497	2,650	3,344
P	0,213	0,449	0,525	0,267	0,594	0,669
K	1,430	4,829	6,201	2,767	5,642	7,058
Ca	5,449	4,050	2,552	0,465	0,410	0,355
Mg	0,540	0,578	0,731	0,160	0,214	0,265

Výsledky rozborů listů a kořenů salátu a listů a bulv ředkviček dokládají zvyšující se obsahy N, P, K a Mg v souvislost s odlišnými kultivačními prostředími. Nejvíce živin bylo stanoveno v biomase rostlin pěstovaných v samotném substrátu, následované směsí zeminy a

substrátu. Nejméně živin bylo shodně stanoveno v zelenině pěstované v kontrolní zemině. V listech bylo ve všech případech stanoveno vyšší procento N a nižší procento Ca než v podzemních částech.

Tabulka 11. Výsledky agrochemických rozborů listů a kořenů salátu na obsah základních živin (% sušiny)

Prvek	Listy			Kořeny		
	zemina	zemina+ substrát	substrát	zemina	zemina+ substrát	Substrát
N	2,170	3,101	3,803	1,626	1,998	2,700
P	0,137	0,500	0,645	0,127	0,447	0,607
K	3,502	6,695	6,973	1,585	4,812	6,111
Ca	1,024	0,913	0,860	0,654	0,915	0,595
Mg	0,336	0,328	0,407	0,536	0,283	0,265

2.4.3. Popis II. etapy pěstování (ředkvička po salátu, salát po ředkvičce)

Po první etapě pěstování se pokračovalo v pěstování zeleniny v opačném pořadí pokusných nádob. Promíchání zeminy a substrátů po sklizni předešlé zeleniny bylo provedeno začátkem června, současně byly odebrány vzorky zeminy na mikrobiologický rozbor. Následovalo založení pokusu a setí 6 semen salátu hlávkového, 6 semen ředkvičky. Pokusné nádoby byly pravidelně zalévány během celé vegetace rostlin. Klíčení rostlin ředkvičky bylo pozorováno týden po zasetí, poté bylo provedeno jednocení na 2 rostliny na nádobu.

Tři týdny staré rostliny ukazuje obr. 3. Z obr. 8 je patrné, že především růst salátu v zemině a samotném substrátu byl slabý.

Růst ředkvičky (obr. 9) byl zpočátku vyrovnaný ve všech variantách, s přibývajícím vegetačním dobou se projevil rozdíl v růstu.

Sklizeň rostlin byla provedena začátkem července. U pokusných rostlin byly sledovány stejné charakteristiky jako v první etapě pěstování.



zemina zemina+substrát substrát zemina zemina+substrát substrát

Obr. 8. Růst ředkvičky a salátu v zemině a substrátu

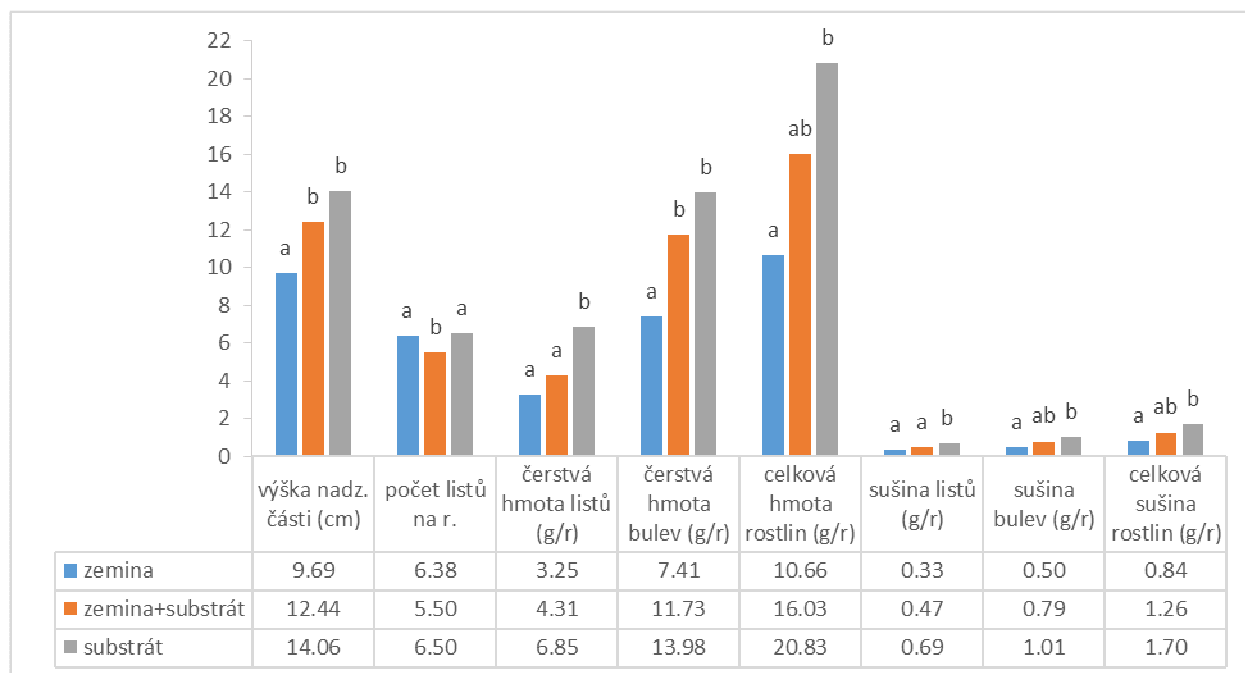


zemina zemina+substrát substrát zemina zemina+substrát substrát

Obr. 9. Stav pokusu před sklizní

2.4.4. Výsledky II. etapy pěstování

Výsledky pěstování ředkvičky ve druhé etapě jsou uvedeny v grafu na obr. 10. V kontrolní zemině rostla při druhém cyklu pěstování ředkvička s nižším vzrůstem a nižší čerstvou hmotou i sušinou bulev a listů než u ostatních variant pokusu. U směsi zeminy+substrátu došlo vzhledem k předchozímu pěstování salátu, který vytvořil velké množství hmoty, k částečnému odčerpání živin, avšak produkce bulev i listů byla stále statisticky významně vyšší než u samotné zeminy. Růst ředkvičky při druhé etapě pěstování v substrátu bez zeminy byl výrazně lepší než u prvního cyklu, substrát i po předchozím pěstování salátu obsahoval dostatek živin, což se projevilo dobrým růstem rostlin ředkvičky, které vytvořily větší hmotu listů a bulev i v porovnání se směsí zemina+substrát. V porovnání s kontrolní zeminou měly 2krát větší hmotnost bulev i listů.

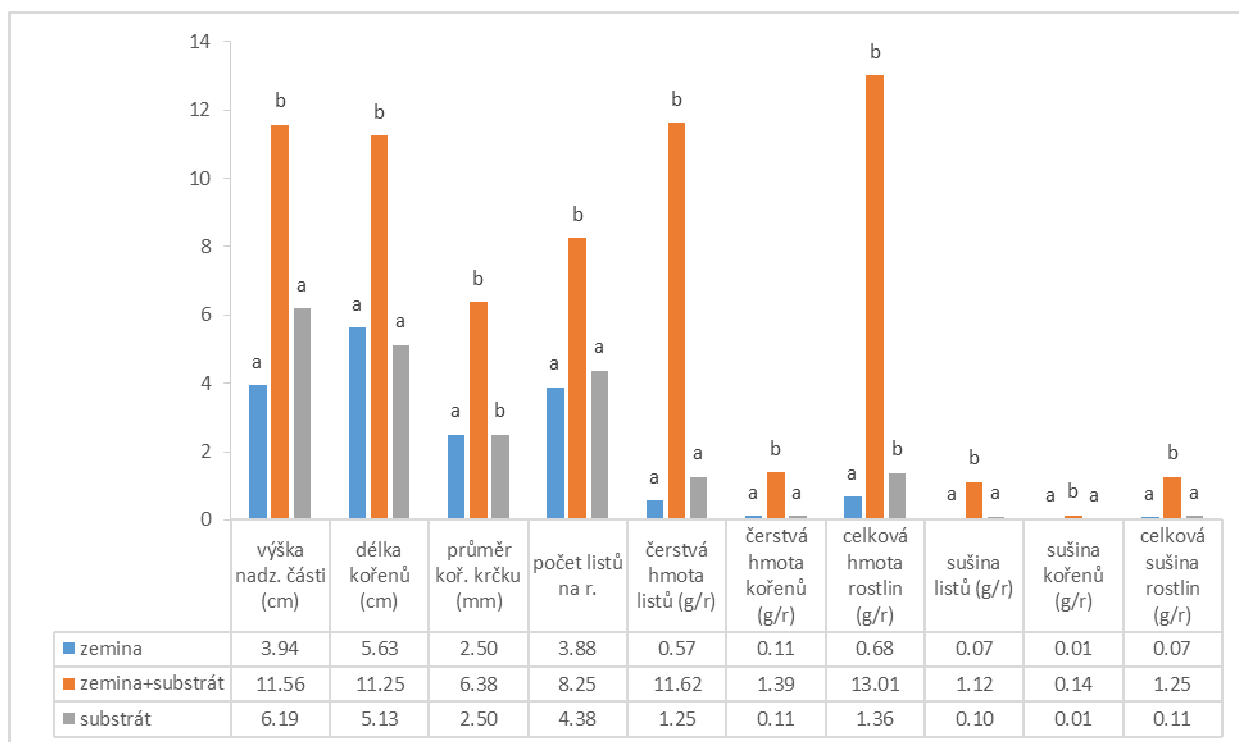


Pozn. Sloupce označené stejnými písmeny se statisticky významně neliší (ANOVA, Tukey HSD test, $p>0,05$)

Obr. 10. Růstové a výnosové vlastnosti ředkvičky (průměrné hodnoty)

Výsledky pěstování salátu v druhé etapě jsou souhrnně uvedeny v grafu na obr. 11. Při druhém cyklu pěstování rostl salát v kontrolní zemině špatně, s nízkým vzrůstem, kratšími kořeny, nižším počtem listů a výrazně nižší čerstvou hmotou i sušinou listů a kořenů než u ostatních variant pokusu. Směs zeminy+substrátu byla nejlepší, poskytla

nejvhodnější prostředí pro růst salátu. Rostliny byly jako v prvním cyklu pěstování robustní se silným kořenovým krčkem v porovnání s ostatními variantami. Zvýšení všech hodnocených parametrů bylo v porovnání se zemínou i samotným substrátem statisticky významné, markantní (několikanásobné) rozdíly byly zvláště patrné u produkce nadzemní hmoty (čerstvá i suchá hmotnost listů). Růst salátu v čistém substrátu bez zeminy byl lepší než v samotné zemině, avšak výrazně horší než u směsi substrátu a zeminy.



Pozn. Sloupce označené stejnými písmeny se statisticky významně neliší (ANOVA, Tukey HSD test, $p > 0,05$)

Obr. 11. Růstové a výnosové vlastnosti salátu (průměrné hodnoty)

Ve vzorcích zelenin z druhé etapy pěstování byly provedeny chemické analýzy a stanoveny základní živiny v biomase zelenin (tab. 12 a 13).

I v druhé etapě pěstování zelenin byly z rozborů listů a bulev ředkviček patrné odlišné obsahy N, P, K a Mg v souvislost s odlišnými kultivačními podmínkami. Nejvyšší obsah živin kromě Ca bylo stanoveno v biomase rostlin pěstovaných v samotném substrátu, nižší hodnoty byly stanoveny v rostlinách pěstovaných v zemině a substrátu. U salátu nebyly v některých případech rozborů vzhledem k nedostatku hmoty provedeny, v listech

salátu pěstovaného v samotném substrátu byly nalezeny zvýšené obsahy všech prvků kromě Ca.

Tabulka 12. Výsledky agrochemických rozborů listů a bulv ředkvičky na obsah základních živin (% sušiny)

Prvek	Listy			Bulvy		
	zemina	zemina+ substrát	substrát	zemina	zemina+ substrát	Substrát
N	2,747	2,663	4,952	1,838	1,723	3,202
P	0,225	0,360	0,415	0,362	0,526	0,527
K	1,363	2,064	4,749	3,329	4,094	6,396
Ca	4,851	3,563	3,098	0,635	0,506	0,421
Mg	0,526	0,625	0,816	0,212	0,249	0,321

Tabulka 13. Výsledky agrochemických rozborů listů a kořenů salátu na obsah základních živin (% sušiny)

Prvek	Listy			Kořeny		
	zemina	zemina+ substrát	substrát	zemina	zemina+ substrát	Substrát
N	n.v.	1,562	3,747	n.v.	1,373	n.v.
P	0,130	0,376	0,581	n.v.	0,323	0,592
K	2,860	3,858	6,838	n.v.	3,403	7,254
Ca	1,150	1,009	0,865	n.v.	0,742	0,834
Mg	0,352	0,292	0,454	n.v.	0,239	0,460

Poznámka: n.v. – nejsou výsledky (bylo málo vzorku)

2.4.5. Popis III. etapy pěstování (špenát po ředkvičce a salátu)

Ve třetí etapě byl pěstován letní špenát ve všech nádobách (viz obr. 12, stav pokusu z konce srpna).

Promíchání zeminy, směsi zeminy a substrátu a samotného substrátu po sklizni předchozích zelenin a odběr vzorků na mikrobiologický rozbor bylo provedeno začátkem srpna. Následovalo založení pokusu, každá varianta měla 4 opakování (po ředkvičce) + 4 opakování (po salátu). Seto bylo 6 semen špenátu, rostliny byly pravidelně zalévány vodou. Klíčení rostlin: bylo pozorováno týden po setí, následovalo jednocení na 2 rostliny

na nádobu. Sklizeň špenátu byla provedena v druhé polovině září, u pokusných rostlin byly sledovány stejné charakteristiky jako u salátu.



zemina zemina+substrát substrát zemina zemina+substrát substrát

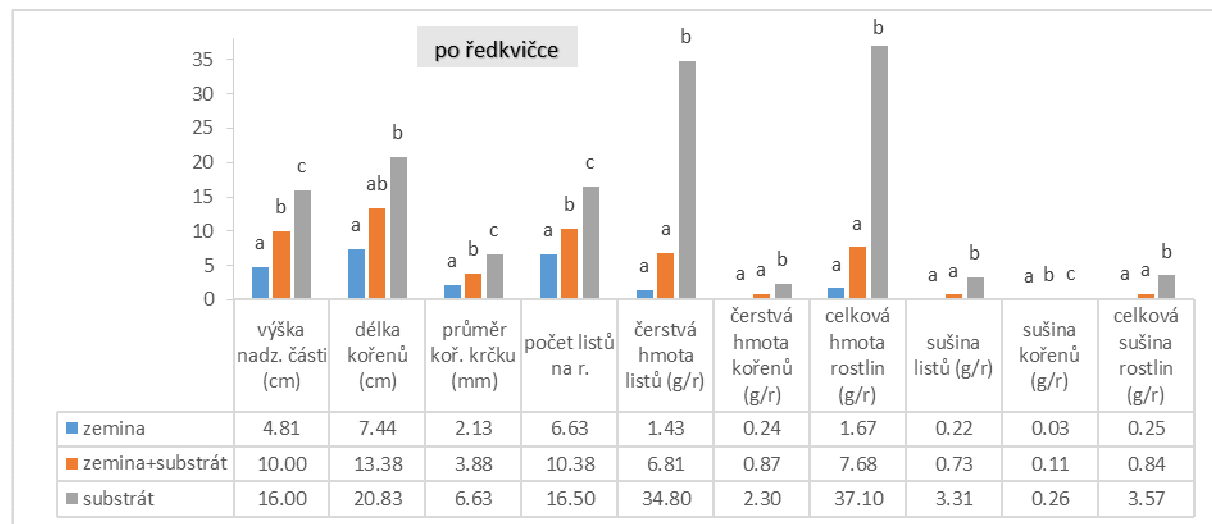
Obr. 12. Růst rostlin špenátu v zemině a substrátu

Zpočátku vegetace byl zaznamenán viditelně lepší růst ve směsi substrátu+zemina, následovaný samotným substrátem, nejslabší růst byl v samotné zemině. Postupem času, díky dostatku živin, se nejlépe vyvíjel a tvořil hmotu špenát v samotném substrátu. Ve směsi substrátu+zeminy byly živiny více odčerpány pěstováním předchozích zelenin a růst špenátu byl slabší.

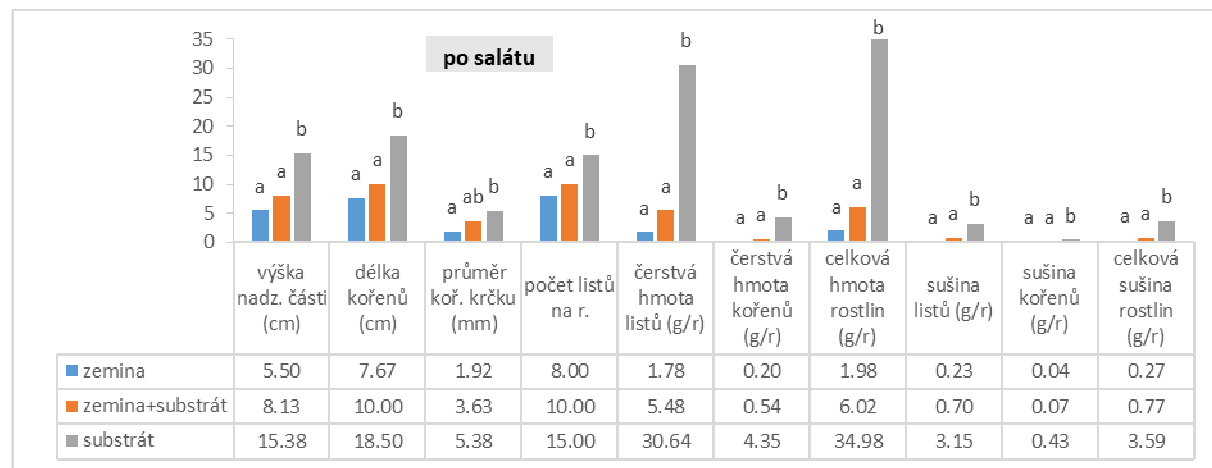
2.4.6. Výsledky III. etapy pěstování

Výsledky pěstování špenátu ve třetí etapě jsou uvedeny v grafech na obr. 13 a 14. Z obou grafů je patrné, že samotný substrát se po dvou předchozích etapách pěstování salátu a ředkvičky stal nejlepším prostředím pro růst špenátu. Rostliny v něm pěstované byly robustní se silným kořenovým krčkem a největším počtem listů. Tvořily také nejvíce biomasy, a to jak v porovnání s kontrolní zeminou, tak směsí zeminy a substrátu. Zvýšení všech hodnocených parametrů bylo v porovnání

s ostatními variantami pokusu statisticky významné. Tyto výsledky dokládají skutečnost, že samotný substrát i po dvou etapách pěstování zelenin obsahoval dostatek rostlinných živin. Ve směsi substrátu a zeminy v poměru 1:1, která byla velmi vhodná pro předešlé dvě etapy pěstování zeleniny, došlo vzhledem k vysoké produkci těchto zelenin k úbytku živin, který se projevil nižší tvorbou biomasy špenátu ve třetí etapě pěstování.



Obr. 13. Růstové a výnosové vlastnosti špenátu pěstovaného po předchozích zeleninách (průměrné hodnoty) - po ředkvičce



Pozn. Sloupce označené stejnými písmeny se statisticky významně neliší (ANOVA, Tukey HSD test, $p > 0,05$)

Obr. 14. Růstové a výnosové vlastnosti špenátu pěstovaného po předchozích zeleninách (průměrné hodnoty) - po ředkvičce

Obsah základních živin v nadzemní hmotě i kořenech špenátu je uveden v tab. 14. Z výsledků je patrné, že nejvyšší obsahy N, P, K a Mg byly dosaženy při pěstování špenátu v samotném substrátu. Zemina a

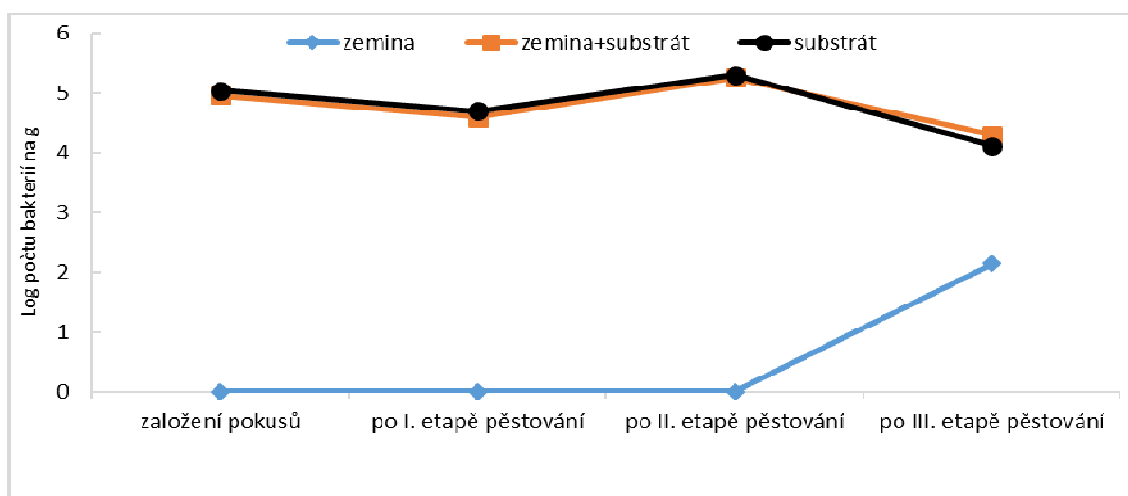
zemina+substrát byly srovnatelné při porovnání koncentrace N v kořenech špenátu, vyšší hodnoty N v listech byly nalezeny v rostlinách pěstovaných v kontrolní zemině než ve směsi zemina+substrát. Obsahy P a K byl vyšší u rostlin pěstovaných ve směsi zemina+substrát. Hodnoty Ca se stejně jako u ostatních zelenin byly nejvyšší u rostlin pěstovaných v kontrolní zemině.

Tabulka 14. Výsledky agrochemických rozborů listů a kořenů špenátu na obsah základních živin (% sušiny)

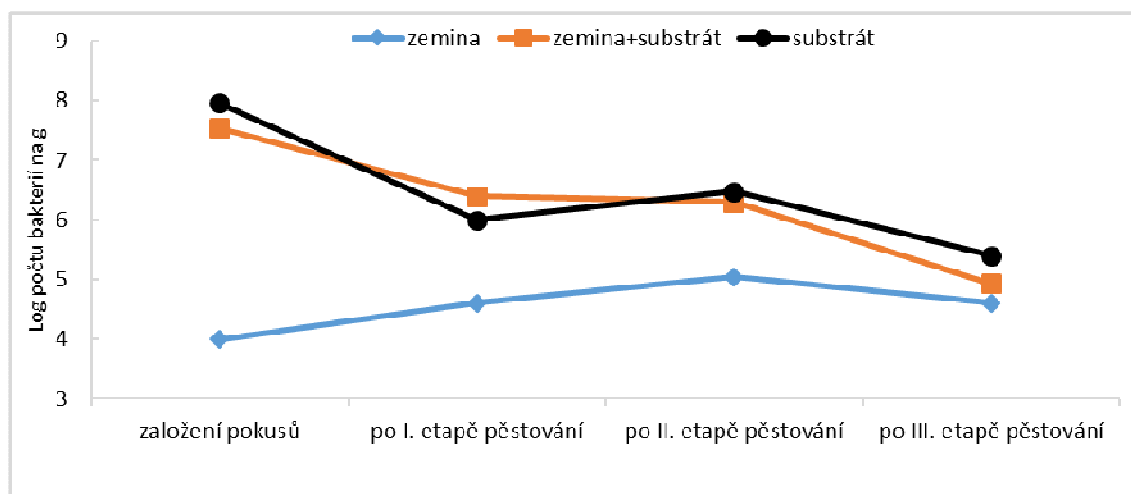
Prvek	Listy			Kořeny		
	zemina	zemina+substrát	substrát	zemina	zemina+substrát	Substrát
N	2,145	1,730	2,860	1,620	1,562	3,747
P	0,323	1,089	0,978	0,130	0,376	0,581
K	1,387	6,446	9,336	2,860	3,858	6,838
Ca	3,072	1,692	0,817	1,150	1,009	0,865
Mg	1,113	0,827	0,788	0,352	0,292	0,454

2.4.7. Sledování přítomnosti půdních bakterií v zemině a substrátu během pěstování zeleniny

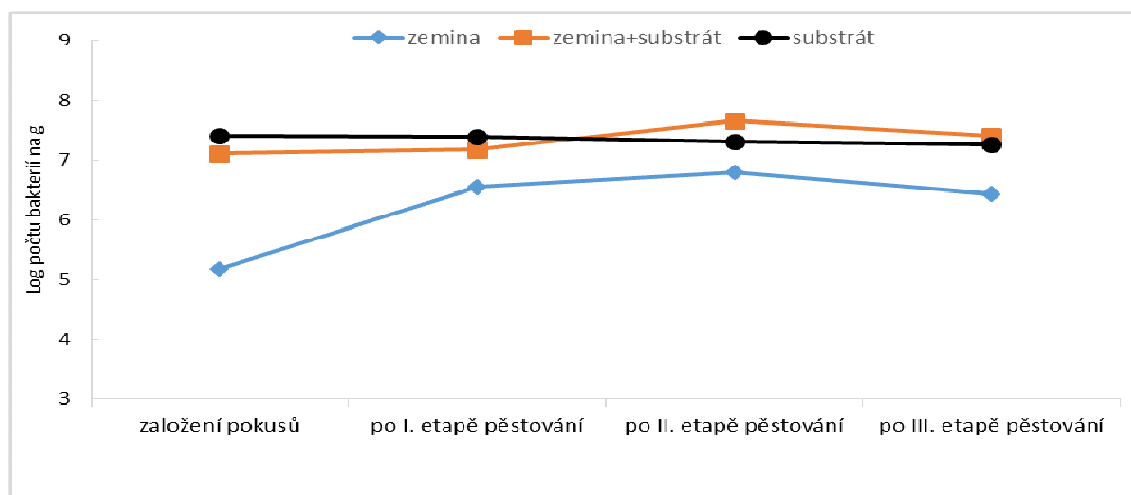
Během trvání pokusů se zeleninou byly po jednotlivých etapách pěstování zeleniny prováděny mikrobiologické rozborů zeminy za účelem posouzení přežívání dodaných půdních bakterií v jednotlivých variantách pokusu a vlivu pěstovaných zelenin na jejich obsahy. Výsledky rozborů jsou uvedeny v grafech na obr. 15-17.



Obr. 15. Obsah bakterií rodu Azotobacter v zemině a substrátu



Obr. 16. Obsah bakterií rodu Rhizobium v zemině a substrátu



Obr. 17. Obsah P-solubilizujících bakterií v zemině a substrátu

Z mikrobiologických rozborů je patrné, že substrát po zaočkování obsahoval více než 1×10^4 živých buněk bakterií rodu *Azotobacter* a vysoké počty (více než 1×10^7 živých buněk) rhizobií a P-solubilizujících bakterií. Naopak samotná zemina použitá jako kontrolní varianta neobsahovala bakterie rodu *Azotobacter* a o dva řády nižší počty rhizobií a P-solubilizujících bakterií. Smíchání zeminy a substrátu v poměru 1:1 obohatilo zeminu inokulačními bakteriemi na srovnatelnou úroveň se samotným substrátem.

Mikrobiologické rozborů po dvou cyklech pěstování ředkvičky a salátu ukázaly, že zemina použitá jako kontrolní varianta neobsahovala bakterie rodu *Azotobacter* a řádově nižší počty rhizobií a P-solubilizujících bakterií. Samotný substrát si udržel během dvou etap pěstování zeleniny vysoké

počty živých buněk bakterií rodu *Azotobacter*, jejich počty neklesly pod $>10^4$ KTJ/g a po druhém cyklu pěstování ještě mírně vzrostly na $>10^5$ KTJ/g. Také počty P-solubilizujících bakterií se držely na srovnatelné úrovni s počátečními stavy před zahájením pěstování zeleniny. Počty rhizobií mírně klesly po I. etapě pěstování a potom si během druhé etapy pěstování zelenin udržovaly stejné počty. U směsi substrátu míchaného v poměru 1:1 se zeminou se počty přežívajících bakterií rodu *Azotobacter*, *Rhizobium* i počty P-solubilizujících bakterií po obou cyklech pěstování zeleniny vyrovnaly samotnému substrátu. Po třetím cyklu pěstování zeleniny klesly o jeden řád počty bakterií rodu *Azotobacter* a *Rhizobium* jak v samotném substrátu, tak ve směsi 1:1 se zeminou. Přesto se stále držely v relativně vysokých počtech nad úrovní samotné zeminy. V kontrolní zemině, kam nebyly přidány žádné bakterie se projevil pozitivní efekt pěstování zeleniny na obsahy sledovaných bakterií, s postupným pěstování jejich obsahy mírně rostly.

Shrnutí výsledků kapitoly.

Opakovanými mikrobiologickými rozbory bylo prokázáno, že inokulace substrátů na bázi kompostu a odpadních materiálů jako jsou uhelný prach a papírenské kaly provedená přidavkem prospěšných půdních mikroorganismů ve formě rašelinového inokulantu je technika, která prokazatelně vylepšuje mikrobiální kvalitu vyrobených substrátů a umožňuje usídlení a přežívání prospěšných mikroorganismů v substrátech v delším časovém období.

Obohacené substráty jsou po dodání prospěšných mikroorganismů vhodným kultivačním médiem pro zeleniny a úspěšně mohou být též použity jako hnojivý komponent přimícháním do chudší půdy.

Obsahy základních živin v organických substrátech lze variabilně měnit zvýšením nebo snížením poměru jednotlivých složek a docílit tak optimální složení.

Chudší substrát může být přímo použit pro předpěstování zeleniny, směs bohatšího substrátu s půdou v poměru 1:1 je ideální pro pěstování zeleniny ve dvou po sobě jdoucích cyklech.

Samotný bohatší substrát může být díky vyšší koncentraci živin použit i pro více cyklů pěstování zeleniny za sebou.

Postupný úbytek živin a mírný pokles počtů prospěšných bakterií v substrátech nebo směsi se zemínou po několika cyklech pěstování zeleniny může být kompenzován přidavkem nového inokulantu a dalším mícháním s čerstvým substrátem.

Po ukončení pěstování zeleniny může být substrát aplikován do půdy jako organické hnojivo.

2.5. Využití specializovaných organických hnojiv pro hnojení rostlin a pro obohacení půdy organickou hmotou

2.5.1. Popis vegetačních nádobových pokusů

Cílem pokusů bylo otestovat vlastnosti nově vyvinutého specializovaného organického hnojiva při aplikaci do půdy, ověřit dávkování hnojiva a sledovat vliv aplikovaného organického hnojiva na růst rostlin a kvalitu půdy.

V nádobovém vegetačním pokusu byl testován vliv zvyšujících se dávek organického hnojiva na růst a produkci biomasy pšenice jarní. Pro pokus bylo použito organické hnojivo bez přidaných půdních bakterií a hnojivo obohacené směsí kultur bakterií fixujících vzdušný dusík a P-solubilizujících bakterií. Základní organické hnojivo bylo vyrobeno podle originální receptury a obsahovalo standardní kompost Kobra (30 % hmotn.), uhelný prach (25 % hmotn.), stabilizovaný světlý papírenský kal (25 % hmotn.) a písek (20 % hmotn.). Fyzikální vlastnosti a obsahy živin výsledného organického hnojiva jsou uvedeny v tab. 15.

Tabulka 15. Výsledky chemického rozboru organického hnojiva

Vzorek	Vlhkost (%)	pH/H ₂ O	Celkový obsah živin (% sušiny)					
			C	N	P	K	Ca	Mg
Organické hnojivo	29,3	5,9	20,7	1,03	0,47	0,72	1,17	0,30

Pro obohacení části organického hnojiva byla použita směsná kultura bakterií rodu *Rhizobium*, *Azotobacter* a *Bacillus* v dávce 1 l kultury na 100

kg hnojiva. Organické hnojivo po obohacení obsahovalo 9×10^5 živých buněk rhizobií, 9×10^3 živých buněk bakterií rodu *Azotobacter* a 4×10^8 P-solubilizujících bakterií. Jako kontrolní varianta byla použita samotná zemina bez přídavku hnojiva. Pokus byl založen ve vegetační hale ve vegetačních nádobách s rozměry 13x13x13 cm, zemina pro pokus – hnědozem na spraši – byla odebrána z dlouhodobě nehnojené parcely pokusu Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v.v.i. v Praze-Ruzyni a proseta přes 20mm síto. Organické hnojivo bez přídavku bakterií (1.část pokusu) a s přídavkem bakterií (2.část pokusu) bylo mícháno v určitých poměrech se zeminou, pro pokus byly použity dávky organického hnojiva odpovídající stupňovaným dávkám 5, 10, 20 a 40 t hnojiva/ha. Byl použit plošný přepočít dávky hnojiva na nádobu (tj. 8,45, 16,9, 33,8 a 67,6 g hnojiva/nádoba). Varianty pokusu měly 4 opakování. Nádobky byly plněny 1,1 kg zeminy s přídavky organického hnojiva, do každé nádoby bylo seto 13 semen pšenice jarní (odrůda Vánek). Po vyklíčení bylo provedeno jednocenění na 10 rostlin. Nádobky byly během vegetace pravidelně zalévány na 70 % maximální půdní vodní kapacity. Růst rostlin byl během vegetace sledován a byly zaznamenávány rozdíly v růstu (viz obrázky). V době tvorby klasů pšenice byly rostliny odebrány z nádob a stanoveny jejich průměrné růstové a výnosové parametry.

2.5.2. Vliv aplikace organického hnojiva na růst rostlin

Obr. 18 a 19 ukazuje růst rostlin pšenice jarní ve fázi 3 listů. Rostliny pšenice rostly v kontrolní zemině bez přídavku organických hnojiv s nižším vzrůstem a nízkou biomasou rostlin. Naproti tomu, již od začátku vegetace je se zvyšující se dávkou obou organických hnojiv patrný vyšší vzrůst rostlin a zvýšená tvorba nadzemní hmoty. Zvýšený růst a tvorba biomasy u vyšších dávek organických hnojiv pokračovaly až do fáze metání a tvorby klasů, kdy byl pokus ukončen.



Obr. 18. Varianty aplikace organického hnojiva bez přidání půdních bakterií



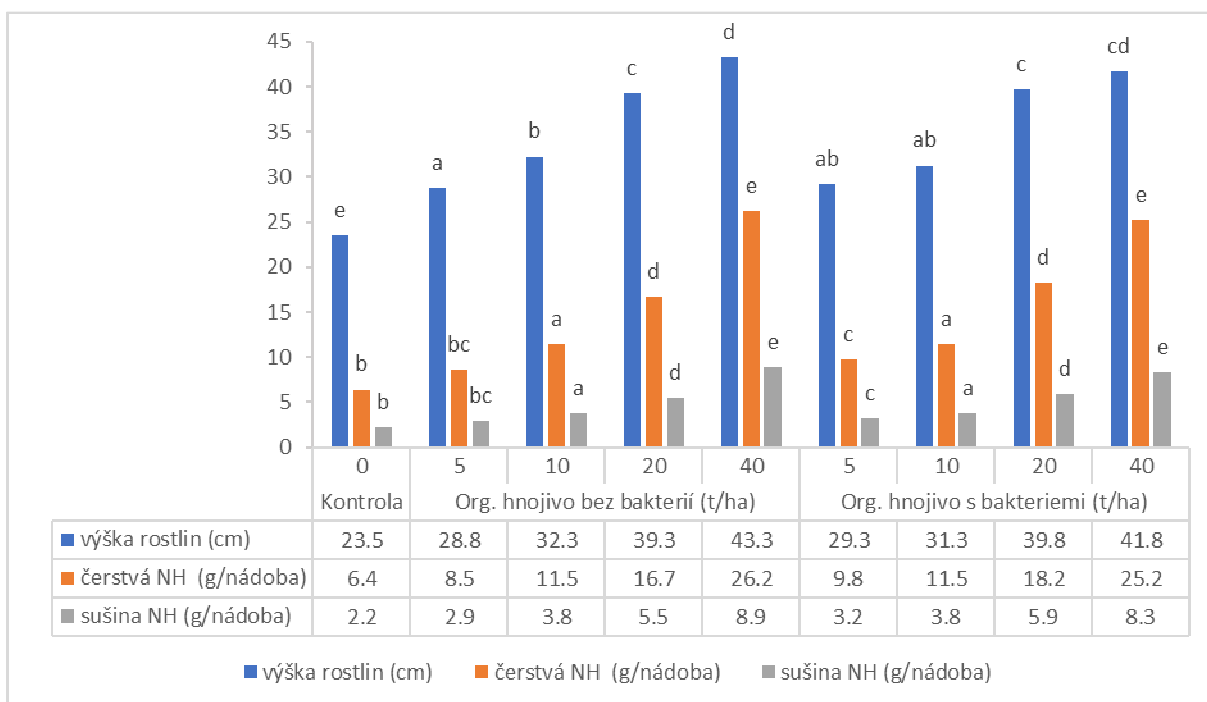
Obr. 19. Varianty aplikace organického hnojiva s přidáním půdními bakteriemi

Během vegetace byly porovnány varianty aplikace organického hnojiva bez přidání bakterií s variantami hnojiva s přidáním půdními bakteriemi (Obr. 20).



Obr. 20. Růst rostlin po aplikaci organických hnojiv (nádoby umístěné vlevo jsou bez přidávaných půdních bakterií)

Z obr. 20 je patrný dobrý růst rostlin po aplikaci obou organických hnojiv. Při nejnižší dávce hnojiva (5 t/ha) je pozorovatelný poněkud lepší počáteční růst u varianty hnojiva s přidávanými bakteriemi. U vyšších dávek nejsou rozdíly vizuálně patrné. Konečné výsledky sledování růstu rostlin a tvorby nadzemní hmoty pšenice jarní jsou souhrnně uvedeny v grafu 21.



Pozn. Sloupce označené stejnými písmeny se statisticky významně neliší (ANOVA, Tukey HSD test, $p > 0,05$)

Obr. 21. Výška rostlin a produkce nadzemní hmoty (NH) rostlin pšenice jarní po aplikaci organických hnojiv

Jednotlivé dávky organických hnojiv se statisticky významně lišily, zvyšující se dávky pozitivně ovlivnily růst i produkci nadzemní hmoty rostlin u obou organických hnojiv. Zvýšení růstu i tvorby biomasy nad úroveň kontrolní varianty se pohybovalo v rozmezí 33-310 % v závislosti na dávce hnojiv. Přídavný efekt dodaných prospěšných půdních bakterií do organického hnojiva se projevil především při dávce 5 t hnojiva/ha, kdy dodání půdních bakterií zvýšilo výšku rostlin, a především tvorbu nadzemní hmoty rostlin nad úroveň stejné dávky organického hnojiva bez přidaných bakterií. Čerstvá nadzemní hmota rostlin byla o 14,1 % vyšší a v sušině o 11,1 % vyšší díky přidavku bakterií do hnojiva. Další zvýšení produkce biomasy rostlin bylo zaznamenáno u dávky 20 t hnojiva/ha. Zde bylo zvýšení způsobené přidavkem bakterií 9,7 % u čerstvé hmoty a 7 % u sušiny nadzemní hmoty. U dávky 10 t/ha byl růst i produkce biomasy rostlin u obou organických hnojiv srovnatelný, u nejvyšší dávky 40 t/ha byl efekt přidavku půdních bakterií do hnojiva potlačen vyšším obsahem živin dodaným do půdy při této dávce u obou hnojiv.

Vedle sledování růstu a vývoje rostlin a stanovení hmotnosti nadzemní hmoty byly též provedeny chemické analýzy vzorků a stanoveny základní živiny v sušině nadzemní hmoty. Výsledky rozborů nadzemní hmoty jarní pšenice dokládají zvyšující se obsahy dusíku v nadzemní hmotě v závislosti na zvyšující se dávce organických hnojiv (tab. 16).

Tabulka 16. Agrochemické rozborů nadzemní hmoty pšenice jarní

Varianta	Dávka (t/ha)	Obsah základních živin (% sušiny)				
		N	P	K	Ca	Mg
Kontrola	0	0,544	0,099	1,214	0,178	0,071
Organické hnojivo bez bakterií	5	0,627	0,133	1,336	0,174	0,073
	10	0,598	0,137	1,307	0,154	0,073
	20	0,650	0,155	1,419	0,153	0,073
	40	0,800	0,171	1,370	0,142	0,077
Organické hnojivo s bakteriemi	5	0,597	0,125	1,345	0,157	0,078
	10	0,618	0,141	1,390	0,155	0,080
	20	0,675	0,151	1,397	0,153	0,075
	40	0,706	0,144	1,394	0,132	0,073

V porovnání s kontrolou se obsah N po aplikaci organických hnojiv zvýšil v rozmezí o 9-47 %. Přídavek bakterií do hnojiva obsah N v nadzemní hmotě mírně zvýšil u dávek 10 a 20 t/ha, u dávek 5 a 40 t/ha tomu bylo naopak. Obsahy P po aplikaci organických hnojiv vzrostly nad úroveň kontrolní varianty u obou typů hnojiv v průměru o 45 %, obsahy K se zvýšily v průměru proti kontrole o 12 %. Na rozdíl od ostatních prvků byl obsah Ca nejvyšší v kontrolní nehnojené variantě a se zvyšujícími se dávkami organických hnojiv klesal.

Krátké shrnutí kapitoly. Aplikace zvyšujících se dávek organických hnojiv zvyšuje produkci biomasy pšenice jarní, rostliny dobře reagují na dodávku živin obsažených v hnojivech a se zvyšující se dávkou plynule zvyšují růst rostlin a tvorbu nadzemní hmoty. Při nižších dávkách organických hnojiv (do 20 t/ha) se pozitivně projevuje přídavek prospěšných půdních bakterií do hnojiva. Především aplikace nízké dávky organického hnojiva (5 t/ha) obohaceného půdními bakteriemi napomáhá k lepšímu počátečnímu růstu rostlin a výsledně vyšší tvorbě biomasy ve srovnání se stejnou aplikační dávkou neobohaceného hnojiva. Pozitivní efekt aplikace organického hnojiva na růst rostlin tak může být při obohacení prospěšnými bakteriemi dosažen při nízké aplikační dávce, což šetří celkové provozní náklady a umožňuje ošetřit větší plochy půdy.

2.5.3. Vliv aplikace organického hnojiva na obsah živin v půdě

V půdních vzorcích byl po pěstování jarní pšenice, u které byly aplikovány stupňující se dávky organického hnojiva, proveden agrochemický rozbor za účelem stanovení obsahu základních živin v půdě. Výsledky rozborů jsou uvedeny v tab. 17.

Výsledky rozboru půd ukazují zvyšující se obsahy organického uhlíku a dusíku v půdách spolu se stoupající aplikační dávkou organických hnojiv. Zvýšení obsahu C a N o 33-76 % oproti kontrolní nehnojené variantě bylo patrné hlavně u vyšších aplikačních dávek 20 a 40 t hnojiva na ha. Spolu se zvyšujícím se obsahem organického C a N stoupaly u variant s aplikací organických hnojiv i obsahy přijatelných živin v půdě. Po aplikaci organického hnojiva obsahujícího přídavné P-solubilizující bakterie se zvýšil obsah přijatelného fosforu v půdě nejen nad úroveň kontrolní

varianty ale též nad úroveň stejných dávek hnojiva bez přídatku těchto prospěšných mikroorganismů s výjimkou dávky 20 t/ha.

Tabulka 17. Agrochemický rozbor půdy po pěstování jarní pšenice

Varianta	Dávka (t/ha)	Org. C (%)	Org. N (%)	Obsah přijatelných živin (mg/g v sušině)			
				P	K	Ca	Mg
Kontrola	0	1,42	0,12	24,4	201,7	3284	261,0
Org. hnojivo bez bakterií	5	1,42	0,13	29,6	210,5	3247	253,0
	10	1,49	0,15	50,6	202,5	3149	250,9
	20	1,96	0,17	104,3	253,4	3950	308,7
	40	2,50	0,21	116,1	265,9	3719	328,0
Org. hnojivo s bakteriemi	5	1,50	0,14	36,4	206,2	3461	268,5
	10	1,40	0,14	51,8	205,0	3273	268,6
	20	1,89	0,17	87,5	237,1	3859	309,1
	40	2,05	0,20	119,6	263,2	3591	325,7

Nejvyšší zvýšení bylo dosaženo u dávky 5 t/ha (22,8 %). Zvýšení obsahů K, Ca a Mg nad úroveň kontrolní varianty nebylo přidavkem půdních bakterií do organického hnojiva ovlivněno.

2.5.4. Vliv aplikace organického hnojiva na kvalitu půdní organické hmoty

Pro sledování vlivu aplikace organického hnojiva na kvalitu půdní organické hmoty byla využita FTIR spektroskopie (Fourier Transform Infrared Spectroscopy), která analyzuje zastoupení a složení určitých skupin organických látek v půdě. Stanovením těchto látek (alifatické a aromatické složky půdní organické hmoty) a jejich vzájemných poměrů je možné sledovat stabilitu a hydrofobicitu půdní organické hmoty po přidavku různých organických látek do půdy. Charakteristika jednotlivých sledovaných skupin látek je uvedena v tab. 18.

Další tab. 19 uvádí intenzitu jednotlivých skupin látek ve FTIR spektru hodnocených půd po pěstování pšenice jarní. Se zvyšující se dávkou organického hnojiva se zároveň statisticky významně zvyšuje zastoupení alifatických lehce rozložitelných látek (2900) v půdě, zatímco obsah stabilních látek aromatických látek (1620) se příliš nemění.

Tabulka 18. Charakteristika spekter organických látek stanovených metodou FTIR

Označení	Integrační limit (cm ⁻¹)	Odpovídající funkční skupiny	Stabilita, hydrofobicita
2900	3000-2800	alifatické C-H skupiny (methylové a methylenové)	labilní, hydrofobní
1620	1660-1580	aromatické C=C a/nebo COO ⁻ skupiny (amidy, karboxylové kyseliny a ketony)	stabilní, resistantní
1670	1600-1740	aromatické C=C a/nebo COO ⁻ skupiny (amidy, karboxylové kyseliny a ketony), C=O spojení	hydrofilní

Tabulka 19. Průměrné hodnoty organických látek v půdě u jednotlivých variant stanovené FTIR spektroskopii (po pěstování pšenice jarní)

Varianta	Dávka (t/ha)	2900 (intenzita FTIR spektra)	1620 (intenzita FTIR spektra)	1670 (intenzita FTIR spektra)	Index rozkladu (1620/2900)	Index hydrofobicity (2900/1670)
Kontrola	0	0,196 c	4,748 ab	8,180 abc	25,22 b	0,024 c
Org. hnojivo bez bakterií	5	0,622 a	4,704 ab	8,721 c	7,600 a	0,071 a
	10	0,663 a	4,860 b	8,545 abc	7,329 a	0,078 a
	20	1,123 b	4,700 ab	8,366 abc	4,330 a	0,135 b
	40	1,162 b	4,698 ab	8,629 bc	4,042 a	0,135 b
Org. hnojivo s bakteriemi	5	0,596 a	4,443 ab	8,139 abc	7,494 a	0,073 a
	10	0,562 a	4,511 ab	7,766 a	8,195 a	0,072 a
	20	0,883 ab	4,384 a	7,896 ab	5,172 a	0,112 ab
	40	1,168 b	4,462 ab	8,500 abc	3,856 a	0,138 b

Pozn. Sloupce označené stejnými písmeny se statisticky významně neliší (ANOVA, Tukey HSD test, $p > 0,05$)

Zastoupení hydrofilních látek (1670) se mírně zvyšuje především po aplikaci organického hnojiva bez přídavku půdních bakterií, avšak závislost na dávkách organického hnojiva se neprojevuje. Vypovídající význam mají hodnoty indexu rozkladu (1620/2900) a stupně hydrofobicity organické hmoty v půdě (2900/1670). Zatímco se index rozkladu se zvyšující dávkou organického hnojiva oproti kontrole bez aplikace statisticky významně

snižuje, index hydrofobicity postupně signifikantně roste. Tento trend je viditelný u obou použitých organických hnojiv.

Krátké shrnutí kapitoly. Výsledky chemických analýz půd dokumentují pozitivní vliv aplikace organického hnojiva do půdy na obsahy přijatelných živin v půdě a stoupající obsah celkového organického uhlíku v půdách po aplikaci vyšších dávek organických hnojiv. Výsledky sledování kvality půdní organické hmoty při využití FTIR spektroskopie ukazují, jakým způsobem přidavek zvyšujících se dávek organického hnojiva do půdy ovlivňuje zastoupení určitých složek půdní organické hmoty a tím celkovou kvalitu půdy. Pro hodnocení jsou zvláště užitečné použité indexy rozkladu a hydrofobicity půdní organické hmoty. Vysoké hodnoty indexu rozkladu jsou zaznamenány u kontrolní nehnojené varianty, kde se velká část půdních organických látek nachází ve stabilním stavu. Naopak zvyšující se dávky organického hnojiva zvyšují podíl alifatických lehce rozložitelných látek v půdě, což snižuje index rozkladu. Po aplikaci organické hmoty do půdy klesá aktuální stabilita půdního prostředí a zintenzivňují se transformační procesy organických látek v půdě. Index hydrofobicity naopak souvisí s obsahem celkového organického uhlíku v půdě a tím indikuje kvalitu organické hmoty v půdy. Se zvyšujícími se dávkami organických hnojiv se zvyšují celkové obsahy C v půdě, zvyšuje se hydrofobnost prostředí a současně roste mikrobiální aktivita půdy a v neposlední řadě stoupá stabilita půdních agregátů.

2.5.5. Popis polních pokusů

Hlavním účelem provedení a hodnocení poloprovozních polních pokusů bylo stanovení vlivu různých dávek a kvality kompostů a organických hnojiv na bázi kompostů na výnosy plodin a na půdní vlastnosti, zejména na obsah a kvalitu půdní organické hmoty.

V katastru obce Údlice byl realizován polní pokus, jehož cílem bylo zjistit vliv aplikace různých dávek průmyslového kompostu na výnos zrna pšenice jarní (*Triticum aestivum*) pro dané stanoviště. Pokus byl navržen ve čtyřech, resp. pěti variantách, které představovaly čtyři stupňované

dávky použitého průmyslového kompostu plus jednu variantu kontrolní (bez aplikace hnojiva).

Polní testování probíhalo na pozemku katastru výše uvedené obce na těžké, vlhké půdě, dle kódu BPEJ (1.07.00) charakterizované jako půda těžká až velmi těžká (bez vylehčeného humusového horizontu). K aplikaci byl použit průmyslový kompost z produkce kompostárny KOBRA Údlice s.r.o. ve stupňovaných dávkách v přepočtu 10 t/ha, 20 t/ha, 30 t/ha a 40 t/ha, který byl aplikován na jaře měsíc před vlastním setím s následným zapravením. Celá pokusná plocha byla navíc vyhnojena minerálními dusíkatými hnojivy LAD 27–2 × 250 kg/ha a LOVODAM 30–1 × 130 kg/ha.

V prvním roce sledování byly patrné průkazné výsledky vlivu různých dávek průmyslového kompostu nejen na výnos testované plodiny (pšenice), ale patrný je i tendenční vývoj některých sledovaných parametrů. Z tab. 20 je patrný pozitivní vliv stupňovaných dávek použitého kompostu na výnos zrna pšenice, kde nejnižší výnos byl zaznamenán u kontrolní varianty bez dodávky kompostu (6,8 t/ha) a v rostoucí řadě se výnos zvyšuje až na nejvyšší hodnotu (7,5 t/ha) u variant s nejvyšší dávkou aplikovaného kompostu – 30 resp. 40 t/ha. Podobný trend je patrný i u průměrné hmotnosti 1 rostliny, kde je patrný rozdíl mezi variantou s nejnižší a nejvyšší dávkou kompostu.

Tabulka 20. Výnosy pšenice jednotlivých variant dávek průmyslového kompostu

Varianta	Výnos zrna (t/ha)	Hmotnost 1 rostliny (g suš.)
bez hnojení	6,80	-
10 t kompostu	7,00	0,59
20 t kompostu	7,20	0,66
30 t kompostu	7,50	0,65
40 t kompostu	7,50	0,70

Na základě výsledků agrochemického rozboru půd z realizace polního experimentu můžeme interpretovat určité průkazné souvislosti (tab. 21). Je patrný pokles hodnoty pH u komposty hnojených variant oproti variantě kontrolní (bez aplikace kompostu) – tento pokles hodnoty pH souvisí

s největší pravděpodobností se změnou mikrobiologické aktivity v půdě u kompostem hnojených variant.

Tabulka 21. Výsledky agrochemických rozborů půd

Varianta	Půdní reakce pH/KCl	Půdní reakce pH/H ₂ O	Sušina %	Obsah přijatelných živin mg/kg sušiny půdy				C _{ox} % sušiny	Humus % sušiny	N _{tot} % sušiny
				P	K	Ca	Mg			
bez hnojení	5,63	6,00	95,35	82,7	738	3 527	819	3,05	5,26	0,284
10 t kompostu	5,33	5,69	94,88	273,2	1 014	4 344	690	3,49	6,02	0,323
20 t kompostu	5,44	5,71	94,74	217,4	924	4 146	815	3,41	5,88	0,318
30 t kompostu	5,34	5,73	94,28	149,0	1 069	4 515	802	4,20	7,24	0,335
40 t kompostu	5,36	5,78	93,71	68,8	1 023	4 763	1089	4,72	8,14	0,352
Průměr	5,42	5,78	94,59	158,2	954	4 259	843	3,77	6,51	0,322

Zřejmá souvislost je viditelná i u vlhkosti půdy, kde nejvyšší procento sušiny zaznamenáváme u kontrolní nehnojené varianty (nižší obsah organické hmoty) a hodnota tohoto parametru se v sestupné řadě snižuje až k nejnižší hodnotě, která byla zaznamenána u varianty s nejvyšší dávkou dodaného kompostu (40 t/ha). Velice podobný trend, ale s inverzí vývojové tendence je patrný u obsahu C_{ox}, obsahu humusu a obsahu N_{tot}, kde se zvyšující se dávkou kompostu roste hodnota uvedených parametrů. Výjimkou je varianta 2, kde byla použita dávka kompostu na úrovni 20 t/ha, a kde v rámci vzestupné vývojové řady dochází k poklesu hodnot.

U obsahu živin je ze čtyř v půdě sledovaných hlavních makroprvků patrná určitá přímá úměra stupňovaných dávek hnojení kompostem s obsahem vápníku (Ca), opět s výjimkou varianty 2 (20 t/ha).

Kromě výše uvedeného dusíkatého hnojení pokusného pozemku formou minerálních hnojiv, kde je množství dodaného N snadno zjištělné, byly na základě rozborů zjištěny hodnoty dusíku, který je v rámci jednotlivých variant dodáván na pokusnou plochu v podobě použitého průmyslového kompostu (tab. 22). Využitelnost N rostlinami z kompostu se v prvním roce pěstování pohybuje kolem 10 % (5-15 %).

Tabulka 22. Dávka a využitelnost dusíku v aplikovaném množství průmyslového kompostu

Dávka kompostu	Dávka N (kg/ha)	Využitelný N rostlinami (kg/ha)
Kontrola	0	0
10 t/ha	106,8	10,68
20 t/ha	213,6	21,36
30 t/ha	320,4	32,04
40 t/ha	427,2	42,72

Na rozdíl od agrochemických rozborů půd, u rozborů rostlin (viz tab. 23) není průkazná souvislost mezi obsahem sledovaných prvků a dávkami použitého kompostu, snad s výjimkou draslíku a hořčíku, kde je patrný pokles jejich obsahu se zvyšujícími se dávkami kompostu (bez kontrolní varianty).

Tabulka 23. Výsledky agrochemických rozborů zrna pšenice

Varianta	Sušina %	Obsah základních živin v % sušiny					Na mg/kg	B mg/kg	Mn mg/kg	S mg/kg
		N	P	K	Ca	Mg				
bez hnojení	90,2	2,097	0,352	0,413	0,033	0,114	0,0032	1,19	24,2	1240
10 t komp.	90,0	1,940	0,368	0,417	0,036	0,120	0,0030	1,03	31,7	1251
20 t komp.	90,2	2,035	0,363	0,411	0,036	0,118	0,0030	1,29	29,1	1221
30 t komp.	90,2	2,097	0,352	0,396	0,031	0,113	0,0028	0,93	20,0	1235
40 t komp.	90,0	2,081	0,344	0,389	0,031	0,113	0,0030	0,99	22,0	1139

Součástí rozborů rostlin byla i listová analýza (výsledky viz tab. 24). Listová analýza byla prováděna na vzorcích rostlin odebraných ve fázi BBCH 31 (fáze prvního kolínka) a byla zaměřena na obsah hlavních makroprvků (N, P, K, Ca, Mg, S) a vybraných mikroprvků (Zn, Mn). Z tab. 24 není patrná výrazná souvislost mezi obsahem vybraných prvků a použitými dávkami průmyslového kompostu. Pokud přihlédneme k anomálii, vyskytující se v některých případech u varianty 2 (20 t kompostu/ha, viz výše – agrochemické rozborů půdy), tak lze pozorovat určitou souvislost pouze u obsahu fosforu, kde dochází k jeho zvýšení v rostlině přímo úměrně s výší dávek kompostu. Za zaznamenání stojí

rovněž silný nebo velmi silný nedostatek vápníku a manganu (dle systému hodnocení listových analýz).

Tabulka 24. Výsledky listové analýzy rostlin pšenice (BBCH 31)

Varianta / obsah prvků	N, %	P, %	K, %	Ca, %	Mg, %	S, %	Zn, ppm	Mn, ppm
10 t kompostu	5,04	0,5	5,37	0,31	0,19	0,36	47,1	35,5
<i>Hodnocení</i>	<i>112</i>	<i>120</i>	<i>125</i>	<i>58</i>	<i>126</i>	<i>111</i>	<i>NA</i>	<i>SNE</i>
20 t kompostu	4,71	0,48	5,45	0,28	0,17	0,36	42,9	26,2
<i>hodnocení</i>	<i>105</i>	<i>115</i>	<i>127</i>	<i>54</i>	<i>115</i>	<i>112</i>	<i>NA</i>	<i>VSNE</i>
30 t kompostu	5,52	0,53	5,85	0,34	0,19	0,35	53,9	30,1
<i>hodnocení</i>	<i>123</i>	<i>126</i>	<i>136</i>	<i>64</i>	<i>129</i>	<i>109</i>	<i>NA</i>	<i>SNE</i>
40 t kompostu	4,82	0,55	5,48	0,34	0,19	0,36	45,9	38,2
<i>hodnocení</i>	<i>107</i>	<i>130</i>	<i>127</i>	<i>63</i>	<i>128</i>	<i>113</i>	<i>NA</i>	<i>SNE</i>

Procentické hodnocení makroprvků:

nad 130,1 % - velký nadbytek

110,1 - 130 % - nadbytek

95,1 - 110 % - normální obsah

90,1 - 95 % - mírný nedostatek

70,1 - 90 % - nedostatek

60,1 - 70 % - silný nedostatek

pod 60 % - velmi silný nedostatek

Slovní hodnocení mikroprvků:

VNA - Velký NAdbytek

NA - NAdbytek

NO - NOrmální obsah

MNE - Mírný NEdostatek

NE - NEdostatek

SNE - Silný NEdostatek

VSNE - Velmi Silný Nedostatek

Součástí rozborů půd byla i analýza organických látek stanovených spektroskopickou metodou FTIR (tab. 25). Stanovení těchto látek (alifatické a aromatické složky půdní organické hmoty), vzhledem k jejich různé stabilitě a hydrofobicitě, úzce souvisí s poznáním a interpretací chování půdních částic. Z výsledků FTIR analýz je patrná korelace obsahu všech tří sledovaných skupin látek a stupňovaných dávek průmyslového kompostu, kde nejvyšší hodnoty obsahu těchto látek jsou zaznamenány u varianty s nejvyšší použitou dávkou kompostu (40 t/ha). U skupin látek 2900 a 1620 se opět, jako v mnoha předešlých případech, vymyká varianta 2 (20 t/ha), která „narušuje“ tendenční vývojovou řadu hodnot. U kontrolní varianty dosáhly intenzity skupin látek 2900 a 1670 nejnižších hodnot ze všech pěti sledovaných variant, naopak u skupiny látek 1620 byly zaznamenány

hodnoty na úrovni hodnot varianty 3 (30 t kompostu) a vyšší, než u variant 1 a 2 (10 t a 20 t kompostu/ha). Vypovídající význam mají hodnoty indexu rozkladu (1620/2900) a stupně hydrofobicity organické hmoty v půdě (2900/1670).

Tabulka 25. Průměrné hodnoty látek v půdě u jednotlivých variant dle FTIR

Varianta	2900 (intenzita FTIR spektra)	1620 (intenzita FTIR spektra)	1670 (intenzita FTIR spektra)	Index rozkladu 1620/2900	Index hydrofobicity 2900/1670
Kontrola (bez přihnojení)	1,22 ± 0,27	4,08 ± 0,11	10,13 ± 1,14	3,34	0,121
10 t kompostu	1,74 ± 0,24	3,94 ± 0,38	10,15 ± 0,39	2,27	0,171
20 t kompostu	1,50 ± 0,05	3,92 ± 0,13	10,51 ± 0,80	2,62	0,143
30 t kompostu	1,91 ± 0,47	4,10 ± 0,34	10,59 ± 1,48	2,15	0,180
40 t kompostu	2,76 ± 0,21	4,21 ± 0,25	11,43 ± 0,63	1,53	0,241

Čím vyšší jsou zaznamenány hodnoty u indexu rozkladu, tím je půdní prostřední stabilnější. Rozbory ukazují snižující se hodnoty indexu rozkladu se zvyšujícími se dávkami kompostu, kde nejvyšší hodnoty vykazuje kontrolní varianta (bez dodávky kompostu).

Stupeň hydrofobicity úzce souvisí s obsahem celkového organického uhlíku v půdě a tím přímo indikuje kvalitu humusových látek a půdy. S nárůstem hodnot stupně hydrofobicity roste kvalita humusových látek. U indexu hydrofobicity platí vztah, že čím jsou hodnoty vyšší, tím je prostředí hydrofobnější. Analýza ukázala signifikantně se zvyšující hodnoty indexu se stupňovitě se zvyšujícími dávkami průmyslového kompostu.

Krátké shrnutí kapitoly. Na základě výsledků realizace polního experimentu lze konstatovat, že:

- potvrdily se předpoklady pozitivního vlivu stupňovaných dávek průmyslového kompostu do půdy na výnos zrna testovací plodiny (pšenice) i na hmotnost jedné rostliny;

-
- půdní rozbory ukázaly související vztah mezi obsahem některých sledovaných prvků/parametrů (pH, sušina, Cox, Ntot, Ca) a výších dávek použitého kompostu;
 - se zvyšujícími se dávkami kompostu klesal obsah K a Mg v zrna pšenice;
 - listová analýza odhalila vysoký nedostatek Ca v rostlinách a potřebu vápnění
 - u skupin látek stanovených metodou FTIR je patrná korelace obsahu všech tří sledovaných skupin látek a stupňovaných dávek průmyslového kompostu;
 - se zvyšujícími se dávkami kompostu klesá stabilita půdního prostředí;
 - se zvyšujícími se dávkami kompostu se zvyšuje hydrofobnost prostředí.

2.6. Souhrnné závěry

Způsob přípravy specializovaného organického hnojiva popsaného v této metodice je technologicky dobře proveditelný, může využít stavební a strojní vybavení kompostáren a umožňuje velkoobjemově připravit vícesložkové organické hnojivo určené pro polní aplikace a pro oživení mikrobiologicky chudých půd. Ve směsích se zeminou může dále sloužit jako pěstební substrát pro různorodé použití v zahradnictví. Nově vyvinutý organický substrát řeší problematiku využití alternativních látek nahrazujících rašelinu jako základní složku substrátů a možnost opakovaného použití substrátů. Provedené pokusy a vyhodnocení vlivu přídatku specializovaného organického hnojiva obohaceného o prospěšné půdní bakterie na růst rostlin, obsah živin v půdě a kvalitu půdy prokázaly uplatnitelnost takového hnojiva při praktickém použití. Vedle příznivých účinků na růst a tvorbu biomasy testovaných rostlin je aplikace specializovaného organického hnojiva do půdy ve vhodných dávkách prostředkem pro udržení nebo zvýšení půdní úrodnosti. Aplikace vyšších dávek testovaného organického hnojiva do půdy prokazatelně zvyšuje hladinu organické hmoty v půdě a tím zlepšuje fyzikálně-chemické a biologické vlastnosti půdy, její strukturu a sorpční schopnosti.

III. EKONOMICKÉ PŘÍNOSY

Náklady na výrobu specializovaného organického hnojiva na bázi kompostu a dalších přídatných látek obohaceného prospěšnými půdními mikroorganismy lze vyčíslit stanovením nákladů na výrobu jednotlivých složek, ze kterých se hotový produkt skládá.

1. Kompost – pro výrobu je použit kvalitní typový kompost velkoobjemově vyráběný z různých biologicky rozložitelných organických materiálů. Výrobní náklady kompostu, při započítání zisku 100-250 Kč/t z uložení biologicky rozložitelných odpadů včetně odpadů z živočišné výroby v kompostárně, jsou dány náklady na energie nutné při zpracování základních surovin, režii kompostárny a dalšími náklady nezbytnými pro výrobu hotového produktu. Tyto náklady činí 200–300 Kč, což je při prodejní ceně 550 Kč/t kompostu cca 55 % celkových nákladů.

2. Přídatné látky – uhelný prach a vláknitý papírenský kal jsou odpadní látky, které netvoří náklady a jsou získány bezúplatně, tzv. za odvoz. Proto lze jednotně cenu těchto surovin stanovit na cca 50 Kč/t materiálu. Další složkou je písek, který je získáván z vlastních zdrojů firmy Kobra Údlice s.r.o. a představuje cca 50 Kč/t této suroviny.

3. Tekuté kultury inokulačních půdních mikroorganismů – výrobní náklady jsou dány náklady na kultivaci bakterií v tekutých živných médiích ve výrobně očkovacích látek a jejich dopravou do kompostárny. Vzhledem k tomu, že jsou tyto tekuté kultury získány z jiné organizace, jsou náklady a prodejní ceny stanoveny touto organizací. Při předpokládané potřebě 5 l tekuté kultury na 1 t organického hnojiva dosahují náklady 100–200 Kč.

Sečtením výše uvedených nákladů lze stanovit celkové výrobní náklady specializovaných hnojivých substrátů na 450–650 Kč za 1 t. Variabilita těchto nákladů je dána především náklady na produkci kompostů a inokulačních substrátů.

Možné ekonomické přínosy aplikace specializovaných organických hnojiv a substrátů byly modelově vypočítány na základě získaných pokusných výsledků a literárních údajů s využitím expertních systémů Výzkumného ústavu zemědělské techniky, v.v.i. (VÚZT) pro modelování

výrobních technologií (www.vuzt.cz, záložka expertní systémy). Předpokládané ekonomické přínosy jsou v závislosti na dávce přípravku v rozmezí 20-200 t/ha (v přepočtu na sušinu) odhadovány na 3.000,- Kč až 30.000,- Kč v průběhu 3-5 let působení jednorázové aplikace v důsledku zvýšení výnosů a tržeb o 0,5-5 % v souvislosti se zlepšením struktury půdy, zintenzivněním biologické aktivity a zvýšením retenční schopnosti půdy pro vodu a živiny. Dalším přínosem je snížení rizika vodní eroze půdy a půdní degradace. Aplikací substrátů na bázi kompostů obohacených o půdě prospěšné mikroorganismy dochází k lepšímu uchování produkčních i mimoprodukčních funkcí zemědělské půdy.

IV. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Metodika je založena na možnosti využití odpadních látek jako komponentů pro výrobu organických hnojiv na bázi kompostů. Jako přidanou hodnotu navrhuje oživení vyrobených organických hnojiv a substrátů prospěšnými půdními mikroorganismy schopnými fixovat vzdušný dusík a solubilizovat málo rozpustné fosfáty v půdě. Novým postupem je využití uhelného prachu a papírenského vláknitého kalu jako odpadních materiálů dodávajících nově vytvořenému organickému hnojivu především organický uhlík (uhelný prach) a organický dusík (kal). Dalším novým postupem je inokulace základního organického hnojiva směsí půdních bakterií rodů *Azotobacter*, *Rhizobium* a *Bacillus*. Uvedené postupy jsou originální a jsou předmětem ochrany ÚPV ČR registrovaných užitečných vzorů č. 29962 a 30985 z let 2016 a 2017. Metodika uvádí praktické využití nově vytvořených organických hnojiv a substrátů v zemědělství pro pěstování a hnojení rostlin a pro zvýšení obsahu organické hmoty v půdě. V předložené metodice jsou zahrnuty především vlastní poznatky nově získané v průběhu řešení výzkumných projektů uvedených v dedikaci.

V. POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Metodika je určena majitelům a provozovatelům kompostáren, zpracovatelům bioodpadů, zemědělcům, zemědělským poradcům,

původcům a investorům a dalším zájemcům o dotčenou problematiku. Metodika poskytuje současné znalosti a základní informace o vývoji specializovaných organických hnojiv a substrátů na bázi kompostů a dalších přídatných látek a způsobech jejich využití v zemědělství. Metodika je určena širokému okruhu uživatelů. Metodika může sloužit k zásadním rozhodnutím pro producenty odpadních surovin při využití odpadů pro výrobu hnojivých substrátů využitelných pro výživu rostlin a zúrodnění chudých zemědělských půd a rekultivačních ploch. Metodika může posloužit jako podklad pro úpravu technických zařízení, technologických postupů i jako materiál pro výuku na středních zemědělských školách, univerzitách se zemědělským zaměřením nebo zemědělským poradcům. Uplatněním metodiky by měla být podpořena změna v myšlení zemědělců a farmářů, za účelem zvýšení využívání biologických vstupů do půdy. Uplatnění metodiky při výrobě organických hnojiv obsahujících kompost a odpadní látky může dále významně přispět k redukci dopadů na životní prostředí způsobené odstraňováním organického i průmyslového odpadu.

Smluvním uživatelem metodiky, který bude zajišťovat její transfer do výrobní a zemědělské praxe, je firma Kobra Údlice, s.r.o.

Dle podmínek MZe ČR bude tato metodika také dostupná všem zájemcům i v elektronické verzi na stránkách Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v.v.i. (www.vurv.cz).

VI. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

- Bardhan S., Chen Y., Dick W.A. (2009): Recycling for sustainability: Plant growth media from coal combustion products, biosolids and compost. *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*, 3, 149-155.
- Füleky, G., Benedek, S. (2010): Composting to recycle biowaste. In: Lichtfouse, E. (ed.), *Sociology, Organic Farming, Climate Change and Soil Science*. Springer, Netherlands, 319-346.
- Habart, J. (2006): Komposty - významný článek využití odpadů a zajištění půdní úrodnosti. *Racionální použití hnojiv - sborník z konference*, ISBN 978-80-213-2006-2.

Hejtáková, K. (2008): Řešení bioodpadu v regionu, první vydání, Zemědělská a ekologická regionální agentura, o.s., Náměšť nad Oslavou, ISBN 80-903548-8-2.

Chong C. (2005): Experiences with wastes and composts in nursery substrates. HortTechnology, 15, 739-747.

Kubát, J., Cerhanová, D., Mikanová, O., Šimon, T. (2008): Metodika hodnocení množství a kvality půdní organické hmoty v orných půdách. VÚRV, v.v.i, Praha.

Pepe, O., Ventrino, V., Blaiotta, G. (2013): Dynamic of functional microbial groups during mesophilic composting of agro-industrial wastes and free-living (N₂)-fixing bacteria application. Waste Management, 33, 1616–1625.

Sánchez, Ó.J., Ospina, D.A., Montoya, S. (2017): Compost supplementation with nutrients and microorganisms in composting proces. Waste Management, 69, 136-153.

Šrefl, J. (2012): Kompost je energie vrácená do půdy, Biom.cz [online]. 2012-11-12, ISSN: 1801-2655.

Váňa J. (1994): Výroba a využití kompostů v zemědělství. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR v Praze.

Vyhláška č. 241/2008 Sb. Vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a o změně vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady (vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady).

Zemánek, P., Burg, P. (2009): Nákladovost aplikace kompostů do půdy. Biom.cz [online]. 2009-11-09. ISSN: 1801-2655.

VII. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

Kubát, J., Nováková, J., Friedlová, M., Frýdova, B., Cerhanová, D., Šimon, T. (2008): Relationships between the content and quality of the soil organic matter in arable soils. Archives of Agronomy and Soil Science, 54, 343-351

-
- Mikanová, O., Ust'ak, S., Czako, A. (2009): Utilization of microbial inoculation and compost for revitalization of soils. *Soil Water Research*, 4, 126-130.
- Šimon, T., Mikanová, O.: Inokulační přípravek obsahující prospěšné půdní bakterie pro mikrobiologicky chudé půdy. Užitený vzor VÚRV, v.v.i., číslo přihlášky 2013-28388, číslo zápisu 26882, 2014.
- Matějková, Š., Šimon, T. (2012): Application of FTIR spectroscopy for evaluation of hydrophobic/hydrophilic organic components in arable soil. *Plant Soil and Environment*, 58, 192-195.
- Šimon, T., Kunzová, E., Friedlová, M. (2015): The effect of digestate, cattle slurry and mineral fertilization on the winter wheat yield and soil quality parameters. *Plant Soil and Environment*, 61, 522-527.
- Ust'ak, S., Šimon, T.: Směsný substrát na bázi kompostu podporující přežití mikroorganismů prospěšných pro půdní úrodnost. Užitený vzor VÚRV, v.v.i., číslo přihlášky 2016-32630, číslo zápisu 29962, 2016.
- Šimon, T., Ust'ak, S.: Specializované organické hnojivo s obsahem bakterií schopných solubilizovat těžko přístupné formy fosforu v půdě a fixovat vzdušný dusík. Užitený vzor VÚRV, v.v.i., číslo přihlášky 2017-33858, číslo zápisu 30985, 2017.
- Šimon, T., Ust'ak, S. (2017): Specializovaný organický substrát s vyšší přidanou hodnotou a jeho využití. *AgritechScience* [online], 11(2): 1-7, ISSN 1802-8942.

Autoři: Ing. Tomáš Šimon, CSc.; Ing. Sergej Usták, CSc.;
Ing. Vojtěch Váňa

Název: Možnosti výroby a využití specializovaných
organických hnojiv a substrátů v zemědělství

Vydal: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.
Drnovská 507, 161 06 Praha 6 - Ruzyně

Redakce, sazba a tisk: EnviBio - sdružení pro rozvoj technologií
trvale udržitelného života

Vazba: brožura

Náklad: 250 ks

Vyšlo v roce: 2018

Počet stran: 55

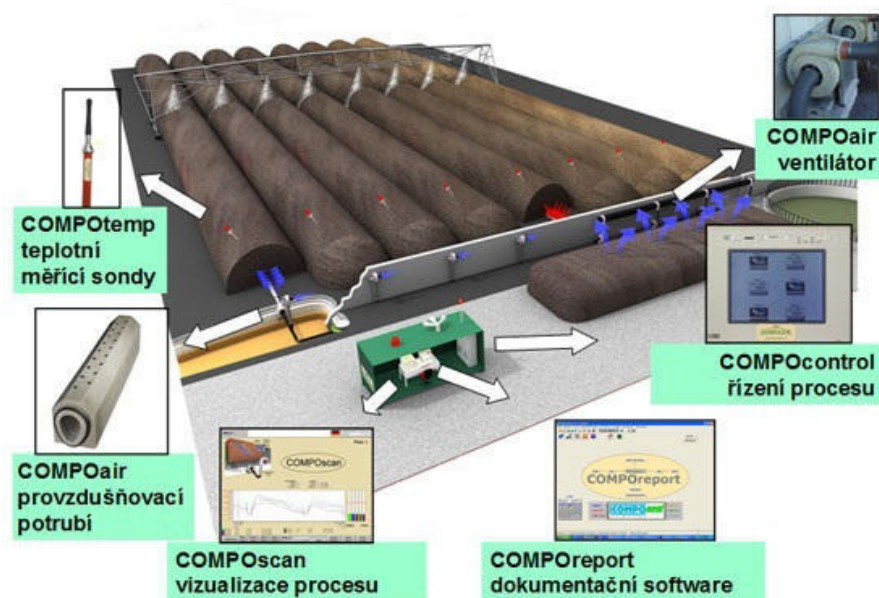
Vydáno bez jazykové úpravy

Fotografie: autorů

Kontaktní e-mail: simon@vurv.cz; ustak@eto.vurv.cz

© Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., 2018

ISBN 978-80-7427-296-7



Vydal Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.
ve spolupráci s EnviBio - sdružení pro rozvoj
technologií trvale udržitelného života

2018