



Název: RACIONÁLNÍ POUŽITÍ HNOJIV
Sborník z konference
konané na ČZU v Praze dne 1. 12. 2022

Autor: kolektiv autorů

Lektoři: prof. Ing. Jiří Balík, CSc., dr. h. c.
prof. Ing. Václav Vaněk, CSc.
prof. Ing. Daniela Pavlíková, CSc.
prof. Ing. Pavel Tlustoš, CSc., dr. h. c.

Do tisku
připravil: doc. Ing. Michal Ják, Ph.D.

Vydavatel: Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů
Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin

Adresa vyd.: Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 129, 165 00 Praha – Suchbát

Tiskárna: powerprint s.r.o., Brandejsovo náměstí 1219/1, 165 00 Praha – Suchbát

Náklad: 200 výtisků

Počet stran: 178

Rok vydání: 2022

Vydání: první

Dopor. cena: neprodejné

Sborník z 28. mezinárodní konference

RACIONÁLNÍ POUŽITÍ HNOJIV
*zaměřené na problematiku hnojení rostlin
v době hospodářské krize*

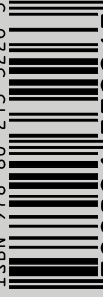
Proceedings of the 28th International Conference on

REASONABLE USE OF FERTILIZERS
*dedicated to the fertilization of plants
in times of economic crisis*

ČZU v Praze
1. 12. 2022

Racionální použití hnojiv – Sborník z 28. mezinárodní konference

ISBN 978-80-213-3226-3



9 788021 332263 >

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin

CZECH UNIVERSITY OF LIFE SCIENCES PRAGUE
Department of Agroenvironmental Chemistry and Plant Nutrition



Sborník z 28. mezinárodní konference

RACIONÁLNÍ POUŽITÍ HNOJIV

***zaměřené na problematiku hnojení rostlin
v době hospodářské krize***

Proceedings of the 28th International Conference on

REASONABLE USE OF FERTILIZERS

***dedicated to the fertilization of plants
in times of economic crisis***

ČZU v Praze
1. 12. 2022

KOMPOSTY – ZDROJ ORGANICKÝCH LÁTEK, ŽIVIN A JEJICH VYUŽITÍ ROSTLINAMI

(Composts – Source of Organic Substances, Nutrients and Their Utilization by Plants)

Aleš Hanc^a, Tereza Hřebečková^a, Milan Hrčka^{a,b}, Marian Humplík^{b,c}

^a Department of Agroenvironmental Chemistry and Plant Nutrition, Faculty of Agrobiological Sciences, Food and Natural Resources, Czech University of Life Sciences Prague, Kamýcká 129, 165 00 Prague – Suchbátka, Czech Republic; hanc@af.czu.cz

^b ZERS spol. s r. o., Neškovice 95, 284 01 Kutná Hora, Czech Republic

^c Composting Association, Úholičky 251, 252 64 Úholičky, Czech Republic

Abstract

Composting is the oldest and simultaneously the most widespread way of managing bio-waste. Quality of compost is characterized by good humification of organic matter and a high content of nutrients, which depends on the composition of the raw materials used and the loss of nutrients, especially nitrogen, during composting. A basic requirement for composts in terms of their safe use on land is a high degree of stability and maturity. The application of compost improves the physical, chemical and biological properties of the soil and thus the yield and quality of the grown crops. Compost as an organic fertilizer is able to partially replace mineral fertilizers and thus save money for farmers.

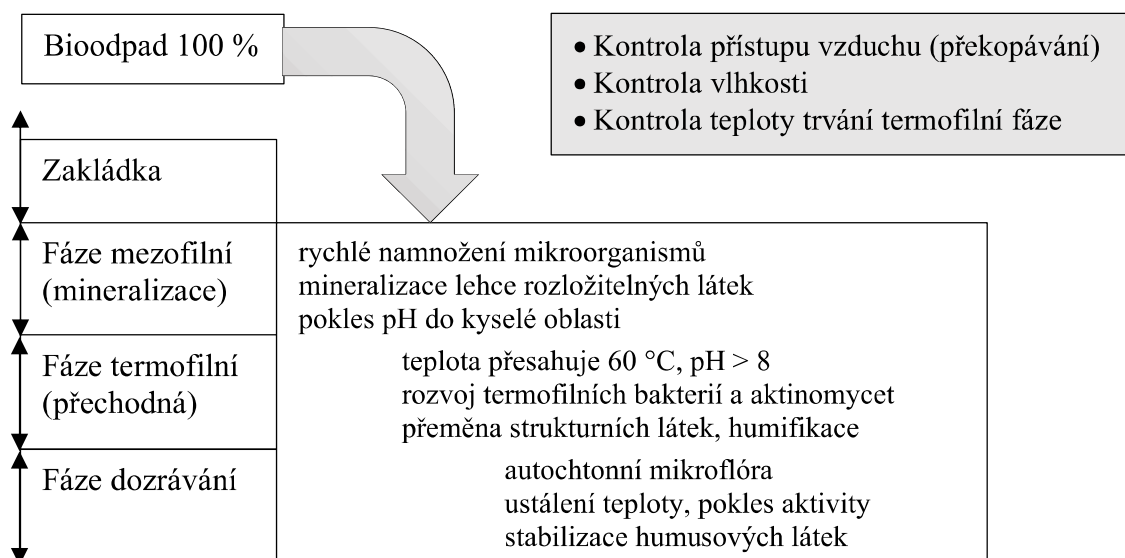
Key words: compost; organic substances; nutrients; soil; economic evaluation

Kompostovací proces se skládá z několika postupných kroků charakterizovaných změnou teploty – fáze mezofilní, termofilní (kdy může teplota dosáhnout až 65 °C a více) a dozrávání. Toto je provázeno kvalitativní a kvantitativní změnou mikrobioty. Dále dochází k mineralizaci a k postupné humifikaci organické hmoty. Ideálně by měl proces probíhat za kontroly přístupu vzduchu, vlhkosti a teploty (obr. 1).

V ČR je v současné době provozováno cca 530 kompostáren s dostatečnou kapacitou pro zpracování bioodpadu, který v ČR vzniká. Umístění a základní informace o technologii zpracovávání bioodpadů v jednotlivých zařízeních můžeme najít na www.kompostyver.cz.

Roční množství vyprodukovaného bioodpadu se pohybuje kolem cca 900 000 tun a množství kalů určených pro kompostování se odhaduje na cca 500 000 tun. Z výše uvedených čísel můžeme odhadnout celkovou produkci kompostu v ČR od 700 000 – 900 000 tun kompostu. Z celkového potenciálního množství vyrobeného kompostu je možné vyhnojit cca 45 000 až 60 000 ha.

Obr. 1 Schéma procesu kompostování



ostování až rok

Kvalitativní kritéria pro hodnocení kompostu

Kvalitní kompost se vyznačuje zejména níže uvedenými kritérii.

A. Humifikovaná organická hmota

Během kompostování dochází ke ztrátám organické hmoty, což je způsobeno rozkladem této hmoty mikroorganismy. Tyto ztráty mohou být zjištěny z úbytku sušiny, spalitelných látek nebo organického uhlíku.

Ztráty organického uhlíku (C_{org}) mohou během kompostování dosáhnout 67 % u hovězího hnoje, 52 % u drůbežího trusu a až 72 % u prasečího hnoje [1]. Z různých porovnávaných surovinových skladeb bylo dosaženo nejnižších ztrát organické hmoty během kompostování separovaného digestátu, a to i přes dodané přídatky jiných materiálů [2]. Patrně je to způsobeno tím, že většina organické hmoty už byla využita při anaerobním rozkladu původních surovin. Je zřejmé, že systém kompostování a podmínky procesu (např. roční období) mají na ztráty organické hmoty podstatný vliv. Ztráty organické hmoty jsou logicky vyšší u překopávaných zakládek než u nepřekopávaných.

K dosažení vysokého podílu humusových látek (trvalého humusu) v kompostu je potřeba, aby kompostovaný materiál prošel všemi fázemi kompostovacího procesu. V praxi se totiž někdy za kompost označuje i materiál, který prošel pouze celou nebo dokonce i jen částečnou termofilní fází, přičemž v této fázi dochází pouze k rozkladu organické hmoty (mineralizaci), ale ne k humifikaci, tj. k syntéze nových komplexních a polymerních sloučenin [3]. Během kompostování se mohou

vytvořit huminové kyseliny s podobnými chemickými a strukturálními vlastnostmi jako se vyskytují v humifikované půdě [4]. Humifikovaná frakce půdní organické hmoty udává účinnost aplikovaných organických hnojiv a je odolná vůči mikrobiální degradaci, z čehož plyne, že hodnocení humifikačního stupně organické hmoty během kompostování je důležité kritérium pro hodnocení kvality kompostu. Agronomická hodnota kompostu se zvyšuje, pokud jeho organická hmota dosahuje vysokého stupně humifikace. Humifikace organické hmoty během kompostování se projevuje vytvářením huminových kyselin s rostoucí molekulární hmotností, aromatickými vlastnostmi, obsahem kyslíku, dusíku a funkčních skupin [5]. Během kompostování jsou produkovány huminové látky (alkalicky extrahovatelný organický uhlík – C_{EX}) a zvyšuje se obsah organického uhlíku v huminových kyselinách (C_{HK}), zatímco zastoupení organického uhlíku fulvokyselin (C_{FK}) a vodou extrahovatelného organického uhlíku se snižuje díky mikrobiální degradaci [6]. Hue a Liu (1995) navrhli pro stabilizované komposty tyto limitní hodnoty: $C_{FK} \leq 1,25 \%$, $C_{EX} \leq 6,0 \%$, a poměr $C_{EX}/\text{vodorozpustný organický C} \geq 6$ [7]. Nehuminové látky (NL) mohou být extrahovány během alkalické extrakce spolu s huminovými látkami [8]. Stupeň humifikace může být tedy vyjádřen těmito ukazateli [5,6,8]:

- humifikační poměr: $C_{EX}/C_{org} \times 100 (> 7,0)$,
- humifikační index: $C_{HK}/C_{org} \times 100 (> 3,5; \text{Iglesias-Jimenez a Perez-Garcia (1992) uvádějí } > 13 [9])$,
- procento huminových kyselin: $C_{HK}/C_{EX} \times 100 (> 50; \text{Iglesias-Jimenez et Perez-Garcia (1992) uvádějí } > 62 [9])$,
- index polymerizace: $C_{HA}/C_{FA} (> 1,0; \text{Ko et al. (2008) uvádí } > 2,5 [10]; \text{Iglesias-Jimenez et Perez-Garcia (1992) uvádějí } > 1,6 [9])$,
- humifikační index: $C_{NL}/(C_{HK} + C_{FK}) (< 1,0)$.

Zvýšení prvních čtyř ukazatelů a snížení posledního ukazatele je indikátorem dobré humifikace organické hmoty.

B. Obsah živin

Vzhledem ke ztrátám organické hmoty během kompostování se obsahy většiny prvků v kompostovaném materiálu zvyšují [11]. Tento nárůst je však ovlivněn ztrátami. Produkovat kompost s vysokým obsahem živin vyžaduje řídit kompostovací proces tak, aby v jeho průběhu docházelo k co nejmenším ztrátám těchto živin.

Významné jsou ztráty dusíku, které negativně ovlivňují kompostovací proces a také vytvářejí problémy v oblasti zdraví a životního prostředí. Ztráty jsou způsobeny zejména:

1. únikem amoniaku, což může probíhat za pomoci těchto procesů: vytváření NH_4^+ v kompostu, odštěpení H^+ a tvorba NH_3 , dále konverze NH_3 v kompostu na plyn a únik NH_3 v plynné formě do atmosféry:



2. vyplavováním – ztráty ve formě NH_4^+ jsou významné zejména na začátku procesu a ve formě NO_3^- na jeho konci, kdy díky probíhající nitrifikaci roste zastoupení této formy dusíku. Tyto ztráty mohou být omezeny snížením vlhkosti kompostovaného materiálu, adekvátním systémem ochrany před deštěm (zakrytí nebo kompostování v halách) a vybudováním sběru a recirkulace vytékajícího výluhu.

3. denitrifikací – vyskytuje se jako výsledek tvorby nepříznivých anaerobních podmínek v kompostovaném materiálu. S dobou kompostovacího procesu roste množství vytvořených stabilních dusíkatých sloučenin, které jsou méně náchylné k vytěkání, vyplavení a denitrifikaci. Z agronomického hlediska tedy představuje pro půdu stabilizovaný kompost kvalitní zdroj organické hmoty a dusíku [12].

Obsahy živin v kompostech závisí zejména na surovinové skladbě kompostové zakládky. ČSN 46 5735 „Kompostování“ uvádí minimální požadavek na obsah celkového dusíku 0,6 hmotnostních % v sušině. Kvalitní kompost obsahuje 1,5 – 2 % celkového dusíku. Až 90 % ho je v kompostu vázáno v organických látkách, které podléhají v půdě mineralizaci, která může významně probíhat až 3 roky v závislosti na půdním druhu. Významný je v kompostu obsah dusičnanové (nitrátové) formy N, která se vytvořila během kompostování nitrifikací. Obsah celkového fosforu může dosáhnout až 0,7 %. V kompostech na bázi surovin bohatých na fosfor, jako např. čistírenský kal, je to více. Podíl fosforu přijatelného pro rostliny může být až 40 %. Obsah celkového draslíku se pohybuje od 0,4 % u méně kvalitního kompostu po 1,2 u kvalitního kompostu. Okamžitá dostupnost K převyšuje 60 %. Kompostem se do půdy dodávají i další makro a mikroživiny.

C. Stupeň stability a zralosti

Základním požadavkem pro komposty z hlediska jejich bezpečného použití na půdu je vysoký stupeň stability a zralosti. Stabilitu lze rozlišovat jako dočasnou (způsobenou například nedostatkem vody v surovině) anebo trvalou (vytvoření stálých humusových látek). Nezralé a málo stabilizované „komposty“ mohou při skladování a použití působit mnoho problémů. Vytváří se v nich prostory bez kyslíku, čímž samovolně zapáchají a dochází k tvorbě látek toxických pro rostliny. Pokračující rozklad těchto materiálů po jejich aplikaci do půdy má negativní vliv na růst rostlin, což je způsobeno snižujícím se obsahem kyslíku a/nebo přístupného dusíku nebo přítomností fytotoxických látek. Také rychleji uvolňují živiny a mohou podporovat opětovný rozvoj patogenních mikroorganismů. Nezralé komposty mohou obsahovat vysoké obsahy amonného dusíku a amoniaku, organické kyseliny či lehce rozpustné sloučeniny, které mohou omezovat klíčení semen a rozvoj kořenů rostlin. Naopak stabilní (zralé) komposty mají významné sorpční a iontovýměnné vlastnosti a uvolňují živiny postupně a tím optimalizují složení půdního roztoku [13]. Díky obsahu stabilních humusových látek mají výrazně pozitivní vliv na kvalitu půdy. Při dlouhodobém skladování i bez přístupu vzduchu nezapáchají [14].

Zralost kompostu není charakterizována jednou ale více vlastnostmi. Pro testování zralosti kompostu bylo navrženo a je používáno množství kritérií a parametrů, které jsou založeny na fyzikálních, chemických a biologických vlastnostech. Jak již bylo uvedeno, během správně vedeného kompostování probíhá nitrifikace, kterou vyjadřuje poměr $\text{N-NH}_4^+/\text{N-NO}_3^-$. Poměr vyšší než 1 označuje nezralý kompost [10,15].

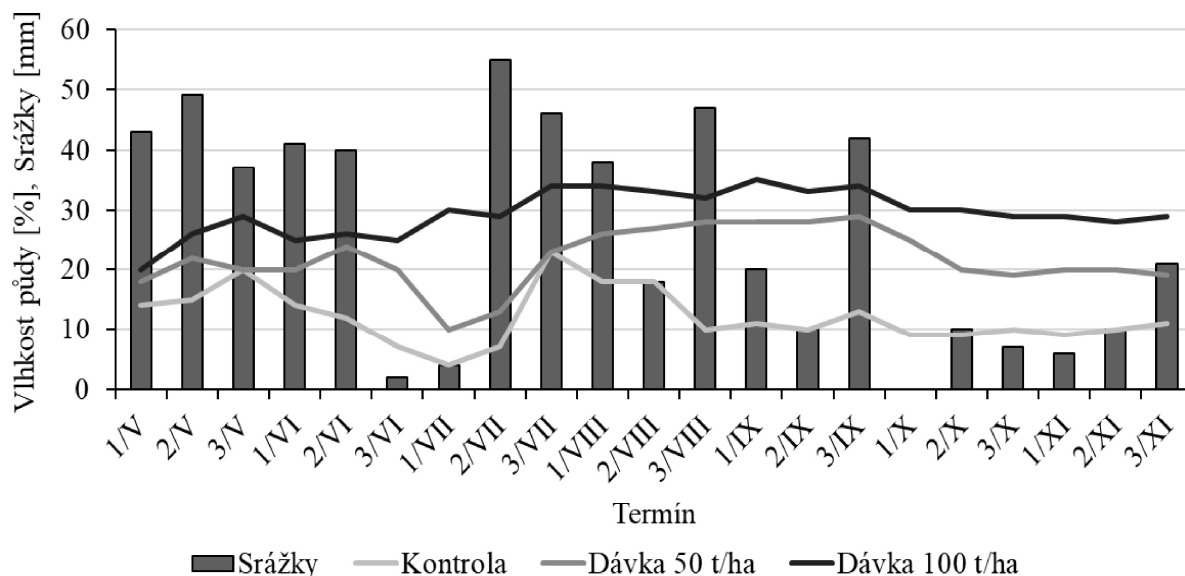
Vliv kompostu na fyzikální a chemické vlastnosti půdy

Aplikace kompostu zlepšuje fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy.

➤ Půdní struktura: kompost po aplikaci na těžké půdy snižuje objemovou hmotnost, zvyšuje pórovitost a provzdušněnost, a tím pádem se zlepší zpracovatelnost takovéto půdy. Dostatečné dávky kompostu mohou také zlepšit teplotní poměry v půdě.

➤ Parametry spojené s vodou: půdy mají po aplikaci kompostu lepší schopnost zadržovat vodu, což se projevuje, jak v období sucha, tak i např. při bleskových povodních. Pro účely hnojení se používají dávky 25 až 30 t vlhkého kompostu na hektar v intervalu 3 až 4 roky. Pro zvýšení retenční schopnosti půdy mají praktický význam dávky 2× i vícekrát vyšší. Vliv dávky kompostu 50 a 100 t/ha na retenční schopnost půdy v lokalitě jižní Moravy je uvedena v grafu 1. Vlhkost půdy nehnojené kompostem byla kolem 10 %. Půda s dávkou kompostu 50 t/ha si udržovala průměrnou vlhkost od jara do podzimu kolem 20 % a s dávkou 100 t/ha kolem 30 % [16].

1. Vliv dávky kompostu na retenční schopnost půd



➤ Eroze a vyplavování: kompost zapravený do půdy snižuje možnost vzniku krusty, což má význam zejména na svažitých pozemcích. Kompost aplikovaný jako mulč zachycuje dešťové kapky, čímž snižuje jejich energii a potenciál pro uvolňování půdních částic [17].

➤ Kationtová výměnná kapacita (KVK): v polním experimentu byl kompost aplikován pouze na počátku pokusu v dávce 20 a 70 t/ha. Po 6 letech, ve kterých byly na parcelách pěstovány různé plodiny, byla zjištěna v hloubce 0 – 10 cm vyšší KVK v půdě s aplikací kompostu v dávce 70 t/ha (122 mmol₊/kg) než v kontrolní variantě (103 mmol₊/kg). Pro hloubku 10 – 30 cm bylo zjištěna v těchto variantách KVK 130 a 100 mmol₊/kg. Dávka kompostu 20 t/ha se po 6 letech na zvýšení KVK neprojevila [18].

➤ Hodnota pH: komposty mají většinou neutrální až zásadité pH, proto po jejich aplikaci dojde k mírnému zvýšení pH, zejména u kyselých půd. Ve výše zmíněném pokusu vykazovalo pH/CaCl₂ po 6 letech tyto hodnoty (pro hloubku 0 – 10 cm: kontrola 5,3; kompost v dávce 20 t/ha 5,5 a kompost v dávce 70 t/ha 5,5; pro hloubku 10-30 cm: kontrola 5,5; kompost v dávce 20 t/ha 5,6 a kompost v dávce 70 t/ha 5,7.

➤ Měrná vodivost: zvyšuje se s rostoucí dávkou kompostu do půdy.

➤ Obsah makro a mikroprvků: Množství dodaných živin záleží zejména na jejich obsahu v surovinách použitých do kompostové zakládky. V roce 2011 založil ÚKZÚZ v Lípě u Havlíčkova Brodu (píscitohlinitá kambizem) přesný víceletý pokus na porovnání hnojivé účinnosti digestátů, kejdy a kompostu. Kompostem bylo každý rok na podzim dodáno 240 kg N/ha, což je při obsahu 1,2 % N 20 t kompostu v sušině na ha. Při průměrné vlhkosti kompostu 69 % to bylo 29 t/ha kompostu v čerstvé hmotě. Po druhé rotaci 6ti honného osevního sledu (po 12 letech) došlo v půdě ke zvýšení přístupných obsahů makroelementů extrahovaných činidlem Mehlich III ve srovnání s nehnojenou kontrolou o 73 % u P, o 132 % u K o 46 % u Ca a o 42 % u Mg [19].

➤ Aplikace kompostu zlepšuje také biologické vlastnosti půdy. V pokusu ÚKZÚZ na stanovišti Jaroměřice nad Rokytnou byla v horizontu 0 – 30 cm zjišťována bazální respirace mikroorganismů, která ilustruje celkovou mikrobiální aktivitu a dostupnost labilní frakce organické hmoty. Dva týdny po každoročním hnojení byla u varianty s kompostem v 5. a 6. roce od založení pokusu zjištěna vysoká hodnota tohoto parametru (3,0 a 1,7 μg C/g/h), který kladně koreloval s C_{ext} stanoveným v 0, M K₂SO₄. Ten byl nejvyšší právě ve variantě s kompostem ve srovnání s LAV, kejdou a digestáty. To naznačuje, že použitý kompost dokáže relativně stabilně zvyšovat frakci organické hmoty (tvořenou např. aminokyselinami a jednoduchými cukry), která je pak přístupná jako snadno využitelný zdroj C a energie pro půdní mikroorganismy [19,20].

Praktický příklad kompostování a produkce kompostu

Surovinová skladba kompostu je závislá na regionálním umístění kompostárny a na povolených přijímaných odpadech. Pro zemědělce je vhodným partnerem kompostárna, která zapracovává do své surovinové skladby kaly z čistírny odpadních vod. Zastoupení kalů v surovinové skladbě zakládky může být na základě legislativního omezení max. 40 %. Konkrétně kompostárna v Kutné Hoře má takovouto surovinovou skladbu kompostové zakládky: čistírenské kaly 40 %,

biologicky rozložitelný komunální odpad 40 %, popel ze spalování biomasy (zvlhčený) 10 %, sláma 5 % a tříděná zemina 5 %. Kompostárna, která zpracovává čistírenský kal, musí projít procesem zvaným validace, který zaručí hygienizaci kalu (snížení obsahu patogenních mikroorganismů) během kompostování. Kompost na bázi čistírenských kalů má zpravidla vyšší obsah základních živin než hovězí hnůj (tab. I). Dále obsahuje kvalitní organické látky, čímž se jeví jako vhodná alternativa za statková hnojiva, která jsou v současné době nedostatkovým zbožím.

I. Průměrný obsah základních živin v zemědělském kompostu produkovaného kompostárnou v Kutné Hoře a průměrný obsah živin v hovězím hnoji [21]

	Zemědělský kompost	Hovězí hnůj
	Obsah v čerstvém stavu v %	
Sušina	48	24
Organické látky	29	17
N celk.	1,56	0,48
P	1,07	0,11
K	0,44	0,52
Ca	2,75	0,37
Mg	0,41	0,08

Ekonomické zhodnocení aplikace kompostu

V letošním roce proběhl přesný polní pokus s cílem zjistit vliv kompostu na obsah mikropolutantů v půdě a v pěstované pšenici jarní. V tomto pokusu nebyla použita žádná minerální hnojiva a pesticidy. Z výsledků mimo jiné vyplývá, že varianta hnojená kompostem měla ve všech třech opakování vyšší výnos zrna než varianta nehnojená. U nehnojené varianty byl průměrný výnos zrna 4,3 t/ha, u varianty hnojené kompostem byl průměrný výnos 5 t/ha, tj. o 0,7 t vyšší, což je o 16,3 % více. Když budeme brát v úvahu potravinářskou kvalitu pšenice můžeme počítat s cenou za 1 t zrna kolem 8500 Kč, tj. o cca 6000 Kč více z každého hektaru. Náklady na hnojení organickým hnojivem je potřeba rozdělit do min. 3 let. Jednoduchým výpočtem zjistíme návratnost investice:

Nákup kompostu 1 t = 500 Kč

Doprava kompostu na pole cca 50 Kč/t – do vzdálenosti cca 35 km

Aplikace kompostu cca 50 Kč/t

Celkové náklady na hnojení cca $600 \text{ Kč/t} \times 15 \text{ t/ha} = 9000 \text{ Kč/ha}$ v tříletém období.

Už v prvním roce se v případě, že budeme uvažovat o kompostu pouze z pohledu obsahu živin, z investice cca 9000 Kč/ha vrátí cca 6000 Kč/ha. Ocenění, respektive přínos kompostu jako organického hnojiva, které má vliv na kvalitu půdy – zlepšení struktury půdy, zvýšení obsahu, resp. schopnosti zadržet vodu v půdě, protierozní význam – nejsou ve výše uvedené kalkulaci uvažovány.

Podpora využití kompostů

V rámci České republiky jsou oblasti, kde je díky úsilí kompostářů kompost dobře dostupný, ale stále není o tento produkt ze strany farmářů dostatečný zájem. Stoupající zájem o zpracování bioodpadů se tedy neodráží ve zvyšujícím se zájmu aktivních zemědělců o nákup a aplikaci kompostu, jako kvalitního organického hnojiva.

Jedním z posledních pokusů o podporu využití kompostů v zemědělství je i příprava dotačního titulu, který je v současnosti známý pod pracovním názvem „hnědá úsporám“. Tato dotace, která bude administrována Státním fondem životního prostředí ČR, je připravována jak odborníky ze zemědělské sféry, tak z oblasti ochrany životního prostředí. Dotační titul „hnědá úsporám“ si klade za primární cíl, tento prvotní zájem o organické hnojivo – kompost – vytvořit.

Príspevek byl zpracován v rámci projektu NAZV č. QK1910095.

Literatura

- [1] M.P. Bernal, *et al.*, *Bioresour. Technol.* 2009, 100, 5444.
- [2] M.A. Bustamante, *et al.*, *J. Clean. Prod.* 2013, 47, 61.
- [3] X. Hao, *et al.*, *J. Environ. Qual.* 2004, 33, 37.
- [4] M.A. Sánchez-Monedero, *et al.*, *Biodegradation* 2002, 13, 361.
- [5] N. Senesi, *Agrochimica* 1989, 81/82, 521.
- [6] E. Roletto, *et al.*, *BioCycle* 1985, 26(2), 46.
- [7] N.V. Hue *et al.*, *Compost Sci. Util.* 1995, 3, 8.
- [8] P. Sequi *et al.*, *Agrochimica* 1986, 30, 175.
- [9] E. Iglesias-Jimenez *et al.*, *Agric. Ecosyst. Environ.* 1992, 38, 331.
- [10] H.J. Ko, *et al.*, *Waste Manage.* 2008, 28(5), 813.
- [11] Q.Y. Cai, *et al.*, *J. Hazard. Mater.* 2007, 147, 1063.
- [12] T. Pare, *et al.*, *Biol. Fertil. Soils* 1998, 26, 173.
- [13] V. Vaněk, *et al.*, in *Reasonable Use of Fertilizers*, Vol. 15, CZU, Prague 2009, pp. 16.
- [14] P. Plíva (ed.), *Kompostování v pásových hromadách na volné ploše*, Profi Press, Prague 2009.
- [15] P. Abouelwafa, *et al.*, *Bioresour. Technol.* 2008, 99, 8571.
- [16] P. Plíva (ed.), *Kompostování a kompostárny*, Profi Press, Prague 2016.
- [17] E. Epstein, *The Science of Composting*, CRC Press, Boca Raton 1997.
- [18] J. Cooper, *et al.*, *Agric. Ecosyst. Environ.* 2020, 295, 106882.
- [19] M. Smatanová *et al.*, Vodáková, *Porovnání účinnosti digestátů s různými typy hnojiv při hospodaření ve zranitelné oblasti. Výroční zpráva o výsledcích přesné polní zkoušky*. ÚKZÚZ, Brno 2022.
- [20] M. Smatanová, *Účinnost digestátu, kejdy a kompostu na produkci a půdní vlastnosti. Prezentace ze semináře Výživářské zkoušky*, ÚKZÚZ, Brno 2022.
- [21] V. Vaněk, *et al.*, *Výživa a hnojení polních plodin*, Profi Press, Prague 2016.