

Pomohou žížaly odstranit mikropolutanty z čistírenských kalů?



| Aleš Hanč, Pavel Švehla, ČZU v Praze; Tereza Hnátková, ČZU v Praze, Dekonta, a.s.; Petra Innemanová, Dekonta, a.s.; Tomáš Cajthaml, Mikrobiologický ústav AV ČR, v.v.i.

K přednostem aplikace čistírenských kalů na zemědělskou půdu patří přísun organické hmoty a živin v nich obsažených. Podle Statistické ročenky ČSÚ (2018) bylo na území ČR v rámci provozu čistíren odpadních vod (ČOV) v roce 2017 vyprodukováno 178 tis. tun sušiny čistírenského kalu. Z toho 75,5 tis. tun bylo využito přímou aplikací na půdu.

V současné době jsou však možnosti agronomického využití čistírenského kalu silně limitovány přísnými požadavky na obsah rizikových látek a patogenních mikroorganismů v něm obsažených. Tyto limity mohou být navíc v blízké budoucnosti rozšířeny o přítomnost v současnosti tolik diskutovaných mikropolutantů.

Dle dostupných údajů je v současné době na území ČR provozováno cca 2 500 – 2 600 objektů ČOV. Významná část objektů ČOV spadá do velikostní kategorie do 500 EO (cca 1300 – 1400 objektů), respektive do 2 000 EO (cca 600 – 700 objektů). Zejména pro tyto kategorie ČOV se jeví jako účelné uvažovat o alternativním přístupu, který spočívá ve využití žížal pro kompostování čistírenského kalu. Cílem je zvýšení kvality (a tržní hodnoty) aplikovaného hnojiva společně s eliminací vybraných mikropolutantů.

Polutanty a mikropolutanty v kalech

Polutanty se dají rozdělit na anorganické a organické.

K anorganickým polutantům, které se v kalech sledují, patří rizikové prvky, což jsou kromě As převážně těžké kovy (Cd,

Cr, Cu, Hg, Ni, Pb a Zn). Anorganické polutanty jsou relativně dobře prostudované. K hlavní charakteristice patří, že se nemohou rozkládat. Mohou se však nacházet ve frakcích různého stupně mobility (od vodorozpustných po reziduální).

Z organických polutantů jsou dle platné legislativy v současné době monitorovány koncentrace látek AOX, PCB a PAU. Stále více diskutovanou skupinu však představují organické mikropolutanty, mezi něž se nejčastěji řadí látky ze skupiny tzv. farmak a produktů osobní péče (angl. pharmaceuticals and personal-care products). Tyto mikropolutanty způsobují difúzní znečištění a jejich používání není obvykle nijak limitováno.

Na rozdíl od klasických persistentních organických polutantů jsou tyto mikropolutanty mnohonásobně více rozpustné ve vodě, a proto se šíří napříč prostředím a vyskytují se spíše v nízkých koncentracích. Obecně nebezpečnost těchto látek spočívá v tom, že jsou používány ve velkém množství a řada z nich není dostatečně odbourávána čistírnami odpadních vod. Jedním z důvodů jsou jejich chemické vlastnosti vyplývající ze struktury molekul, ale také i právě fakt, že se vyskytují v nízkých koncentracích (pod tzv. koncentračním prahem) a nejsou bakteriemi snadno využitelné. Proto je pravděpodobnějším mechanismem rozkladu spíše kometabolismus.

Skupina mikropolutantů se neustále rozšiřuje o další sloučeniny, kdy bohužel i u velmi běžných farmak se ukazuje, že patří do skupiny tzv. endokrinních disruptorů. Endokrinní disruptory (nebo též hormonálně aktivní látky) jsou cizorodé látky, které v tělech organismů vystupují a chovají se jako hormony tělu vlastní. Tím pak narušují přirozené funkce endokrinních systémů člověka i dalších organismů. Řadíme k nim jak látky antropogenního původu (farmaka, antimikrobiální sloučeniny, chlorované pesticidy, změkčovadla plastů, těžké kovy, organokovové sloučeniny, alkylfenoly), tak přírodního původu (rostlinné hormony – fytoestrogeny, estrogeny atd.). Taktéž mezi ně patří některé persistentní organopolutanty (polychlorované bifenoly, dioxiny, DDT).

Vstup mikropolutantů do životního prostředí je velmi rozmanitý. Některé cizorodé látky nejsou v lidském těle zcela odbourány a následně jsou vyloučeny močí nebo stolicí. Odtud se farmaka, jejich metabolity, některé hormony a další látky dostávají do odpadních vod. Další látky se do odpadních vod dostávají jako součást různých přípravků či z průmyslu.

Odpadní vody jsou vedeny do čistíren odpadních vod, kde dochází v různé míře k odbourání mikropolutantů. Možnost

a míra odstranění dané látky v čistírnách odpadních vod závisí na mnoha faktorech. Důležitá je struktura látky, její fyzikálně-chemické vlastnosti, její koncentrace, přítomnost dalších strukturně podobných i odlišných látek, mikrobiální i chemické složení aktivovaného kalu, doba zdržení v jednotlivých fázích čistícího procesu atd.

Látky, které nejsou zcela mikrobiálně odbourány či odstraněny jinými mechanismy (např. sorpcí na primární kal oddělovaný od čistěné vody ve fázi mechanického čištění či aktivovaný kal využívaný k biologickému čištění, fyzikálními a/nebo chemickými procesy) vstupují do řek a vodních toků, kde mohou působit na ne-cílené organismy. ČOV tak představují největší zdroj kontaminace nejen farmaky, ale i dalšími látkami, jako jsou např. složky produktů osobní péče, desinfekční prostředky, různé výluhy atd. Není vyloučeno, že kvůli nedostatečnému odstraňování endokrinních disruptorů budou hormonální aktivity prostředí neustále vzrůstat.

Významnou skupinu mikropolutantů v čistírenských kalech tvoří farmaka. Léky bývají vylučovány jak v nezměněné podobě, tak ve formě metabolitů. Již velmi nízké koncentrace dané účinné látky v životním prostředí mohou mít fatální důsledky na okolní organismy. Mezi nejvíce zastoupené léčivé přípravky obsažené v odpadních vodách patří analgetika a protizánětlivé léky, jejichž spotřeba se v rozvinutých zemích pohybuje v tunách za rok. Poslední studie však naznačily, že i jinak perzistentní sloučeniny, např. *diclofenac*, mohou být v čistírenských kalech efektivně degradovány kompostováním, pravděpodobně díky aktivitě hub (Butkovský a kol., 2016).

Od 1. ledna 2017 platí v ČR novelizovaná vyhláška č. 437/2016 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě, kterou vydalo Ministerstvo životního prostředí ve spolupráci s Ministerstvem zemědělství a zdravotnictví. Jsou zde uvedeny limity pro anorganické polutanty (rizikové prvky) a organické polutanty (AOX, PCB (suma 7 kongenerů $8 + 52 + 101 + 118 + 138$

$+ 153 + 180$) a PAU (suma antracenu, benzo(a) antracenu, benzo(b) fluoranthenu, benzo(k) fluoranthenu, benzo(a) pyrenu, benzo(ghi) perylenu, fenantrenu, fluoranthenu, chrysenu, indeno(123cd) pyrenu, naftalenu a pyrenu). Dále jsou zde uvedeny patogenní mikroorganismy (*Salmonella* spp., termotolerantní koliformní



Ilustrační foto

bakterie, enterokoky a *Escherichia coli*), jejichž přísné limity v kalech budou platit pravděpodobně od roku 2020.

Vzhledem k výše uvedenému se pohled na využití kalů v posledních letech radikálně mění a stává se jedním z mnoha kontroverzních témat. Proto je potřeba hledat cesty k využití hnojivé hodnoty a zároveň eliminovat rizika.

Vermikompostování

Jednou z účinných a zároveň levných cest eliminace mikropolutantů, která je šetrná k životnímu prostředí, může být vermikompostování. To je kompostování s využitím žízá, které je považováno za nejpokročilejší metodu kompostování.

Vermikompostování je biooxidační a stabilizační proces přeměny organických materiálů, který na rozdíl od klasického kompostování využívá interakce mezi intenzivní činností žízá a mikroorganismů a nezahrnuje termofilní fázi rozkladu. Překopávání, fragmentaci a aeraci zabezpečují z větší míry žízá, díky čemuž je možno vermikompostování zařadit mezi nízkonákladové systémy zpracování odpadů. Technologie je zcela přátelská k životnímu prostředí.

Kvalita vyrobeného vermikompostu je podstatně vyšší než v případě běžného kompostu. Vermikompost obsahuje nejen živiny, ale i velice kvalitní organické látky (zejména ze skupin huminových kyselin). Dále obsahuje růstové hormony (auxiny, gibereliny a cytokininy) a v neposlední řadě také enzymy, které

se dostávají do výměšků žízá z jejich trávicího ústrojí.

Složení vermikompostu se pozitivně odráží v agrochemických a biologických vlastnostech hnojené půdy a následně v růstu výnosů a ve zlepšení kvality produkce. Rostliny jsou odolnější proti chorobám a škůdcům, proto je možné snížit (nebo i úplně eliminovat) dávkování ochranných postřiků. Vermikompost umožní rostlinám lépe využít minerální látky již obsažené v půdě. Čím je vermikompost jemnější (tj. obsahuje více žízálích

výměšků), tím je kvalitnější, a tedy i lépe obchodovatelný.

Systémy vermikompostování a využití žízá při čištění odpadních vod

Existuje několik základních přístupů k technologickému postupu při vermikompostování, přičemž každý způsob vermikompostování nabízí ještě několik dalších variant postupů:

a) pro vermikompostování kuchyňských zbytků přímo v domácnostech se používají malé domácí vermikompostéry různého typu a konstrukce,

b) velkoprodukční vermikompostování bývá prováděno pomocí jednoduchých technologických systémů, kam lze zahrnout vermikompostování plošné či vermikompostování v ohraničeném prostoru, tzv. boxové vermikompostování anebo pomocí složitějších technologických systémů, kam patří např. vermireaktory s kontinuálním procesem, či kompostování v dvoumodulovém vermireaktoru. Podrobnosti o fungování jednotlivých systémů, včetně barevných schémat, lze najít v certifikované metodice (Hanč a Plíva, 2013).

Čištění odpadních vod pomocí žížal, zvané vermifiltrace, je intenzivně zkoumané téma. Touto problematikou se komplexně zabývali Singh a kol. (2017), kteří ve své souhrnné práci poskytli komplexní přehled o použitelných mechanismech, faktorech ovlivňujících proces a účinnost a také se zabývali využitelností této metody v praxi.

Nejčastěji jsou vermifiltrační systémy používány pro čištění vod specifického složení (vody z lihovarů, odpadní voda z výroby želatiny nebo z mléčného průmyslu). Využití ale nacházejí i při čištění odpadních vod ve městech. Je velice dobře zdokumentováno, že vermifiltrační systémy odstraňují ze znečištěných vod s vysokou účinností organické látky vyjádřené biochemickou spotřebou kyslíku (BSK) nebo chemickou spotřebou kyslíku (CHSK). Avšak problematika odstranění organických mikropolutantů vermifiltrací není dosud detailně prostudována.

Eliminace mikropolutantů a patogenních mikroorganismů žížalami

Výsledky vědeckých studií na téma odstraňování polutantů a mikropolutantů z kalů pomocí žížal poukazují na určitý potenciál této metody. Nicméně je nutné provést detailnější výzkum na toto téma. Carter a kol. (2016) zkoumali vliv vlastností půdy na odběr a odstraňování léčiv (karbamazepin, diklofenak, fluoxetin a orlistat) u žížaly *Eisenia fetida*. Výsledky ukázaly, že pro úspěšné odstranění těchto léčiv je důležitá správná kombinace vlastností půdy a farmak.

Při snižování obsahu patogenních mikroorganismů v čistírenských kalech nemůže být využito termofilní fáze procesu, jako je tomu u klasického kompostování. Vermikompostování je mezofilní proces a žížaly opouštějí daný prostor nebo přímo hynou při teplotě vyšší než 35 °C. Může docházet k efektivní redukci patogenů bez vysoké teploty? Je zřejmé, že vliv žížal v procesu vermikompostování na lidské patogeny může být poměrně složitý.

Přímé účinky mechanického narušení jsou způsobeny:

- Požitím a rozmělněním ve svalnatém žaludku žížal (i digestivní asimilace hlístic žížalami);
- Mikrobiální inhibicí antimikrobiálními látkami nebo mikrobiálními anta-

gonisty produkovanými ve střevech a tělních dutinách žížal;

- Likvidací mikroorganismů enzymatickým trávením a biologickou přeměnou látek.

Mezi nepřímé účinky se řadí:

- Stimulace endemických nebo jiných mikrobiálních druhů činností žížal vedoucí ke konkurenci a antagonismu s patogeny;
- Působení systému imunitní obrany (u rodu *Eisenia* buněčná obrana fagocytózou) – (Edwards a Subler, 2011);
- Tito autoři také zjišťovali vliv žížal na redukci počtu *E. coli* a salmonely v laboratorním pokusu s čistírenským kalem. Žížaly měly prokazatelný vliv na redukci těchto patogenů. Ke snížení *E. coli* na 10³ KTJ/g a salmonely na nulovou úroveň došlo za 75 dní.

Výzkumný projekt Vermikompostování

Výše uvedenou problematikou se v současné době zabývá konsorcium dvou akademických pracovišť (ČZU v Praze a MBÚ AV ČR, v.v.i.) a jednoho komerčního subjektu (DEKONTA, a.s.) v rámci výzkumného projektu „Využití vermikompostování k eliminaci mikropolutantů za účelem bezpečné aplikace čistírenského kalu na zemědělskou půdu“ s plánovanou dobou řešení v rozmezí let 2019 – 2023.

Navržené technologické systémy vermikompostování budou použity k ověření možnosti eliminace mikropolutantů na základě uvedených a dalších nových slibných zkušeností z vědecké literatury. Bude sledován vliv změn faktorů prostředí (zejména teplota, vlhkost, intenzita provzdušňování, hodnota pH, koncentrace amoniakálního dusíku, případné směšování zpracovávaného kalu s dalšími bioodpady, hustota žížal) v těchto systémech na aktivitu žížal v prostředí obsahujícím čistírenský kal a na obsah a transformaci mikropolutantů. Cílem bude nalézt rozmezí faktorů pro co nejvyšší účinnost eliminace daného mikropolutantu.

Řešit se bude také odstraňování mikropolutantů ze specifických odpadních vod

(zejména z farmaceutického průmyslu), které vznikají zpravidla nárazově a v ne příliš velkých objemech a připadá tedy v úvahu je využít pro zkrápění (zmlžování) systému pro vermikompostování čistírenského kalu za účelem dosažení optimální vlhkosti.

Funkce zařízení bude monitorována z hlediska kapacity, schopnosti odstranění polutantů (zejména farmak), žížalí biomasy, optimální vlhkosti a dalších chemických a biologických parametrů. Po průchodu vody systémem dojde k výraznému snížení obsahu mikropolutantů, což umožní zpracování získaného výluhu ve standardní lince ČOV. Současně bude zkoumána a porovnávána schopnost samotného vermikompostu jako filtračního media pro zpracování zmíněných typů odpadních vod, neboť ten má v důsledku předcházející činnosti žížal a mikroorganismů vysokou hodnotu enzymatické aktivity. Je zde tedy také předpoklad pro eliminaci mikropolutantů.

Postup navrhaný v projektu by měl přispět k odstranění nebo snížení obsahu mikropolutantů v čistírenských kalech. Zároveň se pomocí žížal vyprodukuje hnojivo, které je mnohem kvalitnější než samotný kal nebo klasický kompost. □

Literatura

- [1] Butkovskiy A., Ni G., Hernandez Leal L., Rijnaarts H.H.M., Zeeman G., 2016. Mitigation of micropollutants for black water application in agriculture via composting of anaerobic sludge. *Journal of Hazardous Materials* 303, 41-47.
- [2] Carter L.J., Ryan J.J., Boxall A.B.A. 2016. Effects of soil properties on the uptake of pharmaceuticals into earthworms. *Environmental Pollution* 213, 922-931.
- [3] Edwards C.A., Subler S., 2011. Human pathogen reduction during vermicomposting. In: *Vermiculture Technology*, (Eds Edwards C.A., Arancon N.Q., Sherman R.), Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 249-261.
- [4] Hanč A., Pliva P., 2013. Vermikompostování bioodpadů. Certifikovaná metodika, ČZU v Praze, 35 s., ISBN: 978-80-213-2422-0.
- [5] Singh, R., Bhunia, P., Dash, R.R., 2017. A mechanistic review on vermifiltration of wastewater: Design, operation and performance. *Journal of Environmental Management*, 197, 656-672.

Projekt č. QK1910095 s názvem „Využití vermikompostování k eliminaci mikropolutantů za účelem bezpečné aplikace čistírenského kalu na zemědělskou půdu“ je finančně podpořen Ministerstvem zemědělství v rámci Programu ZEMĚ.