

Optimalizace procesu vermikompostování akvakulturních kalů

Ing. Pavel Franta, Ph.D., MSc. Anil Axel Tellbüscher, Zuzana Stoklasová, doc. Ing. Jan Mráz, Ph.D., Bc. Karel Procházka, Ing. Radek Gebauer, Ph.D.

Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích,
pfranta@frov.jcu.cz.

Souhrn

Kaly z recirkulačních akvakulturních systémů (RAS) představují na živiny bohatý odpad, jehož nevhodné nakládání může zvyšovat environmentální zátěž. Avšak jeho přímá aplikace jako hnojivo je problematická. Vermikompostování nabízí udržitelnou možnost stabilizace akvakulturního kalu a jeho přeměny na hodnotný vermikompost a žížalí biomasu. Cílem studie je optimalizace vermikompostování kalu a jeho úpravy.

Summery

Sludge from recirculating aquaculture systems (RAS) represents a nutrient-rich waste material, and improper management represents the possible environmental burdens. However, its direct application as a fertilizer is problematic. Vermicomposting offers a sustainable approach for stabilizing aquaculture sludge and converting it into valuable vermicompost and earthworm biomass. The aim of this study is to optimize the vermicomposting process of RAS sludge and its conditioning.

Úvod

Akvakultura patří mezi nejrychleji se rozvíjející odvětví produkce potravin, přičemž významnou roli v jejím růstu sehrává koncept recirkulačních akvakulturních systémů (RAS). Tyto technologie zásadně snižují environmentální dopady tradičních forem akvakultury, protože umožňují přesnou kontrolu produkčního prostředí, zvyšují efektivitu konverze krmiva, minimalizují spotřebu vody a umožňují lepší nakládání s produkovanými kaly (Gupta a kol., 2024), což představuje zásadní krok v udržitelné akvakultuře. Vedlejší produkty chovu jsou proto stále častěji využívány v integrovaných multitrofických systémech pro produkci troficky nižších organismů (Rosa a kol., 2020), nebo jsou dále stabilizovány pomocí aerobních a anaerobních procesů, včetně kompostování, což umožňuje jejich následné využití jako organických hnojiv (Van Rijn, 2013, Gupta a kol., 2024).

Další perspektivní metodou stabilizace akvakulturních kalů je vermikompostování (Adler a Sikora, 2004; Kouba a kol., 2018). Efektivní průběh tohoto procesu však vyžaduje úpravu poměru C/N (Ndegwa a Thomson, 2000), neboť kal je přirozeně bohatý na dusík. Je proto nezbytné jej obohatit vhodným uhlíkatým aditivem, které zajistí optimální podmínky pro růst a metabolickou aktivitu žížal (Adler a Sikora, 2004). Během vermikompostování dochází ke stabilizaci organické hmoty, zvýšení podílu rostlinám dostupných živin a současně k produkci biomasy žížal, která představuje další hodnotný produkt (Adhikary, 2012).

Předložené výsledky představují první předtest směřující k optimalizaci managementu vermikompostování akvakulturních kalů přijatelného pro praxi. Přičemž prvním krokem bylo testování dvou typů kalů (flokulovaný a čerstvý kal) a dvou různých uhlíkatých aditiv, která byla nebo nebyla předkompostována. Cílem je identifikovat kombinace substrátů optimálních pro vermikompostování akvakulturního kalu a nastavení vhodného managementu.

Metodika

Experiment 1: Testování přežívání žížal v uhlíkatých substrátech

V prvním experimentu bylo hodnoceno přežívání žížal druhu *Eisenia fetida* ve dvou typech uhlíkatých substrátů: nastříhané pšeničné slámy a plevách kávových bobů. Oba materiály byly testovány samostatně i ve vzájemných směsích v poměrech 1:1, 3:1 a 1:3. Každý substrát byl připraven ve dvou variantách – buď bez předchozí úpravy, nebo po týdenním předkompostování, a to vždy ve 4 replikacích.

Experiment probíhal v plastových nádobách obsahujících 60 g substrátu s vlhkostí 75 % a při konstantní teplotě 20 °C. Do každé nádoby bylo na začátku vloženo 10 jedinců *E. fetida*. Přežívání žížal bylo monitorováno v časových intervalech 24, 72, 168 a 240 hodin. Tento experiment umožnil posoudit

vhodnost jednotlivých uhlíkatých materiálů jako aditiv pro úpravu poměru C/N a vlhkosti při následném vermikompostování kalu.

Experiment 2: Vermikompostování akvakulturních kalů

Druhý experiment se zaměřil na využití dvou typů kalů pocházejících ze stejného recirkulačního akvakulturního systému (RAS) z farmy zaměřené na chov keříčkovce červenolemého (*Clarias gariepinus*): flokulovaného kalu a čerstvého kalu. Oba materiály byly aplikovány v dávce 25 % do substrátů tvořených slámou nebo směsí slámy a plev kávových bobů v poměru 1:1. Kontrolní skupinu tvořil substrát obsahující pouze slámu bez přídavku kalu. Všechny substráty byly před zařazením do vermikompostování po dobu jednoho týdne předkompostovány.

Test byl proveden v HT trubkách (s průměrem 75 mm), které byly naplněny 120 g substrátu. Do každé trubky bylo vloženo 10 jedinců *E. fetida*, odpovídající koncentraci 1 žížaly/ 3 g sušiny substrátu. Kromě přežívání žížal byly v intervalech 2, 4 a 8 týdnů sledovány také jejich růstové parametry, a kromě kontrolní skupiny byl dále sledován obsah sušiny, vlhkosti substrátu a koncentrace biogenních makroprvků (C, H, N). Experiment probíhal při konstantní teplotě 20 °C, ve třech replikacích pro každou úpravu a časový interval.

Výsledky a diskuze

V rámci testování uhlíkatých aditiv bylo zřejmé, že použití samotných plev z kávových bobů vedlo již během jednoho týdne k téměř 100% mortalitě žížal. Přežívání žížal se zvyšovalo s rostoucím podílem nastříhané slámy v substrátu. Při poměru slámy a kávových plev 1:1 dosahovalo přežívání přibližně 90 %, avšak po předkompostování této směsi kleslo na 60 %. Při vyšším zastoupení kávových plev přežívání dále klesalo. Naopak samotná sláma neměla na přežívání žížal negativní vliv, a to bez ohledu na předkompostování, ve všech případech bylo zaznamenáno 100% přežívání.

Na základě výsledků prvního testu byly kávové plevy zařazeny také do experimentu zaměřeného na vermikompostování akvakulturních kalu, avšak v nižším podílu. Výsledky však ukázaly, že i po jednom týdnu předkompostování vedl podíl kávových plev ve výši 37,5 % ve směsi se slámou a kalem k 100% mortalitě žížal již během dvou týdnů vermikompostování. Tyto poznatky naznačují výrazný negativní chronický účinek kávových plev na žížaly.

Naopak, z hlediska přežívání a růstu žížal nebyly až do čtvrtého týdne zaznamenány žádné statisticky průkazné rozdíly mezi substráty s příměsí flokulovaného nebo čerstvého kalu. V obou úpravách žížaly během čtyř týdnů více než ztrojnásobily svou hmotnost, s rychlostí růstu 18,0 a 19,2 mg na jedince a den (flokulovaný a čerstvý kal). Tyto hodnoty převyšují růstové rychlosti uváděné pro organické odpady jiných hospodářských zvířat, jako je skot, koně či kozy (Garg a kol., 2005). Ve čtvrtém týdnu navíc žížaly v obou úpravách zahájily produkci kokonů. V kontrolní skupině však vzhledem k nízkému obsahu organického materiálu (substrát byl tvořen pouze nastříhanou slámou) docházelo k negativnímu růstu žížal, což se projevilo i úplnou absencí kokonů.

Pro samotný management vermikompostování akvakulturního kalu se jako klíčový ukazuje pokles množství substrátu na přibližně 60 % ve čtvrtém týdnu u obou testovaných úprav. V této fázi by proto mělo v provozních podmínkách dojít k doplnění vermikompostu novým substrátem. Ndegwa a kol. (1999) uvádějí krmnou dávku žížal na úrovni 750 g substrátu na den na 1 kg biomasy žížal, což při přepočtu odpovídá zhruba 40% úbytku substrátu během čtyř týdnů, a to i po zohlednění přírůstku biomasy žížal. Lze předpokládat, že se zvyšujícím se počtem žížal by bylo možné aplikovat i vyšší dávky substrátu, pokud by to bylo z hlediska procesu žádoucí.

Obsah vodíku a zejména uhlíku v substrátu pozitivně koreloval s poklesem množství substrátu během vermikompostování. Naproti tomu obsah dusíku se po počátečním poklesu od druhého týdne již významně neměnil mezi jednotlivými úpravami ani sledovanými časovými intervaly. Tyto výsledky naznačují možnou vyšší potřebu uhlíkatého materiálu v průběhu vermikompostování, avšak literatura uvádí, že ani poměr C/N mimo optimální hodnotu 25 (Ndegwa a Thomson, 2000) nepředstavuje zásadní překážku pro úspěšné vermikompostování různých organických odpadů, včetně odpadů hospodářských zvířat (Garg a kol., 2005) či akvakulturního kalu (Adler a Sikora, 2004).

V naší studii se počáteční poměr C/N pohyboval kolem hodnoty 30 a následně kolísal mezi jednotlivými replikacemi a úpravami v rozmezí 20–60, aniž by byly zaznamenány statisticky významné rozdíly mezi testovanými skupinami či časovými intervaly. Sláma nebo jiné uhlíkaté materiály tak

sehrávají klíčovou roli především při snižování vlhkosti v akvakulturním kalu s nízkým obsahem sušiny, což je zásadní pro udržení vhodných podmínek pro růst a aktivitu žížal.

Mezi úpravami s flokulovaným a čerstvým kalem nebyly zaznamenány statisticky průkazné rozdíly v obsahu biogenních prvků (C, H, N), ve vlhkosti ani v úbytku substrátu. V intervalu mezi čtvrtým a osmým týdnem však došlo u úpravy s flokulovaným kalem ke 100% mortalitě žížal. V této fázi pokleslo množství substrátu na přibližně 50 % původního objemu a průměrná vlhkost na 53 % u varianty s čerstvým kalem a 46 % u varianty s flokulovaným kalem, což souviselo s vyčerpáním podstatné části kalové složky.

Závěr

Z výsledků růstu žížal je zřejmé, že čerstvý akvakulturní kal představuje velmi efektivní substrát pro vermikompostování, zejména pokud je kombinován se slámou jako doplňkovým uhlíkatým materiálem. Naproti tomu využití flokulovaného kalu bude vyžadovat další výzkum, aby bylo možné přesně stanovit jeho vhodnost a limity v procesu vermikompostování.

Vermikompost s akvakulturním kalem by měl být dotován novým substrátem nejméně ve čtyřtýdenních intervalech v dávce 40 % původního substrátu, aby nedošlo ke zpomalení růstu žížal. Pro optimalizaci celkové efektivity procesu je však nezbytné provést dlouhodobější experimenty, které zachytí nejen nárůst biomasy žížal v delším časovém horizontu, ale také fázi nástupu dalších generací. Tyto testy by také odhalily dlouhodobější trend v obsahu dusíku v substrátu, který na rozdíl od uhlíku přímo nekoreloval s úbytkem substrátu. Na základě těchto poznatků bude možné navrhnout optimální management vermikompostování akvakulturního kalu, který bude přijatelný pro praxi a nebude vyžadovat stanovení biogenních prvků nebo složitý odhad biomasy žížal, při zajištění stabilního a efektivního průběhu celého procesu.

Reference

- Adhikary, S., 2012. Vermicompost, the story of organic gold: A review. *Agricultural sciences* 3: 905-917.
- Adler, P.R., Sikora, L.J., 2004. Composting fish manure from aquaculture operations. *BioCycle*, 45: 62-66.
- Garg, V. K., Chand, S., Chhillar, A., Yadav, A., 2005. Growth and reproduction of *Eisenia foetida* in various animal wastes during vermicomposting. *Applied ecology and environmental research* 3: 51-59.
- Gupta, S., Makridis, P., Henry, I., Velle-George, M., Ribicic, D., Bhatnagar, A., Skalska-Tuomi, K., Daneshvar, E., Ciani, e., Persson, d., Netzer, R., 2024. Recent developments in recirculating aquaculture systems: a review. *Aquaculture Research* 1: 6096671.
- Kouba, A., Lunda, R., Hlaváč, D., Kuklina, I., Hamáčková, J., Randák, T., Kozák, P., Koubová, A., Buřič, M., 2018. Vermicomposting of sludge from recirculating aquaculture system using *Eisenia andrei*: Technological feasibility and quality assessment of end-products. *Journal of Cleaner Production*, 177, 665-673.
- Ndegwa, P.M., Thompson, S.A., 2000. Effects of C-to-N ratio on vermicomposting of biosolids. *Bioresource technology*, 75: 7-12.
- Ndegwa, P. M., Thompson, S. A., Das, K. C., 2000. Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. *Bioresource technology* 71: 5-12.
- Rosa, J., Lemos, M.F.L., Crespo, D., Nunes, M., Freitas, A., Ramos, F., Pardal, M.Â., Leston, S., 2020. Integrated multitrophic aquaculture systems—Potential risks for food safety. *Trends in Food Science & Technology* 96: 79-90.
- Van Rijn, J., 2013. Waste treatment in recirculating aquaculture systems. *Aquacultural engineering* 53: 49-56.