

Vliv částečné bioaugmentace na prvotní záběh biofiltru intenzivního recirkulačního systému Dánského typu pro chov lososovitých ryb.

Influence of partial bioaugmentation on first starting proces of Danish type water recirculating system for intensive production of salmonids.

Š. Lang, R. Kopp, J. Mareš, M. Melichar

Abstract: The test was established to evaluate if partial bioaugmentation will be able to increase the speed of establishing the stable nitrification process at low temperatures (10 – 14 °C) with lowering costs of the operation by reducing the amount of inoculum to 50 %. We found that partial inoculation was able to establish the steady nitrification in biological filter in 17 days at the average temperature of 12 °C and the efficiency of the nitrification was not influenced heavily even by further rapid addition of fish to the system.

Úvod

Nitrifikace, chemolitoautotrofní oxidace amoniaku na dusičnany bakteriemi přes dusitany, je základem moderních recirkulačních systémů pro chov lososovitých ryb využívaných v současné době v české republice. Tyto systémy, na rozdíl od čistíren odpadních vod pracují při relativně nízkých koncentracích amoniaku rozpuštěného ve vodě ($>1,0 \text{ mg.l}^{-1}$). Nízká koncentrace amoniaku ve vodě, respektive poměr amoniaku k rozpuštěným organickým látkám, způsobuje časté problémy při záběhu biologického filtru. Pomalu rostoucí nitrifikační bakterie z počátku těžko konkurují rychle rostoucím bakteriím heterotrofním, které se živí organickými látkami. Je všeobecně známo, že přírůstek nitrifikačních bakterií nedosahuje ani násobku jejich počtu za den pro bakterie nitrifikační respektive nitratační. Heterotrofní bakterie při stejných podmínkách násobí svůj počet více než 4 krát za den. Záběh biologického filtru z tohoto důvodu bývá značně časově náročný proces (Wuertz et al., 2004) obzvláště při přísunu organických látek do filtru. To je u recirkulačních systémů, které spotřebovávají velké množství elektrické energie nehledě na intenzitu jejich využití nežádoucí. Jedním z řešení se zdá být urychlení záběhu biofiltru, vytvoření žádoucí mikrobioty, pomocí inokulace (bioaugmentace). Bioaugmentace může být provedena několika způsoby. Nejčastější jsou přenesení části již zaběhnutých filtračních elementů, použití aktivovaného kalu z funkční čistírny odpadních vod, nebo použití bakteriálních preparátů určených k urychlení záběhu biofiltru. U prvních dvou způsobů hrozí kontaminace čistého, nového, nebo desinfikovaného, systému nemocemi, nebo parazity. Poslední způsob je z pohledu udržení systému prostého nemocí a parazitů nejvhodnější. Na základě předchozího pokusu (data nepublikována) jsme proto zvolili metodu bioaugmentace systému bakteriálním konsorciem kultivovaným v živném roztoku. Zároveň, jelikož je biologický filtr několikanásobně předimenzován a do systému byly po jeho záběhu ryby nasazovány postupně, byla inokulována jen část filtru s předpokladem budoucího samovolného rozšíření mikrobioty nitrifikačních bakterií do zbývajících

částí systému. Jako výživa pro nitrifikační bakterie byl zvolen chlorid amonný, protože dodal bakteriím amonné ionty a zároveň v systému navýšil obsah chloridů. Zvýšení obsahu chloridů je žádoucí pro navýšení chloridového čísla pro případ možné budoucí kumulace dusitanového dusíku během zabíhání druhé části biofiltru.

Materiál a metodika

Bakteriální konsorcium použité pro tento pokus bylo kultivováno 24 h v kultivačním médiu při teplotě 35 °C v laboratoři Mendelovy univerzity v Brně na Oddělení rybářství a hydrobiologie. Poté byly nádoby (barely) s bakteriální kulturou převezeny k nově napuštěnému recirkulačnímu systému (1h 20min). Bakterie byly neprodleně po příjezdu k systému použity k inokulaci. Inokulovány byly čtyři z osmi oddělení ponořeného filtru a filtr plovoucí.

Pokus byl z provozních důvodů rozdělen do dvou fází. V první fázi pokusu (19.5. – 29.5. dopoledne) bylo v systému zamezeno cirkulaci vody a byl přidán chlorid amonný pro dosažení obsahu amonných iontů na úrovni 1,5 -2,5 mg.l⁻¹ v jednotlivých odděleních ponořeného filtru a ve filtru plovoucím. Během této fáze byl dvakrát přidán chlorid amonný. Filtry ponořené i filtr plovoucí byly neustále provzdušňovány.

Ve druhé fázi (29.5. večer – 4.6.) byla spuštěna recirkulace vody 30.5. dopoledne byly do systému nasazeny první ryby. Po tomto období (5.6. – 25.6.) bylo sledování chemických parametrů diskontinuální (provozní) pomocí provozních kolorimetrických metod (Kopp et al. 2014). Na počátku této fáze začaly ryby vykazovat příznaky intoxikace amoniakem, proto bylo pH sníženo přidáním 36% kyseliny chlorovodíkové.

V průběhu obou částí pokusu byly analyzovány vzorky vody na obsah dusíkatých látek (N-NO₃, N-NO₂ a N-NH₄) a chloridů dle standardních metod (Horáková, 2007). Vzorky vody byly odebírány vždy v 8:00 a 17:00 hod. Ve stejnou dobu byly měřeny i fyzikálně chemické parametry vody (nasycení vody kyslíkem – WTW Oxi 340i (sonda DurOx – WTW GmbH, Německo, pH – kolorimetricky se smíšeným čínidlem, porovnáním s barevnou škálou). Teplota vody byla zaznamenávána každou hodinu přístrojem Minikin (EMS Brno).

Výsledky

Nasycení vody kyslíkem v biofiltrech neklesalo pod 85%. To při teplotách od 9,7 do 15,7°C zajistilo dostatek kyslíku pro růst a metabolismus aerobní populace nitrifikačních bakterií. Reakce vody dosahovala v první fázi hodnot pH (6,7) 7,3 – 7,5. Na konci druhé fáze až 8,0. Toto vysoké pH na počátku třetí fáze převažovalo. Po nasazení téměř 1,1t ryb (2.6. - 3.6.), než se systém zvýšenému přísunu amoniaku adaptoval a klesla hodnota pH vody, byly na rybách pozorovány příznaky a laboratorně byla ověřena jejich intoxikace amoniakem. Po postupném snížení pH vody v systému přídávkem 36% HCl, z 8,0 na 7,0 během 24 hodin, příznaky otravy ryb amoniakem odezněly. Po čtyřdenním snižování pH pomocí HCl se intenzita

funkce biologického filtru zvýšila natolik, že byl systém schopen potřebnou hodnotu pH, s přispěním metabolismu ryb, nadále udržovat samostatně.

Obsah amonných iontů v první fázi pokusu klesal pomalu a byl dvakrát navýšen přidavkem chloridu amonného (graf 1). Hlavním důvodem prvního přidavku chloridu amonného byla nutnost odčerpání části vody ze systému a tím naředění živného roztoku amoniaku v systému. Ve druhé fázi klesal obsah amonných iontů v systému plynule. Po nasazení prvních ryb (30. - 31.5. a 2. - 3.6.) došlo pouze k nepatrnému výkyvu tohoto trendu (graf 2). Ve třetí fázi, po nasazení téměř 1,1t ryb během dvou dnů (konec fáze 2) a počátku jejich intenzivního krmení a zapojení dalších pěti doposud nepoužívaných odchovných žlabů do recirkulace, došlo ke zvýšení obsahu toxického amoniaku v systému (zvýšení pH) a intoxikaci ryb amoniakem (viz výše). Průběh obsahu chemických parametrů v této době nebyl sledován z důvodu nedostupnosti chemikálií až do 9.7., kdy byl obsah amonných iontů již minimální ($0,3 \text{ mg.l}^{-1}$), dále klesal na nedetekovatelnou hladinu a reakce vody byla ustálena na 7,0.

Obsah dusitanového dusíku v první fázi pokusu pomalu vzrůstal. Křivka nárůstu jeho obsahu byla narušena 25.5. Ten den byla ze systému odčerpána část vody a systém byl opětovně dopuštěn. Tím byla koncentrace dusitanového dusíku naředěna (graf 2) a míra jejich kumulace v systému byla omezena. Další propad jejich koncentrace nastal po druhé přidání chloridu amonného do systému 25.5. odpoledne. Na počátku druhé fáze pokusu obsah dusitanového dusíku v systému klesal a dále došlo ke zvýšení jejich obsahu po nasazení ryb (3.6.). Další krátkodobá zvýšení obsahu dusitanového dusíku v systému bylo možné předpokládat po každém přisazení ryb do systému, čemuž napovídají i hodnoty naměřené po 9.7. kolem $0,4 \text{ mg.l}^{-1}$ které dále klesaly.

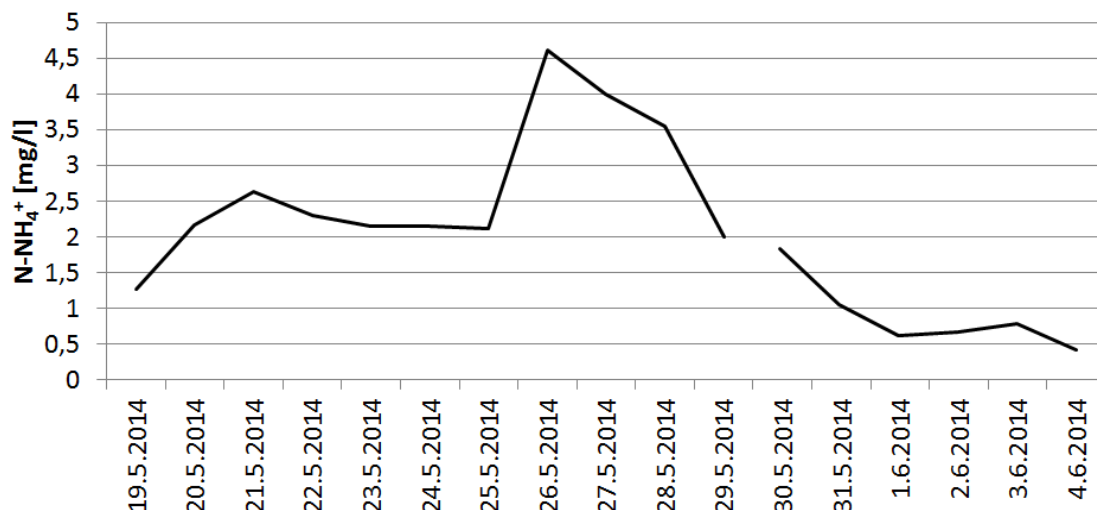
Obsah dusičnanového dusíku v inokulovaných částech systému postupně narůstal z počáteční hodnoty $10,0$ na $13,1 \text{ mg.l}^{-1}$ 24.5. Poté, po naředění vody v systému klesl na $8,6 \text{ mg/l}$ a až do počátku druhé fáze pokusu (spuštění recirkulace) plynule narůstal. Ve druhé fázi obsah dusičnanového dusíku v systému kolísal v rozsahu $8,2 - 10,7$. To bylo zřejmě způsobeno kolísáním intenzity fotosyntézy vláknitých řas, jejichž biomasa v neaktivní části systému (bez výměny a pohybu vody) intenzivně narostla. Řasy narostlé v systému zřejmě způsobily i nárůst pH v nesledovaném období 5.6. – 9.7. a intoxikaci ryb amoniakem.

Diskuze

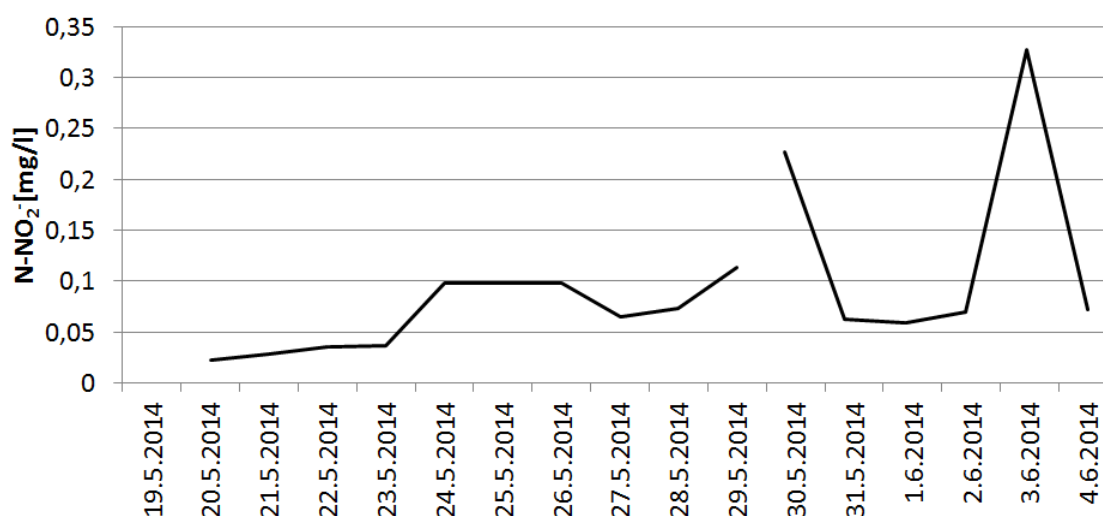
Průběh záběhu biologického filtru během našeho testu, z hlediska změn obsahů jednotlivých dusíkatých látek, více či méně kopíruje křivky grafů získané při sledování záběhu biofiltrů mnohými autory a obecně zveřejňované v dostupné literatuře (Cresson et al., 2006; Tsuneda et al., 2003; Van der Star et al., 2007). Většina výše zmíněných pokusů byla však prováděna při dvojnásobě vyšších teplotách a i přes to byl námi dosažený záběh biologického filtru o třetinu kratší (17 dní), než u výše zmíněných autorů. Průměrná délka záběhu biologického filtru bez

bioaugmentace při teplotách kolem 20 °C je udávána kolem 35 dnů, s bioaugmentací kolem 23 dnů.

Graf 1: Vývoj obsahu amonných iontů v první a druhé fázi pokusu (průměrné hodnoty ze všech odběrných míst)



Graf 2: Vývoj obsahu dusitanového dusíku v první a druhé fázi pokusu (průměrné hodnoty ze všech odběrných míst).



Závěr

Během pokusu jsme dosáhli enormně dobrých výsledků při prvotním záběhu biologického filtru a to s relativně minimálními náklady. Původní kalkulace pro bioaugmentaci (komerční dodávka mikroorganismů) počítala s cenou převyšující 30 000 Kč a zaběhnutím celého biologického filtru do 10 dnů. Pomocí částečné bioaugmentace jsme byli schopni tuto cenu snížit na méně než 10 000 Kč při prodloužení záběhu o 7 dní. Zároveň jsme ušetřili během této doby, díky vypnutému cirkulačnímu dmychadlu (11kW) ušetřili cca 20 000 Kč na elektrické energii. Díky postupnému nasazování ryb mě poté filtr dostatečnou kapacitu a dostatek času na

záběh druhé poloviny biologického filtru a tím nedošlo k počáteční kumulaci amonných iontů v systému. Jediným nedostatkem tohoto řešení byl nárůst podstatné biomasy vláknitých řas v neaktivní části systému, které po spuštění cirkulace vody systémem svým metabolismem zvýšili pH vody na úroveň 8 a to způsobilo mírnou intoxikaci ryb amoniakem i při nízkém obsahu amonných iontů ve vodě. Tento problém, je ale možno řešit zastíněním nepoužívaných žlabů, nebo zastřešením celého systému, které by zároveň prodloužilo produkční sezonu celého systému a jeho efektivitu vzhledem k vynaloženým nákladům na elektrickou energii.

Poděkování

Tento článek vznikl za podpory projektu NAZV QJ1210013 a za přispění výjimečné pohostinnosti firmy KINSKÝ Žďár a.s. a jejích zaměstnanců.

Literatura

- CRESSON, R., CARRÈRE, H., DELGENÈS, J.P., BERNET, N. (2006): Biofilm formation during the start-up period of an anaerobic biofilm reactor – impact of nutrient complementation. *Biochem. Eng. J.* 30, 55–62.
- HORÁKOVÁ, M. (2007): *Analytika vody*. VŠCHT Praha, 335 s.
- KOPP, R., LANG, Š., BRABEC, T., MAREŠ, J. (2014): Stanovení základních fyzikálně-chemických parametrů v akvakulturních chovech ryb. *Certifikovaná metodika*, 40 s., 978-80-7375-953-7
- TSUNEDA, S., NAGANO, T., HOSHINO, T., EJIRI, Y., NODA, N., HIRATA, A. (2003): Characterisation of nitrifying granules produced in an aerobic upflow fluidized bed reactor. *Water Res.* 37, 4965–4973.
- VAN DER STAR, W., ABMA, W., BLOMMERS, D., MULDER, J., TOKUTOMI, T., STROUS, M., PICIOREANU, C., VAN LOOSDRECHT, M. (2007): Startup of reactors for anoxic ammonium oxidation: experiences from the first full-scale Anammox reactor in Rotterdam. *Water Res.* 41, 4149–4163.
- WUERTZ, S., OKABE, S., HAUSNER, M. (2004): Microbial communities and their interactions in biofilm systems: an overview. *Water Sci. Technol.* 49 (11–12), 327–336.

Prof. Dr. Ing. Jan Mareš, doc. Ing. Radovan Kopp Ph.D., Ing. Štěpán Lang, Ústav zoologie, rybářství, hydrobiologie a včelařství, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, mares@mendelu.cz; fcela@seznam.cz; stepanlang@gmail.com
Ing. Martin Melichar, KINSKÝ Žďár, a.s. Zámek 1/1 59101 Žďár nad Sázavou, Česká republika, m.melichar@kinsky-zdar.cz