

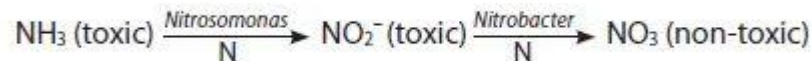
## BIOFILTRO PALEIDIMAS

Biologinis filtras arba biofiltras yra pagrindinė recirkuliacinės akvakultūros sistemos (RAS) filtravimo dalis. Biofiltras talpina nitrifikuojančias bakterijas ir yra pagrindinė vieta, kur vyksta biologinė nitrifikacija. Nitrifikuojančios bakterijos apdoroja ištirpusias azoto atliekas, kurias išskiria auginami vandens organizmai.

Visi auginami organizmai, stuburiniai ar bestuburiai, pelekai ar vėžiagyviai, dėl gaunamos mitybos gamina atliekas. Pelekinės žuvis išskiria amoniaką ( $\text{NH}_3$ ), daugiausia iš savo žiaunų, ir jis ištirpsta vandenyje, kuriame turi gyventi žuvis. Šios atliekos yra toksiškos žuvis ir yra aplinkos stresorius, dėl kurio sumažėja apetitas, augimo greitis ir mirtis esant didelėms koncentracijoms.

Laimei, natūraliai esančios bakterijos oksiduoja amoniaką, naudoja jį augimui ir paverčia nitritu ( $\text{NO}_2^-$ ). Tai aerobinis procesas, kuriam reikia deguonies. Bakterijos, paverčiančios amoniaką nitritu, bendrai žinomos jų genties pavadinimu *Nitrosomonas*. Kaip ir amoniakas, *Nitrosomonas* bakterijų gaminamas nitratas yra toksiškas vandens organizmams ir turi būti toliau oksiduojamas iki mažiau toksiškos azoto formos. Tai atlieka kita natūraliai pasitaikanti bakterijų gentis, vadinama *Nitrobacter*. Šios bakterijos metabolizuoja ir oksiduoja *Nitrosomonas* gaminamą nitritą ( $\text{NO}_2^-$ ) ir paverčia jį nitratu ( $\text{NO}_3^-$ ). Deguonis taip pat sunaudojamas kuriant nitratus. Nitratas yra galutinis amoniako ir nitrito virsmo produktas ir yra netoksiškas tokiais kiekiais, kurie paprastai būna RAS (>200 mg/l). Daugiau informacijos galima rasti [SRAC leidinyje Nr. 451 „Recirkuliacinės akvakultūros rezervuarų gamybos sistemos: kritinių aspektų apžvalga“](#).

Nitrifikuojančių bakterijų reakcijos seka gali būti supaprastinta taip:



Puikią, išsamią diskusiją apie nitrifikuojančias bakterijas ir nitrifikacijos procesą galima rasti [Hagopian ir Riley \(1998\)](#).

Biofiltrai yra esminė priemonė vandens kokybei palaikyti recirkuliacinėje akvakultūros sistemoje (RAS)

### Ką reiškia biofilto paleidimas?

Biofilto paleidimas apima nitrifikuojančių bakterijų ląstelių sėjimo į biologinį filtrą valdymą ir kontrolę. Biologinį filtrą sudaro nerūdijančios medžiagos, tokios kaip plastikas, stiklo pluoštas, keramika ar uoliena, kurios paviršiuje yra daug nitrifikuojančių bakterijų, kurios gali kolonizuotis. Kad biofiltrai būtų kompaktiškesni, dažniausiai pasirenkama medžiaga, kurios paviršiaus plotas tūrio vienetu yra didelis. Šis matavimo vienetas paprastai vadinamas biofilto terpės specifiniu paviršiaus plotu (SSA). Paprasčiau tariant, kuo daugiau turimo paviršiaus ploto, tuo daugiau bakterijų ląstelių gali būti užauginta ir tuo didesnis nitrifikacijos pajėgumas, o tai reiškia, kad galima pasiekti didesnę pašarų greitį. Biofiltras su didesniu SSA bus kompaktiškesnis nei su mažesniu SSA.

Tačiau atminkite, kad kai kurios biofilto terpės su didesniu SSA gali būti užsikimšusios bakterijomis. Taigi turi būti pusiausvyra tarp didelio SSA ir patikimos biofilto terpės. Nitrifikuojančių bakterijų ląstelės auga ant visų biologinių filtrų terpės paviršių ir, tiesą sakant, ant visų drėgnų sistemos paviršių, tokių kaip vamzdžių vidus, rezervuarų sienelės ir kt. Bakterijos seka nuolatinį augimo ir dauginimosi, brendimo ir žūties ciklą, atsikrato terpės ir pakeičiamos naujomis

ląstelėmis. Biofiltras paleidžiamas pridedant bakterijų į sistemą, o tai galima padaryti keliais būdais. Nitrifikuojančios bakterijos gali būti įvedamos su vandeniu arba biofilto terpėmis iš jau veikiančios sistemos, su tvenkinio nuosėdomis ar tvarto dirvožemiu arba su nedideliu skaičiumi „pradinių“ gyvūnų. Šie gyvūnai turės išgyventi dėl padidėjusios amoniako ir nitritų koncentracijos, o bakterijų ląstelės dauginasi ir kolonizuoja biofilto terpę.

Nepriklausomai nuo metodo, kuris naudojamas bakterijoms pridėti prie sistemos, taip pat yra patogenų patekimo pavojus. Metodo pasirinkimas turėtų būti įvertintas kaip bendro objekto valdymo ir biologinio saugumo plano dalis. Viena biofilto paleidimo strategijų, kartais vadinama šalto paleidimo metodu, apima auginamų rūšių įžuvinimą be aktyvuoto biofilto. Operatoriai turi būti pasirengę susidoroti su dėl to sparčiai didėjančia amoniako ir nitritų koncentracija ir sumažinti jas iki leistino lygio per vandens mainus. Tiekimo normas reikia sumažinti arba šerimą sustabdyti, kol įsijungs biofiltras. Šalto paleidimo metodo pranašumas yra tas, kad naudojamos bakterijos, kurios pateko į sistemą pirmą kartą įvedant gyvūnus, bakterijos, kurios turėjo būti gerai pritaikytos sąlygoms, iš kurių tie gyvūnai atsirado.

Tačiau šis pasyvus biofilto įjungimas gali būti lėtas ir įtemptas procesas gyvūnams ir sistemos operatoriui. Labiau pageidautinas būdas yra sukurti nitrifikuojančias bakterijas biofiltre prieš auginant auginamas rūšis. Nitrifikuojančių bakterijų „sėjimo“ pranašumai yra šie: 1) sumažina stresą naujai įvežtoms medžiagoms; 2) augimo ciklo sutrumpinimas naudojant didesnes pašarų normas nuo pirmos įžuvinimo dienos (tai svarbu RAS ekonomikai); ir 3) geresnės vandens kokybės kūrimas, o tai pagerina sveikatą, augimo tempus ir išgyvenamumą.

## Biofilto paleidimo žingsniai

Norėdami pradėti naudoti biofiltrą, turite turėti nitrifikuojančių bakterijų šaltinį ir sudaryti sąlygas, kurios skatintų jų augimą. Šioje procedūroje daroma prielaida, kad gyvūnų dar nėra sistemoje. Pridėjus maistingų medžiagų, skatinančių bakterijų ląstelių augimą, gali susidaryti amoniako ir nitritų koncentracija, kuri gali būti mirtina jūsų auginamoms rūšims.

- 1. Prieš įvedant nitrifikuojančias bakterijas, paruoškite sistemos vandens cheminę sudėtį.** Sistema turi veikti ir leisti vandenį per biofiltrą. Jei kultūros bakas dar nėra paruoštas naudoti, recirkuliuoti vandenį galima tik per biofilto įrenginį. Tokia situacija gali susidaryti pradedant naujai pastatytą objektą. Sistemos vandenyje neturi būti likučio chloro, kuris galėjo būti naudojamas dezinfekcijai arba patogenų kontrolei. Sistemos vanduo turi būti pašildytas arba atvėsintas iki beveik tos temperatūros, kuriai esant sistema bus eksploatuojama, kai yra atsargų; pH, druskingumas, šarminumas ir kietumas turi atitikti gaunamų žaliavų reikalavimus.
- 2. Įdėkite šarminumo ir anglies šaltinį.** Sistemos vandenyje ištirpintas anglies dioksidas yra anglies šaltinis besivystančioms bakterijų ląstelėms, tačiau karbonato ( $\text{CO}_3^{-2}$ ) ir bikarbonato ( $\text{HCO}_3^{-}$ ) jonai taip pat yra anglies šaltiniai, todėl juos lengviau pridėti ir kontroliuoti. **Įpilkite natrio bikarbonato ( $\text{NaHCO}_3$ ) arba įprastos kepimo sodos**, kad padidintumėte šarminumą. Kepimo soda yra nebrangi ir saugi naudoti. **Iš pradžių padidinkite sistemos šarminumą iki maždaug 150 mg/l**. Šio lygio šarminumas palaikys *Nitrosomonas* bakterijų augimą, tačiau autoriams pavyko geriau **nustatyti *Nitrobacter* bakterijas esant didesniai šarminumui, maždaug 200–250 mg/l**. Kai *Nitrobacter* įsitvirtina, šarminumas gali sumažėti iki darbinio lygio. Jūsų vandens šaltinio šarminumas turės įtakos natrio bikarbonato kiekiui, kurio reikia norint padidinti sistemos šarminumą iki tinkamo lygio. **Paprastai, norėdami padidinti šarminumą 10 mg/l, pridėkite 53 gramus natrio bikarbonato kiekvienam 3785 litrams (0,117 svaro arba 1,86 uncijos 1000**

galonų) sistemos vandens talpos. Išsamią pH ir šarmingumo valdymo grafinę santrauką žr. 2 pav. [SRAC](#) leidinyje Nr. 452 „Recirkuliacinės akvakultūros rezervuarų gamybos sistemos: Recirkuliacinių sistemų valdymas“.

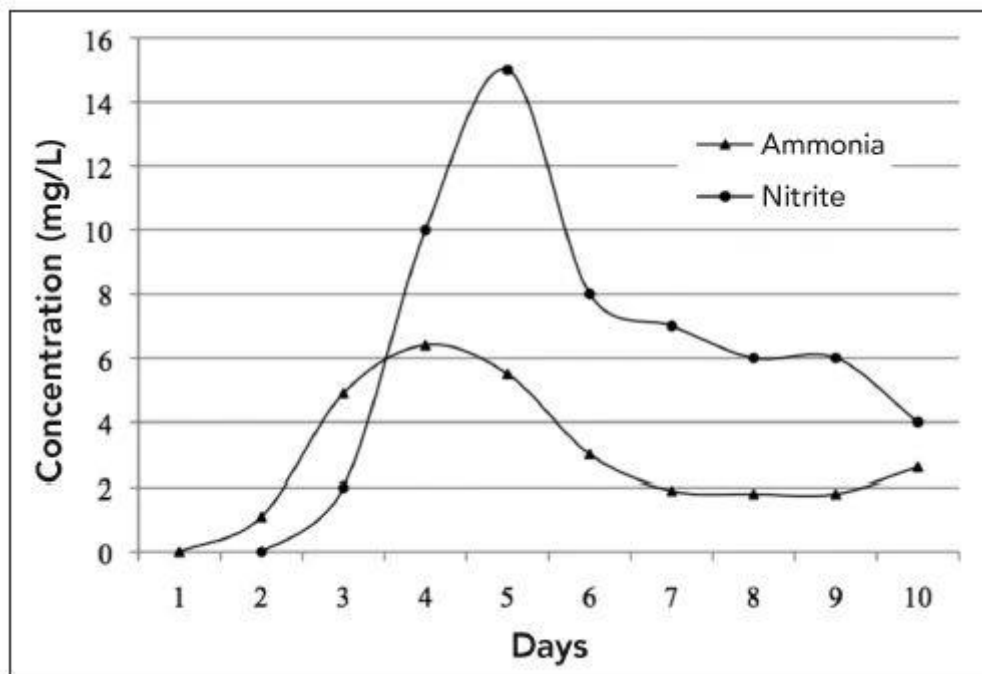
3. **Jeį reikia, pakoreguokite pH.** Kai šarmingumas yra aukščiau nurodytas lygis, pH paprastai nėra problema. Geriausias yra diapazonas nuo 6,8 iki 7,2. Apatinė sveika nitrifikuojančių bakterijų pH riba, apie 6,8, paprastai nepasiekama, nebent yra didelė anglies dioksido koncentracija. Naujos sistemos paleidimo metu tai mažai tikėtina, nebent šaltinio vandenyje yra daug anglies dioksido. Vandens cirkuliacija ir aeracija arba degazavimas sistemoje sumažins CO<sub>2</sub> koncentraciją.

Temperatūrą galima šiek tiek pakelti, kad padidėtų biologinių ir biocheminių procesų reakcijos greitis, taip paspartintų nitrifikuojančių bakterijų populiacijos vystymąsi.

1. **Įdėkite amoniaką ir nitritus.** **Įpilkite amonio hidroksido** arba bekvapio buitinio amoniako, naudojamo valymui, **kuris yra vandeninis amoniako tirpalas**. Taip pat dažnai naudojamas amonio chloridas ir amonio nitritas. **Įpilkite pakankamai amonio hidroksido, kad bendras amoniako kiekis padidėtų iki 3–5 mg/l.** Tai turėtų leisti gerai aptikti daugeliu bandymo metodų. Paprastai 60 ml skaidraus buitinio amoniako (10 % vandeninio amoniako) padidina amoniako koncentraciją iki 3 785 litrų (¼ puodelio 1 000 galonų) sistemos vandens maždaug 1,6 mg/l. Jei naudojate kitos koncentracijos vandeninį amoniaką, reikės koreguoti. Pradėkite nuo mažiausio kiekio, skirkite pakankamai laiko gerai išmaišyti sistemoje, tada patikrinkite amoniako koncentraciją. Jei reikia daugiau, kad koncentracija sistemoje padidėtų iki 3–5 mg/l, įpilkite laipsniškai.
2. **Įveskite nitrifikuojančias bakterijas.** Bakterijų patekimas gali pagreitinti aklimatizacijos procesą. Jei naudojate komercinius bakterijų preparatus, atlikdami ankstesnius veiksmus ir pridėdami bakterijas vadovaukitės gamintojo rekomendacijomis. Taikykite siūlomas maistines medžiagas gamintojo nurodytomis normomis ir tvarkaraščiais. Nurodymai gali pasiūlyti bakterijas dėti keliomis porcijomis. Veiksmingiausias būdas įvesti bakterijas yra perkelti biomedijos elementus iš aklimatizuotos sistemos, veikiančios panašiomis auginimo sąlygomis. Jei įvedami jau kolonizuotų biomedijos elementų ar kitų formų bakterijų, pridėkite juos šiuo metu.
3. **Pradėkite stebėti vandens kokybės parametrus.** Biofilto paleidimo metu reikia reguliariai stebėti vandens kokybės parametrus. Amoniakas, nitritai, pH, temperatūra ir šarmingumas yra pagrindiniai vandens kokybės parametrai, kuriuos reikia patikrinti. Turėtų būti sukurti patikimi, tikslūs ir pakartojami amoniako ir nitritų koncentracijos sistemoje matavimo metodai. Bandymus galima atlikti naudojant bandymų rinkinius ir spalvų lyginamuosius prietaisus, kolorimetrus arba spektrofotometrų. Naudotojai turėtų galėti palyginti vienos dienos vandens kokybės pokyčius ir būti tikri, kad bandymo rezultatai atspindi besikeičiančias vandens kokybės sąlygas, kurias sukelia biofiltras. Vandens mėginius reikia paimti iš kultūros rezervuaro, nes ten bus gyvūnai. Mėginiai turi būti imami iš tos pačios rezervuaro vietos ir nedelsiant išanalizuojami. Jie turėtų būti imami kiekvieną dieną tuo pačiu metu, o tyrimus atliekantys asmenys turi laikytis tų pačių procedūrų, naudodami tą pačią tikslią matavimo įrangą. Standartizavimas, rutina ir dėmesys detalėms užtikrina, kad turėsite tikslią informaciją, kad galėtumėte priimti operatyvinius sprendimus. Naudinga pavaizduoti ir amoniako, ir nitritų koncentracijas, laikui bėgant pridėdant kiekvienos dienos rodmenis. Tai suteikia jums vaizdinę biofilto kūrimo koncepciją. 1 paveiksle parodytos charakteristikų kreivės, susijusios su biofilto paleidimu. Nors skirtingų ciklų, sistemų ir biofiltrų skaičiai gali skirtis, kreivių forma ir santykis turėtų būti maždaug

vienodas. Iš pradžių amoniako koncentracija padidėja iki aukščiausio taško, o vėliau sumažėja. Po vėlavimo laikotarpio nitritų koncentracija pradeda didėti iki tam tikro taško, o vėliau mažėja. Taip pat svarbu pažymėti, kad šis paleidimo pavyzdys įvyko per trumpą laiką dėl šiltos temperatūros, kurioje buvo atliktas šis konkretus bandymas – 28 °C (apie 83 °F). Palyginkite šią diagramą su 3 pav. [SRAC leidinyje Nr. 452 „Recirkuliacinių akvakultūros rezervuarų gamybos sistemos: recirkuliacinių sistemų valdymas“](#).

4. **Būkite budrūs dėl nitritų koncentracijos mažėjimo.** 1 paveiksle atkreipkite dėmesį į nitritų koncentracijos mažėjimo tendenciją. Nitrito kreivės viršus rodo tašką, kuriame *Nitrobacter* bakterijų išsivysto tiek, kad suvartotų daugiau nitritų, nei yra pagaminama arba įpilama į sistemą; taigi nitritų koncentracija mažėja. Ši tendencija tęsis tol, kol nitritų koncentracija išsilygins. Tuo metu, jei nitritų ir amoniako kiekiai yra priimtini auginamoms rūšims, gali atsirasti įžuvinimas. Jei sistemoje yra atsargų, šėrimas gali prasidėti nuo žemo lygio ir gali prasidėti normalios gamybos operacijos.



Vandens kokybės duomenys biofilto paleidimui. (DeLong, neskelbti duomenys, North Carolina Fish Barn, 1998 m. liepos mėn.)

Atliekant kai kuriuos auginimo ciklus RAS, kartais nereikia iš naujo paleisti biofilto. Jei sistema perkeliama iš vieno gamybos ciklo į kitą, sistema gali likti veikianti, o biofiltras aktyvus tarp ciklų, sukauptus kitą kohortą iš karto po derliaus nuėmimo arba perkeliant ankstesnįjį. Siekiant kontroliuoti ligas, kurios yra labai svarbios komercinėje akvakultūros gamyboje, dažnai reikia dezinfekuoti sistemą pasibaigus augimo ciklui. Dezinfekcija paprastai atliekama visos sistemos rezervuarus, filtravimo komponentus ir vamzdžius užliejant vandens ir baliklio (chloro) tirpalu ar kita tinkama dezinfekavimo priemone ir leidžiant jai cirkuliuoti, o po to sistema nusausinama ir išdžiovinama. Šis procesas sunaikina ne tik patogenus sistemoje, bet ir biofiltre esančias nitrifikuojančias bakterijas, kurios vėliau turi būti paleidžiamos iš naujo kitam augimo ciklui. Jei biofiltras išlaikomas gyvas ir veikia tarp gamybos ciklų, kai kurios bakterijų ląstelės bus prarastos, nes sumažėjo amoniako ir nitritų, reikalingų bakterijų populiacijai palaikyti, kiekis. Kai kurios

ląstelės gali sulėtinti savo procesus, o bendras biofilto nitrifikacijos pajėgumas mažės lėtai. Nitrifikuojančių bakterijų aktyvumas vėl padidės, kai tik gyvūnai bus šeriami ir padidės atliekų susidarymas. Tačiau pašarų normas reikėtų didinti pamažu, nes prireiks šiek tiek laiko, kol bakterijų biomasė sugrįš į prieš derliaus nuėmimą buvusį lygį. Jei tarp ciklų bus kelios dienos ar savaitės, į sistemą galima pridėti amoniako dozių, kad bakterijos gyvuotų ir veiktų.

Nitrifikuojančių bakterijų sėjimo pranašumai yra šie: 1) sumažina stresą naujai įvežtoms medžiagoms; 2) augimo ciklo sutrumpinimas naudojant didesnes pašarų normas nuo pirmos įžuvavimo dienos (tai svarbu RAS ekonomikai); ir 3) geresnės vandens kokybės kūrimas, o tai pagerina sveikatą, augimo tempus ir išgyvenamumą

## Naudojant bakterinius preparatus

Tiekėjai tiekia daugybę paruoštų kultivuotų nitrifikuojančių bakterijų mišinių, skirtų naudoti tiek gėlame vandenyje, tiek jūroje. Jie tiekiami sausų miltelių arba koncentruotų skystų suspensijų pavidalu. Jie gali būti atšaldyti kartu su neorganinėmis cheminėmis medžiagomis, reikalingomis jų pradinei mitybai, kai jie įsitvirtina. Nors jie nėra būtini, šie bakteriniai preparatai gali sutrumpinti laiką, kurio reikia biofiltrui sukurti. Naudodami šiuos preparatus laikykitės gamintojo rekomendacijų. Kai kurie operatoriai praneša ir autoriai patyrė, kad bakterijų kultūros yra būtinos norint paleisti biofiltrus sūriame vandenyje arba jūros kultūros sąlygomis (>15 ppt druskingumas). Gamtoje yra nitrifikuojančių bakterijų rūšių, kurios prisitaikė prie bet kokio druskingumo, su kuriuo galima susidurti, o kai kurios rūšys turi platesnį arba siauresnį jų klestėjimo diapazoną.

## Patarimai ir gudrybės

Temperatūrą galima šiek tiek pakelti, kad padidėtų biologinių ir biocheminių procesų reakcijos greitis ir taip paspartėtų nitrifikuojančių bakterijų populiacijos vystymasis. Padidinkite temperatūrą ne daugiau kaip 2–3 °C (3,6–5,4 °F) virš numatomos auginimo temperatūros, kad išvengtumėte didelio bakterijų išmirimo, kai temperatūra nukrenta iki darbinio lygio. Bendras sistemos tūris gali būti sumažintas, paleidžiant biofiltrą, naudojant žemesnio vandens lygio kultivavimo rezervuarus. Esant mažesniai vandens kiekiui, galima greičiau keisti temperatūrą ir sumažinti biofilto dozavimui reikalingų maistinių medžiagų kiekį, todėl procesas tampa ekonomiškėsnis.

Gali būti sunku paleisti biofiltrą, kuriame yra visiškai naujos terpės, galbūt todėl, kad terpės paviršius vis dar gali būti glotnus, blizgus, prie kurio sunkiau prisitvirtinti bakterijų ląstelėms. Nustačius pirmąjį bakterijų augimą, vėlesni ciklai paprastai prasideda greičiau. Kai kurios polistireno granulių medžiagos iš pradžių buvo atsparios bakterijų kolonizacijai. Buvo pasiūlyta, kad priedai, tokie kaip antipirenai, esantys karoliukų paviršiuje, gali slopinti pradinį bakterijų augimą. Tačiau atrodo, kad granulių medžiagos atsparumas nitrifikuojančių bakterijų kolonizacijai yra trumpalaikis, ir dauguma operatorių gana greitai išsprendžia problemą. Naudojant judančius arba mišrius biofiltrus, bakterijos gali lėtai kolonizuotis dėl per didelio terpės sluoksnio maišymo arba aeracijos. Tai iš esmės mechaninė problema, kurią sukelia biofilto elementų paviršiaus dilimas, nuolat nubraukiant bakterijų ląsteles, kurios bando prilipti. Gali padėti sumažinti terpės sluoksnio fizinį susijaudinimą sumažinant aeraciją ir (arba) vandens srautą per sluoksnį. Kadangi ant terpės paviršių įsikuria daugiau bakterijų ląstelių, kaip rodo kasdienis amoniako ir nitritų koncentracijos mažėjimas, aeracija ir maišymas gali būti palapsniui didinamas. Pasirinkite metodą, kuris geriausiai tinka jūsų veiklai ir jūsų sistemoms. Jei mokotės paleisti ir valdyti sistemas, veskite savo patirties įrašus ir užrašus, kad galėtumėte nustatyti, kas tinka arba netinka jūsų situacijoje.