مقاله کامل علمی- پژوهشی

بهره‌برداری و پرورش آبزیان
جلد دهم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۰
۱۳-۲۱
http://japu.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/japu.2021.19125.1588

بررسی عملکرد بسترهای پلی‌پروپیلن و پارچه کتان (*cotton sheet*)، به عنوان پالایشگرهای باکتریایی، بر تغییرات ترکیبات نیتروژندار آب، رشد و بازماندگی بچه‌ماهی کپور (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) در سیستم مدار بسته پرورشی

غلامرضا رفیعی*[1] و کبری رحیمی[2]

[1]استاد گروه شیلات و محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران،
[2]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۳۱

چکیده

در طول مدت شش هفته عملکرد دو نوع بستر، یکی مصنوعی از جنس پلی‌پروپیلن و دیگری از کتان (پارچه کتانی)، به عنوان پالایشگر زیستی بر رشد و بازماندگی بچه‌ماهی کپور معمولی و کاهش آمونیاک کل در یک سازگان مدار بسته پرورش ماهی مورد بررسی قرار گرفت. در هر واحد آزمایش ۱۲ قطعه ماهی انگشت‌قد به میانگین وزن انفرادی ۰/۲۰±۳/۸ گرم وارد شد و لاروها به‌مدت ٤ هفته پرورش داده شدند. میزان ماندگاری ماهیان در بین تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان داد (P<۰/۰۵). وزن انفرادی ماهیان در بستر کتان و بستر مصنوعی در پایان دوره اختلاف معنی‌داری را در بین تیمارها نشان داد و به ترتیب در تیمار پارچه کتان و پلی‌پروپیلن به‌ترتیب ۰/۵۳±۹/۱۹ و ۰/۳۸±۷/۷۹ گرم بود. میزان غلظت نیتروژن کل، آمونیاک و نیترات اختلاف معنی‌داری را در بین دو تیمار در پایان آزمایش نشان دادند (P<۰/۰۵). آمونیاک کل در تیمارهای کتان و بستر مصنوعی به‌طور معنی‌داری متفاوت بود (P<۰/۰۵). این مقدار به‌ترتیب ۰/۰۰۲۱±۰/۰۵ و ۰/۰۰۳۹±۰/۰۵٤۵ میلی‌گرم در لیتر در پایان آزمایش بود. هدایت الکتریکی آب در طول آزمایش دارای تغییرات بود و در پایان آزمایش در تیمارهای حاوی کتان و پلی‌پروپیلن به‌ترتیب ۳۲/۱±۹۷۰ و ۵۱/۳±۹۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر رسید. نتایج این پژوهش نشان داد که امکان به‌کارگیری پارچه کتان به عنوان بستر نشست باکتریایی در یک سازگان مدار بسته پرورشی ماهی وجود دارد. و عملکرد آن قابل مقایسه ز جنس پلی‌پروپیلن است.

واژه‌های کلیدی: بستر نشست، پارچه کتانی، پالایشگر زیستی باکتریایی، سازگان مدار بسته، کیفیت آب

* مسئول مکاتبه: ghrafiee@ut.ac.ir

مقدمه

حدود چهار دهه از به‌کارگیری فنآوری مدار بسته در پرورش ماهی می‌گذرد و در اکثر کشورهای اروپایی و در بعضی از کشورهای آسیایی به‌خصوص در کشورهای ژاپن و دانمارک می‌گذرد (رفیعی و سعد، ۲۰۰۵؛ رکوسی، ۲۰۰۰). هدف اصلی در یک سیستم مدار بسته بالابردن تراکم آبزی پرورشی و استفاده از فضای و استفادهٔ آب کم‌تر است. آمارها نشان می‌دهد که با پالایش مجدد آب و گردش آن در سازگان تولیدی می‌توان تا ۹۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی کرد و حجم مخازن پرورشی را نیز ۵ درصد در مقایسه با سیستم سنتی کاهش داد (فرهانی، ۱۹۹۸). در سازگان مدار بسته پرورش ماهی با حذف مواد معلق توسط روش‌های فیزیکی و شیمیایی، تبدیل آمونیاک به نیتریت و نیترات توسط پالایشگرهای زیستی و با هوادهی و یا تزریق اکسیژن توسط رآکتورهای مخلوط‌کن و در نهایت با ضدعفونی کردن آب، آب مصرفی دوباره پالایش شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد. پالایش زیستی آب، روشی است که از طریق آن متابولیت‌های تولیدی آبزیان از طریق موجودات زنده از سازگان حذف می‌شود. در این میان، باکتری‌ها، جلبک‌ها و گیاهان در پالایش آب نقش ایفا می‌کنند. حذف آمونیاک و تبدیل آن به نیتریت و نیترات توسط باکتری‌های نیتریت‌ساز (نیتروزوموناس) و نیترات ساز (نیتروباکترها) در شرایط هوازی صورت می‌گیرد (لاوسون، ۲۰۰۰). حذف آمونیاک از طریق نیتریفیکاسیون یا شوره‌زایی در سراسر سیستم صورت می‌گیرد، اما سطح بالایی از نیتریفیکاسیون بدون وجود بستر باکتریایی امکان‌پذیر نخواهد بود (لازاروا، ۱۹۹٤؛ روگرز و کلنستون، ۱۹۸۵).

بنابراین، کارایی پالایشگرهای باکتریایی یا بیوفیلترها، بخشی کلیدی و مهم در یک سیستم مدار بسته پرورش ماهی به حساب می‌آیند (لیبی و میلر، ۱۹۸۵). با توجه به عملکرد هر پالایشگرهای زیستی این سؤال مطرح می‌شود که چه بسترهایی را می‌توان به عنوان نشست باکتری‌ها در پالایشگرهای زیستی باید به کار برد تا هم بهترین کارایی را داشته باشند و اقتصادی هم باشند. در این راستا آزمایش‌های زیادی صورت گرفته است و سیستم‌های مدار بسته مختلفی طراحی شده و کارآیی بیوفیلترهای یا پالایشگرهای زیستی مختلف مصنوعی از جنس‌های مختلف پلاستیک و سنگ‌های مختلف در آن‌ها بررسی گردیده است (لازاروا، ۱۹۹٤؛ لیبی و میلر، ۱۹۸۵؛ روگرز و کلنستون، ۱۹۹۵؛ شیمیتز، ۱۹۹۹).

هدف اصلی از کاربرد این مواد این است که بسترهایی به‌کار رود که باکتری‌ها تمایل بیش‌تری برای نشست روی آن‌ها را داشته باشند و نیز واکنش مضری را با آب و املاح محلول آن نداشته باشند.

استفاده از مواد طبیعی به خاطر ارزان بودن آن‌ها چند سالی است که به عنوان بستر نشست باکتریایی به‌خصوص برای انجام عمل شوره‌زدایی مطرح شده است. استفاده از کاه یا ساقه گندم (سوارز و آبه لی اوویچ، ۱۹۹۸؛ روبرتسون، ۲۰۰۰؛ آسلنت و تورکمن، ۲۰۰۳؛ گرینان و همکاران، ۲۰۰٦). خاک اره و خاک برگ برای حذف نیترات آب به‌طور موفقیت‌آمیزی به‌عنوان بستر نشست باکتری‌های دنیتریفیکنت و به‌عنوان منبع کربن به‌کار گرفته شده‌اند (روبرتسون و همکاران، ۲۰۰۰). نقش مواد فیبری مانند نی نیز به‌عنوان بستر باکتری و تشکیل پریفیتون در جذب ترکیبات نیتروژندار به اثبات رسیده است (وو، ۲۰۱٦؛ تورتولرو، ۲۰۱۷) ولی تعداد پژوهش‌ها در مورد امکان استفاده از پارچه کم است. از آنجائی‌که پارچه کتانی یک محصول زیستی است و می‌تواند با توجه به نوع دوخت، سطح زیادی را در یک حجم کم ایجاد می‌کند و یک ماده طبیعی و در مقایسه با پلی‌پروپیلن

می‌تواند ارزان‌تر و در دسترس باشد. به‌نظر می‌رسد که می‌توان آن را به‌عنوان پالایشگر زیستی در سیستم مدار بسته به‌کار برد. بنابراین، در این پژوهش سعی گردید عملکرد بستری از پارچه کتان و با بستری از جنس پلی‌پروپیلن (PP) به‌عنوان پالایشگرهای زیستی، در سازگان مدار بسته ماهی کپور، مورد بررسی قرار گیرد.

طرح آزمایش

این مطالعه در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با ۲ تیمار و ۳ تکرار انجام پذیرفت. تیمارهای مورد استفاده به قرار زیر بودند:

تیمار ۱: استفاده از پارچه کتان به عنوان پالایشگر زیستی

تیمار ۲: استفاده از پلی‌پروپیلن (PP) به‌عنوان پالایشگر زیستی

واحد آزمایش: واحد آزمایش شامل یک سازگان مداربسته (چرخشی آب) بود که دارای یک مخزن با ظرفیت نگه‌داری ٦٠ لیترآب برای نگه‌داری پالایشگر زیستی بود که در بالای مخزن پرورشی قرار داشت. یک مخزن ۲۰۰ لیتری به‌عنوان مخزن پرورش ماهی به‌کار رفت و از یک پمپ آب اکواریوم، برای مکش آب از مخزن پرورش ماهی و ریزش روی پالایشگر زیستی استفاده شد، که این کار توسط یک شلنگ دو متری انجام گرفت. آب در هر مخزن ماهی توسط پمپ‌های هواده به مقدار ۳ لیتر در دقیقه هوادهی شد (رفیعی و سعد، ۲۰۰۵).

غذا و غذادهی: برای تغذیه ماهیان از غذای کنسانتره حبه‌ای کپور حاوی ۲±٤۰ درصد پروتئین، ۰/۵۰±۱۲ درصد چربی، ۰/۰۳±١٦ درصد فیبر و ۲±۱۱ درصد کربوهیدرات و حاوی ۱۲ درصد رطوبت استفاده شد. مقدار غذادهی روزانه در دو تیمار یکسان و در ساعت ۹ صبح و ۳ بعد ازظهر انجام گرفت. مقدار مصرف غذا ۵ درصد وزن زیست‌توده ماهی بود و هر دو روز یک گرم به مقدار جیره غذای مصرفی روزانه ماهیان اضافه گردید.

شرح آزمایش: قبل از وارد کردن بچه‌ماهی‌ها به مخازن پرورشی، به‌مدت ۱۰ روز در آزمایشگاه با شرایط محیط آزمایشگاهی سازگار شدند. هم‌چنین قبل از ورود ماهی‌ها به واحدهای آزمایش برای بارگذاری تدریجی پالایشگرها (فلور طبیعی باکتریایی در سیستم پرورشی)، واحدهای آزمایش به‌مدت ۱۰ روز با تعداد سه قطعه ماهی راه‌اندازی شدند و آب در سیستم جریان داشت. در شروع آزمایش در هر مخزن ماهی ۲۰۰ لیتر آب ریخته شد. بعد از ۱۰ روز تعداد ۱۲ قطعه ماهی به میانگین وزن انفرادی ۰/۲±۳/۸ گرم در هر مخزن وارد شد. مدت زمان انجام این آزمایش چهار هفته بود. میزان مرگ و میر در هر روز ثبت شد. هم‌چنین در طول دوره آزمایش ماهی‌ها دوبار وزن شدند و میزان رشد آن‌ها اندازه‌گیری گردید.

اندازه‌گیری پیراسنجه‌های فیزیکی و شیمیایی آب

دما و اکسیژن آب: دمای آب هر روز توسط دماسنج معمولی اندازه‌گیری و ثبت گردید. مقدار غلظت اکسیژن روزانه توسط دستگاه اکسیژن‌سنج (YSI Model 57) اندازه‌گیری شد.

pH و EC: pH و EC آب سه بار، در شروع، در میان دوره و در پایان آزمایش اندازه‌گیری شدند (HANA, HI 8033).

روش محاسبه سطح کتان به‌کار رفته در بستر کشت باکتریایی: برای هم سطح کردن سطح نشست باکتری در هر دو بستر پارچه‌ای و پلی‌پروپیلن، ابتدا ۱ گرم از پارچه وزن شد (توسط ترازوی دیجیتال) و روی کاغذ شطرنجی چسبانده شد و در زیر میکروسکوپ خلل و فرج آن بررسی شد. با وجود دو سطح نشست در یک

مترمربع از پارچه و به‌کارگیری ضریب انحنای بافت و سطح نشست محاسبه و تعیین شد (رفیعی و حکمت، ۲۰۱۰).

تجزیه و تحلیل داده‌ها: برای نرمال کردن داده‌ها، داده‌های برحسب درصد، به آرک سینوس تبدیل شدند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و یا مقایسه میانگین متغیرهای مورد بررسی بین تیمارها از آزمون t (t-test) استفاده شد. برای اندازه‌گیری میانگین pH، غلظت H^+ اندازه‌گیری شد، سپس میانگین pH هر تیمار بر اساس میانگین غلظت H^+ تکرارهای آن اندازه‌گیری شد.سطح یا مقدار خطا ۰/۵ درصد در نظر گرفته شد.

نتایج

رشد و بازماندگی ماهی: میانگین وزن انفرادی و زیست‌توده ماهی در شروع و پایان آزمایش در جدول ۱ آمده است. میانگین وزن انفرادی و زیست‌توده ماهی در بین تیمارها دارای اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۵) در پایان آزمایش بود. وزن انفرادی ماهیان در بستر کتان و بستر پلی‌پروپیلن به‌ترتیب از ۹/۱۹±۰/۵۳ و ۷/۷۹±۰/۳۸ گرم بود. میزان بازماندگی در تیمار حاوی بستر پوشال به‌طور معنی‌داری (P<۰/۰۵). بیش‌تر از تیمار حاوی پلی‌پروپیلن بود. این میزان به‌ترتیب برابر ۹۹/۳۳±۰/۳۳ و ۹۶/۶۷±۲/۳۳ درصد بود.

جدول ۱- میانگین (SD ± میانگین) شاخص‌های وزن و رشد ماهی در شروع و پایان آزمایش.

تیمار	وزن انفرادی در شروع آزمایش (گرم)	وزن انفرادی در پایان آزمایش (گرم)	زی‌توده در شروع آزمایش (گرم)	زی‌توده در پایان آزمایش (گرم)	بازماندگی (درصد)	ضریب تبدیل غذایی
۱		۹/۱۹ ± ۰/۵۳^{b}	٤٤/۱۰^{a}	۱۱۰±۰/۵۳^{b}	۹۹/۳۳±۰/۳۳^{b}	۱/۸۲ ± ۰/۱۲^{a}
۲		۷/۷۹±۰/۳۸^{a}	٤٤/۱۰^{a}	۹۳/۵±۰/۲۸^{a}	۹٦/٦۷±۲/۳۳^{a}	۱/۸٦ ± ۰/۲۳^{a}

- حروف انگلیسی یکسان در بالای اعداد در یک ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در بین تیمارها (α ≤ ۰/۰۵) است.

عوامل فیزیکی و شیمیایی آب

نیتروژن کل: همان‌طور که داده‌های جدول ۲ نشان می‌دهد میزان غلظت نیتروژن کل در بین دو تیمار در دو هفته پایان آزمایش دارای اختلاف معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵) و از هفته سوم به بعد سیر صعودی داشت، در هفته سوم به بالاترین میزان خود رسید و پس از آن کاهش یافت (P>۰/۰۵).

جدول ۲- میانگین (SD ±) غلظت نیتروژن کل (میلی‌گرم در لیتر) در بین تیمارها در طول مدت آزمایش.

تیمارها	هفته اول	هفته دوم	هفته سوم	هفته چهارم
۱	۰/۸٦ ± ۰/۳۵ ^{a}	۰/٦۷ ± ۰/۱٤ ^{a}	۱/۲۲ ± ۰/۰۰۰ ^{a}	۰/۹۳ ± ۰/۰۲ ^{a}
۲	۰/۸۸ ± ۰/۹۵ ^{a}	۰/۷۸ ± ۰/٤۱ ^{a}	۱/٤۵ ± ۰/۰۳۳ ^{b}	۱/۰۷ ± ۰/۰٤ ^{b}

- حروف انگلیسی یکسان در بالای اعداد در یک ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در بین تیمارها (α ≤ ۰/۰۵) است.

در جدول ۳ داده‌های مربوط به تغییرات غلظت آمونیاک کل در بین دو تیمار آمده است. این داده‌ها نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری بین غلظت آمونیاک کل آب در بین تیمارها وجود دارد ($P<۰/۰۵$). این مقدار در تیمارهای با بستر باکتریایی کتان و پلی اتیلنی به‌ترتیب ۰/۰۰۱ ± ۰/۰۵ و ۰/۰۰۲ ± ۰/۰۵۵ میلی‌گرم در لیتر بود.

جدول ۳- میانگین (SD ±) غلظت آمونیاک کل (میلی‌گرم در لیتر) در بین تیمارها در طول مدت آزمایش.

تیمارها	روز اول	روز هشتم	روز پانزدهم	روز بیستم	روز بیست و پنجم	روزبیست و هشتم
۱	۰/۰۵۵±۰/۰۰۱^{a}	۰/۰۵۲±۰/۰۰۳۱^{a}	۰/۰۵۵±۰/۰۰۲۱^{a}	۰/۰۴۹ ±۰/۰۰۱۳ ^{a}	۰/۰۴۹±۰/۰۰۱۳^{a}	۰/۰۵۰±۰/۰۰۱ ^{a}
۲	۰/۰۵۵±۰/۰۰۵^{a}	۰/۰۶٤±۰/۰۰۲ ^{b}	۰/۰۶۹±۰/۰۰۳٤ ^{b}	۰/۰۵±۰/۰۰٤۱^{b}	۰/۰۵۳±۰/۰۰۱^{b}	۰/۰۵۵±۰/۰۰۲^{b}

- حروف انگلیسی یکسان در بالای اعداد در یک ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در بین میانگین‌ها ($\alpha \leq ۰/۰۵$) است.

تغییرات نیترات در آب در طول مدت آزمایش در جدول ٤ آمده است. غلظت نیترات بعد از شروع آزمایش سیر صعودی داشت و از هفته دوم اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده گردید ($P<۰/۰۵$). این مقدار در تیمار کتان و پلی‌پروپیلنی به‌ترتیب برابر ۰/۰۵ ± ۰/۷٤ و ۰/۱٦ ± ۱/۰۷ میلی‌گرم در لیتر بود.

جدول ٤- میانگین (SD ±) غلظت نیترات (میلی‌گرم در لیتر) در بین تیمارها در طول مدت آزمایش.

تیمارها	روز اول	روز هشتم	روز پانزدهم	روز بیستم	روز بیست و پنجم	روزبیست و هشتم
۱	۰/۳۸ ± ۰/۱۱ ^{a}	۰/۵۳ ± ۰/۱۰ ^{a}	۰/۵٤ ± ۰/۱۳ ^{a}	۰/٦٦ ± ۰/۱٤ ^{a}	۰/٦۷ ± ۰/۰۰۰ ^{a}	۰/۷٤ ± ۰/۰۵ ^{a}
۲	۰/٤۸ ± ۰/۱۵ ^{a}	۰/۷۱ ± ۰/۰۰۰ ^{b}	۰/۸ ± ۰/۲۹ ^{b}	۰/۸٤ ± ۰/۷٤ ^{a}	۱/۰۵ ± ۰/۰۷۷ ^{b}	۱/۰۷ ± ۰/۱٦ ^{b}

- حروف انگلیسی یکسان در بالای اعداد در یک ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در بین تیمارها ($\alpha \leq ۰/۰۵$) می‌باشد.

دما: دمای آب واحدهای آزمایشی در طول دوره آزمایشیک روند افزایشی داشت و ذارای تغییرات بین ۲۷-۲۲ درجه سانتی‌گراد بود.

اکسیژن، pH و EC: داده‌های مربوط به غلظت اکسیژن، pH و EC آب در بین تیمارها در جدول ۵ نشان داده شده است. همان‌طور که داده‌های این جداول نشان می‌دهد اختلاف معنی‌داری بین این عوامل در بین دو تیمار مشاهده شد ($P<۰/۰۵$).

جدول ۵- میانگین (SD ±) غلظت اکسیژن (میلی گرم در لیتر) محلول، pH، EC (میکروموس بر سانتی‌متر) آب در مخزن ماهی در تیمارها در هفته دوم (۱) و پایان آزمایش (۲).

تیمارها	(۱) EC	(۲) EC	(۱) pH	(۲) pH	اکسیژن (۱)	اکسیژن (۲)
۱	۹۷۰ ± ۳۲/۱۳ ^{a}	۹۱٤ ± ۵۲/۰۳ ^{a}	۷/۷۱ ± ۰/۰٦ ^{b}	۷/۳۸ ± ۰/۰۰ ^{b}	۸/۹ ± ۰/۲^{b}	۸/٤ ± ۰/۰۲^{b}
۲	۹۰۰ ± ۵۱/۱۳ ^{a}	۸۹۹± ۵٤/٤۸ ^{a}	۷/۳۵ ± ۰/۱۲ ^{a}	۷/۲٦ ± ۰/۰۷ ^{a}	۸/۱۰ ± ۰/۵۰^{a}	۷/۹ ± ۰/۱٤^{a}

- حروف انگلیسی یکسان در بالای اعداد در یک ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در بین میانگین تیمارها ($\alpha \leq ۰/۰۵$) است.

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش نشان داده شد که می‌توان از پارچه کتانی به‌عنوان بستر نشست باکتری‌ایی و تولید پالایشگر باکتریای استفاده کرد. تغییرات غلظت اکسیژن به دما، شوری، غلظت ناخالصی‌ها، وزن توده زیستی سیستم و عوامل دیگری مانند حضور باکتری و سایر موجودات ریز بستگی دارد. گرچه تغییرات غلظت اکسیژن در هر دو تیمار در حد مناسبی برای زیست ماهی و عملکرد باکتری‌ها قرار داشت (رفیعی و سعد، ۲۰۰۵).

مرگ و میر ماهی در تیمار حاوی بیوفیلتر مصنوعی بالاتر از تیمار حاوی کتان بود و با توجه به میزان بیش‌تر نیتروژن کل در تیمار کتان و آمونیاک بیش‌تر در تیمار حاوی بستر مصنوعی، می‌توان مرگ و میر ماهیان را به افزایش آمونیاک در مخزن پرورشی در تیمار با بستر پروپیلنی نسبت داد. باکتری‌های تولیدکننده نیترات، می‌توانند با دامنه وسیعی از دما سازگاری پیدا کنند. مرگ و میر ماهیان را نمی‌توان به افزایش دمای آب نسبت داد زیرا، شرایط مناسبی از نظر دمایی هم برای ماهی‌ها و هم برای باکتری‌ها در طول انجام آزمایش وجود داشت (آستین و آستین، ۱۹۸۷).

باکتری‌های نیتریت و نیترات‌ساز اغلب در صافی‌های زیستی با مشکل کمبود اکسیژن مواجه می‌شوند. عملکرد انواعی از پالایشگرهای زیستی از جمله قطره‌ای، گردان و بستر روان به‌طور آزمایشی به‌عنوان پالایشگر زیستی در تبدیل آمونیاک به نیتریت و نیترات مورد بررسی قرار گرفته است. در تیمار حاوی کتان میزان مصرف اکسیژن بیش‌تر از پلی‌پروپیلن بود. این موضوع نشان‌دهنده مصرف بیش‌تر اکسیژن توسط باکتری‌های هترو تروف و اتوتروف موجود روی بستر از جنس کتان است. این موارد را می‌توان احتمالاً به نشست بیش‌تر باکتری بیش‌تر در تیمار حاوی کتان و انجام پدیده نیتریفیکاسیون بیش‌تر در نتیجه مصرف بیش‌تر اکسیژن نسبت داد. در این پژوهش غلظت نیترات در واحدهای آزمایش در طول آزمایش یک روند افزایشی را نشان داد و میزان نیتریت به‌علت این‌که یک ترکیب حد واسط است، مورد اندازه‌گیری قرار نگرفت. وجود نیتریت در محیط پرورشی به وجود باکتری‌های اکسیدکننده آمونیاک (Nitrifying bacteria) در محیط پرورشی نسبت داده می‌شود (نایگل، ۱۹۷۷؛ رکوسی، ۲۰۰۰).

نتایج به‌دست آمده از پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد که مقدار غلظت نیتریت تغییرات زیادی را در طول زمان نشان می‌دهد و معمولاً شاخص مناسبی برای تعیین کیفیت آب در نظر گرفته نمی‌شود (رکوسی، ۲۰۰۲؛ رفیعی و سعد، ۲۰۰۵). بالاترین حد غلظت نیتریت، برای تمامی انواع پالایشگرها معمولاً بین روزهای ٤٠ تا ٤٣ ثبت شده است. بالاترین حد غلظت نیتریت در پالایشگر زیستی گردان ٤/٠٦ میلی‌گرم در لیتر و در بستر روان و فیلتر قطره‌ای به‌ترتیب ٢/٤١ و ٢/٠٣ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شده است (ویتون، ۱۹۹۱). معمولاً، افزایش غلظت نیتروژن کل بعد از ۲۵-۲۲ روز از شروع و راه‌اندازی سیستم صورت می‌گیرد. در پژوهش حاضر حداکثر غلظت نیتروژن کل آب بعد از ۲۱ روز مشاهده شد که با داده‌های به‌دست آمده از استفاده از پالایشگرهای زیستی مصنوعی به‌کار گرفته شده در سازگان‌های دیگر مطابقت دارد (هال و همکاران، ۲۰۰۲). مقدار غلظت نیتروژن کل آب در سازگان دارای کتان ٥/٨ و در سازگان دارای پلی‌پروپیلن ٤/٥٤ میلی‌گرم در لیتر بود. در آزمایش‌های انجام شده در این ارتباط، در سازگان‌های دارای پالایشگر مصنوعی غوطه‌ور و فیلتر گردان (بشکه‌ای) به‌ترتیب برابر ٣/٦٨ و ٢/٩٢ میلی‌گرم در لیتر و در پالایشگر قطره‌ای (Trickling biofilters) ١/٦ میلی‌گرم در لیتر در

پایان آزمایش گزارش شده است که تاکید بر افزایش مقدار آن در نتیجه افزایش نیترات دارد (هال و همکاران، ۲۰۰۲). مقایسه عملکرد پالایشگرها نشان می دهد که جنس بستر و نوع طراحی پالایشگر می‌توانند در عملکرد آن دخالت داشته باشند.

غلظت نیترات در سازگان مدار بسته و افزایش تدریجی آن در شرایط کاملاً هوازی مستقیماً از طریق تعویض آب کاهش می‌یابد. نوسانات نیتروژن کل تا حدی تابع تغییر درغلظت نیتریت نیز می‌باشد ولی تأثیر آن چندان زیاد نیست. پژوهش‌ها نشان داده است که مقادیر نیترات و نیتروژن کل در سازگان‌های پرورشی به‌تدریج به حدی خواهند رسید که برای سلامت ماهی‌ها مضر باشند. در این ارتباط، نوع پالایشگر و زمان بارگذاری نیتروباکترها در پالایشگرها و در احیاء سازگان‌های پرورشی بسیار نقش دارند. بیش‌ترین نوسانات نیترات در سیستم‌های دارای پالایشگرهای قطره‌ای مشاهده شده است (هال و همکاران، ۲۰۰۲). مقدار غلظت نیترات در بیوفیلتر قطره‌ای با ماکزیمم مقدار یعنی ۱۴۳ میلی‌گرم در لیتر ثبت گردیده است. در حالی‌که در پالایشگر گردان و با بستر روان مقدار ۱۱۸ میلی‌گرم در لیتر بوده است. سطح متوسط نیترات در سیستم‌های با پالایشگر با بستر روان پایین‌تر از پالایشگر گردان و قطره‌ای گزارش شده است (ویتون، ۱۹۹۱). تغییرات نیترات در هر دو سازگان مورد آزمایش یک روند افزایشی را نشان داد. مقدار pH نیز در هر دو تیمار یک روند کاهشی داشت. این موضوع را می‌تواند ناشی از فرایند تولید اسید در طی نیتریفیکاسیون دانست. کاهش pH در طول مدت آزمایش نیز به عنوان شاخصی برای عملکرد باکتری‌های نیتریت و نیترات‌ساز مطرح است (آستین و آستین، ۱۹۸۷).

با توجه به هوازی بودن سیستم و عدم تعویض آب و تنها جایگزین کردن آب تبخیر شده، نشان داده شد که پالایشگر زیستی با بستر کتان عملکرد مناسب‌تری را در حذف آمونیاک آب دارد و نشان داده شد که می‌توان از کتان به‌عنوان یک پالایشگر زیستی مناسب در کاهش مقدار آمونیاک تولیدی توسط ماهی استفاده نمود. حذف آمونیاک تولیدی توسط ماهیان از طریق فرایند شوره‌زایی یا نیتریفیکاسیون دارای اهمیت زیادی است. به‌طورکلی نتایج این آزمایش نشان داد که پارچه کتان را می‌توان جایگزین بستر مصنوعی از جنس پلی‌پروپیلن کرد. عملکرد بهتر کتان را می‌توان به نقش آن‌ها به‌عنوان پریفیتون نیز ارتباط داد. به‌کارگیری نی به‌عنوان بستر نشست باکتریایی در برخی از آزمایش‌ها در مقایسه با به‌کارگیری بسترهایی از جنس پی–وی سی PVC به اثبات رسده است (شفیع و همکاران، ۲۰۲۱). نرخ مرگ و میر پائین‌تر در سازگان حاوی کتان را می‌توان به کاهش غلظت آمونیاک و نیترات و تشکیل پریفیتون و در نتیجه تجمع بیش‌تر باکتری‌ها در بین حفره‌های پارچه کتان نسبت داد. گرچه برای تعیین عملکرد دقیق این نوع بستر در مقایسه با بستری از پلی‌پروپیلن لازم است مطالعات دقیق‌تری در حد میکروسکوپی انجام شود و نیز نیاز است باکتری‌هایی روی بستر ارزیابی و تعیین شوند.

نتیجه‌گیری کلی

این پژوهش نشان داد که کارایی بستری از جنس پارچه کتانی، به‌عنوان بستر نشست باکتری‌های نیتریفیکنت، بالاست و توانی تنظیم ترکیبات نیتروژندار را در سیستم پرورشی ماهی و در مقایسه به بستری از جنس پلی‌پروپیلن دارد. البته نیاز است که این عملکرد با بررسی نوع و تراکم باکتری در سیستم پرورشی در آینده مورد بررسی بیش‌تری قرار گیرد.

منابع

American Public Health Association (APHA). 1980. American Water Works Association and Water Pollution Control Federation. 1980. Standard methods for experimentation of water and wastewaters, 15th edition. American Public Health Association, Washington. DC. 1268p.

Austin, B., and Austin, D.A. 1987. Bacterial fish Pathogen diseases in farmed and wild fish. Ellis Harwood. Chichester.

Farahani, R. 2000. Recirculating Fish Culture System, Nagsheh mehr Publisher. 153p.

Lawson, T.B. 2000. Fundamentals of Aquaculture Engineering (Translated in Persian language by Bari, M.J., Iranian Fisheries Organization, Minister of Jahadkeshavarzi. pp502) Chapman & Hall, N.Y. 355p.

Ghafari, M. 1998. Intensive Production of Chinese carp in Pond, Faculty of Veterinary Sciences, Uuniversity of Tehran. 176p.

Greenan, C.M., Moorman, T., Kaspar, B., Parkins, T.C., and Jaynes, D.B. 2006. Comparing carbon substrates for denitrification of subsurface drainage water. Journal of Environment Quality. 35: 824-829.

Hall, A.G., Hallerman, A.M., and Libey, G.S. 2002. Water quality impacts of three bio-filter designs in recirculating system. International Journal of Recirculating System. 3: 33-59.

Lazarova, V., Pierzo, V., Fontvielle, D., and Manem, J. 1994. Integrated approach for biofilm characterization and biomass activity control. Water Science Technology. 29: 345-354.

Libey, G.S., and Miller, G.E. 1985. Evaluation of three biological filters suitable for aquacultural applications. Journal of the World Mariculture Society. 16: 158-168.

Libey, G.S., and Timmons, M.B. 1996. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Ithaca, NY, USA.

Naegel, L.C.A. 1977. Combined production of fish and plants in re-circulating water. Journal of Aquaculture. 10: 17-24.

Rogers, G.L., and Klemetson, S.L. 1985. Ammonia Removal in Selected Aquaculture Water Reuse Biofilters. Aquacultural Engineering. 4: 135-154.

Rafiee Gh., and Hekmat, N. 2010. Performance of two kinds of substrata (Polypropylene and Populus shaving), as biofilter media on removal of ammonia-n and fish growth in a recirculating aquaculture system. Journal of fishery sciences (Journal of Natural Resources). 63: 3. 173-180.

Rafiee, G.R., and Saad, C.R. 2005. Nutrient cycle and sludge production during different stage of red tilapia growth in a recirculating aquaculture system. Aquaculture. 244: 109-118.

Rakocy, J.E. 1995. The roles of plant crop production in aqua cultural waste water, Aqua cultural engineering and waste management, The aquaculture Expo VIII and Aquaculture in the Mid-Atlantic Conference, Washington, D.C., USA.

Rakocy, J.E. 2000. Integrating tilapia culture with vegetable hydroponics in recirculating systems. Journal of World Aquaculture Society. 1: 163-184.

Robertson, W.D., Blowes, D.W., Ptacek, C.J., and Cherry, J.A. 2000. Long-term performance of *in situ* reactive barriers for nitrate remediation. Groundwater. 38: 689-695.

Shafi, J., Waheed, K.N., Zafarullah, M., Mirza, Z.S., and Rasheed, T. 2021. Effect of different substrates on fish production and water quality in periphyton based polyculture of major carps, The Journal of Animal & Plant Sciences, 31: 1. 280-287.

Schmitz, M.H. 1999. Comparative growth of all-female vs. mixed sex yellow perch (*Perca fluviscens*) in recirculating aquaculture systems. MSc. Thesis. Department of Fisheries and Wildlife Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA, USA.

Soares, M.I.M., and Abeliovich, A. 1998. Wheat straw as substrate for denitrification. Water Research. 32: 3790-3794.

Stickney, R.R. 1979. Principles of Warm water Aquaculture. John Wiley & Sons. USA.

Tortolero, S.A.R., Cavero, B.A.S., de Brito, J.G., Soares, C.C., da Silva Junior, J.L., de Almeida, J.C., Barlaya, G., and Perar, K. 2016. Periphyton-based jaraqui (*Semaprochilodus insignis*) culture with two types of substrates at different densities. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Society. 16: 2. 347-359.

Wheaton, F.W., Hochheimer, J.N., Kaise, G.E., and Krones, M.J. 1991. Principles of biological filtration. Engineering Aspects of Intensive Aquaculture, Aquaculture Symposium, Ithaca, Camell University.

Wu, Y. 2017. Periphyton: Functions and application in environmental remediation. Elsevier; Amsterdam, The Netherlands.