

"مقاله پژوهشی"

تأثیر سنگ بازالت در کاهش محتوای مواد نیتروژنی آب و عملکرد رشد و تراکم ماهی قرمز (*Carassius auratus*)

عاطفه فردوسیان^۱، سکینه یگانه^{۱*}، عبدالصمد کرامت امیرکلایی^۱

۱- گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۷/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۹/۲۲

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر استفاده از سنگ بازالت در کاهش محتوای مواد نیتروژنی آب و عملکرد رشد ماهی قرمز به مدت ۶۰ روز انجام شد. برای این منظور ۲۴۵ قطعه ماهی قرمز، با میانگین وزنی $9/42 \pm 0/15$ گرم و میانگین طولی $3 \pm 0/02$ سانتی متر خریداری و پس از سازگاری به مدت یک هفته در تیمارهای آزمایش توزیع شدند. تیمارهای آزمایش شامل تیمار شاهد (بدون فیلتر)، زئولیت با میزان ۱۰ گرم در لیتر، بازالت با مقادیر مختلف ۱۰، ۲۰ و ۳۰ گرم در لیتر بود و برای هر سطح از فیلتر، تراکم ماهیان در طی دوره آزمایش، دو تراکم ۱/۵ و ۳ سانتی متر در هر لیتر در نظر گرفته شد که به تعداد ۲۵ قطعه ماهی برای تراکم ۱/۵ و ۵۰ قطعه برای تراکم ۳ در آکواریوم‌های ۵۰ لیتری به طور تصادفی توزیع شدند. نتایج و بحث: نتایج این پژوهش نشان داد وجود فیلتراسیون بر میزان رشد ماهی در هر دو تراکم تأثیر مثبت داشته و ماهی‌ها در تیمارهایی که دارای فیلتر بوده، فاکتورهای رشد بهتری در مقایسه با گروه شاهد داشتند ($p < 0/05$). مقادیر آمونیاک، نیتريت و نترات در هفته هشتم مطالعه در تیمارهای حاوی فیلتر در هر دو تراکم به طور معنی‌داری کمتر از تیمار شاهد بوده و از محدوده سمی خارج نشدند ($p < 0/05$). با توجه به بررسی‌های انجام شده مشخص شد که سنگ آتشفشانی بازالت قابلیت بسیار بالایی در جذب ترکیبات نیتروژنی آب دارد و می‌توان تیمار ۱۰ گرم در لیتر بازالت را به عنوان جایگزین زئولیت ۱۰ گرم در لیتر با زمان احیا طولانی تر پیشنهاد نمود.

کلمات کلیدی: حذف مواد نیتروژنی، فیلتراسیون، تراکم ماهی، زئولیت

* عهده‌دار مکاتبات: s.yeganeh@sanru.ac.ir

مقدمه

کیفیت آب در پرورش ماهی نقش تعیین کننده‌ای ایفا می‌کند و تغییرات نامطلوب آن عامل اکثر بیماری‌های محیطی و بسیاری از بیماری‌های عفونی وابسته به محیط است (بنی‌هاشمی و همکاران، ۱۳۹۲). جهت بهبود کیفیت آب از فیلتراسیون استفاده می‌شود، که معمول‌ترین آن فیلتراسیون شیمیایی و بیولوژیکی می‌باشد (Yang et al., 2008). سنگ آتشفشانی بازالت دارای خلل و فرج‌هایی می‌باشد، که به عنوان یک جاذب طبیعی استفاده می‌گردد. زئولیت با موفقیت در حذف آمونیاک به کار گرفته می‌شود. زئولیت از جمله مواد معدنی بهبود دهنده‌ی کیفیت آب محسوب می‌شود. در واقع زئولیت‌ها کانی‌هایی از جنس سیلیکات آلومینوم با ساختار چهاروجهی (چهار اتم اکسیژن حول یک اتم سیلیسیم) هستند (مکرمی و عمادی، ۱۳۹۲؛ Andrews, 1999).

یکی از مهمترین زئولیت‌های طبیعی لینوپتیلولیت است که از بهترین رزین‌های طبیعی مبادله یون است که در حذف موثر آمونیاک ذکر شده است (Figueroa and Silverstein, 1992)، کاتیون‌های قابل تبادل برای زئولیت مورد نظر شامل Na و K می‌باشد. این ماده میل ترکیبی بالا با آمونیاک دارد، ظرفیت جذب سطحی محدود داشته و لازم است هر چند وقت یکبار احیا گردد.

مطالعات محدودی در ارتباط با زئولیت و سایر مواد با ویژگی حذف ترکیبات نیتروژنی در آب انجام شده است که از آن جمله می‌توان به مطالعه‌ی Ngo و Xing در سال ۲۰۰۸ در بررسی خرده‌های چوب به عنوان فیلتر بر عملکرد رشد ماهی قرمز (*Carassius auratus*)، مطالعه‌ی Choubert و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی

استفاده از زئولیت به عنوان فیلتر در پرورش ماهی ماکرو (*Labidochromis caeruleus*)، Carroza و همکاران در بررسی زئولیت و کربن فعال حذف آمونیاک و مطالعه‌ی Benjakul و Morrissey در سال ۱۹۹۷ در بررسی مسمومیت حاد با آمونیاک در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و استفاده از زئولیت طبیعی اشاره داشت. دو نوع سنگ آذرینی که بهتر از همه شناخته شده‌اند بازالت و گرانیتند که ترکیب و بافت متفاوت و مجزایی دارند. بازالت سنگ ریزدانه تیره‌ای متشکل از بسیاری از جریانات گدازه‌ای و رسوخ ماگما است. از این رو بازالت یک سنگ مافیک (mafic) نامیده می‌شود. بنابراین بازالت، مافیک و یا آذرین بیرونی و یا رسوخی است (کمالی و پرهام، ۱۳۹۰). کف عمیق دریا (پوسته اقیانوسی) تقریباً به طور کامل از سنگ بازالت تشکیل شده و پدیدویت زیرین هم در گوشته آن است. همچنین بازالت به بالای مناطق فرورانش بزرگ زمین یا داخل قوس‌های جزایر آتشفشانی و یا در امتداد لبه‌های قاره‌ها فوران می‌کند. با این حال ماگماهای قاره‌ای تمایل دارند که کمتر بازالتی و بیشتر گرانیتی باشند (آقائباتی، ۱۳۸۴). استفاده از سنگ‌های آتشفشانی در حذف آلاینده‌های محیط زیست به دلیل قابلیت تبادل یونی بالا و ساختارهای متخلخل مورد توجه قرار گرفته‌اند که از جمله این مواد سنگ آتشفشانی بازالت می‌باشد (مرادی و رضازاده، ۱۳۹۲).

با توجه به اینکه آبرزی پروری با تراکم بالا دارای اهمیت است، سیستم‌های تولید و پرورش باید کیفیت محصول و بهداشت را در نظر بگیرند که این عوامل بستگی به مراقبت مناسب و شیوه‌های خوب پرورش دارد (Irowen et al, 1999) و تاکنون تحقیقی در

ارتباط با بازالت به عنوان فیلتر انجام نشده است، هدف از تحقیق حاضر، مقایسه تاثیر دو نوع فیلتراسیون ژئولیت و بازالت در ۲ تراکم مختلف ماهی بر میزان رشد، مواد مهم نیتروژنی و pH آب می باشد. بطوریکه در مطالعه حاضر عملکرد آن در جذب نیتريت، نترات و آمونیاک آب در تراکم های مختلف پرورش ماهی قرمز، بررسی خواهد شد.

مواد و روش ها

۲۴۵ قطعه ماهی قرمز (*C. auratus*)، با میانگین وزنی $9/42 \pm 0/15$ گرم و میانگین طولی $3 \pm 0/02$ سانتی متر از شهرک ماهیان زینتی شهرستان کاشان خریداری و به سالن آکواریوم اسکار شهرستان شهرضا منتقل شدند. به منظور سازگاری ماهیان با شرایط آزمایشگاهی، ماهی ها به مدت یک هفته در تانک های ۳۰۰ لیتری همراه با هوادهی با میزان ۲ درصد وزن بدن و ۳ بار در روز با استفاده از جیره تجاری ساخت شرکت به پرور، اندازه پلت ریز مخصوص لارو حاوی ۲۸ درصد پروتئین خام، ۸ درصد چربی خام و ۵ درصد فیبر، تغذیه شدند. تراکم ماهیان در طی دوره آزمایش، دو تراکم $1/5$ و ۳ سانتی متر در هر لیتر در نظر گرفته شد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۵). که به تعداد ۲۵ قطعه ماهی برای تراکم $1/5$ و ۵۰ قطعه برای تراکم ۳ در آکواریوم های ۵۰ لیتری به طور تصادفی توزیع شدند.

ساخت سیستم آب در چرخش

در ابتدای آزمایش سیستم آب مدار بسته آبریان ساخت و راه اندازی شد. آکواریوم های شیشه ای، سنگ هواده، پمپ و لوله پولیکا از فروشگاه اسکار آکواریوم تهیه شد. این سیستم دارای ۳ آکواریوم بود که یک

آکواریوم ۵۰ لیتری (آکواریوم ۱) حاوی ماهی آکواریوم دیگر (آکواریوم ۲) جمع آوری پساب با حجم ۱۲۰ لیتر و قسمت دیگر سیستم، آکواریوم ۱۰۰ لیتری (آکواریوم شماره ۳) دارای یک مخزن برای جای گذاری فیلترها بود که جذب نترات، نیتريت و آمونیاک در سیستم را بر عهده داشتند. آب پس از تصفیه در این مرحله مجدداً توسط پمپ گردش آب به داخل هر یک از آکواریوم های پرورشی برگشت داده می شد. برای هر تیمار از همین نوع سیستم پرورش ماهی استفاده شد.

تیمار بندی و انجام آزمایش

برای انجام آزمایش، تیمارها بر اساس مقادیر متفاوت سنگ آتشفشانی بازالت شامل صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ گرم در هر لیتر و دو تراکم ماهی $1/5$ و ۳ سانتی متر در هر لیتر، تیمار ژئولیت با مقدار ۱۰ گرم در هر لیتر با دو تراکم ذکر شده و تیمار شاهد بدون هیچ فیلتری طراحی گردید و به مدت ۶۰ روز ادامه یافت.

ماهیان به طور تصادفی تحت ۱۰ تیمار هر کدام در ۳ تکرار و جمعاً در ۳۰ آکواریوم به ظرفیت ۵۰ لیتر با تراکم های $1/5$ و ۳ سانتی متر در هر لیتر (به ترتیب ۲۵ و ۵۰ قطعه) به آکواریوم های مورد نظر (که در سیستم در چرخش آماده شده، به عنوان آکواریوم نگهداری ماهی بود) انتقال یافتند. دوره نوری ۱۲:۱۲ (روشنایی: تاریکی) غذادهی به ماهیان ۳ وعده (۸ صبح، ۱۲ ظهر و ۱۶ عصر) به میزان ۳ درصد وزن بدن به مدت ۶۰ روز انجام شد (Ngo and Xing, 2008) جهت زیست سنجی، ماهیان هر تکرار، ابتدا توسط ماده بیهوشی MS222 (به میزان ۱۰۰ میلی گرم در لیتر) بیهوش شده

ساخت کشور چین) از فروشگاه‌های آکواریومی خریداری شد.

شاخص‌های رشد

در ابتدا و پایان آزمایش و یک روز پس از قطع کامل غذاهای، ماهیان موجود در هر آکواریوم زیست سنجی و پارامترهای رشد از طریق رابطه‌های زیر محاسبه شد (Newman and Barrett, 1993).

افزایش وزن بدن، weight gain

$$WG = W_{f(g)} - W_{i(g)}$$

$W_{f(g)}$ وزن نهایی، $W_{i(g)}$ وزن ابتدایی

$$SGR = (LnWt_2 - LnWt_1) / (t_2 - t_1) \times 100$$

ضریب رشد ویژه $LnWt_2$ لگاریتم طبیعی وزن اولیه ماهی، $LnWt_1$ لگاریتم طبیعی

وزن نهایی ماهی و $t_2 - t_1$

ضریب تبدیل غذایی:

$$CFC(g) / WG(g)$$

CFC برابر است با میزان غذای مصرف شده و WG وزن بدست آمده

درصد بازماندگی: $100 \times$ (تعداد ماهیان ابتدای آزمایش / تعداد ماهیان در پایان آزمایش)

اندازه‌گیری فاکتورهای کیفی آب در طول دوره پرورش

در طول دوره پرورش برخی از فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب شامل درجه حرارت به وسیله دماسنج و دیگر شاخص‌های کیفی آب از قبیل، میزان اکسیژن محلول (اکسیژن متر AL15- AQUALYTIC، ساخت کشور آلمان)، pH (pH متر AL15- AQUALYTIC، ساخت کشور آلمان)، TDS هدایت الکتریکی و شوری (Senciun - Hach ساخت کشور آمریکا) و دبی به وسیله کنتور آب به صورت روزانه و فاکتورهای شیمیایی آب شامل آمونیاک، نیتريت و نیترات به صورت روزانه برای تیمار شاهد و تیمار

(پرنده‌آور و کیم، ۱۳۹۵) و طول و وزن بدن ماهی‌های هر گروه به روش متداول اندازه‌گیری شد.

جیره آزمایشی

جیره غذایی با استفاده از روشی که رایانه روش برنامه ریزی خطی است. نرم افزار UFFDA با پروتئین ۲۴ و چربی ۶ درصد نوشته شد (Newman and Barrett, 1993) (جدول ۱).

برای ساخت جیره‌های آزمایشی مواد اولیه مورد نیاز بر اساس فرمول جیره‌های غذایی با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت یک گرم برای مواد پر حجم و ترازوی حساس آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۱ گرم برای مواد کم حجم، توزین شد. مواد اولیه‌ی وزن شده ابتدا توسط مخلوط کن به طور کامل با هم مخلوط شد، سپس روغن و مقدار لازم آب به ازای هر کیلو گرم غذا به مخلوط مورد نظر اضافه گردید. پس از شکل‌گیری خمیر منسجم، مخلوط غذایی به شکل پلت درآورده و پس از خشک شدن در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (رفیعی و حکمت، ۱۳۸۹).

تهیه سنگ بازالت و کانی ژئولیت

سنگ بازالت به مقدار مورد نیاز از معادن استان سمنان و کانی ژئولیت از فروشگاه‌های سنگ‌فروشی شهرضا خریداری و به آزمایشگاه دانشکده زمین‌شناسی دانشگاه اصفهان منتقل شد. ابتدا تمام سنگ‌ها ۳ بار با آب مقطر شستشو داده شد و سپس به مدت یک ساعت در دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد خشک شد (Gopalakannan and Arul, 2006). سایر مواد و وسایل شامل هواده (پمپ تک لوله مدل HX - 608A ساخت کشور چین)، هوا و واتر پمپ (مدل Q - 7500

زنولیت و برای تیمار بازالت به صورت هر ۲ روز یکبار اندازه گیری شد (چون سنگهایی که به عنوان فیلتر استفاده می‌شوند پس از مدتی بسته به نوع سنگ و شرایط، کارایی خود را از دست داده و نیاز به احیا دارند این فاصله زمانی برای بدست آوردن زمان احیا سنگ در نظر گرفته شد) (Choubert et al., 2006) مقدار و معیارهای کیفی آب در طول دوره پرورش به شرح جدول ۲ بود (جدول ۲).

روش اندازه‌گیری نیترات، نیتريت و آمونیاک

در ابتدای دوره تعیین نیترات، نیتريت و آمونیاک بر حسب میلی گرم در لیتر (ppm) در تیمارهای بازالت هر ۲ روز یکبار (برای تخمین زمان احیا سنگ بازالت) و تیمار زنولیت و شاهد روزانه انجام شد. زمان احیا کانی زنولیت هر هفته می‌باشد که تعویض و احیای آن در طول آزمایش صورت گرفت (Carroza et al., 2012; Chen et al., 1997). با تعیین زمان احیا بازالت، تعویض و احیا در طول دوره پرورش انجام شد. نمونه‌های آب در سیستم مدار بسته از ۳ قسمت شامل ورودی آب و آب آکواریوم (محیط زندگی ماهی) و پساب نمونه‌برداری شد و در بطری‌های تیره رنگ ریخته شد و بلافاصله به آزمایشگاه دانشکده شیمی منتقل شد و جهت اندازه‌گیری غلظت نیترات و نیتريت، از دستگاه

اسپکتروفتومتری (PR / 890 SERIES; USA) طبق دستورالعمل کیت استفاده شد، برای اندازه‌گیری نیترات از کیت با نام تجاری NitraVer 5 Nitrate Reagent و برای اندازه‌گیری نیتريت از کیت تجاری Tropic Marin ساخت کشور آلمان استفاده شد. برای اندازه‌گیری آمونیاک از دستگاه آمونیاک‌سنج (آمونیاک سنج بنتک مدل GM8806) استفاده شد.

تجزیه و تحلیل آماری

این آزمایش با ۱۰ تیمار و ۳ تکرار به صورت کاملاً تصادفی انجام شد. پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها از طریق آزمون (شاپیر - ویلک - Shapiro-wilk) از آنالیز واریانس یک طرفه (One way ANOVA) برای تشخیص وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها استفاده گردید و جهت تعیین وجود تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها در تیمارهای مختلف از آزمون دانکن (Duncan) و برای آنالیز آب قبل از تصفیه و بعد از از آزمون T-test در محیط نرم افزار SPSS (۲۳) استفاده شد.

جدول ۱: مشخصات جیره غذایی

ترکیب مواد اولیه غذایی*	بر حسب درصد
پودر ماهی	۲۵
گلوتن ذرت	۱۵
آرد گندم	۱۴/۳۵
روغن سویا	۳/۱۵
مکمل (معدنی و ویتامینه) ^{۲،۱۰}	۲
ضد قارچ	۰/۲۵
ترکیب شیمیایی جیره‌های غذایی (بر حسب درصد)	
انرژی خام (کالری بر گرم)	۳
پروتئین (%)	۳۱
چربی (%)	۴
فیبر	۶
خاکستر (%)	۱۱
رطوبت (%)	۱۲
عصاره عاری از ازت (%)	۳۳
انرژی ناخالص (کیلو کالری / کیلو گرم)	۴۲۳۰/۲

۱- هر کیلو گرم مکمل معدنی شامل ۱۸ میلی گرم روی، ۰/۶ میلی گرم ید، ۷/۸ میلی گرم منگنز، ۰/۵ میلی گرم کبالت، ۰/۱۵ میلی گرم سلنیوم، ۱/۸ میلی گرم مس، ۱۲ میلی گرم آهن

۲- هر کیلو گرم مکمل ویتامینه شامل: ۱۸۰۰ واحد بین المللی ویتامین A، ۱۲۰۰ واحد بین المللی ویتامین D₃، ۱۲ میلی گرم ویتامین E، ۲۴ میلی گرم نیاسین B₁₂، ۱۵ میلی گرم ریوفلاوین، ۹۰ میلی گرم نیاسین، ۲۷ میلی گرم اسید پانتوتینیک، ۳ میلی گرم منادیون، ۴/۸ میلی گرم اسید فولیک، ۹۰ میلی گرم اسید نیکوتینیک، ۲۷ میلی گرم اینوزیتول، ۱۵ میلی گرم آنتی اکسیدانت.

۳- نام ضد قارچ: فرماسایت (Formasite) دسته دارویی: ضد عفونی کننده خوراک (ضد باکتری و ضد قارچ)، شکل دارویی: پودر مخلوط در خوراک. گونه هدف: دام، طیور، آبزیان. ترکیب دارو: Propionic Acid - Paraformaldehyde - HSCAS محاسبه بر اساس هر کیلو گرم پروتئین خام ۵۵ کیلو کالری، هر کیلو چربی خام حاوی ۹۱ کیلو کالری و هر کیلو گرم کربوهیدرات (عصاره عاری از ازت) حاوی ۴۱ کیلو کالری انرژی ناخالص (Nepo, 1998).

جدول ۲: شاخص های فیزیکی و شیمیایی آب پرورش

pH	اکسیژن محلول (میلی گرم بر لیتر)	دبی (لیتر در دقیقه)	دما (درجه سانتی- گراد)	هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی متر)	شوری (در هزار)	TDS (میلی گرم بر لیتر)
۷/۵ ± ۰/۲	۱۱/۱۰ ± ۰/۵	۳ ± ۰/۲۰	۲۸ ± ۲/۵	۱۰۲۱/۱۸ ± ۱۲۳	۰/۶ ± ۰/۱۰	۷۶۸/۱۸ ± ۳۲/۷

نتایج

شاخص های رشد ماهی قرمز

بعد از گذشت ۸ هفته (۶۰ روز) از آزمایش، نتایج نشان داد که استفاده از فیلترهای مختلف در رشد و تلفات ماهیان تاثیرگذار بود و در تیماری که از فیلتر استفاده نشده بود، تلفات بیشتر بود (جدول ۳، $p < ۰/۰۵$). در میانگین وزن نهایی تفاوت معنی داری بین تیمار شاهد و سایر تیمارها وجود داشت و در تیمار شاهد به طور معنی داری کمتر از سایر تیمارها بود ($p < ۰/۰۵$) همچنین بین تیمار بازالت ۲۰ سطح تراکم ۱/۵ و بازالت ۳۰ سطح تراکم ۱/۵ با زئولیت سطح ۱/۵ اختلاف معنی داری مشاهده شد و به طور معنی داری بیشتر از زئولیت تراکم ۱/۵ بود ($p < ۰/۰۵$). در بررسی تراکم، بین تیمارها در دو سطح تراکم اختلاف معنی داری مشاهده نشد ($p > ۰/۰۵$). در شاخص افزایش وزن بدن اختلاف معنی داری بین تیمار شاهد با سایر تیمارها وجود داشت و در تیمار شاهد به طور معنی داری کمتر از سایر تیمارها بود ($p < ۰/۰۵$), اختلاف معنی داری بین زئولیت تراکم ۱/۵ با بازالت ۱۰ تراکم ۱/۵، بازالت ۲۰ تراکم ۳ و بازالت ۳۰ تراکم ۱/۵ اختلاف معنی داری مشاهده شد و در زئولیت ۱/۵ به طور معنی داری کمتر بود ($p < ۰/۰۵$). همچنین بازالت ۱۰ تراکم ۳ با بازالت ۲۰ تراکم ۳ و بازالت ۳۰ تراکم

۱/۵ و زئولیت تراکم ۱/۵ اختلاف معنی دار داشت و در زئولیت ۱/۵ به طور معنی داری کمتر بود ($p < ۰/۰۵$). در بررسی تراکم فقط در تیمار بازالت ۱۰ بین دو سطح تراکم اختلاف معنی داری مشاهده شد و در تراکم ۱/۵ به طور معنی داری بیشتر بود ($p < ۰/۰۵$). در شاخص نرخ رشد ویژه اختلاف معنی داری بین تیمار شاهد و سایر تیمارها وجود داشت و در تیمار شاهد به طور معنی داری کمتر از سایر تیمارها بود ($p < ۰/۰۵$), در بین تیمارهای فیلتردار اختلاف معنی داری مشاهده نشد ($p > ۰/۰۵$) در بین تراکم های مختلف هم اختلاف معنی داری وجود نداشت ($p > ۰/۰۵$). در شاخص ضریب تبدیل غذایی تفاوت معنی داری بین تیمار شاهد با سایر تیمارها وجود داشت و در تیمار شاهد به طور معنی داری بیشتر از سایر تیمارها بود ($p < ۰/۰۵$) و در بین تیمارهای حاوی فیلتر اختلاف معنی داری وجود نداشت ($p > ۰/۰۵$). در بین تراکم های مختلف هم اختلاف معنی داری وجود نداشت ($p > ۰/۰۵$). در شاخص نرخ بازماندگی تفاوت معنی داری بین تیمار شاهد با سایر تیمار وجود داشت ($p < ۰/۰۵$). در بین تیمارهای حاوی فیلتر اختلاف معنی داری وجود نداشت ($p > ۰/۰۵$). در بین تراکم های مختلف هم اختلاف معنی داری وجود نداشت ($p > ۰/۰۵$).

جدول ۳: تأثیر سطوح متفاوت فیلترها بر شاخص‌های رشد ماهی قرمز (*C. auratus*) (میانگین $\pm$ SD)

شاخص‌های رشد	تراکم	وزن اولیه (گرم)	وزن نهایی (گرم)	افزایش وزن بدن (گرم)	ضریب رشد ویژه	ضریب تبدیل غذایی	درصد بازماندگی (درصد)
شاهد (بدون فیلتر)	تراکم ۱/۵	۹/۰۶ $\pm$ ۰/۵۴ a	۹/۷۲ $\pm$ ۰/۰۹ d	۰/۶۶ $\pm$ ۰/۱۷ c	۰/۰۸ $\pm$ ۰/۰۱ c	۱۹/۰۱ $\pm$ ۰/۰۲ a	۵۰/۹ $\pm$ ۵/۲ a
تراکم ۳	تراکم ۳	۹/۴۸ $\pm$ ۰/۰۱ a	۹/۶۷ $\pm$ ۰/۰۹ d	۰/۶۸ $\pm$ ۰/۰۵ c	۰/۰۹ $\pm$ ۰/۰۱ c	۱۹/۰۸ $\pm$ ۰/۰۳ a	۴۸/۶ $\pm$ ۵/۴ a
زنولیت ۱۰ (گرم)	تراکم ۱/۵	۹/۶۱ $\pm$ ۰/۰۱ a	۱۵/۴۲ $\pm$ ۰/۲۹ c	۵/۸۰ $\pm$ ۰/۲۳ b	۰/۱۸ $\pm$ ۰/۰۱ b	۱۸/۴ $\pm$ ۰/۰۱ b	۸۹/۴ $\pm$ ۷/۸ b
در هر لیتر	تراکم ۳	۹/۷۳ $\pm$ ۰/۰۲ a	۱۵/۹ $\pm$ ۰/۲۴ abc	۶/۱ $\pm$ ۰/۲۸ ab	۰/۱۹ $\pm$ ۰/۰۲ b	۱۸/۳۲ $\pm$ ۰/۰۷ b	۸۸/۲ $\pm$ ۷/۵ b
بازالت ۱۰ (گرم در هر لیتر)	تراکم ۱/۵	۹/۵۶ $\pm$ ۰/۰۹ a	۱۶/۰۲ $\pm$ ۰/۱۳ abc	۶/۴ $\pm$ ۰/۰۴ a	۰/۲۱ $\pm$ ۰/۰۲ b	۱۸/۰۳ $\pm$ ۰/۰۱ b	۹۳/۷ $\pm$ ۸/۸ b
تراکم ۳	تراکم ۳	۹/۸ $\pm$ ۰/۰۵۳ a	۱۵/۶۴ $\pm$ ۰/۵۴ abc	۵/۸۰ $\pm$ ۰/۰۵۰	۰/۱۸ $\pm$ ۰/۰۱ b	۱۸/۳۴ $\pm$ ۰/۰۵ b	۹۳/۷ $\pm$ ۸/۸ b
بازالت ۲۰ (گرم در هر لیتر)	تراکم ۱/۵	۹/۴۱ $\pm$ ۰/۰۱۵ a	۱۶/۰۴ $\pm$ ۰/۱۱ ab	۶/۰۸ $\pm$ ۰/۰۱۹ ab	۰/۱۹ $\pm$ ۰/۰۱ a	۱۸/۰۲ $\pm$ ۰/۰۷ b	۹۷/۶ $\pm$ ۹/۳ b
تراکم ۳	تراکم ۳	۹/۴ $\pm$ ۰/۰۱ a	۱۵/۸۲ $\pm$ ۰/۶۴ abc	۶/۶۴ $\pm$ ۰/۰۱۳ a	۰/۲۵ $\pm$ ۰/۰۲ b	۱۸/۰۱ $\pm$ ۰/۰۵ b	۹۷/۶ $\pm$ ۹/۵ b
بازالت ۳۰ (گرم در هر لیتر)	تراکم ۱/۵	۹/۴۳ $\pm$ ۰/۰۰۳ a	۱۶/۲۶ $\pm$ ۰/۰۳۲ a	۶/۵۶ $\pm$ ۰/۰۰۳ a	۰/۲۴ $\pm$ ۰/۰۰۲ b	۱۸/۰۲ $\pm$ ۰/۰۱ b	۹۷/۷ $\pm$ ۹/۸ b
تراکم ۳	تراکم ۳	۹/۴ $\pm$ ۰/۰۰۶ a	۱۵/۹۹ $\pm$ ۰/۰۱ abc	۶/۴۳ $\pm$ ۰/۰۶۲ ab	۰/۲۴ $\pm$ ۰/۰۰۲ b	۱۸/۰۵ $\pm$ ۰/۰۰۹ b	۱۰۰ b

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($p < ۰/۰۵$).

نتایج حاصل از بررسی ترکیبات نیتروژنی در آب در هفته اول و آخر

نتایج حاصل از بررسی ترکیبات نیتروژنی آب در هفته اول

نیتريت آب ورودی اختلاف معنی‌داری بین تیمارها و دو سطح تراکم نداشت (جدول ۴، $p > ۰/۰۵$). محتوای نیتريت در آب قبل از تصفیه بین تیمار شاهد تراکم ۱/۵ و ۳ با سایر تیمارها به جز بازالت ۱۰ تراکم ۱/۵ اختلاف معنی‌داری داشت ($p < ۰/۰۵$)، بین تیمارهای زنولیت هم با تیمارهای بازالت اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و در تیمار زنولیت به طور معنی‌داری بیشتر بود ($p < ۰/۰۵$).

در بررسی تراکم بین دو سطح تراکم در هیچ‌کدام از تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p > ۰/۰۵$). در آب بعد از تصفیه بین تیمار شاهد و سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و در تیمار شاهد به طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود ($p < ۰/۰۵$)، بین

تیمارهای زنولیت و تیمارهای بازالت اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و در تیمار زنولیت با تراکم‌های مختلف به طور معنی‌داری بیشتر بود ($p < ۰/۰۵$)، اما بین تیمارهای بازالت تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($p > ۰/۰۵$). در بررسی تراکم در تیمارهای شاهد بین دو سطح تراکم اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و در تراکم ۳ بیشتر از تراکم ۱/۵ بود ($p < ۰/۰۵$).

تیمارهای دارای فیلتر بین دو سطح تراکم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p > ۰/۰۵$) در نیترات آب ورودی اختلاف معنی‌داری در بین تیمارها و دو سطح تراکم وجود نداشت ($p > ۰/۰۵$).

محتوای نیترات در آب قبل از تصفیه بین تیمارهای دارای فیلتر (به جز زنولیت ۱۰ تراکم ۳) با تیمار شاهد تراکم ۱/۵ تفاوت معنی‌داری نشان داد ($p < ۰/۰۵$)، اما سایر تیمارها با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند ($p > ۰/۰۵$). در آب بعد از تصفیه بین تیمارهای شاهد و

زئولیت اختلاف معنی داری وجود نداشت ($p > 0/05$)، ولی بین تیمار شاهد با تیمارهای بازالت اختلاف معنی داری وجود داشت ($p < 0/05$)، بین تیمارهای زئولیت و تیمارهای بازالت اختلاف معنی داری وجود نداشت ($p > 0/05$)، در بررسی تراکم بین تیمارها در دو سطح تراکم اختلاف معنی داری مشاهده نشد ($p > 0/05$).

آمونیاک آب ورودی اختلاف معنی داری در بین تیمارها و دو سطح تراکم نداشت ($p > 0/05$). آمونیاک در آب قبل از تصفیه بین تیمار شاهد و تیمارهای حاوی بازالت (به جز بازالت ۱۰ تراکم ۱/۵) اختلاف معنی داری نشان داد و در تیمار شاهد به طور معنی داری کمتر بود ($p < 0/05$) و در تیمارهای بازالت به جز بازالت ۲۰ تراکم ۱/۵، به طور معنی داری بیشتر از سایر تیمارها بود ($p < 0/05$). بین تیمارهای زئولیت و تیمار شاهد در دو تراکم تفاوت معنی داری مشاهده نشد ($p > 0/05$). در بررسی تراکم در تیمارها به جز بازالت ۱۰ و ۲۰، بین دو سطح تراکم اختلاف معنی داری مشاهده نشد ($p > 0/05$) و در بازالت ۱۰ و ۲۰ در تراکم ۳ به طور معنی داری بیشتر از تراکم ۱/۵ بود ($p < 0/05$). آب بعد از تصفیه بین تیمار شاهد با سایر تیمارها اختلاف معنی داری داشت و در تیمار شاهد به طور معنی داری بیشتر بود ($p < 0/05$)، در تیمارهای دارای فیلتر زئولیت و بازالت ۱۰ با سایر تیمارهای بازالت اختلاف معنی داری داشتند ($p < 0/05$)، بین تیمار بازالت ۲۰ و بازالت ۳۰ هم اختلاف معنی داری وجود داشت ($p < 0/05$)، به طوری که میزان آمونیاک در بازالت ۳۰ > 20 بازالت و زئولیت > 10 شاهد بود. در بررسی تراکم در تیمارهای شاهد بین دو سطح تراکم اختلاف معنی داری وجود داشت و در تراکم ۳ بیشتر

بود ($p < 0/05$) در تیمارهای دارای فیلتر در دو سطح تراکم اختلاف معنی داری مشاهده نشد ($p > 0/05$). بین آب قبل از تصفیه و بعد از تصفیه نیز اختلاف معنی داری مشاهده شد و در تیمارهای بازالت به طور معنی داری بیشتر از تیمار زئولیت بود ($p < 0/05$) (جدول ۴).

جدول ۴: نتایج حاصل از بررسی ترکیبات نیتروژنی آب در هفته اول

تیمارها	شاهد	زنولیت ۱۰ (گرم در هر لیتر)	بازالت ۱۰ (گرم در هر لیتر)	بازالت ۲۰ (گرم در هر لیتر)	بازالت ۳۰ (گرم در هر لیتر)
شاخص‌ها	تراکم ۱/۵ (سانتی متر در لیتر)	تراکم ۳ (سانتی متر در لیتر)	تراکم ۱/۵ (سانتی متر در لیتر)	تراکم ۱/۵ (سانتی متر در لیتر)	تراکم ۳ (سانتی متر در لیتر)
آب ورودی	NO2	۱/۷ ± ۰/۰۵ ^a	۱/۷ ± ۰/۰۰ ^a	۱/۶ ± ۰/۵۰ ^a	۱/۶ ± ۰/۰۵ ^a
	NO3	۳۸ ± ۰/۰۰ ^a	۳۸/۳ ± ۲۶ ^a	۳۸ ± ۰/۰۰ ^a	۳۸ ± ۰/۰۰ ^a
	NH3	۰/۰۵ ± ۰/۰۱ ^a	۰/۰۷ ± ۰/۰۰ ^a	۰/۰۵ ± ۰/۰۵ ^a	۰/۰۶ ± ۰/۰۱ ^a
آب قبل از تصفیه	NO2	۲/۰۴ ± ۲۳ ^{cA}	۲/۴ ± ۰/۱۰ ^{bcA}	۳/۲ ± ۰/۰۵ ^{aA}	۳/۵ ± ۰/۱۰ ^{aA}
	NO3	۶۶/۸ ± ۰/۴۹ ^{cA}	۷۵/۱ ± ۲/۰۶ ^{abcA}	۷۵/۵۳ ± ۱/۷۰ ^{abcA}	۷۳/۸ ± ۶/۱۴ ^{abA}
	NH3	۱/۸ ± ۰/۰۵ ^{cA}	۲/۳۳ ± ۰/۱۱ ^{cA}	۲/۴ ± ۰/۰۵ ^{bcA}	۲/۴ ± ۰/۰۵ ^{bcA}
آب بعد از تصفیه	NO2	۱/۷ ± ۰/۲۱ ^{bB}	۲/۱ ± ۰/۰۵ ^{aB}	۰/۲۷ ± ۰/۰۱ ^{cB}	۰/۲۷ ± ۰/۰۱ ^{cB}
	NO3	۶۰/۲۳ ± ۳/۲۳ ^{aB}	۶۴/۸۳ ± ۴/۸۱ ^{aB}	۵۰/۸۶ ± ۵/۹۱ ^{abB}	۵۱/۳۶ ± ۳/۴۴ ^{abB}
	NH3	۱/۴ ± ۰/۰۵ ^{bB}	۱/۸ ± ۰/۰۵ ^{aB}	۰/۷۱ ± ۰/۰۴ ^{cdB}	۰/۷۴ ± ۰/۱۱ ^{cdB}

حروف کوچک و بزرگ متفاوت به ترتیب در هر ردیف و ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($P < ۰/۰۵$).

نتایج حاصل از بررسی ترکیبات نیتروژنی آب در هفته آخر

نیتريت آب ورودی اختلاف معنی‌داری بین تیمار شاهد و سایر تیمارها نشان داد و در تیمار شاهد به طور معنی‌داری بیشتر بود (جدول ۵، $p < 0/05$)، ولی در بین تیمارهای دارای فیلتر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p > 0/05$) و در دو سطح تراکم بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p > 0/05$). محتوای نیتريت در آب قبل از تصفیه اختلاف معنی‌داری بین تیمار شاهد و زئولیت نداشت ($p > 0/05$) و میزان نیتريت در این تیمارها به طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای بازالت بود ($p < 0/05$)، بین تیمارهای بازالت تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ($p > 0/05$) و در تیمارهای مختلف هم اختلاف معنی‌داری بین دو سطح تراکم مشاهده نشد ($p > 0/05$). در میزان نیتريت آب بعد از تصفیه اختلاف معنی‌داری بین تیمار شاهد و سایر تیمارها وجود داشت و در تیمار شاهد به طور معنی‌داری بیشتر بود ($p < 0/05$)، ولی در تیمارهای دارای فیلتر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p > 0/05$). در دو سطح تراکم در هر تیمار نیز اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p > 0/05$). نیترات آب ورودی اختلاف معنی‌داری بین تیمار شاهد و سایر تیمارها داشت و در تیمار شاهد به طور معنی‌داری بیشتر بود ($p < 0/05$)، ولی در تیمارهای دارای فیلتر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p > 0/05$). در دو سطح تراکم در هر تیمار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p > 0/05$).

در آب قبل از تصفیه اختلاف معنی‌داری در محتوای نیترات بین تیمار شاهد و سایر تیمارها وجود داشت و در تیمار شاهد به طور معنی‌داری بیشتر بود ($p < 0/05$)، ولی در تیمارهای دارای فیلتر اختلاف معنی‌داری

مشاهده نشد ($p > 0/05$). در دو سطح تراکم در هر تیمار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p > 0/05$). آب بعد از تصفیه بین تیمارهای شاهد و سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داد و در تیمار شاهد به طور معنی‌داری بیشتر بود ($p < 0/05$)، بین تیمارهای زئولیت و تیمارهای بازالت نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و در تیمارهای بازالت به طور معنی‌داری کمتر از تیمار زئولیت بود ($p < 0/05$). بین تیمارهای بازالت و بین دو سطح تراکم در تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p > 0/05$). در میزان آمونیاک آب ورودی اختلاف معنی‌داری بین تیمار شاهد و سایر تیمارها وجود داشت و در تیمار شاهد به طور معنی‌داری بیشتر بود ($p < 0/05$)، ولی در تیمارهای دارای فیلتر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p > 0/05$). در هر تیمار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p > 0/05$). آب قبل از تصفیه اختلاف معنی‌داری بین تیمار شاهد و سایر تیمارها داشت و در تیمار شاهد به طور معنی‌داری بیشتر بود ($p < 0/05$)، ولی در تیمارهای دارای فیلتر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p > 0/05$). در دو سطح تراکم در هر تیمار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p > 0/05$) و در تیمارهای آمونیاک بین تیمار شاهد و سایر تیمارها داشت و در تیمار شاهد به طور معنی‌داری بیشتر بود ($p < 0/05$)، ولی در تیمارهای دارای فیلتر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p > 0/05$). در دو سطح تراکم در هر تیمار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p > 0/05$). بین آب قبل از تصفیه و بعد از تصفیه نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و در تیمارهای بازالت به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار زئولیت بود ($p < 0/05$).

جدول ۵- نتایج حاصل از بررسی ترکیبات نیتروژنی آب در هفته آخر

تیمارها	شاهد	زئولیت ۱۰ (گرم در لیتر)	بازالت ۱۰ (گرم در لیتر)	بازالت ۲۰ (گرم در لیتر)	بازالت ۳۰ (گرم در لیتر)	شاخص‌ها
تراکم ۱/۵ (سانتی متر در لیتر)	تراکم ۳ (سانتی متر در لیتر)	تراکم ۱/۵ (سانتی متر در لیتر)	تراکم ۳ (سانتی متر در لیتر)	تراکم ۱/۵ (سانتی متر در لیتر)	تراکم ۳ (سانتی متر در لیتر)	
NO2	۳/۴ ± ۰/۳۴ ^a	۳/۳ ± ۰/۵۵ ^a	۱/۷ ± ۰/۲۰ ^b	۱/۵ ± ۰/۰۷ ^b	۱/۶ ± ۰/۱۰ ^b	۱/۸ ± ۰/۱۶ ^b
NO3	۱۳۵/۶ ± ۵/۸ ^a	۱۴۱ ± ۱۵/۰۹ ^a	۳۸ ± ۰/۰۰ ^b	۳۷/۸ ± ۰/۵۷ ^b	۳۸/۵۳ ± ۰/۰۵ ^b	۳۸/۵۳ ± ۰/۰۵ ^b
NH3	۳/۶۶ ± ۰/۶۰ ^a	۳/۸۰ ± ۰/۹ ^a	۰/۰۶ ± ۰/۰۰ ^b	۰/۰۷ ± ۰/۰۱ ^b	۰/۰۶ ± ۰/۰۰ ^b	۰/۰۷ ± ۰/۰۰ ^b
NO2	۴/۰۷ ± ۰/۳۷ ^{aA}	۳/۸ ± ۰/۴ ^{aA}	۳/۶ ± ۰/۱۵ ^{aA}	۲/۶ ± ۰/۲۰ ^{bA}	۲/۷ ± ۰/۱۱ ^{bA}	۲/۸ ± ۰/۱۷ ^{bA}
NO3	۱۲۹/۷ ± ۴/۴ ^{aA}	۱۳۹/۶ ± ۱۸/۶ ^{aA}	۸۰/۲۸ ± ۸/۲۴ ^{bA}	۷۷/۷۳ ± ۴/۴۸ ^{bA}	۸۶/۶ ± ۳/۲ ^{bA}	۸۶/۲۴ ± ۳/۹۴ ^{bA}
NH3	۳/۷ ± ۰/۶۸ ^{aA}	۴/۱ ± ۱/۱۵ ^{aA}	۲/۹ ± ۰/۱۰ ^{bA}	۳/۲ ± ۰/۱۰ ^{bA}	۳/۷ ± ۰/۱۵ ^{bA}	۳/۴ ± ۰/۱۰ ^{bA}
NO2	۳/۸ ± ۰/۲ ^{aB}	۴/۵ ± ۰/۴ ^{aB}	۰/۱۵ ± ۰/۰۰ ^{bB}	۰/۱۷ ± ۰/۰۱ ^{bB}	۰/۱۲ ± ۰/۰۰ ^{bB}	۰/۰۶ ± ۰/۰۰ ^{bB}
NO3	۱۳۰/۶۶ ± ۰/۰۵ ^{aB}	۱۳۴ ± ۱۹/۶۹ ^{aB}	۵۶/۲ ± ۸/۰۶ ^{bB}	۵۹/۵ ± ۷/۶۱ ^{bB}	۴۰/۱۸ ± ۰/۸۶ ^{cB}	۴۰/۳ ± ۰/۵۱ ^{cB}
NH3	۳/۶۳ ± ۰/۵۵ ^{aB}	۴/۰۳ ± ۱/۱۵ ^{aB}	۰/۶۲ ± ۰/۰۲ ^{bB}	۰/۶۶ ± ۰/۰۰ ^{bB}	۰/۲۹ ± ۰/۰۴ ^{bB}	۰/۱۷ ± ۰/۱۹ ^{bB}

حروف کوچک و بزرگ متفاوت به ترتیب در هر ردیف و ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($P < ۰/۰۵$).

بحث

با توجه به نتایج این مطالعه، در تیمارهایی که فیلتر دارند، ماهی‌ها بهتر تغذیه می‌کنند به طوری که فاکتورهای رشد در تیمارهای حاوی فیلتر بهتر از تیمار شاهد بدون فیلتر بود. تراکم نیز تاثیری در افزایش وزن بدن نداشت. در بررسی Ngo و Xing نتایج بدست آمده در زمینه استفاده از خرده‌های چوب در کاهش میزان آمونیاک محیط آکواریوم و عملکرد رشد ماهی قرمز (*C. auratus*)، نشان داد که در تیمارهایی که از خرده‌های چوب استفاده شد، نسبت به تیمار بدون فیلتر رشد بهتری نشان دادند که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی داشت (Ngo and Xing, 2008). در بررسی استفاده از زئولیت در پرورش ماهی ماکرو (*Labidochromis caeruleus*)، در سیستمی که از زئولیت به میزان ۱۰ گرم در هر لیتر به عنوان فیلتر تصفیه کننده آب استفاده شد ماهی‌های ماکرو رشد خوبی نسبت به گروهی که بدون فیلتر بودند نشان دادند و تراکم بر فاکتورهای رشد آن موثر نبود (Choubert et al., 2009)، که با این پژوهش کاملاً همخوانی داشت. تیمارهایی که دارای فیلتر بودند رشد بسیار بالایی داشتند و تیمارهایی که بدون فیلتر بودند رشد آنها بسیار کم بود و تراکم نیز تاثیر بر رشد آنها نداشت. یکی دیگر از فاکتورهای مهم میزان بازماندگی است که در تحقیق حاضر، در تیمار شاهد پایین‌تر از سایر تیمارها بود که به نظر می‌رسد به دلیل ازدیاد مواد نیتروژنی در آب بدلیل عدم وجود فیلتر باشد که در پژوهش نظیفی و همکاران در سال ۱۳۸۰ به علت نداشتن فیلتر در یکی از تیمارهایشان با ازدیاد مواد نیتروژنی مواجه شدند. محدوده سمیت آمونیاک (Colt et al., 2006)، نیتريت و نیترات (Falahtkar, 2016). برای ماهی قرمز به

ترتیب ۲/۲۰-۱/۵۶، ۴/۳۲ و ۷۵۰-۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر گزارش شده است، که در مطالعه حاضر در هفته هشتم در تیمار شاهد آمونیاک از این میزان بیشتر شده و میزان نیتريت در تراکم ۳ از این مقدار بیشتر و در تراکم ۱/۵ نزدیک به این عدد می‌باشد و با این پژوهش همخوانی داشت. در این مطالعه تاثیر وجود فیلترهای بازالت و زئولیت در تراکم‌های مختلف ماهی قرمز بر مواد نیتروژنی آب مورد بررسی قرار گرفت. علت انتخاب ماهی قرمز قابلیت رشد خوب در آکواریوم، مقاومت (کاهش خطر تلف شدن آن در طی دوره تحقیق)، قابلیت تهیه تعداد زیادی ماهی هم اندازه و قیمت نسبت ارزان ماهی بوده است (Figuerola and Silverstein, 1992). با توجه به نتایج بررسی حاضر در هفته اول در شرایطی که از فیلتر بازالت استفاده شد محتوای مواد نیتروژنی در آب کمتر از زمانی بود که از فیلتر زئولیت استفاده شد و در سایر هفته‌ها (سوم، ششم و هشتم) تفاوت معنی‌داری بین فیلتر زئولیت و بازالت در مقادیر مختلف مشاهده نشد (به دلیل محدودیت صفحه نتایج ارائه نشده است). با این توضیح که بر اساس پیش تست انجام شده، فیلتر بازالت در بازه زمانی ۴۰ روزه نیاز به احیا داشت که با محلول NaCl ۵۰ درصد احیا می‌شد (Goodwin and Carroza, 1998; Malone and Pfeiffer, 2006; Manthe et al., 1988) در صورتی که فیلتر زئولیت هر ۱۰ روز یکبار با محلول NaCl ۵۰ درصد احیا می‌شد (Masser et al., 1999) و هدف استفاده از این محلول، پاکسازی فیلتر از ترکیبات نیتروژنی و توانایی جذب دوباره مواد نیتروژنی می‌باشد. در غالب هفته‌های مورد بررسی تراکم تاثیری نداشت که شاید بتوان گفت که سطوح مورد استفاده از فیلترها برای هر دو تراکم کافی بود و چون تفاوت

معنی‌داری بین دو تراکم در فاکتورهای مورد بررسی مشاهده نشد به نظر می‌رسد باید در تحقیقات آتی تراکم‌های بالاتر مد نظر قرار گیرد تا بتوان در مورد تأثیر فیلتراسیون بازالت و ژئولیت در آکواریوم‌های محتوی تراکم‌های مختلف ماهی نتیجه‌گیری کرد. در بررسی Carroza و همکاران (۲۰۱۲) مقایسه تأثیر ژئولیت و کربن فعال را بر حذف آمونیاک مورد مطالعه قرار گرفته است و نتایج بیانگر این مطلب بود که ژئولیت در حذف آمونیاک کارآمدتر از کربن فعال بود، اما تحقیق حاضر نشان داد که در تراکم‌های استفاده شده، بازالت مشابه ژئولیت عمل کرده است و توانسته است از افزایش آمونیاک و نیتريت جلوگیری کند. در بررسی Benjakul و Morrissey در سال ۱۹۹۷ مسمومیت حاد با آمونیاک در ماهی کپور معمولی و استفاده از ژئولیت طبیعی جهت جلوگیری را مورد بررسی قرار دادند و مواد نیتروژنی در آب جلوگیری کند که با این پژوهش همخوانی دارد ولی در این پژوهش بازالت به شکل موثرتری توانست از مواد نیتروژنی آب جلوگیری کند. نتایج پژوهش محققین دیگر نشان داد که ژئولیت در شرایط آزمایشگاهی می‌تواند غلظت آمونیاک را کاهش داده و در دوز بالای ۱۰ گرم در لیتر می‌تواند از مرگ و میر و مسمومیت جلوگیری کند (Masser et al., 1999; Michaud et al., 2006). Barbosa و Bendich حذف آمونیاک توسط ژئولیت را در انتقال ماهی‌های زینتی آب شیرین مورد بررسی قرار دادند، که نتایج حاصل نشان داد ژئولیت آمونیاک آب را در طی انتقال ماهی قرمز کاهش می‌دهد (Barbosa et al., 1999; Bendich, 1989) تأثیر ژئولیت، فرمالین و ازدیاد باکتری‌های هوازی را بر غلظت آمونیاک کل مورد

بررسی قرار داده و مشاهده نمودند که ژئولیت به طور قابل توجهی غلظت نیتروژن کل را کاهش می‌دهد (Ngo and Xing, 2008; Timmons, 2002; Watson et al., 2004) که در این پژوهش هم ژئولیت به طور چشم‌گیر کاهش داد. در بررسی اثر ژئولیت در حذف آمونیاک نشان دادند که ژئولیت دارای قدرت انتخاب‌پذیری بالاتری نسبت به یون آمونیاک نسبت به سایر یون‌های رقابتی موجود در محیط است. با توجه به بررسی‌های انجام شده در پژوهش حاضر، سنگ آتشفشانی بازالت قابلیت بسیار بالایی در جذب ترکیبات نیتروژنی آب داشت. فقط در هفته اول بازالت ۳۰ بهتر از سایر سطوح عمل کرد، اما در هفته‌ی آخر تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف بازالت مشاهده نشد. به عنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان این گونه بیان داشت که جایگزینی سنگ آتشفشانی بازالت با ژئولیت در سیستم تصفیه آب در پرورش ماهی قرمز باعث کاهش مواد نیتروژنی آب شد. در این مطالعه نشان داده شد که قدرت یونی محلول (حاوی ترکیبات نیتروژنی) باعث افزایش جذب می‌گردد که دلیل آن در اثر نیروهای الکترواستاتیک بوده است (Yang et al., 2008). با توجه به مطالب گفته شده سنگ بازالت یک جاذب بالقوه برای حذف ترکیبات نیتروژنی از محیط آبی بوده و میزان آن در فرآیند جذب تأثیر دارد و با توجه به نتایج تحقیق حاضر می‌توان مقدار ۱۰ گرم در لیتر بازالت را به عنوان جایگزین برای ۱۰ گرم در لیتر ژئولیت پیشنهاد کرد.

سپاسگزاری

بدینوسیله، نویسندگان مقاله، از افرادی که در به انجام رساندن این کار پژوهشی همکاری کردند تشکر و قدردانی می نمایند.

منابع

۱. ابراهیمی، ع.، بیرقدار، ا.، ۱۳۸۵. تغذیه و نیازهای غذایی ماهیان در آبزی پروری ۷۱-۷۰.
۲. آقاباتی، ع.، ۱۳۸۴. زمین شناسی ایران، ۲۸-۲۲.
۳. بنی‌هاشمی، الف.، خارا، ح.، پژند، ذ.، رهاننده، م.، ۱۳۹۲. تعیین غلظت کشنده آمونیاک و تأثیر آن بر وضعیت هیستوپاتولوژی آبشش، کلیه و کبد بچه ماهی اوزون برون. مجله آبزیان و شیلات، ۵(۱۹).
۴. پرندآور، ح.، کیم، ج.، ه.، ۱۳۹۵. کارایی روند رشد کرم پرتار *Marphysa sanguinea* با تغذیه از مواد ارگانیک حاصل از پرورش ماهیان و کاهش بارآلودگی ناشی از آن در سیستم نیمه مدار بسته آبزیان. نشریه توسعه آبزی پروری، ۸(۳)، ۱۱-۱.
۵. رفیعی، غ.، حکمت، ن.، ۱۳۸۹. بررسی عملکرد پروپیلن و پوشال درخت صنوبر (*Populus alba*)، به عنوان پالایشگر زیستی، بر کیفیت آب، رشد و بازماندگی بچه ماهی کپور (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) در سیستم مدار بسته پرورشی. نشریه شیلات، ۶۳(۳)، ۱۸۱-۱۷۳.
۶. مرادی، س.، رضازاده، ف.، ۱۳۹۲. ذخایر زمین شناسی و معدنی کرمانشاه. نشر بهتا پژوه، ۲۵-۱۳.
۷. محمدی، الف.، فروهر، م.، هدایتی، س.، ۱۳۹۵. عملکرد خرده‌های چوب در کاهش میزان آمونیاک محیط آکواریوم و افزایش شانس بقا ماهی قرمز. مجله آبزیان زینتی، ۳(۱)، ۴-۱.
۸. کمالی، م.، پرهام، پ.، ۱۳۹۰. زمین شناسی مخازن کربناته. انتشارات پژوهشگاه صنعت نفت، ۵۷-۵۵.
۹. نظیفی، د.، فیروز بخش، ف.، قاضی، م.، ۱۳۸۰. بررسی پارامترهای هماتولوژیک خون ماهی کپور نقره‌ای در مسمومیت باکتری کلروفن. مجله تحقیقات دامپزشکی، ۵۶(۲)، ۳۲-۲۷.
۱۰. مکرمی، س.، عمادی، ح.، ۱۳۹۲. بررسی کاربرد زئولیت در آب شور با هدف جذب آمونیوم و تأثیر آن بر رشد و بازماندگی میگو سفید هندی. مجله علمی شیلات ایران، ۱۶(۲)، ۱۳۶-۱۲۷.
11. Andrews, J., 1999. Some effects of feeding rate on growth, feed conversion and nutrients absorption of channel catfish. *Aquaculture*, 16, 243-246.
12. Barbosa, M., Morais, R., Choubert, G., 1999. Physicochemical and catalytic properties of a modified natural clinoptilolite. *Journal of Nutrition*, 119, 112-115.
13. Bendich, A., 1989. Carotenoids and the immune response. *Journal of Nutrition*, 119, 112-115.
14. Benjakul, S., and Morrissey, M., 1997. Protein hydrolysates from Pacific Whiting Solid wastes. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 45, 320 – 328.
15. Carroza, C., Hurtado, F. and Gutierrez, X., 2012. Nitrogenated compounds biofiltration under alternative bacterium fixation substrates. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 40 (3), 772-785.
16. Chen, S., Stechey, D., Malone, R., 1997. Suspended solids control in recirculating aquaculture systems. *Aquaculture water reuse systems*, 27, 61-100.
17. Choubert, G., Cravedi, J. and Laurentie, M., 2009. Adsorption of diuron and its degradation products from aqueous

- biologica filters. Aquacultural Engineering, 34, 224-233.
28. Newman, J. and Barrett, P., 1993. Control of *Microcystis aeruginosa* by decomposing barley straw. Journal of Aquatic Plant Management, 3 (1), 203-206.
 29. Ngo, H. and Xing, W., 2008. Evaluation of a novel sponge submerged membrane bioreactor for sustainable water reclamation. Bioresource Technology, 99, 2429-2435.
 30. Timmons, J., Fred, B., 2002. Recirculation Aquaculture Systems. NRAC publication, 3723- 3734.
 31. Watson, A., Hill, E., Deborah, B., 2004. Species Profile: Koi and Goldfish. Southern Regional Aquaculture, 383 – 388.
 32. Yang, C., Suidan, M., Zhu, X., Kim, J. and Zeng, G., 2008. Effect of gas empty bed contact time on performances of various types of rotating drum biofilters for removal of VOCs. Water Research, 42, 3641-365.
 - solution by surfactant-modified pillared clays. Aquaculture, 286, 100-104.
 18. Choubert, G., Mendes, M. and Morais, R., 2006. Investigating the mutual effects of filtration (carbon filter, zeolite and simple filtration) and macrophage density (*Labidochromis caeruleus*). The progressive fish Culturist, 59, 429-436.
 19. Colt, J., Lamoureux, J., Patterson, R., Rogers, G., 2006. Reporting standards for biofilter contactor in a recirculating fishculture system. Aquaculture Engineering, 15, 27-39.
 20. Falahtkar, B., 2016. Aquatic nutrition and ration writing. Publications of Jihad Keshavarzi Higher Education Institute of Applied Science, 11, 241-246.
 21. Figueroa, L. and Silverstein, J., 1992. The effect of particulate organic matter on biofilm nitrification. Water Environment Research, 64, 728-733.
 22. Goodwin, T. and Carroza, C., 1998. Effect of biofilter media on water quality and biological performance of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. reared in a simple recirculating system. Aquaculture Engineering, 6(8), 64-96.
 23. Gopalakannan, A. and Arul, V., 2006. hydraulic efficiency and nitrate removal of organic carbon media for use in denitrification beds. Aquaculture, 255, 179-187.
 24. Malone, R. and Pfeiffer, T., 2006. Rating fixed film nitrifying biofilters used in recirculating aquaculture systems. Aquaculture Engineering, 34, 389-402.
 25. Manthe, D., Malone, R. and Kumar, S., 1988. Submerged rock filter evaluation using an oxygen consumption criterion for closed recirculating system. Aquaculture Engineering, 7, 97-111.
 26. Masser, M., Rakocy, J. and Losordo, T., 1999. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Management of Recirculating Systems. SRAC Publication, 43, 83-93.
 27. Michaud, L., Blancheton, J., Bruni, V. and Piedrahita, R., 2006. Effect of particulate organic carbon on heterotrophic bacterial populations and nitrification efficiency in

Investigating the possibility of using basalt volcanic rock for reduction of the water nitrogen content and growth performance and density of Goldfish (*Carassius auratus*)

Ferdosian, A.¹, Yeganeh, S.^{1*}, Keramat Amirkalaei, A.¹

1- Department of Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari. Iran.

Received: 22 October 2023

Accepted: 13 December 2023

Abstract

Objectives: The aim of this study was to investigate the effect of using basalt in reducing the nitrogen content of water and the growth performance of goldfish (*Carassius auratus*) for 60 days. **Methods:** For this purpose, 245 pieces of goldfish with a mean weight of 9.42 ± 0.15 g and a longitudinal mean of 3 ± 0.02 cm were purchased and after adaptation for one week in distribution experimental treatments. Were. Experimental treatments included control treatment (without filter), zeolite with 10 g/l, basalt with different amounts of 10, 20 and 30 g/l and for each level of filter, fish density during the experiment, two densities of 1.5 And 3 cm per liter were considered, which were randomly distributed to 25 pieces of fish for a density of 1.5 and 50 pieces for a density of 3 in 50 liter aquariums. **Findings:** The results of this study showed that the presence of filtration had a positive effect on fish growth rate and fish had better growth factors in treatments of both densities that had filters compared to the control group ($p < 0.05$). Ammonia, nitrite and nitrate levels in the eighth week of the study in treatments containing filters of both densities were significantly lower than the control treatment and did not exceed the toxic range ($p < 0.05$). **Conclusion:** According to the studies, it was found that basalt volcanic rock has a very high ability to absorb nitrogen compounds in water and 10 g/l basalt can be treated as a substitute for 10 g/l zeolite with a long reduction time more suggested.

Keywords: Nitrogen Removal, Filtration, Fish Density, Zeolite

* Corresponding Author: s.yeganeh@sanru.ac.ir