"مقاله پژوهشی"

تاثیر 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 ۰/۱۵ ± ۹/۴۲ گرم و میانگین طولی ۰/۰۲ ± ۳ 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 ($p<۰/۰۵$). مقادیر آمونیاک، نیتریت و نیترات 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 ($p<۰/۰۵$). 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 طولانی‌تر پیشنهاد نمود.

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

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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-788]

مقدمه

کیفیت آب در پرورش ماهی نقش تعیین کننده‌ای ایفا می‌کند و تغییرات نامطلوب آن عامل اکثر بیماری-های 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 می-باشد (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 می-شود. در واقع زئولیت‌ها کانی‌هایی از جنس سیلیکات آلومنیوم 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 برای 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 پریدوتیت 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 (آقانباتی، 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 آبزی‌پروری 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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-788]

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

مواد و روش‌ها

۲۴۵ قطعه ماهی قرمز (*C. auratus*)، با میانگین وزنی ۰/۱۵±۹/۴۲ گرم و میانگین طولی ۰/۰۲±۳ سانتی متر از شهرک ماهیان زینتی شهرستان کاشان خریداری و به سالن آکواریوم اسکار آکواریوم شهرستان شهرضا منتقل شدند. به منظور سازگاری ماهیان با شرایط آزمایشگاهی، ماهی‌ها 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 ۱/۵ و ۳ سانتی متر در هر لیتر در نظر گرفته شد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۵). 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.

ساخت سیستم آب در چرخش

در ابتدای آزمایش سیستم آب مدار بسته آبزیان ساخت و راه اندازی شد.آکواریوم‌های شیشه‌ای، سنگ هواده، پمپ و لوله پولیکا از فروشگاه اسکار آکواریوم تهیه شد. این سیستم دارای ۳ اکواریوم 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 جای‌گذاری فیلترها بود که جذب نیترات، نیتریت 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 آکواریوم‌های پرورشی برگشت داده می‌شد. برای هر تیمار از همین نوع سیستم پرورش ماهی استفاده شد.

تیماربندی 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 ۱/۵ و ۳ سانتی متر در هر لیتر، تیمار زئولیت 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 تراکم‌های ۱/۵ و ۳ سانتی‌متر در هر لیتر (به ترتیب ۲۵ و ۵۰ قطعه) به آکواریوم‌های 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 میلی‌گرم در لیتر) بیهوش شده

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-788]

(پرندآور 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 چربی۶ 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 زئولیت

سنگ بازالت به مقدار مورد نیاز از معادن استان سمنان و کانی زئولیت 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 سانتی گراد 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 ساخت کشور چین) از فروشگاه‌های آکواریومی خریداری شد.

شاخص‌های رشد

در ابتدا و پایان آزمایش و یک روز پس از قطع کامل غذادهی، 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

ضریب رشد ویژه $SGR=(L_nWt_2-L_nWt_1)/t_2-t_1) \times 100$

LnWt لگاریتم طبیعی وزن اولیه ماهی، $LnWt_2$ 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 WGوزن بدست آمده

درصد بازماندگی: ۱۰۰× (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 AQUALYTIC -AL15 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، نیتریت و نیترات به صورت روزانه برای تیمار شاهد و تیمار

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.71901/jad-2024-1-788]

زئولیت 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، نیتریت و آمونیاک

در ابتدای دوره تعیین نیترات، نیتریت و آمونیاک بر حسب میلی‌گرم در لیتر(ppm) در تیمارهای بازالت هر ۲ روز یکبار (برای تخمین زمان احیا سنگ بازالت) و تیمار زئولیت و شاهد روزانه انجام شد. زمان احیا کانی زئولیت 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 مداربسته 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 نیتریت، از دستگاه اسپکتروفتومتری (PR / 89O SERIES; USA) طبق دستورالعمل کیت استفاده شد، برای اندازه‌گیری نیترات از کیت با نام تجاری Nitraver 5 Nitrate Reagent و برای اندازه‌گیری نیتریت 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 کاملا تصادفی انجام شد. پس از اطمینان از نرمال بودن داده ها 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 آزمونT-test در محیط نرم افزار SPSS (۲۳) استفاده شد.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-788]

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) [۱،۲]	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 (کیلوکالری/ کیلوگرم)	۴۲۳۰/۲

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

۲–هر کیلوگرم مکمل ویتامینه شامل: ۱۸۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A ، ۱۲۰۰ واحد بین المللی ویتامین D_3، ۱۲ میلی گرم ویتامین E، ۲۴ میلی‌گرم نیاسین B_{12}، ۱۵ میلی‌گرم ریبوفلاوین، ۹۰ میلی‌گرم نیاسین، ۲۷ میلی‌گرم اسید پانتوتنیک، ۳ میلی‌گرم منادیون، ۴/۸ میلی‌گرم اسیدفولیک، ۹۰ میلی‌گرم اسید نیکوتینیک، ۲۷ میلی‌گرم اینوزیتول، ۱۵ میلی گرم آنتی‌اکسیدانت.

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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-788]

جدول ۲: ساخص های فیزیکی و شیمیایی آب پرورش

pH	اکسیژن محلول (میلی‌گرم بر لیتر)	دبی (لیتر در دقیقه)	دما (درجه سانتی‌گراد)	هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی‌متر)	شوری (در هزار)	TDS (میلی‌گرم بر لیتر)
۷/ ۵± ۰/۲	۱۱ /۱۰± ۰/۵	۳ ± ۰/ ۲۰	۲۸ ± ۲/۵	۱۰۲۱ /۱۸ ± ۱۲۳	۰/۶ ± ۰ /۰	۷۶۸/۱۸± ۳۲/۷

نتایج

شاخص‌های 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 معنی‌داری بین تیمار شاهد و سایر تیمارها وجود داشت و در تیمار شاهد به طور معنی‌داری 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 معنی‌داری مشاهده شد و به طور معنی‌داری بیشتر از زئولیت تراکم ۱/۵ بود ($p<۰/۰۵$). در بررسی تراکم، بین تیمارها در دو سطح تراکم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). در شاخص افزایش وزن بدن اختلاف معنی‌داری بین تیمار شاهد با سایر تیمارها وجود داشت و در تیمار شاهد به طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارها بود ($p<۰/۰۵$)، اختلاف معنی‌داری بین زئولیت تراکم ۱/۵ با بازالت۱۰ تراکم ۱/۵، بازالت ۲۰ تراکم ۳ و بازالت ۳۰ تراکم ۱/۵ اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و در زئولیت ۱/۵ به طور معنی‌داری 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 معنی‌دار داشت و در زئولیت ۱/۵ به طور معنی‌داری کمتر بود ($p<۰/۰۵$). در بررسی تراکم فقط در تیمار بازالت ۱۰ بین دو سطح تراکم اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و در تراکم ۱/۵ به طور معنی‌داری بیشتر بود ($p<۰/۰۵$). در شاخص نرخ رشد ویژه اختلاف معنی‌داری بین تیمار شاهد و سایر تیمارها وجود داشت و در تیمار شاهد به طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارها بود ($p<۰/۰۵$)، در بین تیمارهای فیلتردار اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$) در بین تراکم‌های مختلف هم اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p>۰/۰۵$). در شاخص ضریب تبدیل غذایی تفاوت معنی‌داری بین تیمار شاهد با سایر تیمارها وجود داشت و در تیمار شاهد به طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود ($p<۰/۰۵$) و در بین تیمارهای حاوی فیلتر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p>۰/۰۵$). در بین تراکم‌های مختلف هم اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p>۰/۰۵$). در شاخص نرخ بازماندگی تفاوت معنی‌داری بین تیمار شاهد با سایر تیمار وجود داشت ($p<۰/۰۵$). در بین تیمارهای حاوی فیلتر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p>۰/۰۵$). در بین تراکم‌های مختلف هم اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p>۰/۰۵$).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-788]

جدول ۳: تاثیر سطوح متفاوت فیلترها بر شاخص‌های رشد ماهی قرمز (*C. auratus*) (میانگین ± SD)

شاخص‌های رشد	تراکم (سانتی‌متر در لیتر)	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 ±./۵۴ ^{a}	۹/۷۲ ± ۰/۰۹ ^{d}	۰/۶۶ ± ۰/۱۷ ^{c}	۰/۰۸ ± ۰/۰۱^{c}	۱۹/۰۱ ± ۰/۰۲^{a}	۵۰/۹ ± ۵/۲^{a}
	تراکم ۳	۹/۴۸ ± ۰/۰۱ ^{a}	۹/۶۷ ± ۰/۰۹ ^{d}	۰/۶۸ ± ۰/۵۲^{c}	۰/۰۹ ± ۰/۱^{c}	۱۹/۰۸ ± ۰/۰۳^{a}	۴۸/۶ ± ۵/۴^{a}
زئولیت ۱۰ (گرم	تراکم ۱/۵	۹/۶۱ ± ۰/۱ ^{a}	۱۵/۴۲ ± ۰/۲۹ ^{c}	۵/۸ ± ۰/۲۳ ^{b}	۰/۱۸ ± ۰/۱^{b}	۱۸/۴ ± ۰/۰۱^{b}	۸۹/۴ ± ۷/۸^{b}
در هر لیتر)	تراکم ۳	۹/۷۳ ± ۰/۰۲ ^{a}	۱۵/۹ ± ۰/۲۴ ^{abc}	۶/۱ ± ۰/۲۸ ^{ab}	۰/۱۹ ± ۰/۲^{b}	۱۸/۳۲ ± ۰/۰۷^{b}	۸۸/۲ ± ۷/۵^{b}
بازالت ۱۰ (گرم در	تراکم ۱/۵	۹/۵۶ ± ۰/۰۹ ^{a}	۱۶/۰۲ ± ۰/۱۳ ^{abc}	۶/۴ ± ۰/۰۴ ^{a}	۰/۲۱ ± ۰/۲^{b}	۱۸/۰۳ ± ۰/۰۱^{b}	۹۳/۷ ± ۸/۸^{b}
هر لیتر)	تراکم ۳	۹/۸ ± ./۵۳ ^{a}	۱۵/۶۴ ± ۰/۵۴ ^{abc}	^{b}۵/۸ ± ۰/۵۰	۰/۱۸ ± ۰/۱^{b}	۱۸/۳۴ ± ۰/۰۵^{b}	۹۳/۷ ± ۸/۸^{b}
بازالت ۲۰ (گرم در	تراکم ۱/۵	۹/۴۱ ± ۰/۱۵ ^{a}	۱۶/۰۴ ± ۰/۱۱ ^{ab}	۶/۰۸ ± ۰/۱۹ ^{ab}	۰/۱۹ ± ۰/۱^{a}	۱۸/۰۲ ± ۰/۰۷^{b}	۹۷/۶ ± ۹/۳^{b}
هر لیتر)	تراکم ۳	۹/۴ ± ۰/۰۱ ^{a}	۱۵/۸۲ ± ۰/۶۴ ^{abc}	۶/۶۴ ± ۰/۱۳ ^{a}	۰/۲۵ ± ۰/۲^{b}	۱۸/۰۱ ± ۰/۰۵^{b}	۹۷/۶ ± ۹/۵^{b}
بازالت ۳۰ (گرم در	تراکم ۱/۵	۹/۴۳ ± ۰/۰۳ ^{a}	۱۶/۲۶ ± ۰/۳۲ ^{a}	۶/۵۶ ± ۰/۰۳ ^{a}	۰/۲۴ ± ۰/۰۲^{b}	۱۸/۰۲ ± ۰/۰۱^{b}	۹۷/۷ ± ۹/۸^{b}
هر لیتر)	تراکم ۳	۹/۴ ± ۰/۰۶ ^{a}	۱۵/۹۹ ± ۰/۰۱ ^{abc}	۶/۴۳ ± ۰/۶۲ ^{ab}	۰/۲۴ ± ۰/۰۲^{b}	۱۸/۰۵ ± ۰/۰۹^{b}	۱۰۰^{b}

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

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

نتایج حاصل از بررسی ترکیبات نیتروژنی آب در هفته اول

نیتریت آب ورودی اختلاف معنی‌داری بین تیمارها و دو سطح تراکم نداشت (جدول ۴، p>۰/۰۵). محتوای نیتریت 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 زئولیت هم با تیمارهای بازالت اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و در تیمار زئولیت 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 زئولیت و تیمارهای بازالت اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و در تیمار زئولیت 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)، در 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 زئولیت 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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.71901/jad-2024-1-788]

زئولیت اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p>۰/۰۵$)، ولی بین تیمار شاهد با تیمارهای بازالت اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p<۰/۰۵$)، بین تیمارهای زئولیت و تیمارهای بازالت اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p>۰/۰۵$)، در بررسی تراکم بین تیمارها در دو سطح تراکم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$).

آمونیاک آب ورودی اختلاف معنی‌داری در بین تیمارها و دو سطح تراکم نداشت ($p>۰/۰۵$). آمونیاک در آب قبل از تصفیه بین تیمار شاهد و تیمارهای حاوی بازالت (به جز بازالت ۱۰ تراکم ۱/۵) اختلاف معنی‌داری نشان داد و در تیمار شاهد به طور معنی داری کمتر بود ($p<۰/۰۵$) و در تیمارهای بازالت به جز بازالت ۲۰ تراکم ۱/۵، به طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود ($p<۰/۰۵$). بین تیمارهای زئولیت و تیمار شاهد در دو تراکم تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). در بررسی تراکم در تیمارها به جز بازالت ۱۰ و ۲۰، بین دو سطح تراکم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$) و در بازالت ۱۰ و ۲۰ در تراکم ۳ به طور معنی داری بیشتر از تراکم ۱/۵ بود ($p<۰/۰۵$). آب بعد از تصفیه بین تیمار شاهد با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت و در تیمار شاهد به طور معنی داری بیشتر بود ($p<۰/۰۵$)، در تیمارهای دارای فیلتر زئولیت و بازالت ۱۰ با سایر تیمارهای بازالت اختلاف معنی‌داری داشتند ($p<۰/۰۵$)، بین تیمار بازالت ۲۰ و بازالت ۳۰ هم اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p<۰/۰۵$)، به طوری که میزان آمونیاک در بازالت ۳۰ < بازالت ۲۰< بازالت و زئولیت ۱۰< شاهد بود. در بررسی تراکم در تیمارهای شاهد بین دو سطح تراکم اختلاف معنی‌داری وجود داشت و در تراکم ۳ بیشتر بود ($p<۰/۰۵$) در تیمارهای دارای فیلتر در دو سطح تراکم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). 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 ($p<۰/۰۵$) (جدول ۴).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-788]

جدول۴: نتایج حاصل از بررسی ترکیبات نیتروژنی آب در هفته اول

تیمارها		شاهد		زئولیت 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 (سانتی‌متر در لیتر)	تراکم ۳ (سانتی‌متر در لیتر)	تراکم ۱/۵ (سانتی‌متر در لیتر)	تراکم ۳ (سانتی‌متر در لیتر)	تراکم ۱/۵ (سانتی‌متر در لیتر)	تراکم ۳ (سانتی‌متر در لیتر)	تراکم ۱/۵ (سانتی‌متر در لیتر)	تراکم ۳ (سانتی‌متر در لیتر)	تراکم ۱/۵ (سانتی‌متر در لیتر)	تراکم ۳ (سانتی‌متر در لیتر)
آب ورودی	NO2	۱/۷ ± ۰/۰۵ ^{a}	۱/۷ ± ۰/۰۰ ^{a}	۱/۶ ± ۰/۵۰ ^{a}	۱/۶ ± ۵ /۰۵^{a}	۱/۶ ۰±/۰۶^{a}	۱/۶ ± ۰/۱۰^{a}	۱/۶ ± ۰/۱۱^{a}	۱/۴ ± ۰/۰۶^{a}	۱ / ۷ ± ۰/۰۳^{a}	۱/۷ ± ۰/۱۵^{a}
	NO3	۳۸/۴ ± ۰/۳۴^{a}	۳۸ ± ۰/۰۰^{a}	۳۸/۳ ± /۲۶^{a}	۳۸ ± ۰/۰۰^{a}	۳۸ ± ۰/۰۰^{a}	۳۸/۱ ± ۰/۱۷^{a}	۳۸/۰۳ ± ۰/۰۵^{a}	۳۸/۰۳ ± ۰/۰۵^{a}	۳۸/۱۶ ± ۰/۱۵^{a}	۳۸ ± ۰/۰۰^{a}
	NH3	۰/۰۷ ± ۰/۰۰^{a}	۰/۰۵ ± ۰/۰۱^{a}	۰/۰۷ ± ۰/۰۰^{a}	۰/۰۵ ± ۰/۰۵^{a}	۰/۰۶ ± ۰/۰۱^{a}	۰/۰۷ ± ۰/۰۰^{a}	۰/۰۶ ± ۰/۰۵^{a}	۰/۰۶ ± ۰/۰۵^{a}	۰/۰۶ ± ۰/۰۱^{a}	۰/۰۵ ± ۰/۰۱^{a}
آب قبل از تصفیه	NO2	۲/۰۴ ۰±/۲۳^{cA}	۲/۴ ± ۰/۱۰^{bcA}	۳/۲ ± ۰/۰۵^{aA}	۳/۵ ± ۰/۱۰^{aA}	۲/۴ ۰±/۱۰^{bcA}	۲/۵ ± ۰/۰۵^{bA}	۲/۸ ± ۰/۶۰^{bA}	۲/۶ ± ۰/۰۵^{bA}	۲/۶ ± ۰/۲۰^{bA}	۲/۶ ± ۰/۱۷^{bA}
	NO3	۶۶/۸ ± ۰/۴۹^{cA}	۷۵/۱ ± ۲/۰۶^{abcA}	۷۶/۴ ± ۱/۸۹^{abA}	۷۵/۵۳ ± ۱/۷۰^{abcA}	۷۳/۸ ± ۶/۱۴^{abA}	۸۱/۹ ± ۲/۸۲^{abA}	۷۶/۹ ± ۱/۱۸^{abA}	۸۴/۲ ۴±/۸۷^{aA}	۷۸/۰۶ ± ۴/۰۰^{abA}	۸۴/۱ ± ۳/۸۴^{aA}
	NH3	۱/۸ ± ۰/۰۵^{cA}	۲/۳۳ ± ۰/۱۱^{cA}	۲/۴ ± ۰/۰۵^{bcA}	۲/۴ ± ۰/۱۷^{bcA}	۲/۴ ± ۰/۰۵^{bcA}	۳/۶ ± ۰/۱۵^{aA}	۲/۷ ± ۰/۳۷^{bA}	۳/۵ ± ۰/۴۰^{aA}	۳/۳ ± ۰/۱۵^{aA}	۳/۷ ۰±/۲۰^{aA}
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}	۰/۰۶ ± ۰/۰۵^{dB}	۰/۰۷ ± ۰/۰۰^{dB}	۰/۰۴ ۰±/۰۰^{dB}	۰/۰۶ ± ۰/۰۱^{dB}	۰/۰۵ ± ۰/۰۵^{dB}	۰/۰۴ ± ۰/۰۰^{dB}
	NO3	۶۰/۲۳ ± ۳/۲۳^{aB}	۶۴/۸۳ ± ۴/۸۱^{aB}	۵۰/۸۶ ± ۵/۹۱^{abB}	۵۱/۳۶ ± ۳/۴۴^{abB}	۳۸/۱۵ ± ۰/۸۰^{bB}	۳۸/۸۳ ± ۰/۴۰^{bB}	۳۸/۱۶ ± ۰/۵۷^{bB}	۳۸/۵۳ ± ۰/۸۴^{bB}	۳۸/۲۶ ± ۰/۳۰^{bB}	۳۸/۱ ± ۰/۵۱^{bB}
	NH3	۱/۴ ± ۰/۰۵^{bB}	۱/۸ ± ۰/۰۵^{aB}	۰/۷۱ ± ۰/۰۴^{cdB}	۰/۷۴ ± ۰/۱۱^{cdB}	۰/۴۴ ± ۰/۰۵^{edB}	۰/۶۳ ± ۰/۰۵^{dB}	۰/۲۳ ± ۰/۰۵^{fB}	۰/۳ ۰±/۰۰^{fB}	۰/۰۸ ۰±/۰۵^{gB}	۰/۰۹ ± ۰/۰۰^{gB}

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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-788]

نتایج حاصل از بررسی ترکیبات نیتروژنی آب در هفته آخر

نیتریت آب ورودی اختلاف معنی‌داری بین تیمار شاهد و سایر تیمارها نشان داد و در تیمار شاهد به طور معنی‌داری بیشتر بود (جدول ۵، $p<۰/۰۵$)، ولی در بین تیمارهای دارای فیلتر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$) و در دو سطح تراکم بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p>۰/۰۵$). محتوای نیتریت در آب قبل از تصفیه اختلاف معنی‌داری بین تیمار شاهد و زئولیت نداشت ($p>۰/۰۵$) و میزان نیتریت در این تیمارها به طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای بازالت بود ($p<۰/۰۵$)، بین تیمارهای بازالت تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ($p>۰/۰۵$) و در تیمارهای مختلف هم اختلاف معنی‌دار بین دو سطح تراکم مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). در میزان نیتریت آب بعد از تصفیه اختلاف معنی‌داری بین تیمار شاهد و سایر تیمارها وجود داشت و در تیمار شاهد به طور معنی‌داری بیشتر بود ($p<۰/۰۵$)، ولی در تیمارهای دارای فیلتر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). در دو سطح تراکم در هر تیمار نیز اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p>۰/۰۵$). نیترات آب ورودی اختلاف معنی‌داری بین تیمار شاهد و سایر تیمارها داشت و در تیمار شاهد به طور معنی‌داری بیشتر بود ($p<۰/۰۵$)، ولی در تیمارهای دارای فیلتر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). در دو سطح تراکم در هر تیمار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p>۰/۰۵$).

در آب قبل از تصفیه اختلاف معنی‌داری در محتوای نیترات بین تیمار شاهد و سایر تیمارها وجود داشت و در تیمار شاهد به طور معنی داری بیشتر بود ($p<۰/۰۵$)، ولی در تیمارهای دارای فیلتر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). در دو سطح تراکم در هر تیمار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p>۰/۰۵$). آب بعد از تصفیه بین تیمارهای شاهد و سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داد و در تیمار شاهد به طور معنی‌داری بیشتر بود ($p<۰/۰۵$)، بین تیمارهای زئولیت و تیمارهای بازالت نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و در تیمارهای بازالت به طور معنی‌داری کمتر از تیمار زئولیت بود ($p<۰/۰۵$). بین تیمارهای بازالت و بین دو سطح تراکم در تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). در میزان آمونیاک آب ورودی اختلاف معنی‌داری بین تیمار شاهد و سایر تیمارها وجود داشت و در تیمار شاهد به طور معنی‌داری بیشتر بود ($p<۰/۰۵$)، ولی در تیمارهای دارای فیلتر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). در دو سطح تراکم در هر تیمار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p>۰/۰۵$).آب قبل از تصفیه اختلاف معنی‌داری بین تیمار شاهد و سایر تیمارها داشت و در تیمار شاهد به طور معنی‌داری بیشتر بود ($p<۰/۰۵$)، ولی در تیمارهای دارای فیلتر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). در دو سطح تراکم در هر تیمار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p>۰/۰۵$). آب بعد از تصفیه اختلاف معنی‌داری در محتوای آمونیاک بین تیمار شاهد و سایر تیمارها داشت و در تیمار شاهد به طور معنی‌داری بیشتر بود ($p<۰/۰۵$)، ولی در تیمارهای دارای فیلتر اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). در دو سطح تراکم در هر تیمار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p>۰/۰۵$). 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 ($p<۰/۰۵$).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-788]

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

تیمارها		شاهد			زئولیت 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 (سانتی‌متر در لیتر)	تراکم ۳ (سانتی‌متر در لیتر)	تراکم ۱/۵ (سانتی‌متر در لیتر)	تراکم ۳ (سانتی‌متر در لیتر)	تراکم ۱/۵ (سانتی‌متر در لیتر)	تراکم ۳ (سانتی‌متر در لیتر)	تراکم ۱/۵ (سانتی‌متر در لیتر)	تراکم ۳ (سانتی‌متر در لیتر)	تراکم ۱/۵ (سانتی‌متر در لیتر)	تراکم ۳ (سانتی‌متر در لیتر)	تراکم ۱/۵ (سانتی‌متر در لیتر)	تراکم ۳ (سانتی‌متر در لیتر)	تراکم ۱/۵ (سانتی‌متر در لیتر)	تراکم ۳ (سانتی‌متر در لیتر)
آب ورودی	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	۱/۶ ± ۰/۰۸ b	۱/۶ ± ۰/۱۱ b	۱/۵ ± ۰/۰۶ b	۱/۷ ± ۰/۰۳b	۱/۸ ± ۰/۱۶b
	NO3	۱۳۵/۶ ± ۵/۸a	۱۴۱ ± ۱۵/۰۹a	۳۸ ± ۰/۰۰b	۳۷/۸ ± ۰/۵۷b	۳۸/۵۳ ± ۰/۰۵b	۳۷/۹ ± ۰/۴۰b	۳۸/۲ ± ۰/۰۰b	۳۸/۱۳ ± ۰/۱۵b	۳۸/۰۳ ± ۰/۵۵b	۳۸/۵۳ ± ۰/۰۵b
	NH3	۳/۶۶ ± ۰/۶۰a	۳/۸۰ ± ۰/۹a	۰/۰۶ ± ۰/۰۰b	۰/۰۷ ± ۰/۰۱b	۰/۰۷ ± ۰/۰۰b	۰/۰۶ ± ۰/۰۰b	۰/۰۶ ± ۰/۰۱b	۰/۰۷ ± ۰/۰۰b	۰/۰۷ ± ۰/۰۰b	۰/۰۷ ± ۰/۰۰b
آب قبل از تصفیه	NO2	۴/۰۷ ± ۰/۳۷aA	۳/۸ ± ۰/۴aA	۳/۶ ± ۰/۱۵aA	۳/۷ ± ۰/۱۱aA	۲/۶ ± ۰/۲۰bA	۲/۷ ± ۰/۱۱bA	۳ ± ۰/۶۰bA	۲/۸ ± ۰/۰۵bA	۲/۸ ± ۰/۲۵bA	۲/۸ ± ۰/۱۷bA
	NO3	۱۲۹/۷ ± ۴/۴aA	۱۳۹/۶ ± ۱۸/۶aA	۸۰/۲۸ ± ۸/۲۴bA	۷۴/۸۳ ± ۱۴/۷۱bA	۷۷/۷۳ ± ۴/۴۸bA	۸۶/۶ ± ۳/۲bA	۷۹/۱۶ ± ۱/۱۸bA	۸۶/۶۶ ± ۵/۲۲bA	۸۰/۲۶ ± ۴/۰۰bA	۸۶/۲۴ ± ۳/۹۴bA
	NH3	۳/۷ ± ۰/۶۸aA	۴/۱ ± ۱/۱۵aA	۲/۹ ± ۰/۱۰bA	۳/۲ ± ۰/۱۰bA	۲/۹ ± ۰/۱۵bA	۳/۱ ± ۰/۱۵bA	۳/۷ ± ۰/۱۵bA	۳/۲ ± ۰/۳۲bA	۳/۱ ± ۰/۱۷bA	۳/۴ ± ۰/۱۰bA
آب بعد از تصفیه	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	۰/۱۱ ± ۰/۰۰ bB	۰/۰۷ ± ۰/۰۰ bB	۰/۰۸ ± ۰/۰۰ bB	۰/۰۴ ± ۰/۰۰ bB	۰/۰۶ ± ۰/۰۰ bB
	NO3	۱۳۰/۶۶ ± ۰/۰۵aB	۱۳۴ ± ۱۹/۶۹aB	۵۶/۲ ± ۸/۰۶bB	۵۹/۵ ± ۷/۶۱bB	۴۰/۱۸ ± ۰/۸۶cB	۴۰/۸ ± ۰/۹۲cB	۴۰/۳۶ ± ۰/۵۷cB	۴۰/۵۵ ± ۰/۸۳cB	۴۰/۴ ± ۰/۴۰cB	۴۰/۳ ± ۰/۵۱cB
	NH3	۳/۶۳ ± ۰/۵۵aB	۴/۰۳ ± ۱/۱۵aB	۰/۶۲ ± ۰/۰۲bB	۰/۶۶ ± ۰/۰۰bB	۰/۲۹ ± ۰/۰۴bB	۰/۳۱ ± ۰/۰۴bB	۰/۲۴ ± ۰/۳۰bB	۰/۲۳ ± ۰/۳۰bB	۰/۲۹ ± ۰/۲۱bB	۰/۱۷ ± ۰/۱۹bB

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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-788]

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 کاملا همخوانی داشت. تیمارهایی که دارای فیلتر بودند رشد بسیار بالایی داشتند و تیمارهایی که بدون فیلتر بودند شرد 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 می رسد 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)، نیتریت و نیترات (Falahtkar, 2016). برای ماهی قرمز به ترتیب ۲/۲۰-۱/۵۶، ۴/۳۲ و ۱۰۰۰-۷۵۰ میلی‌گرم بر لیتر گزارش شده است، که در مطالعه حاضر در هفته هشتم در تیمار شاهد آمونیاک از این میزان بیشتر شده و میزان نیتریت 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 (Figueroa 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 می شد (Masser *et al.*, 1999) و هدف استفاده از این محلول، پاکسازی فیلتر از ترکیبات نیتروژنی و توانایی جذب دوباره مواد نیتروژنی می باشد. 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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-788]

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 تاثیر فیلتراسیون بازالت و زئولیت در آکواریوم‌های محتوی تراکم‌های مختلف ماهی نتیجه‌گیری کرد. در بررسی Carroza و همکاران (۲۰۱۲) مقایسه تاثیر زئولیت و کربن فعال را بر حذف آمونیاک مورد مطالعه قرار گرفته است و نتایج بیانگر این مطلب بود که زئولیت در حذف آمونیاک کارآمدتر از کربن فعال بود، اما تحقیق حاضر نشان داد که در تراکم‌های استفاده شده، بازالت مشابه زئولیت عمل کرده است و توانسته است از افزایش آمونیاک و نیتریت جلوگیری کند. در بررسی Benjakul و Morrissey در سال ۱۹۹۷ مسمومیت حاد با آمونیاک در ماهی کپور معمولی و استفاده از زئولیت طبیعی جهت جلوگیری را مورد بررسی قرار دادند و مواد میتروژنی 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 محقیقن دیگر نشان داد که زئولیت 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).Barbos و Bendich حذف آمونیاک توسط زئولیت را در انتقال ماهی‌های زینتی آب شیرین مورد بررسی قرار دادند، که نتایج حاصل نشان داد زئولیت آمونیاک آب را در طی انتقال ماهی قرمز کاهش می‌دهد (Barbosa *et al*., 1999; Bendich, 1989) تاثیر زئولیت، فرمالین و ازدیاد باکتری‌های هوازی را بر غلظت آمونیاک کل مورد بررسی قرار داده و مشاهده نمودند که زئولیت 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 زئولیت به طور چشم گیریکاهش داد. در بررسی اثر زئولیت در حذف آمونیاک نشان دادند که زئولیت 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 می توان این گونه بیان داشت که جایگزینی سنگ آتشفشانی بازالت با زئولیت 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). باتوجه به مطالب گفته شده سنگ بازالت یک جاذب بالقوه برای حذف ترکیبات نیتروژنی از محیط آبی بوده و میزان آن در فرآیند جذب تاثیر دارد و با توجه به نتایج تحقیق حاضر می توان مقدار ۱۰ گرم در لیتر بازالت را به عنوان جایگزین برای ۱۰ گرم در لیتر زئولیت پیشنهاد کرد.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-788]

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 پروری۷۱ – ۷۰.

۲. آقا نباتی، 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). ۲۵ – ۱۱.

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 مداربسته 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 پژو، 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 تاثیر 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 clinoptiolite. 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 hydrolisates 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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-788]

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 onbiofilm 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 carbonmedia 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 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.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-788]

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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-788]

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