



دانشگاه گمرک‌های دریایی و منابع آبی

بهره‌برداری و پرورش آبزیان

جلد هفتم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۷

http://japu.gau.ac.ir

DOI: 10.22069/japu.2019.15105.1440

اثرات تغذیه با سطوح مختلف کرم خاکی (*Eisenia fetida*) بر کیفیت آب مخازن پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

محمد خادمی‌حمیدی^۱، *محمد هرسیج^۲، حجت‌ا... جعفریان^۳ و محمد فرهنگی^۲

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد، شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاوس، گلستان، ایران.

^۲استادیار، گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاوس، گلستان، ایران.

^۳دانشیار، گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاوس، گلستان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۲/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۳/۲۹

چکیده

این آزمایش با هدف تأثیر استفاده از کرم خاکی (*Eisenia fetida*) زنده به‌عنوان مکمل غذایی بر کیفیت آب مخازن پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طراحی شد. ماهیان با میانگین وزنی ۵۸ گرم در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ تیمار و هر یک در ۳ تکرار تقسیم شدند. ماهی قزل‌آلا با سطوح مختلف (شاهد- بدون کرم (صفر درصد)، T1 (۲۵ درصد)، T2 (۵۰ درصد) و T3 (۷۵ درصد)) جیره غذایی از کرم زنده (با احتساب ۵۰ درصد رطوبت) به مدت ۸ هفته در دمای (۱۸ درجه سانتی‌گراد) تغذیه شدند. در پایان آزمایش، فاکتورهای کیفی آب شامل PH (بیش‌ترین شاهد ۷/۹، کم‌ترین تیمار ۳ ۷/۴) DO (بیش‌ترین تیمار ۳ ۷/۸، کم‌ترین شاهد ۶/۷)، TSS، TAN (بیش‌ترین شاهد ۰/۱۶، کم‌ترین تیمار ۳ ۰/۰۵۷)، NO₂⁻ (بیش‌ترین شاهد ۰/۰۵، کم‌ترین تیمار ۳ ۰/۰۱) و NO₃⁻ (بیش‌ترین شاهد ۶/۶، کم‌ترین تیمار ۳ ۳/۳۵) سنجیده شد. مقایسه میانگین‌های به‌دست آمده از این فاکتورها نشان از اختلاف معنی‌دار آماری PH شاهد با دیگر تیمارها، DO و TSS بین همه تیمارهای آزمایشی داشت (P<۰/۰۵). میزان TAN در نمونه‌برداری اول تیمارهای فوق دارای اختلاف معنی‌دار آماری بودند (P<۰/۰۵)، اما این مقدار در نمونه‌برداری آخر نشان‌گر کاهش مقدار TAN و عدم اختلاف آماری معنی‌دار بین تیمار ۲ و تیمار ۳ بود (P>=۰/۰۵). مقایسه NO₂⁻ و NO₃⁻ در نمونه‌برداری‌های متوالی کاهش معنی‌دار آماری بین همه تیمارها، با افزایش میزان کرم در غذا، مشاهده شد (P<۰/۰۵). استفاده از کرم خاکی در سطح ۵۰ درصد بهترین افزایش رشد و کیفیت آب مخازن را داشت.

واژه‌های کلیدی: قزل‌آلای رنگین‌کمان، تغذیه کرم خاکی، کیفیت آب، آمونیاک، نترات

مقدمه

به امر بهره‌برداری حداکثر از منابع معطوف گردد. باید توجه داشت که احداث بی‌رویه و بدون مطالعه این کارگاه‌ها می‌تواند اثرات مخرب زیست‌محیطی را دربرداشته باشد و پساب حاصل از فعالیت این

افزایش جمعیت کره زمین و نیاز به تأمین غذا به‌عنوان یک اصل مهم باعث شده است که توجه مردم

*مسئول مکاتبه: m_harsij80@yahoo.com

در نظر گرفته می‌شود پروتئین است که برای تأمین آمینو اسیدهای ضروری بدن مورد نیاز است (NRC, 2011). محدودیت منابع پروتئینی و آبی در کشور نیز به همراه نیاز مردم به تأمین غذا و تقویت بنیه اقتصادی، محققین را به پا خواسته تا مکمل یا جایگزین مناسبی برای پودر ماهی انتخاب کنند. استفاده بیش از حد از پودر ماهی در غذای آبزیان و سایر حیوانات و از سوی دیگر افزایش فشار بر منابع ماهیان دریایی، سبب افزایش روز افزون قیمت این محصول و کاهش ذخایر شده است. طبق اعلام سازمان خواروبار جهانی از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۰ صید این ماهیان ۶/۵ میلیون تن کاهش داشته است (FAO, 2012).

کرم خاکی به دلیل وجود ترکیبات مناسب اسیدهای پرچرب و اسیدهای آمینه ضروری و وجود امگا-۳ فراوان، به منظور رفع نیازهای تغذیه‌ای انواع آبزیان، مورد توجه قرار گرفت که استفاده از آن را در پرورش دوران نوزادی و لاروی انواع کاربردی شد. صنعت پرورش کرم خاکی با توجه به نقش آن در مدیریت پسماند و تولید انبوه کرم خاکی و استفاده از آن در غذای حیوانات به‌طور قابل ملاحظه‌ای رشد کرده است (ادوارد، ۲۰۰۴؛ سوگبسان و اگومبا، ۲۰۰۸). کرم‌های خاکی را می‌توان با استفاده از مواد آلی و پسماندها به‌طور صنعتی و یا در مقیاس کوچکتر تولید نمود. به واسطه فعالیت کرم‌ها این پسماندها تبدیل به کمپوست شده که محیط مناسبی برای رشد گیاهان محسوب می‌شود. به‌عنوان یک محصول جانبی، کرم‌ها خود قادرند منبع با ارزشی از پروتئین تلقی شده و برای تغذیه حیوانات مورد استفاده قرار گیرند. از نظر ترکیب‌های آمینو اسیدی متیونین، سیستئین، فنیل‌آلانین و تیروزین که اهمیت خاصی در غذای حیوانات دارند، مورد توجه قرار می‌گیرند. از نظر اسیدهای چرب بلند زنجیره، محتوای مواد معدنی و ویتامین‌ها به‌ویژه نیاسین، می‌توانند

کارگاه‌ها باعث تغییر کیفیت آب‌های پذیرنده شود. احداث مزارع باید به دور از هرگونه ضابطه‌ای اضافه شود (سهرابیان و همکاران، ۲۰۰۹). از آنجایی که رسیدن به مقدار معین از تولید ماهی قزل‌آلا در محیط‌های آبی مستلزم مصرف مواد غذایی در مراکز پرورش ماهی بوده، در شرایطی که کارگاه‌ها در فواصل بسیار کوتاه، آب‌های خروجی را بدون هرگونه سیستم تصفیه بیولوژیکی به رودخانه رها سازند، پساب این کارگاه‌ها سبب افت شدید کیفیت آب می‌گردد (نادری‌جلودار و همکاران، ۲۰۰۶). نگرانی‌های موجود به دو عامل مهم وابسته می‌باشد. یکی حداکثر میزان غذای وارد شده به سیستم پرورشی و دیگری ورود این پساب به اکوسیستم‌های پذیرنده می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت که در تغییرات کیفیت آب، تعیین میزان و ویژگی پساب ماهی به‌عنوان دو عنصر کلیدی برای مدیریت مزارع پرورشی، کنترل و بهینه سازی پساب آنها تلقی می‌شود (اوربکاستل و همکاران، ۲۰۰۸). ترکیب شیمیایی فضولات و خصوصیات فیزیکی آن‌ها به ترکیب غذای مورد استفاده و نوع ماهی پرورشی بستگی دارد. علاوه بر مدفوع ماهیان، مواد حل شده از جمله فسفر، کلسیم و همچنین ترکیبات مختلفی که از طریق آبشش‌ها و کلیه ماهیان دفع می‌شود، به‌راحتی در آب قابل حل می‌باشد (کائوشیک، ۱۹۹۸). مشکلات کیفی آب با دو فاکتور فیزیکی و شیمیایی مشخص می‌گردد. از جمله افزایش یا کاهش میزان اکسیژن محلول، غلظت بالای ترکیبات نیتروژنی و سطوح بالایی از هیدروژن سولفید. افزایش یا کاهش اکسیژن محلول موجب تلفات ماهی می‌گردد (کروم و همکاران، ۱۹۸۵). غذای مورد نیاز می‌بایست از خوش خوراکی لازم برخوردار بوده و فاقد ترکیبات ضد غذایی باشد زیرا این ترکیبات مانع از عملکرد مناسب ماهی می‌شوند. اولین ماده مغذی که در ساخت غذا

ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر معیارهای کیفی آب خروجی مخازن بوده است.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار در ۳ تکرار به مدت ۸ هفته در ۱۲ مخزن گرد پلاستیکی ۷۰ لیتری در آزمایشگاه مهندسی آبیان دانشگاه گنبد کاووس انجام شد. در این مدت غذاهای روزانه به میزان حدود ۲ درصد وزن بدن بر اساس وزن ماهی و دمای آب در ۳ وعده (ساعات ۹ صبح، ۱۲ ظهر و ۳ عصر) انجام شد. جهت تخلیه مدفوع و غذای باقی‌مانده تعویض آب به میزان ۲۰ درصد روزانه صورت پذیرفت. نمونه‌برداری جهت آنالیز کیفیت آب دو بار بین ساعت ۸ تا ۱۰ صبح در روزهای بیستم و چهلم آزمایش انجام شد.

ترکیبی مناسب جهت اضافه نمودن به غذای حیوانات به شمار آیند (ادوارد، ۲۰۱۰). گونه *Eisenia foetida* یکی از گونه‌هایی است که از یک سو به دلیل سرعت رشد و نرخ تولید مثل بالا و بلوغ زودرس و از سوی دیگر تراکم‌پذیری بالا در بستر پرورش، کاربرد زیادی در سطح تجاری جهت تولید ورمی کمپوست دارد (ادوارد، ۲۰۱۰). بر اساس مطالعات انجام گرفته این‌گونه حاوی ۶۰-۵۷ درصد پروتئین بوده و دارای پروفیل آمینو اسیدی مناسب به‌خصوص از نظر لایزین به‌عنوان اولین آمینو اسید محدود کننده، می‌باشد (تاکون و همکاران، ۱۹۸۳). همچنین کرم خاکی دارای ۲۰-۸ درصد کربوهیدرات، ۱۰-۷ درصد چربی و ۳-۲ درصد خاکستر می‌باشد (شمسایی و همکاران، ۲۰۱۱).

هدف از انجام این مطالعه، تأثیر جایگزینی کرم خاکی زنده به‌عنوان مکمل غذای تجاری در پرورش

جدول ۱- تیمارهای آزمایشی، تقسیم‌بندی شده براساس نوع تغذیه

تیمارهای آزمایشی	مقدار مصرف کرم خاکی زنده
شاهد	۰ درصد کرم + ۱۰۰ درصد کنسانتره
تیمار ۱	۲۵ درصد کرم + ۷۵ درصد کنسانتره
تیمار ۲	۵۰ درصد کرم + ۵۰ درصد کنسانتره
تیمار ۳	۷۵ درصد کرم + ۲۵ درصد کنسانتره

تغییرات معیارهای کیفی آب و نیز تعیین آلاینده‌های ناشی از پسماندهای ماهیان پرورشی بر کیفیت آب، فاکتورهایی از قبیل نیتريت، نترات و آمونیاک بین آب ورودی و خروجی (در زمان‌های اشاره شده، از اردیبهشت‌ماه تا خرداد ۱۳۹۶) با دستگاه Palintest-7500 ساخت کشور انگلستان اندازه‌گیری شد.

تعویض آب مخازن بعد از سیفون کردن به میزان ۲۰ درصد روزانه انجام می‌شد. نمونه‌های آب در ظروف پلاستیکی درب‌دار در دمای ۴ درجه

۱۲۰ قطعه ماهی با میانگین وزن اولیه ۵۸ گرم در ۱۲ مخزن با حجم آبگیری ۵۰ لیتر ذخیره‌سازی شدند. آب هر مخزن از آب چاه تأمین و در تمام مدت هوادهی به صورت می‌گرفت. در طی این آزمایش پارامترهای کیفی آب شامل دما (۱۸ درجه سانتیگراد)، اکسیژن (۶ میلی گرم در لیتر) و پی‌اچ (۷/۵) به صورت روزانه با دستگاه پرتابل HANA مدل HI83200 سنجیده و کنترل می‌شد. به‌منظور مطالعه معیارهای کیفی آب و تأثیر عملیات پرورش ماهی بر

شاپیروویلیک، برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون واریانس یک طرفه (One way ANOVA) و برای تعیین اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها از آزمون چند دامنه ال اس دی (LSD) در سطح اطمینان ۹۵ درصد ($P < 0/05$) استفاده شد.

نتایج

نتایج این بررسی نشان داد که معیارهای کیفی آب در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری از سطوح متفاوتی برخوردار بودند و این اختلاف کاملاً مشهود و در برخی از موارد نیز از نظر آماری معنی‌دار بود ($P < 0/05$). بازماندگی نیز بین تمامی تیمارها یکسان و معادل ۱۰۰ درصد بود.

جهت تکمیل اطلاعات نتایج عملکرد رشد در جدول ۲ نشان داده شده است. وزن اولیه بین تیمارهای آزمایشی تفاوت آماری نداشت ($P > 0/05$)، اما مقایسه میانگین‌های به‌دست آمده از وزن نهایی نشان از اختلاف معنی‌دار آماری بین تیمارهای آزمایشی بود ($P < 0/05$). به‌طوری‌که بیشترین مقدار آن در تیمار ۲ با مصرف ۵۰ درصد کرم ($0/69 \pm$) ۱۰۹/۲۴ گرم) و کمترین آن در تیمار شاهد بدون مصرف کرم ($1/21 \pm 89/02$ گرم) به‌دست آمد.

سانتی‌گراد برای اندازه‌گیری فاکتورهای فیزیوشیمیایی موجود در آب به آزمایشگاه انتقال داده شد. جمع‌آوری نمونه‌های آب در تمامی زمان‌های نمونه‌برداری تحت شرایط یکسان غذایی، بعد از غذاهای اول (استیوارت و همکاران، ۲۰۰۶) و عموماً در ساعات ۸ تا ۱۰ صبح صورت می‌گرفت (بوآنچورا و همکاران، ۱۹۹۷) دمای هوا و آب ورودی و خروجی به‌وسیله دماسنج شیشه‌ای در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری می‌شد. اسیدیته با استفاده از PH متر مدل ۸۲۷ بلافاصله پس از کالیبره شدن اندازه‌گیری می‌شد (ژا و همکاران، ۲۰۰۸). میزان TSS (جامدات معلق کل) با استفاده از فیلتر کردن سه لیتر از نمونه آب از روی کاغذ صافی با چشمه ۰/۴۵ میکرون انجام شد (نوردوارگ و جوهانسون ۲۰۰۲). مقادیر غلظت‌های اکسیژن محلول (DO) با استفاده از دستگاه پورتابل مدل HI83200 ساخت شرکت هانا، آمونیاک (NH_3)، نیترات (NO_3^-) و نیتريت (NO_2^-) نیز با استفاده از دستگاه فتومتر پالین‌تست ۷۵۰۰ ساخت کشور انگلستان انجام شد (مموچی و همکاران، ۲۰۰۲).

داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS-16 مورد بررسی قرار گرفت. به‌این منظور برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون

جدول ۲- عملکرد رشد و بقاء قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) تغذیه‌شده با سطوح مختلف کرم خاکی پس از ۸ هفته غذایی

شاهد	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳
وزن اولیه (g)	۵۷/۸۴±۰/۳۳	۵۷/۲۸±۰/۲۷	۵۷/۴۴±۰/۳۳
وزن نهایی (g)	۱۰۰/۵۹±۱/۲۵ ^c	۱۰۹/۲۴±۰/۶۹ ^a	۱۰۴/۲۹±۰/۷۴ ^b
ضریب تبدیل غذایی	۱/۵۲±۰/۰۴ ^c	۱/۵۰±۰/۰۱ ^c	۱/۹۵±۰/۰۳ ^a
بازماندگی (درصد)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

حروف انگلیسی غیر مشابه در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها است ($P < 0/05$).

نمونه‌برداری‌های اول تا چهارم میزان اکسیژن خروجی افزایش داشت. تأثیر فعالیت‌های پرورش ماهی بر PH

دمای آب در طول دوره ثابت بود. نتایج حاصل از این مطالعه با توجه به جداول ذیل، در

و مواد معلق کل در تیمار ۳ مشاهده شد. عکس حالات فوق در تیمار شاهد مشاهده شد. به عبارتی کمترین اکسیژن و بیشترین غلظت آمونیاک کل، نیتريت، نیترات و مواد معلق کل در تیمار شاهد اتفاق افتاد ($P < 0/05$).

آب، میزان جامدات کل معلق موجود (TSS)، مقادیر غلظت‌های آمونیاک (NH_3)، نیتريت و نیترات معنی‌دار بوده و طی تمامی نمونه‌برداری‌ها در پساب نسبت به آب ورودی افزایش یافت. در نمونه‌برداری اول، بیشترین میزان اکسیژن خروجی، کمترین غلظت آمونیاک کل، نیتريت، نیترات

جدول ۳- آنالیز تغییرات معیارهای کیفی آب خروجی مخازن پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) روز بیستم (انحراف معیار \pm میانگین)

پارامتر (mg/l)	شاهد	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳
PH	$7/9 \pm 0/08^a$	$7/5 \pm 0/05^{bc}$	$7/6 \pm 0/06^{bc}$	$7/4 \pm 0/06^{bc}$
DO	$6/7 \pm 0/06^d$	$6/9 \pm 0/05^c$	$7/01 \pm 0/04^b$	$7/8 \pm 0/04^a$
TSS	$12/3 \pm 0/14^a$	$10/6 \pm 0/23^b$	$10/00 \pm 0/28^c$	$8/00 \pm 0/05^d$
TAN	$0/16 \pm 0/005^a$	$0/10 \pm 0/003^b$	$0/07 \pm 0/003^c$	$0/057 \pm 0/005^d$
NO_2^-	$0/05 \pm 0/000^a$	$0/037 \pm 0/000^b$	$0/03 \pm 0/001^c$	$0/01 \pm 0/001^d$
NO_3^-	$6/6 \pm 0/005^a$	$5/4 \pm 0/005^b$	$4/3 \pm 0/013^c$	$3/35 \pm 0/17^d$

حروف انگلیسی غیر مشابه در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها است ($P < 0/05$).

ادامه داشت. این موضوع در جدول ۴ که نمونه‌برداری در سایر روزها نیز همانند اولین دوره نمونه‌برداری

روند تغییرات در فاکتورهای کیفی آب موردنظر در سایر روزها نیز همانند اولین دوره نمونه‌برداری

جدول ۴- آنالیز تغییرات معیارهای کیفی آب خروجی مخازن پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) روز چهلم (انحراف معیار \pm میانگین)

پارامتر (mg/l)	شاهد	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳
PH	$6/8 \pm 0/04^d$	$7/0 \pm 0/05^{bc}$	$7/2 \pm 0/06^{bc}$	$7/5 \pm 0/03^a$
DO	$6/0 \pm 0/13^d$	$6/6 \pm 0/04^{bc}$	$6/61 \pm 0/01^{bc}$	$7/3 \pm 0/2^a$
TSS	$13/2 \pm 0/08^a$	$11/8 \pm 0/03^b$	$10/65 \pm 0/21^c$	$8/9 \pm 0/15^d$
TAN	$0/09 \pm 0/005^a$	$0/06 \pm 0/008^b$	$0/04 \pm 0/005^{cd}$	$0/03 \pm 0/004^{cd}$
NO_2^-	$0/08 \pm 0/01^a$	$0/06 \pm 0/000^b$	$0/04 \pm 0/003^c$	$0/01 \pm 0/001^d$
NO_3^-	$7/6 \pm 0/005^a$	$6/4 \pm 0/005^b$	$5/35 \pm 0/017^c$	$3/95 \pm 0/17^d$

حروف انگلیسی غیر مشابه در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها است ($P < 0/05$).

خروجی نسبت به آب ذخیره اکسیژن بیشتری داشت، این بدان علت بوده که در هر مخزن از دو سنگ هوا به‌منظور هوادهی استفاده می‌شد. اما نمونه‌برداری‌ها، آب خروجی به‌ترتیب تیمار ۳، تیمار ۲ و تیمار ۱ و

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه میزان اکسیژن محلول در آب در تمامی نمونه‌برداری‌ها تغییرات معنی‌داری را نشان داد ($P < 0/05$). به‌طوری‌که در نمونه‌برداری‌ها آب

ذرات ریز و حل شدن در توده آب موجب تداوم کیفیت آب می‌گردد (شرم و بهوخار، ۲۰۰۰).

در جریان پرورش آبزیان، افزایش بار مواد آلی آب اجتناب ناپذیر است مگر این که از طریق تعویض آب یا استفاده از مواد شیمیایی از این امر جلوگیری شود که این مهم خود آسیب به منابع آبی می‌رساند (دوراجا و همکاران ۲۰۱۳). PH آب از دیگر معیارهای بسیار مهم کیفی آب بوده که تأثیرات مستقیم به واسطه غلظت یون اسیدی یا بازی و غیرمستقیم از طریق انحلال مواد سمی در آب و یا تبدیل کیفی مواد، مانند تبدیل آمونیوم به آمونیاک بر محیط آبی و موجودات آبی دارد (نادری‌جلودار و همکاران، ۲۰۰۶) نتیجه مطالعه حاضر نشان داد میزان PH افزایش معنی‌داری داشت. اما با این حال، این تغییرات، ناچیز بوده و تأثیر محسوسی بر کیفیت آب و ماهی نخواهد داشت.

در این مطالعه اختلاف میان مقدار کل جامدات معلق (TSS) موجود در تیمار ۱ (شاهد) و بقیه تیمارها از نظر آماری معنی‌دار بوده و از شاهد به تیمار ۴ کاهش داشته است که هم‌راستا با گزارشات میلارد و همکاران (۲۰۰۵) و میلدن و ردینگ (۱۹۹۸) بوده است. آن‌ها دلیل این امر را به این صورت بیان کردند که آب تازه مورد استفاده، آلوده شده و مواد معلق موجود در آن که همان مواد دفعی، غذاهای خورده نشده و دیگر ترکیبات می‌باشد، افزایش می‌یابد. افزایش TSS آب در زمان‌های غذاهای همراه با تهاجم و تحرک ماهیان، برداشت ماهی، تمیزسازی مخزن و دیگر فعالیت‌ها بیشتر می‌شود. نتیجه حاصل بیانگر این بود که بالا رفتن میزان TSS با افزایش میزان غلظت‌های آمونیاک، نیترات و نیتريت همراه بود که هم‌سو با مطالعات بسیاری از محققین می‌باشد (مموچی و همکاران، ۲۰۰۲؛ نادری‌جلودار و

شاهد بالاترین تا کمترین اکسیژن محلول را نشان داد. همچنین، غذای کنسانتره قابلیت حل شدن بیشتری در آب دارد که خود باعث افزایش جمعیت باکتری‌ها می‌گردد. علاوه بر دمای آب و اثر آن بر میزان فعالیت باکتری‌ها از دیگر عوامل کاهش غلظت اکسیژن، می‌توان به افزایش بیوماس ماهی و بیشتر شدن فعالیت متابولیسمی و تولید محصولات جانبی اشاره نمود. این نتایج در تحقیقات محققین دیگری نیز گزارش گردید (بواونچورا و همکاران، ۱۹۹۷؛ پولاتسو و همکاران، ۲۰۰۴؛ مس دانیل و همکاران، ۲۰۰۵). میزان اکسیژن موجود در آب با افزایش بیوماس ماهی در اثر مصرف اکسیژن توسط ماهی و همچنین شرکت در برخی واکنش‌های تجزیه‌ای، در قسمت خروجی کاهش می‌یابد. تغذیه ماهیان و پس از آن هضم غذا موجب افزایش نرخ مصرف اکسیژن آب توسط ماهیان تا ۵۰ درصد و حتی بیشتر نیز می‌شود (ودمیر، ۱۹۹۶). در راستای این مطالعه بررسی تیمار ۱ (شاهد) که کاملاً از غذای تجاری تغذیه می‌شدند هم‌سو بود، با اضافه نمودن کرم خاکی زنده به غذای ماهیان تا حد قابل توجهی موجب اصلاح این اتفاق گردید.

در استخرهای پرورشی، کیفیت آب با اثر متقابل بسیاری از فاکتورها کنترل می‌گردد. وقتی اکسیژن در یک مزرعه پرورش ماهی برای یک گونه خاص محدود کننده باشد، نگرانی جدیدی در رابطه با کیفیت آب، دفع تولیدات متابولیکی از جمله آمونیاک، آمونیوم و اوره تلقی می‌گردد (کولت و آرمسترونگ، ۱۹۸۱؛ برقیم و همکاران، ۱۹۹۱؛ تاناکا و کادوواکی، ۱۹۹۵؛ مرینو و همکاران، ۲۰۰۷). غذای تجاری که از ترکیب چند نوع ماده تشکیل شده و به راحتی در آب حل می‌گردد، بروز آلودگی و کاهش کیفیت آب را در پی خواهد داشت که در مطالعه حاضر این نتیجه مشهود بوده است. کرم خاکی به دلیل عدم تبدیل به

باعث بهبود عملکرد رشد می‌شود. در مقابل، مطالعه دیگری که روی جایگزینی پودر کرم خاکی در غذای کپور معمولی صورت گرفت، نشان داد که جایگزینی ۷۰ درصد از پودر ماهی با پودر کرم خاکی به‌طور معنی‌داری بهترین عملکرد رشد را به‌همراه داشته است (توان و همکاران، ۲۰۱۵). ضریب تبدیلی غذایی یکی از مهمترین فاکتورهای تغذیه‌ای می‌باشد که نشان از مقدار مصرف غذا در برابر افزایش وزن در طول دوره آزمایش است. در این تحقیق نیز استفاده از کرم خاکی به‌میزان ۲۵ و ۵۰ درصد منجر به کاهش ضریب تبدیلی غذایی نسبت به تیمار شاهد شد. کاهش ضریب تبدیلی غذایی کاهش تولید مدفوع و ترشحات آمونیاکی را به‌دنبال خواهد داشت که نهایتاً بهبود کیفیت آب خروجی را نسبت به سایر تیمارها را نیز منجر می‌شود. کاهش آمونیاک تولیدی کاهش تولید نیتريت و سپس نیترات را به‌دنبال دارد. چرا که طی پدیده نیتریفیکاسیون، آمونیاک ابتدا تبدیل به نیتريت شده و در ادامه روند این عمل، تبدیل به نیترات می‌گردد. ترکیبات نیترات از جمله عوامل آلاینده منابع آبی (مخصوصاً آب‌های زیرزمینی) محسوب می‌شود که در سال‌های اخیر به لحاظ گسترش کشاورزی و فعالیت‌های انسانی میزان متوسط آن‌ها رو به افزایش است (یوسفی و همکاران ۲۰۰۳). این یون جزو ترکیبات معدنی نیتروژن است و آخرین مرحله اکسیداسیون آمونیاک و نیتروژن حاصله از مواد آلی به شمار می‌آید (آیمندی و همکاران، ۲۰۰۰). از جداول ۳ و ۴ نیز این موضوع پیداست.

اکثر محققین استفاده زیاد از کرم خاکی را به‌دلیل داشتن مایع سلومیک، به‌عنوان جایگزین پودر ماهی در جیره غذایی ماهیان جایز ندانسته‌اند. در تقابل با نظر بالا نتایج پژوهش (سلیمانی و همکاران، ۲۰۱۵) که نشان داد استفاده از پودر کرم خاکی در سطوح ۱۰ و

همکاران، ۲۰۰۶؛ کرکاجائیک و همکاران، ۲۰۰۹؛ رحیمی‌بشر و همکاران، ۲۰۱۲).

در این مطالعه در نمونه‌برداری‌ها، مقدار آمونیاک کل (TAN) از شاهد به تیمار ۴ به‌طور معنی‌داری افزایش نشان داد. در یک سیستم پرورشی متراکم، سمیت ترکیبات نیتروژنی دفع شده اغلب یک فاکتور محدود کننده محسوب می‌شود (برادفیلد، ۱۹۸۵)، که یکی از اهداف ما برای جایگزینی کرم خاکی به جای غذای تجاری کم کردن آلودگی موجود می‌باشد. دفع ترکیبات نیتروژنی توسط ماهی پرورشی و تجزیه کننده‌های میکروبی مواد آلی از باقی مانده از غذا، منبع اصلی تولید آمونیاک، نیترات، نیتريت، فسفات و دیگر مواد معدنی است (نئوری و همکاران، ۱۹۸۹؛ حال و همکاران، ۱۹۹۲). فرآیند دفع ترکیبات نیتروژنی در ماهی نتیجه پاسخ سریع نسبت به هضم غذا است که از کل این ترکیبات حدود ۷۰-۹۰ درصد آن به‌صورت نیتروژن دفع می‌گردد. دفع آمونیاک نتیجه متابولیسم پروتئین هضم شده موجود در غذاست، که نرخ دفع با توجه به میزان نیتروژن هضم شده، دما و گونه ماهی تعیین می‌شود (لاید و براتن، ۱۹۸۴؛ رامنارین و همکاران، ۱۹۸۷). علت کاهش میزان آمونیاک کل با گذشت زمان در نمونه‌برداری‌ها، شکل‌گیری باکتری‌های نیتریفایر بوده که عمل تبدیل آمونیاک را به نیترات (عمل نیتریفیکاسیون) انجام می‌دهند (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۸). هر چند که با گذشت زمان، وزن ماهیان بیشتر شده و میزان غذای مصرفی نیز افزایش داشته است.

تفاوت بین تیمارها در هر زمان، ناشی از تغذیه ماهیان با کرم خاکی بهبود هضم و جذب پروتئین و عملکرد رشد را در پی داشت. مطالعاتی که در زمینه استفاده از گونه *E. foetida* در غذای گربه ماهی آفریقایی (ددکه و همکاران، ۲۰۱۳) صورت گرفت حاکی از آن است که استفاده از آن در سطوح پایین

این‌که کرم‌های خاکی در فضولات دامی پرورش داده می‌شوند، عمدتاً دارای آلودگی‌های باکتریایی یا قارچی هستند که باعث انتقال بیماری به ماهیان یا تخریب کیفیت آب می‌گردند. در پیش‌آزمایش این تحقیق، صراحتاً مطلب فوق مورد تأیید قرار گرفت. برای جلوگیری از این مشکل و شیوع بیماری‌های باکتریایی برای ماهیان، بهتر است قبل از استفاده از کرم خاکی، کرم‌ها حمام نمک ۲ درصد داده شوند. در صورت نیاز پس از حمام نمک، با کاهو تغذیه شوند. همچنین لازم است قبل از تغذیه ماهیان، کرم‌ها مدت ۲۴ ساعت در یخچال نگهداری شوند تا محتویات گوارشی آنان تخلیه شود.

۲۰ درصد جایگزینی باعث بهبود شاخص‌های رشد تاسماهی سبیری می‌شود.

رهیافت ترویجی

به‌هرحال، در آزمایش حاضر، هرچند که با افزایش درصد کرم خاکی در جیره غذایی، بهبود کیفیت آب را به‌دنبال داشته است اما با توجه به نتایج عملکرد رشد (جدول ۲)، بهترین تیمار تیمار ۲ شناخته شد (جیره حاوی ۵۰ درصد کرم خاکی). آنچه در پرورش ماهی اهمیت دارد صرفه اقتصادی مناسب است که در این تیمار نسبت به شاهد و سایرین هم میزان رشد بالاتری داشته و هم ضریب تبدیل غذایی مناسبی داشته است. علاوه‌بر آن، نسبت به تیمار شاهد، به‌طور قابل ملاحظه‌ای کیفیت آب بهتری داشته است. به‌دلیل

منابع

1. Aymandl, K.A., Farshad, A.A., Myrbdallh, L., [The trend of increasing nitrate concentrations in gro-undwater wells West of Tehran]. Iran J Pub Health 2000; 4: 196-102. (In Persian)
2. Bergheim, A., Aabel, J.P., and Seymour, E.A. 1991. Past and present approaches to aquaculture waste management in Norwegian net pen culture operations. In: Cowey, C.B., Cho, C.Y. (Eds.), Nutritional Strategies and Aquaculture Waste. Proceedings of the 1st International Symposium on Nutritional Strategies in Management of Aquaculture Waste. University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada, Pp: 117-136.
3. Boaventura, R., Pedro, A.M., Coimbra, J., and Lencastre, E. 1997. Trout farm effluents: characterization and impact on the receiving streams. Environmental Pollution, 95(3): 379-387.
4. Bradfield, A.E. 1985. Laboratory studies of energy budgets. In: Tytler, P., and Calow, P. (Eds.). Fish Energetic: New Perspective. John Hopkins University Press. Pp: 257-281.
5. Colt J., and Armstrong, D. 1981. Nitrogen toxicity to fish, crustaceans and mollusks. In: Allen J., Kiney E. (Eds.). Proceeding of the bio-Engineering Symposium for the fish culture. Fish culture Section, American Fisheries Society, Bethesda, MD, USA. pp: 34-47.
6. Dedeke, G., Owa, S., Olurin, K., Akinfe, A., and Awotedu, O. 2013. Partial replacement of fish meal by earthworm meal (*Libyodrilus violaceus*) in diets for African catfish, *Clarias gariepinus*. International Journal of Fisheries and Aquaculture. 5: 229-233.
7. Edwards, C.A. 2004. Earthworm Ecology: the Use of Earthworms in the Breakdown of Organic Wastes to Produce Vermicomposts and Animal Feed Protein. 2nd edition. CRC Press. 448p.
8. Edwards, C.A., Arancon, N.Q., and Sherman, R.L. 2010. Vermiculture Technology; Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management, CRC press. 578p.

9. Hall, P.O.J., Holby, O., Kollberg, S., and Samuelsson, M.O. 1992. Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. 4. Nitrogen. Marine Ecology Progress Series, 89(1): 81–91.
10. Jha, P., Barat, S., and Nayak, C.R. 2008. Fish production, water quality and bacteriological parameters of koi carp ponds under live-food and manure based management regimes. Zoological Research, 29: 165-173.
11. Kaushik, S.J. 1998. Nutritional bioenergetics and estimation of waste production in non salmonids. Aquatic Living Resource, 11: 211–217.
12. Kirkajaic, M.U., Pulatsu, S., and Topcu, A. 2009. Trout farm effluent effects on water sediment quality and benthos. Clean Soil Air Water, 37: 386–391.
13. Krom, M.D., Porter, C., and Gordin, H. 1985. Nutrient budget of a marine fish pond in Eilat, Israel. Aquaculture, 51(1): 65–80.
14. Lied, E., and Braaten, B. 1984. The effect of feeding and starving, and different ratios of protein energy to total energy in the feed on the excretion of ammonia in Atlantic cod (*Gadus morhua*). Comparative Biochemistry and Physiology, 78: 49-52.
15. Maillard, V.M., Boardman, G.D., Nyland, J.E., and Kuhn, D.D. 2005. Water quality and sludge characterization at raceway-system trout farms. Aquacultural Engineering, 33: 271–284.
16. McDaniel, N.K., Sugiura, S.H., Kehler, T., Fletcher, J.W., Coloso, R.M., Weis, P., Ronaldo, P., and Ferraris, R.P. 2005. Dissolved oxygen and dietary phosphorus modulate utilization and effluent partitioning of phosphorus in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) aquaculture. Environmental Pollution, 138: 350-357.
17. Merino, G.E., Piedrahita, R.H., and Conklin, D.E. 2007. Ammonia and urea excretion rates of California halibut (*Paralichthys californicus*, Ayres) under farm-like conditions. Aquaculture, 271: 227-243.
18. Milden, A., and Redding, T. 1998. Environmental Management for Aquaculture. Chapman and Hall Aquaculture Series 2. Chapman and Hall, London, Weinheim. New York, Philadelphia. 223p.
19. Mmochi, A.J., Dubi, A.M., Mamboya, F.A., and Mwandya, A.W. 2002. Effects of Fish Culture on Water Quality of an Integrated Mariculture Pond System. Western Indian Ocean Journal Marine Science, 1: 53-56.
20. Naderijlodar, M., EsmailiSari, A., Ahmadi, M.R., SeifAbadi, C.J., and Abdoli, A. 2006. Pollution of rainbow trout fish shop on the Haraz river water quality parameters. Journal of Environmental Sciences, 3: 21-26. (In Persian)
21. Neori, A., Krom, M.D., Cohen, I., and Cohen, H. 1989. Water quality conditions and particulate chlorophyll a of new intensive seawater fishponds in Eilat, Israel: Daily and diel variations. Aquaculture, 80: 63-78.
22. Nordvarg, L., and Johansson, T. 2002. The effects of fish farm effluents on the water quality in the land archipelago, Baltic Sea. Aquacultural Engineering. 25: 253– 279.
23. NRC. (2011). Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. The National Academic Press, Washington, DC, USA. 392p.
24. Orbcastel, E.R., Blancheton, J.P., Boujard, T., Aubin, J., Moutounet, Y., Przybyla, C., and Belaud, A. 2008. Comparison of two methods for evaluating waste of a flow through trout farm. Aquaculture, 274: 72-79.
25. Rahimibashar, M.R., Alipoor, V., and Issazade, K. 2012. Environment effects of fish culture pond on chemical factors and water quality in the Shenrod River (North of Iran). Iranian Journal of Fisheries, 8: 358-363. (In Persian)
26. Ramnarine, I.W., Pirie, J.M., Johnstone, A.D.F., and Smith, G.W. 1987. The influence of ration size and feeding frequency on ammonia excretion by juvenile Atlantic cod, *Gadus morhua* L. Journal of Fish Biology, 31: 545-559.
27. Rezvani, A., Mojazi Amiri, B., Manouchehri, H., Abadian, R. 2011.

- Measurement of gonadal development of *Astronotus ocellatus* (Cuvier, 1829) as a result of feeding earthworm (*Eisenia foetida*). International Journal of research in Fisheries and Aquaculture. 1(1): 11-13.
28. Shamsaei Mehrjan, M., and Amini, Sh. 2011. Producing possibility of earth worm (*Eisenia foetida*) in warm water fish farms in order to apply in common carp feeding. Journal of Fisheries, 5(3): 109-117. (In Persian)
 29. Sogbesan, A., and Ugwumba, A. 2008. Nutritional values of some non-conventional animal protein feedstuffs used as fishmeal supplement in aquaculture practices in Nigeria. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences., 8: 159-164.
 30. Sohrabian, B., Javid, A.H., Avazpoor, M., and Sadooghi, Z. 2009. Effluent quality in fish ponds and its impact on the cabbage juice indicator acceptor using NSF. Twelfth National Conference on Environmental Health, Tehran, Iran, Pp: 1737-1726. (In Persian)
 31. Solimani, M., Sajadi, M., and Falahatkar, B. 2015. Replacment of fish powder with earthworm powder in diets of Siberian daisies and its effect on growth performance, food efficiency and carcass composition. Journal homepage: <http://jae.hormozgan.ac.ir>; 5(3): 21-30 (In Persian)
 32. Stewart, N.T., Boardman, G.D., and Helfrich, L.A. 2006. Treatment of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) raceway effluent using baffled sedimentation and artificial substrates. Aquacultural Engineering, 35: 166-178.
 33. Tacon, A., Stafford, E., Edwards, C. 1983. A preliminary investigation of the nutritive value of three terrestrial lumbricid worms for rainbow trout. Aquaculture. 35: 187-199.
 34. Tanaka, Y., and Kadowaki, S. 1995. Kinetics of Nitrogen Excretion by Cultured Flounder *Paralichthys olivaceus*. Journal of the World Aquaculture Society, 26: 188-193.
 35. Tuan, N.N., Pucher, J., Becker, K., and Focken, U. 2015. Earthworm powder as an alternative protein source in diets for common carp (*Cyprinus carpio* L.). Aquaculture Research doi:10.1111/are.12743.
 36. Wedemeyer, G.A. 1996. Physiology of Fish in Intensive Culture System. International Thompson Publishing, New York. 260p.
 37. Yousefi, Z., and Ghomian, M. [Evaluation of groundwater nitrate Litkoh Amol down the street in the winter of 2003]. J Pub Health 2003; 5: 451-8. (Persian)
 38. Zhang, E., Wang, B., Wang, Q., Zhang, S., and Zhao, B. 2008. Ammonia-nitrogen and orthophosphate removal by immobilized *Scenedesmus* sp. isolated from municipal wastewater for potential use in tertiary treatment. Bioresource Technology, 99(9): 3787-3793.