# کارآیی روند رشدکرم پرتار *Marphysa sanguinea* با تغذیه از مواد ارگانیک حاصل از پرورش ماهیان وکاهش بار آلودگی ناشی از آن در سیستم نیمه مدار بسته

**حسین پرندآور*[۱]، چانگ هون کیم[۲]**

۱- مؤسسه تحقیقات بین المللی تاسماهیان دریای خزر، رشت، ایران، صندوق پستی: ۳۴۶۴-۴۱۶۳۵

۲- گروه بیولوژی شیلات، دانشکده علوم شیلاتی، دانشگاه پوکیانگ، بوسان، کره جنوبی

تاریخ دریافت: ۸ اردیبهشت ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: ۱۰ شهریور ۱۳۹۳

**چکیده**

به‌منظور بررسی بهبود کیفیت آب و کارآیی روند رشد کرم‌های پرتار *Marphysa sanguinea* دو گروه آزمایشی به مدت ۱۴ هفته در مرکز تکنولوژی و علوم شیلاتی دانشگاه ملی پوکیانگ کره جنوبی که در تانک‌های دارای رسوب با تأمین آب از تانک‌های پرورش ماهی فلاندر *(Paralichthys olivaceus)* در سیستم نیمه مدار بسته انجام گرفت. در پایان اختلاف معنی‌داری در روند رشد ماهیان در هر گروه آزمایشی مشاهده نشد (P>۰/۰۵). در گروه اول با کلاسه وزنی زیر ۰/۵ گرم، در میان تیمارها، بیش‌ترین مقدار برداشت کرم به میزان $g/m^2$ ۷۰۴/۵ از تیمار ۲ (۲۰۰۰ عدد در مترمربع) صورت گرفت. بیش‌ترین راندمان حذف TN با ۴۸٪ به تیمار دوم، TP با ۴۵٪ به تیمار سوم، TSS با ۷۸٪ به تیمار دوم و COD با ۱۷٪ به تیمار سوم و $NH_3$ با ۳۱٪ به تیمار سوم تعلق داشت. در گروه دوم با کلاسه وزنی بین ۰/۶ تا ۱/۵ گرم، در میان تیمارها، بیش‌ترین مقدار برداشت کرم به میزان $g/m^2$ ۸۳۲ از تیمار ۲ (۱۰۰۰ عدد در مترمربع) صورت گرفت. بیش‌ترین راندمان حذف TN با ۶۳٪ به تیمار دوم، TP با ۴۳٪ به تیمار سوم، TSS با ۷۶٪ به تیمار دوم و COD با ۲۱٪ به تیمار سوم و $NH_3$ با ۳۷٪ به تیمار دوم تعلق داشت. نتایج نشان داد که کرم پرتار مارفیسا سانگوئینا با تراکم ۴۰۰۰ عدد در مترمربع در کلاسه‌های وزنی زیر ۰/۵ گرم و با تراکم ۱۰۰۰ عدد در مترمربع در کلاسه‌های وزنی ۱/۵-۰/۶ گرم گونه بسیار مناسب برای آبزی‌پروری یکپارچه و چرخش مواد مغذی به منظور حذف و یا کاهش مواد آلی و غیر آلی در سیستم پرورش ماهی نیمه مدار بسته محسوب می‌گردد.

**کلمات کلیدی:** کارآیی رشد،کرم پرتار، سیستم نیمه مدار بسته، مواد آلی، کاهش آلودگی.

* عهده‌دار مکاتبات (✉). h_ parand@yahoo.com

## مقدمه

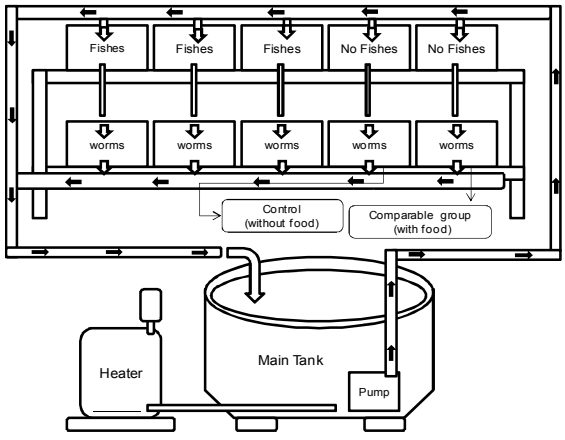
آبزی‌پروری یک صنعت مهم تجاری است که در سراسر جهان در طی سال‌های اخیر به سرعت در حال رشد است. در سال ۲۰۱۲ میزان ماهی صید شده و پرورشی در کل جهان چیزی در حدود ۱۵۴ میلیون تن بود که به مقدار ۴۴/۳ میلیون تن (۲۸/۸ ٪) از آن را آبزی‌پروری داخلی به خود اختصاص داد. هر چند توسعه آبزی‌پروری توانسته کمک شایانی در تأمین بخشی از پروتئین مورد نیاز بشر داشته باشد، اما این توسعه نگرانی‌هایی را هم بدنبال داشته است که تا حدی به تولید مقدار زیادی از پسآب‌های آلی تولید شده به صورت غذای خورده نشده و مواد دفعی مربوط می‌گردد. از طرفی هم، غنی‌سازی آب سواحل خلیج‌ها و مصب‌ها که در اثر تجمع مواد مغذی غیرآلی مانند نیتروژن و فسفر حاصل می‌شوند از دیگر مسائل محیط زیستی است که انتظار می‌رود با توسعه سواحل تشدید پیدا کند (Nixon, 1995).

امروزه افزایش باروری و کمتر شدن اثرات محیطی در یک زمان به عنوان یکی از مهم‌ترین مسایل برای توسعه پایدار درآبزی‌پروری در نظر گرفته می‌شود (Honda and Kikuchi, 2002). محققین زیادی در جهان جهت توسعه تکنولوژی‌های جدید برای کاهش ردپای زیست‌محیطی درگیر هستند (Crab *et al*., 2007) که عمدتاً بر روی بهبود کیفیت آب و استفاده بهینه از آب خروجی با استفاده از موجودات زنده در آبزی‌پروری متمرکز شده‌اند. تعدادی از محققین معتقدند که کرم‌های پرتار نقش مهمی در چرخش مواد مغذی و حفظ و تقویت محیط اعماق دریاها دارند (Hutchings, 1998). مطالعاتی هم در خصوص کاهش مواد آلی و غیر آلی با استفاده از رفتار تغذیه‌ای کرم‌های پرتار در آزمایشگاه و مزارع پرورشی (Brown *et al*, 2011; Honda and Kikuchi, 2002) و همچنین در Net pens صورت گرفته است. از جمله این مطالعات می‌توان به توانایی کرم پرتار *Prenereis nuntia* درکاهش نیتروژن در مواد جامد آلی از یک سیستم آبزی‌پروری چرخشی مدار بسته در ماهی فلاندر (Honda and Kikuchi, 2002)، استفاده از پالوده-خواری کرم پرتار *Sabella spallanzanii* به‌عنوان یک موجود بازسازی کننده (Bioremediator) توسط Giangrande (۲۰۰۵)، یا استفاده از کرم پرتار *Capitella sp.* و *Perinereis nuntia* در پاکیزه کردن رسوبات (Ito *et al*., 2011) و بازسازی همزمان پسآب و تولید قابل برداشت بیومس کرم پرتار *Perinereis nuntia* و *Perinereis helleri* بدون استفاده از غذای مکمل اشاره کرد (Palmer, 2011). در نتیجه اینگونه فعالیت‌ها، آبزی‌پروری یکپارچه به‌عنوان یکی از روش‌های عملی تکنیکی و بیولوژیکی توانست تجمع تولید فاضلاب را کاهش داده و با توسعه سیستم‌های درمان فاضلاب یکپارچه، اثرات سوء زیست‌محیطی ناشی از تجمع فضولات و غذاهای خورده نشده ماهیان را به سمت محصول سودآورتر تغییر مسیر دهد. از این رو این تحقیق با هدف کاهش بار آلودگی ناشی از مواد آلی و غیر آلی در سیستم نیمه مدار بسته و تولید همزمان محصول فرعی در پرورش ماهیان با استفاده از یکی دیگر از گونه‌های کرم پرتار صورت گرفته است.

## مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر به مدت ۱۴ هفته، ۵ تیمار و۳ تکرار در دو گروه وزنی با استفاده از کرم پرتار مارفیسا

سانگوئینا (*Marphysa sanguinea*) و ماهیان جوان فلاندر (*Paralichthys oliveceus*) در مرکز تکنولوژی و علوم شیلاتی دانشگاه ملی پوکیانگ کره جنوبی انجام گرفت. در هر آزمایش، ماهیان در ۹ تانک PVC به ابعاد ۷۰ L × ۴۰W × ۲۰H سانتی‌متر و به تعداد ۳۰ عدد به‌طور تصادفی در هر تانک نگهداری گردیدند. میانگین وزن اولیه ماهیان در ۲ گروه آزمایشی بین ۵ تا ۸ گرم متغیر بود. کرم‌ها در هر گروه وزنی در ۱۵ تانک به ابعاد ۵۰ L × ۴۰W × ۳۰H نگهداری شدند و کف هر تانک با لایه ای از رسوبات به ارتفاع ۲۰- ۱۵ سانتی‌متر با ترکیبی از ۵۰ درصد (۵۰۰-۱۵۰ میکرون) شن و ۵۰ درصد صدف خرد شده که چندین بار با آب شیرین شستشو و خشک شده بودند، پوشیده شد. تانک‌ها در ۳ ردیف و ۲ طبقه مرتب شدند. از تعداد ۵ تانک در هر ردیف، تنها ۳ تانک به ماهی اختصاص داده شد که هر یک از آن‌ها به یک تانک نگهداری کرم مرتبط بود (شکل ۱). وزن اولیه کرم‌ها در گروه اول ۰/۰۱ ± ۰/۲ گرم و در گروه دوم ۰/۰۶ ± ۰/۸۲ گرم بود.




شکل ۱: دیاگرام شماتیک سیستم نیمه مدار بسته در تحقیق حاضر

جدول ۱: تیمار بندی کرم‌ها در دو گروه آزمایشی

| | تیمار اول | تیمار دوم | تیمار سوم | تیمار چهارم | تیمار پنجم |
|---|---|---|---|---|---|
| | T1 | T2 | T3 | T4 (کنترل بدون غذا) | T5 (مقایسه ای با غذای تجاری) |
| گروه اول (زیر ۰/۵ گرم) | ۲۰ عدد کرم (۱۰۰۰ عدد بر متر مربع) | ۴۰ عدد کرم (۲۰۰۰ عدد بر متر مربع) | ۸۰ عدد کرم (۴۰۰۰ عدد بر متر مربع) | ۴۰ عدد کرم (۲۰۰۰ عدد بر متر مربع) | ۴۰ عدد کرم (۲۰۰۰ عدد بر متر مربع) |
| گروه دوم (۱/۵ - ۰/۶ گرم) | ۱۰۰ عدد کرم (۵۰۰ عدد بر متر مربع) | ۲۰۰ عدد کرم (۱۰۰۰ عدد بر متر مربع) | ۴۰۰ عدد کرم (۲۰۰۰ عدد بر متر مربع) | ۲۰۰ عدد کرم (۱۰۰۰ عدد بر متر مربع) | ۲۰۰ عدد کرم (۱۰۰۰ عدد بر متر مربع) |

مکان آزمایش بجزء در زمان غذادهی و همچنین زمان سیفون کردن، در تاریکی نگه داشته شد. ضمناً به‌منظور جلوگیری از تجمع تولیدات کاتابولیک، آب سیستم هر هفته تعویض گردید. در این سیستم، آب مورد نیاز برای آزمایش از خلیج Bay که در مجاورت مرکز تحقیقاتی قرار داشت پمپاژ گردید که پس از فیلتراسیون توسط دستگاه Aquatron به تانک اصلی آب هدایت می‌شد. درجه حرارت آب توسط دستگاه کنترل حرارت در دمای ۱±۲۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شده بود. شدت جریان آب ورودی به تانک‌های نگهداری ماهیان ۲/۲ تا ۲/۵ لیتر در دقیقه در طول دوره آزمایش بود و هوادهی در هر تانک بخوبی صورت گرفت. ماهیان از یک جیره تجاری ( Tundli Feed (Industrial CO, LTD, South Korea روزانه دو بار (۹ صبح و ۵ بعد از ظهر) به میزان ۳٪ وزن بدنشان تغذیه نمودند. وزن ماهیان در هر تانک هر دو هفته اندازه‌گیری شده و میزان جیره غذایی بر اساس این وزن‌کشی تنظیم گردید. لازم به توضیح است که

به‌منظور هضم، جذب و دفع غذاهای خورده شده و همچنین کاهش استرس ماهیان، غذادهی آن‌ها ۲۴ ساعت قبل از بیومتری هم در مرحله شروع و هم در مرحله پایانی آزمایش متوقف گردید.

وزن تر اولیه و نهایی کرم‌ها بعد از ۲۴ ساعت نگهداری در حالت گرسنگی به‌منظور خالی شدن روده و سپس با آبگیری کردن سطح بدن کرم با قرار دادن آن‌ها در کاغذ جاذب رطوبت به مدت ۲ دقیقه اندازه‌گیری گردید. کرم‌های مورد آزمایش، از مدفوع و غذای خورده نشده ماهی که مستقیماً و یا از طریق سیفون کردن از تانک ماهی به تانک نگهداری کرم‌ها هدایت می‌شدند، تغذیه نمودند. تنها دو تیمار از این قاعده مستثنی بودند که یکی تیمارکنترل ($T_4$) که بدون غذا و دیگری تیمار $T_5$ که از جیره تجاری تغذیه نمودند. میزان غذای کرم‌های با تغذیه تجاری بر اساس ۳٪ وزن بدن برای هر دو روز یکبار در نظر گرفته شد. بر اساس مطالعات Honda و Kikuchi (۲۰۰۲) به‌منظور جمع کردن مدفوع و غذای خورده نشده ماهی، ابتدا ماهیان به مدت ۴۸ ساعت در گرسنگی نگه داشته شدند و سپس تغذیه گردیدند. پس از مرحله تغذیه، در فواصل هر ۸ ساعت و سه مرتبه (به مدت ۲۴ ساعت) با استفاده از سیفون، مدفوع و غذای خورده نشده ماهیان جمع‌آوری گردید. این مواد جمع‌آوری شده ابتدا جهت آبگیری به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و سپس وزن خشک آن‌ها بعد از قرار دادن آن‌ها در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۳ ساعت اندازه‌گیری شد. کارآیی رشد و میزان بازماندگی به‌ترتیب ذیل اندازه‌گیری شد (Hung *et al.*, 1989; Ronyai and Ruttkay, 1990).

(1) $WG = [100 \times (FBW-IBW)/IBW]$,
(2) $SGR = [(\log \text{final weight} - \log \text{initial weight.})/\text{day}] \times 100$,
(3) FCR = Quantity of feed take/ weight increased,
(4) $SR = [100\times (\text{final number of fish} /\text{initial number of fish}]$

که در آن:

WG= افزایش وزن ، FBW= وزن نهایی بدن،

IBW= وزن اولیه بدن

SGR = میزان رشد ویژه، Ln FW = لگاریتم وزن نهایی، Ln IW = لگاریتم وزن اولیه

FCR = میزان ضریب تبدیل غذایی، QFT = مقدار غذای خورده شده، WI= وزن افزایش یافته

SR = میزان بازماندگی، FNF = تعداد نهایی ماهیان، INF = تعداد اولیه ماهیان

درجه حرارت، اکسیژن محلول، pH و میزان شوری هر دو روز یکبار با دستگاه Hydrolab Surveyor 4a اندازه‌گیری شد. تأیید همگنی و نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون Kolmogorov-Smirnov صورت گرفت. همچنین تجزیه و تحلیل داده‌ها و مقایسه تیمارها به کمک نرم‌افزار SPSS با آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA) و تست دانکن از نرم‌افزار SPSS 15 استفاده گردید.

## نتایج

همان‌گونه که در جدول ۲ نشان داده شده است، در هر دو گروه آزمایشی تفاوت معنی‌داری در میانگین‌های وزن اولیه و وزن نهایی ماهیان در میان ۳ تیمار ($T_1,T_2,T_3$) مشاهده نگردید ($P>0/05$). میانگین وزن نهایی ماهیان در پایان دوره آزمایش (۹۸ روز) حداقل ۷ برابر میانگین وزن اولیه آن‌ها بود.

جدول ۲: کارآیی روند رشد و میزان بازماندگی ماهی فلاندر (*Paralichthys olivaceus*) در تانک‌های مرتبط با کرم‌ها.

| | تیمارها | IW (گرم) | FW (گرم) | WG (گرم) | FCR | SGR (درصد در روز) | SR (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ماهیان گروه اول | T1 | ۵/۱۸ ± ۰/۱۷ | ۳۹/۳ ± ۰/۳۷ | ۶۶۰ ± ۲۱/۴ | ۱/۶۴ ± ۰/۰۸ | ۲/۰۴ ± ۰/۰۲ | ۹۵ ± ۲ |
| | T2 | ۵/۴۹ ± ۰/۱۲ | ۴۰/۱۳ ± ۱/۲۷ | ۶۳۰/۵ ± ۱۸/۲ | ۱/۶۶ ± ۰/۰۶ | ۲/۰۱ ± ۰/۰۲ | ۹۳ ± ۳ |
| | T3 | ۵/۵۸ ± ۰/۱۴ | ۴۱/۴۷ ± ۰/۷ | ۶۵۵/۴ ± ۳۱/۹ | ۱/۶۸ ± ۰/۰۷ | ۲/۰۴ ± ۰/۰۴ | ۹۶ ± ۴ |
| ماهیان گروه دوم | T1 | ۵/۶۵ ± ۰/۱۷ | ۴۲/۵۹ ± ۱ | ۶۵۴/۸ ± ۴۰/۷ | ۱/۶۴ ± ۰/۱ | ۲/۰۴ ± ۰/۰۵ | ۹۳ ± ۳ |
| | T2 | ۵/۳۶ ± ۰/۱۵ | ۴۰/۵۶ ± ۰/۷۸ | ۶۵۶/۹ ± ۳۴/۶ | ۱/۶۲ ± ۰/۰۱ | ۲/۰۴ ± ۰/۰۴ | ۹۶ ± ۳ |
| | T3 | ۵/۱۷ ± ۰/۱۰ | ۳۹/۲۳ ± ۰/۹۹ | ۶۵۹/۲ ± ۳۲/۹ | ۱/۶۰ ± ۰/۰۳ | ۲/۰۴ ± ۰/۰۴ | ۹۸ ± ۲ |

مقادیر به‌صورت میانگین SD ± ارائه شده و عدم وجود حروف در ستون‌ها نشان دهنده معنی دار نبودن اختلافات در پارامتر مذکور می‌باشد

نتایج حاصل از بررسی ماهیان نشان داد که در گروه اول، حداقل مقدار WG در تیمار دوم (۱۸/۲ ± ۶۳۰/۵) و حداکثر آن در تیمار اول (۲۱/۴ ± ۶۶۰) بود و در گروه دوم حداقل آن به تیمار اول (۴۰/۷ ± ۶۵۴/۸) و حداکثر به تیمار سوم (۳۲/۹ ± ۶۵۹/۲ ) تعلق داشت. اگر چه تفاوت معنی‌داری در افزایش وزن در میان تیمارهای ماهیان مشاهده نشد ($P>0/05$).

همچنین حداقل میزان FCR در گروه اول به تیمار اول به مقدار ۱/۶۴ و حداکثر به تیمار سوم (۱/۶۸) تعلق داشت. حداقل و حداکثر این فاکتور در گروه دوم به ترتیب در تیمار سوم (۱/۶۰) و تیمار دوم (۱/۶۲) ملاحظه گردید. ضمناً تفاوت معنی‌داری در میزان SGR در بین تیمارها در هر گروه آزمایشی وجود نداشت.

جدول ۳: کارایی روند رشد و میزان بازماندگی کرم‌های پرتار *Marphysa sanguinea* در تیمارهای مختلف دوگروه آزمایشی

| | تیمارها | IW (گرم) | FW (گرم) | WG (گرم) | SGR (درصد در روز) | SR (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| کرم‌های گروه اول (زیر ۰/۵ گرم) | $T_1$(۱۰۰۰ /$m^2$) | ۰/۲۲ ± ۰/۰۷ | ۰/۸۴ ± ۰/۰۷$^c$ | ۲۷۶/۲ ± ۴/۹$^d$ | ۱/۳۴ ± ۰/۰۲$^d$ | ۷۴ ± ۴$^c$ |
| | $T_2$(۲۰۰۰ /$m^2$) | ۰/۲۴ ± ۰/۰۶ | ۰/۸۰ ± ۰/۱$^c$ | ۲۲۹/۷ ± ۲۳/۸$^c$ | ۱/۲۰ ± ۰/۰۷$^c$ | ۷۰/۵ ± ۴$^c$ |
| | $T_3$(۴۰۰۰ /$m^2$) | ۰/۲۲ ± ۰/۰۴ | ۰/۶۷ ± ۰/۱$^b$ | ۱۹۸/۷ ± ۱۴/۲$^b$ | ۱/۱۰ ± ۰/۰۴$^b$ | ۴۲ ± ۶$^b$ |
| | $T_4$(۲۰۰۰ /$m^2$) | ۰/۲۲ ± ۰/۰۴ | ۰/۱۵ ± ۰/۰۴$^a$ | −۳۱/۷ ± ۶/۵$^a$ | −۰/۳۹ ± ۰/۰۷$^a$ | ۲۸/۵ ± ۰/۵$^a$ |
| | $T_5$(۲۰۰۰ /$m^2$) | ۰/۲۲ ± ۰/۰۴ | ۰/۹۳ ± ۰/۱۸$^d$ | ۳۰۴/۶ ± ۱۳/۴$^d$ | ۱/۴۰ ± ۰/۰۳$^e$ | ۷۸/۵ ± ۰/۸$^d$ |
| کرم‌های گروه دوم (۱/۵ – ۰/۶ گرم) | $T_1$(۵۰۰ /$m^2$) | ۰/۸۱ ± ۰/۲۵ | ۲/۱۱ ± ۰/۴۷$^c$ | ۱۶۱/۹ ± ۱۰/۸$^c$ | ۰/۹۷ ± ۰/۰۴$^c$ | ۸۴ ± ۵$^b$ |
| | $T_2$(۱۰۰۰ /$m^2$) | ۰/۸۱ ± ۰/۲۵ | ۲/۲ ± ۰/۴۵$^c$ | ۱۵۷/۱ ± ۲۲/۳$^c$ | ۰/۹۴ ± ۰/۰۸$^c$ | ۷۶ ± ۹$^b$ |
| | $T_3$(۲۰۰۰ /$m^2$) | ۰/۸۲ ± ۰/۱۳ | ۱/۶۵ ± ۰/۳۸$^b$ | ۱۰۲/۱ ± ۵/۱$^b$ | ۰/۷۱ ± ۰/۰۲$^b$ | ۵۴ ± ۶$^a$ |
| | $T_4$(۱۰۰۰ /$m^2$) | ۰/۸۴ ± ۰/۱۶ | ۰/۶۷ ± ۰/۱۵$^a$ | −۲۰/۸ ± ۲$^a$ | −۰/۲۳ ± ۰/۰۲$^a$ | ۵۱/۵ ± ۵$^a$ |
| | $T_5$(۱۰۰۰ /$m^2$) | ۰/۸۳ ± ۰/۱۴ | ۳/۱۸ ± ۰/۲۷$^d$ | ۲۸۴/۹ ± ۱۰/۱$^d$ | ۱/۳۶ ± ۰/۰۳$^d$ | ۸۶/۵ ± ۷$^b$ |

مقادیر به‌صورت میانگین SD ± ارائه شده و عدم وجود حروف در ستون‌ها نشان دهنده معنی‌دار نبودن اختلافات در پارامتر مذکور می‌باشد

بر اساس جدول ۳، نتایج حاصل از مقایسه پارامترهای مختلف رشد کرم‌ها نشان داد که در گروه اول، وزن نهایی $T_1$ (۱۰۰۰ عدد در مترمربع)، $T_2$ (۲۰۰۰ عدد در مترمربع) و $T_3$ (۴۰۰۰ عدد در مترمربع) به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار کنترل($T_4$) و کم‌تر از تیمار تجاری ($T_5$) بود (تغذیه شده با جیره تجاری). کرم‌ها در تیمار $T_1$ به‌طور معنی‌دار WG و SGR بیشتری در مقایسه با تیمارهای $T_2$ و $T_3$ داشتند. اگرچه تفاوت معنی‌داری در الگوهای مشابه در $T_2$ نسبت به $T_3$ مشاهده گردید ($P<۰/۰۵$)، ضمن آن‌که تیمارهای $T_1$، $T_2$ و $T_3$ به‌طور معنی‌داری کمتر از تیمار تجاری ($T_5$: FW=۰/۹۳, WG= ٪۳۰۴/۶ , SGR= ٪۱/۴۰) و بیشتر از تیمار کنترل (SGR=٪ -۰/۳۹ , $T_4$: FW=۰/۱۵, WG= ٪ -۳۱/۷) بودند. نتایج بیان کننده کاهش میزان بازماندگی بدنبال افزایش تراکم بود به گونه‌ای که مقادیر آن برای تیمارهای $T_1$، $T_2$ و $T_3$ به‌ترتیب برابر ۷۴، ۷۰/۵ و ۴۲ درصد بود. در گروه دوم، وزن نهایی $T_1$ (۵۰۰ عدد در مترمربع)، $T_2$ (۱۰۰۰ عدد در مترمربع) و $T_3$ (۲۰۰۰ عدد در مترمربع) به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار کنترل ($T_4$) و کمتر از تیمار تجاری ($T_5$) بود (تغذیه شده با جیره تجاری).

تغییرات پارامترهای شاخص آلودگی آب با ضایعات مدفوع و غذای خورده نشده در جداول ۴ و ۵ نشان داده شده است. نتایج بدست آمده در خصوص آنالیز آب تیمارهای مختلف ماهیان نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین پارامترهای مورد نظر وجود نداشت ولی در بررسی آب تانک‌های نگهداری کرم‌ها، اختلاف معنی‌داری در میزان TP، $NH_3$ و TN در بین تیمارها مشاهده گردید به‌طوری‌که در گروه اول بیش‌ترین راندمان کاهش TN به تیمار دوم (۲۰۰۰ عدد در متر مربع) و به میزان ٪۴۸/۱ و در خصوص پارامتر TSS نیز به تیمار ۲ (به میزان ٪۷۸/۴)، $NH_3$ به تیمار سوم (۴۰۰۰ عدد در مترمربع) به میزان ٪۳۱/۲ و COD به تیمار سوم (٪۱۶/۹) و TP به تیمار سوم (٪۴۵/۲) تعلق داشت. نتایج بررسی در گروه دوم نشان داد که بیش‌ترین راندمان کاهش TN به تیمار دوم (۱۰۰۰ عدد در متربع) به میزان ٪۶۳/۲ و در خصوص پارامتر TSS نیز به تیمار ۲ (به میزان ٪۷۵/۹)، $NH_3$ به تیمار دوم (به میزان ٪۳۶/۵) و COD به تیمار سوم (۲۰۰۰ عدد در مترمربع) به مقدار ٪۲۰/۵ و TP به تیمار سوم (٪۴۳) تعلق داشت.

جدول ۴: آنالیز آب خروجی تانک‌های پرورش ماهی فلاندر *(P. oliveceus)* مرتبط با تانک‌های نگهداری کرم‌های پرتار *M. sanguinea* در دو گروه آزمایشی

| | تیمارها | TN (mg/L) | TSS (mg/L) | $NH_3$ (mg/L) | COD (mg/L) | TP (mg/L) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| تانک ماهیان گروه اول | $T_1$ | ۴/۱۹ ± ۰/۳۴ | ۲۹/۳ ± ۵/۷ | ۰/۲۳ ± ۰/۰۷ | ۳/۱۲ ± ۰/۲۲ | ۰/۵۲ ± ۰/۰۸ |
| | $T_2$ | ۴/۰۸ ± ۰/۲۹ | ۳۶/۶ ± ۶/۹ | ۰/۳۴ ± ۰/۱۱ | ۳/۰۶ ± ۰/۱۷ | ۰/۵۸ ± ۰/۰۸ |
| | $T_3$ | ۴/۲۴ ± ۰/۳۰ | ۳۱/۴ ± ۵/۸ | ۰/۲۹ ± ۰/۱۰ | ۳/۳۲ ± ۰/۲۵ | ۰/۴۹ ± ۰/۰۶ |
| تانک ماهیان گروه دوم | $T_1$ | ۳/۸۳ ± ۰/۵۱ | ۳۳/۵ ± ۵/۳ | ۰/۳۱ ± ۰/۰۵$^{a}$ | ۳/۳۶ ± ۰/۲۶$^{ab}$ | ۰/۵۵ ± ۰/۴۱ |
| | $T_2$ | ۳/۷۵ ± ۰/۴۶ | ۴۱/۳ ± ۶/۸ | ۰/۳۷ ± ۰/۰۶$^{ab}$ | ۳/۲۶ ± ۰/۲۱$^{a}$ | ۰/۶۴ ± ۰/۰۷ |
| | $T_3$ | ۴/۲۶ ± ۰/۴۲ | ۳۵/۸ ± ۶/۸ | ۰/۴۱ ± ۰/۰۸$^{b}$ | ۳/۵۲ ± ۰/۳$^{b}$ | ۰/۵۸ ± ۰/۰۵ |

مقادیر به‌صورت میانگین SD ± ارائه شده و عدم وجود حروف در ستون‌ها نشان دهنده معنی‌دار نبودن اختلافات در پارامتر مذکور می‌باشد

جدول ۵: آنالیز آب خروجی تانک‌های نگهداری کرم‌های پرتار *M. sanguinea* در دو گروه آزمایشی

| | تیمارها | TN (mg/L) | TSS (mg/L) | $NH_3$ (mg/L) | COD (mg/L) | TP (mg/L) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| کرم‌های گروه اول | $T_1$ (۱۰۰۰ عدد در مترمربع) | ۲/۷۱ ± ۰/۲۹$^{b}$ | ۸/۱۷ ± ۱/۱۶$^{a}$ | ۰/۱۸ ± ۰/۰۵$^{a}$ | ۲/۸۰ ± ۰/۱۹ | ۰/۳۵ ± ۰/۰۶$^{b}$ |
| | $T_2$ (۲۰۰۰ عدد در مترمربع) | ۲/۱۲ ± ۰/۲۴$^{a}$ | ۷/۹۱ ± ۱/۰۶$^{a}$ | ۰/۲۴ ± ۰/۰۶$^{b}$ | ۲/۶۸ ± ۰/۲ | ۰/۳۶ ± ۰/۰۶$^{b}$ |
| | $T_3$ (۴۰۰۰ عدد در مترمربع) | ۲/۷۷ ± ۰/۲۰$^{b}$ | ۹/۸۹ ± ۰/۷۰$^{b}$ | ۰/۲۰ ± ۰/۰۶$^{a}$ | ۲/۷۶ ± ۰/۲۳ | ۰/۲۷ ± ۰/۰۴$^{a}$ |
| کرم‌های گروه دوم | $T_1$ (۵۰۰ عدد در مترمربع) | ۲/۵۸ ± ۰/۴۷$^{a}$ | ۱۱/۴۶ ± ۱/۱۱$^{b}$ | ۰/۲۳ ± ۰/۰۵$^{a}$ | ۲/۹۴ ± ۰/۲۱ | ۰/۳۸ ± ۰/۰۳$^{b}$ |
| | $T_2$ (۱۰۰۰ عدد در مترمربع) | ۱/۳۸ ± ۰/۲۵$^{b}$ | ۹/۹۵ ± ۱/۳۱$^{a}$ | ۰/۲۳ ± ۰/۰۶$^{a}$ | ۲/۶۶ ± ۰/۱۸ | ۰/۳۹ ± ۰/۰۷$^{b}$ |
| | $T_3$ (۲۰۰۰ عدد در مترمربع) | ۱/۹۴ ± ۰/۲۶$^{c}$ | ۹/۵۶ ± ۱/۲۶$^{ab}$ | ۰/۲۹ ± ۰/۰۶$^{b}$ | ۲/۸۰ ± ۰/۲۶ | ۰/۳۳ ± ۰/۰۷$^{a}$ |

(مقادیر به‌صورت میانگین SD ± ارائه شده و عدم وجود حروف در ستون‌ها نشان دهنده معنی‌دار نبودن اختلافات در پارامتر مذکور می‌باشد

از آن‌جایی‌که میزان درجه حرارت، شوری، اکسیژن و pH تحت کنترل بودند اختلاف معنی‌داری در بین تیمارها مشاهده نگردید.

## بحث

بر اساس تحقیقات صورت گرفته، مشخص گردید که بعضی از گونه‌های کرم پرتار می‌توانند مدفوع سایر حیوانات را به‌عنوان غذا تغذیه نمایند (Batista *et al.*, 2003). در این بررسی نیز مشخص شد که کرم مارفیسا سانگوئینا می‌تواند به‌طور موفقیت‌آمیزی از ضایعات سیستم چرخشی پرورش ماهی تغذیه نماید. در کرم‌های گروه اول، تولید خالص در تیمار ۲ (۶۴۸ گرم در مترمربع) بهتر از تیمار ۱ و ۳ بود که از فضولات و غذای خورده نشده ماهی تغذیه نمودند به‌طوری‌که میزان آن‌ها به‌ترتیب ۴۰۱/۶ گرم در مترمربع و ۲۴۵/۶ گرم در مترمربع بود. اگرچه تیمار ۲ دارای وزن نهایی ۰/۸ گرم بود که کمتر از تیمار ۱ (۰/۸۴ گرم) و بیشتر از تیمار ۳ (۰/۶۷ گرم) بود. در گروه دوم نیز، تولید خالص در تیمار ۲ (۸۶۲ گرم در مترمربع) بهتر از تیمار ۱ و ۳ بود که از فضولات و غذای خورده نشده ماهی تغذیه نمودند به‌گونه‌ای که میزان آن‌ها به‌ترتیب ۴۸۱/۲ گرم در مترمربع و ۱۴۲ گرم در مترمربع بود. تیمار ۲ نیز دارای وزن نهایی ۲/۲ گرم بود که کمتر از تیمار ۱ (۲/۱ گرم) و بیش‌تر از تیمار ۳ (۱/۶۵ گرم) بود. احتمالاً یکی از دلایل کاهش زیاد تولید در تیمار سوم هر دو گروه آزمایشی، ناشی از تراکم بالا بود و این نتیجه را Nesto در سال ۲۰۱۲ در گزارش تحقیق خود به آن اشاره نموده است که، تراکم زیاد کرم‌ها مانع رشد مطلوب خواهد بود. ضمن آنکه، بر اساس گزارشات بعضی از محققان اثرات منفی تراکم بر میزان رشد و بازماندگی به جهت افزایش رقابت بین گونه‌ای درکرم‌های پرتار نرئیده نیز مشاهده شده است (Miller and Jumars, 1986; Zajac, 1986). به‌علاوه در مطالعه حاضر، تراکم، اثر منفی بر میزان درصد بازماندگی نیز داشته است. هر چند میانگین وزن نهایی کرم‌هایی که از جیره تجاری تغذیه نمودند (تیمار ۵) بالاتر از سایر تیمارها بود. لذا از جمله دلایل احتمالی می‌تواند مربوط به ترکیب جیره تجاری کرم به جهت بالا بودن میزان پروتئین باشد. به‌طوری‌که Nesto و همکارانش (۲۰۱۲) در گزارشی به ارتباط رشد بالای کرم به دلیل میزان پروتئین بالای غذا در مقایسه با غذاهای با پروتئین پایین اشاره نموده‌اند. Brown نیز در سال ۲۰۱۱ در مطالعات

خود کرم‌های پرتار *Nereis virens* با وزن اولیه ۰/۳۷ گرم را به دو گروه تقسیم نمود و زمانی‌که یک گروه از جیره تجاری مخصوص کرم و گروه دیگر از مدفوع و غذای خورده نشده ماهی تغذیه نمودند، وزن نهایی آن‌ها به ترتیب به ۲/۴۲ و ۲/۳۳ گرم در طی ۷۱ روز رسید که میزان پروتئین آن‌ها به‌ترتیب ۶۱/۹ ٪ و ۵۹/۶٪ بود.

در این بررسی مشاهده شدکه میزان رشد کرم‌هایی که از مدفوع و غذای خورده نشده ماهیان تغذیه نمودند بین ۱/۰۴ تا ۲/۱ برابر کمتر از کرم‌هایی بود که از جیره تجاری تغذیه نمودند. Honda و Kikuchi در سال ۲۰۰۲ در بررسی‌های خود به این نتیجه رسیدند که رشد کرم‌های پرتار *Perinereis nuntia vallata* که از پلت مدفوع ماهی فلاندر تغذیه نمودند ۲ الی ۳ برابر کمتر از کرم‌هایی بود که مستقیماً از جیره تجاری تغذیه نموده بودند.

در ارتباط با کیفیت آب، آمونیاک به‌عنوان اصلی‌ترین محصول دی‌آمینه شدن پروتئین غذاهای ویژه آبزی‌پروری محسوب می‌گردد که در ابتدا از طریق آبشش ماهی رها می‌گردد(Spotte, 1979) و ممکن است برای آبزیان بسیار سمی باشد ( Wood, 1993). در ماهی فلاندر تقریباً ۸۰٪ ضایعات نیتروژنی به‌صورت آمونیاک تولید می‌شود ( Kikuchi *et al.*, 1995) که به‌عنوان یک فاکتور محدود کننده در رشد و بازماندگی ماهی در نظر گرفته می‌شود ( Person *et al.*, 1995). در بررسی حاضر، با مقایسه مقادیر $NH_3$ در خروجی تانک نگهداری ماهی و خروجی تانک کرم مشخص گردید که در کرم‌های گروه اول، تیمار ۳ (۴۰۰۰ عدد در متر مربع) با ۳۱/۲ ٪ و در گروه دوم تیمار دوم با ۱۰۰۰ عدد کرم در متر مربع با ۳۶/۵٪ کاهش از سیستم بیش‌ترین بهره‌وری را در میان تیمارها داشته‌اند (جدول ۶). این نتیجه ممکن است بدلیل افزایش تعداد و فعالیت باکتری‌های تبدیل کننده به نیترات باشد به گونه‌ای که توسط Liu و همکارانش در سال ۲۰۰۵ در گزارشی اشاره نمودند که باکتری تبدیل کننده به نیترات خیلی به ترکیبات سمی حساس بوده و مراحل اکسیداسیون آمونیاک را متوقف می‌کنند. همچنین در خصوص TN در این مطالعه، در گروه اول، تیمار ۲ ($T_2$) با تراکم ۲۰۰۰ عدد بر مترمربع با ۴۸/۱ ٪ کاهش و در گروه دوم تیمار ۲ ($T_2$) با ۱۰۰۰ عدد کرم در متر مربع با ۶۳/۲٪ بهترین بهره‌وری حذف این پارامتر را در میان تیمارهای کرم‌ها داشته‌اندکه احتمالاً ناشی از رشد باکتری‌های تبدیل کننده ترکیبات نیتروژنی به نیترات و تبدیل ترکیبات نیتروژنی با سمیت بیشتر به ترکیبات با سمیت کمتر و همچنین خورده شدن ضایعات توسط کرم‌ها صورت گرفته بود. Honda و Kikuchi نیز در بررسی خود در سال ۲۰۰۲ در خصوص ارزیابی توانایی کرم پرتار *Pernereis nuntia vallata* در کاهش نیتروژن در مواد جامد آلی از سیستم پرورش مدار بسته ماهی فلاندر اشاره نمودند که این گونه از کرم‌ها توانستند که در حدود ۶۲/۸ ٪ از نیتروژن غذای مصرف شده (مدفوع و غذای خورده نشده ماهیان) را جذب کرده و ۲۱٪ را نیز به‌صورت مدفوع دفع نمایند. همچنین Palmer (۲۰۱۰) در مطالعات خود نتایج مشابهی را در میزان کاهش TN (بین ۴۸/۵ تا ۶۷/۵ درصد) با استفاده از کرم پرتار *Pernereis nuntia* مشاهده کرد. در خصوص TSS که تحت عنوان مواد معلق جامد مطرح می‌باشد، مدفوع و غذای خورده نشده در سیستم پرورش به‌عنوان اصلی‌ترین ترکیب تشکیل دهنده این پارامتر محسوب

می‌گردند. این بررسی نشان داد که مقدار TSS در آب خروجی تانک‌های نگهداری کرم‌ها در میان تیمارها به‌طور مداوم و معنی‌داری کمتر از مقدار ورودی به این تانک‌ها بود. کمترین میزان TSS در آب خروجی تانک‌های کرم‌ها، در گروه اول در تیمار ۲ ($T_2$) با ۷/۹۱ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد که کمتر از ۴ برابر میزان ورودی آن (۳۶/۶ میلی‌گرم در لیتر) و با بهره‌وری حذف این پارامتر به میزان ۷۸/۴٪ بود. ضمن آنکه در گروه دوم نیز تیمار ۲ ($T_2$) با ۹/۹۵ میلی‌گرم در لیتر و کمتر از ۴ برابر ورودی آن (۴۰/۵۶ میلی‌گرم در لیتر) و بهره‌وری حذف ۷۵/۹٪ بود(جدول ۵). Palmer (۲۰۱۰) در بررسی‌های مشابه‌ای که با استفاده از کرم‌های پرتار *Perinereis nuntia* و *Perinereis helleri* انجام داد توانست حدود ۷۵٪ از TSS در قسمت خروجی آب را کاهش دهد که نتایج آن همسو با نتایج بررسی حاضر می‌باشد. غلظت COD در طول مدت پرورش ماهی و تیمارهای کرم‌ها دارای نوسانات تقریباً یکنواخت بود. در تانک‌های پرورش ماهی تغییرات این پارامتر در ۶ بار نمونه‌برداری در گروه اول میانگین بین ۳/۰۶ تا ۳/۳۲ میلی‌گرم در لیتر بود در حالی‌که این مقدار در آب خروجی تانک‌های کرم‌ها بین ۲/۶۹ تا ۲/۸۰ میلی‌گرم در لیتر بود ضمن آنکه در گروه دوم این مقدار برای خروجی تانک‌های نگهداری ماهیان و کرم‌ها بترتیب بین ۳/۵۲- ۳/۲۶ و ۲/۹۴- ۲/۸۰ میلی‌گرم در لیتر بود. تمایل فسفر جهت تجمع در رسوب مزارع پرورش ماهی ناشی از مقدار بسیار زیاد فسفر در غذای ماهی و نیز کمی هم از رسوب می‌باشد که منجر به بارگذاری فسفر به مقدار زیاد می‌شود (Holby and Hall, 1991). نوسانات غلظت TP در طی مدت دوره پرورش ماهیان در گروه اول بین ۰/۴۹ تا ۰/۵۸ میلی‌گرم در لیتر بود که این مقدار در تیمارهای کرم پرتار به ۰/۲۷ تا ۰/۳۶ میلی‌گرم در لیتر کاهش یافت. در گروه دوم نیز تغییرات این فاکتوردر خروجی تانک‌های نگهداری ماهیان بین ۰/۵۵ تا ۰/۶۴ میلی‌گرم در لیتر و در خروجی تانک‌های نگهداری کرم بین ۰/۳۳ تا ۰/۳۹ میلی‌گرم در لیتر بود. بر اساس بررسی‌های Stephanie (۲۰۰۹) مقدار غلظت فسفات بیش از ۰/۴۵ میلی‌گرم در لیتر در محیط آبزیان در حد بالا محسوب می‌گردد. با توجه به کاهش این پارامتر در خروجی تانک‌های نگهداری کرم‌ها در مقایسه با خروجی تانک‌های نگهداری ماهیان، عملکرد کرم‌ها در کاهش این آلودگی مناسب به‌نظر می‌رسد.

جدول ۶: میزان بهره‌وری حذف و یا کاهش پارامترهای نامناسب آب در تیمارهای مختلف کرم‌های پرتار *Marphysa sanguinea* در سیستم یکپارچه پرورش با ماهیان فلاندر

| | تیمارها | TN (%) | TSS (%) | TOC (%) | NH3 (%) | COD (%) | NO2 (%) | NO3 (%) | TP (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کرم‌های گروه اول (زیر ۰/۵ گرم) | $T_1$ | ۳۵/۳ | ۷۲/۱ | ۱۳/۳ | ۲۰/۵ | ۱۰/۳ | ۱۹/۵ | ۱۷/۴ | ۳۳/۳ |
| | $T_2$ | ۴۸/۱ | ۷۸/۴ | ۲۳/۱ | ۲۹/۷ | ۱۲/۴ | ۳۴ /۶ | ۲۸/۷ | ۳۸/۵ |
| | $T_3$ | ۳۴/۶ | ۶۸/۵ | ۱۸/۴ | ۳۱/۲ | ۱۶/۹ | ۲۷/۵ | ۳۱/۲ | ۴۵/۲ |
| کرم‌های گروه دوم (۱/۵ – ۰/۶ گرم) | $T_1$ | ۳۲/۷ | ۶۵/۸ | ۲۶/۲ | ۲۶/۴ | ۱۲/۵ | ۱۷/۶ | ۲۴/۲ | ۳۰/۸ |
| | $T_2$ | ۶۳/۲ | ۷۵/۹ | ۳۶/۶ | ۳۶/۵ | ۱۸/۴ | ۲۳/۵ | ۳۲/۲ | ۳۸/۵ |
| | $T_3$ | ۵۴/۴ | ۷۳/۳ | ۳۱/۵ | ۳۰/۱ | ۲۰/۵ | ۳۰/۲ | ۳۷/۴ | ۴۳ |

در مجموع، این مطالعه نشان داد که کرم مارفیسا سانگوئینای جوان به آسانی از مدفوع و غذای خورده نشده ماهیان فلاندر به‌عنوان منبع غذایی تغذیه نماید که بسیار کارآمد بود. اگرچه رشد و بازماندگی این کرم‌ها در مقایسه با کرم‌هائیکه از جیره تجاری تغذیه نموده بودند کمتر بود. همچنین آن‌ها در حذف و کاهش مواد آلی و غیرآلی مؤثر بودند. بنابراین انتظار می‌رود این گونه از کرم پرتار، یکی از گونه‌های مناسب در آبزی-پروری یکپارچه و بازیافت فاضلاب محسوب گردد.

## سپاسگزاری

بدینوسیله مراتب تشکر و قدردانی خود را از محققین مرکز تکنولوژی و علوم شیلاتی دانشگاه پوکیانگ کره جنوبی که در انجام تحقیق حاضر همکاری داشته‌اند، کمال تشکر را اعلام می‌دارم.

## منابع

1. Batista, F.M., Fidalgo, P., Matias, D., Joaquim, S., Massapina, C., Passos, A.M., Ousão Ferreira, P., Cancela da Fonseca, L., 2003. Preliminary results on the growth and survival of the polychaete *Nereis diversicolor* (O. F. Müller, 1776), when fed with faeces from the carpet shell clam Ruditapes decussatus (L., 1758), Boletín del Instituto Español de Oceanografí, 19 (1-4), 443-446.
2. Brown, N., Eddy, S., Plaud, S., 2011. Utilization of waste from a marine Recirculating fish culture system as a feed source for the polychaete worm, *Nereis virens*. Aquaculture, 322-323, 178-183.
3. Crab, R., Avnimelech, Y., Defoirdt, T., Bossier, P., Verstraete, W., 2007. Nitrogen removal techniques inaquaculture for a sustainable production. Aquaculture, 270, 1–14.
4. Giangrande, A., Licciano, M., Musco, L., 2005. Polychaetes as environmental indicators revisited. Marine Pollution Bulletin, 50, 1153–1162.
5. Holby, O., Hall, P.O.J., 1991. Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. Marine Ecology Progress Series, 70, 263–272.
6. Honda, H., Kikuchi, K., 2002. Nitrogen budget of polychaete *Perinereis nuntia vallata* fed on the feces of Japanese flounder. Fisheries Science, 68 (6), 1304-1308.
7. Hung, S.S.O., Aikins, K.F., Lutes, P.B., Xu, R., 1989. Ability of Juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) to utilize Carbohydrate source. Journal of Nutrition, 119, 272-733.
8. Hutchings, P., 1998. Biodiversity and functioning of polychaetes in benthic sediments. Biodiversity Conservation, 7, 1133–1145.
9. Ito, K., Nozaki, M., Kunihiro, T., 2011. Study of sediment cleanup using polychaetes. Interdisciplinary studies on environmental chemistry-marine environmental modeling and analysis. Terrapub, Tokyo, 133–139.
10. Kikuchi, K., Sato, T., Iwata, N., Sakaguchi, I., Deguchi, Y., 1995. Effects of temperature on nitrogenous excretion of Japanese flounder. Fisheries Science, 61, 604–607.
11. Liu, Y.Q., Tay, J.H., Ivanov, V., Moy, B.Y.P., Yu, L., Tay, S.T.L., 2005. Influence of phenol on nitrification by microbial granules. Process Biochemistry, 40, 3285–3289.
12. Miller, D.C., Jumars, P.A., 1986. Pellet accumulation, sediment supply and crowding as determinants of surface deposit-feeding rate in *Pseudopolydora kempi japonica* Imajima & Hartman (Polychaeta: Spionidae). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 99, 1–17.
13. Nesto, N., Simonini, R., Prevedelli, D., Da Ros, L., 2012. Effects of diet and density on growth, survival and gametogenesis of *Hediste* diversicolor (O.F. Müller, 1776) (Nereididae, Polychaeta). Aquaculture, 362-363, 1–9.
14. Nixon, S.W., 1995. Coastal marine eutrophication: A definition, social causes and future concerns. Ophelia, 41, 199–219.
15. Palmer, P.J., 2010. Polychaete-assisted sand filters. Aquaculture, 306, 369–377.
16. Person Le Ruyet, J., Chartois, H., Quemener, L., 1995. Comparative acute ammonia toxicity in marine fish and plasma ammonia response. Aquaculture, 136, 181–194.
17. Ronyai, A., Ruttkay, A., 1990. Growth and food utilization of wels fry (*Silurus glanis*) fed with tubifex. Aquacultura Hungarica. (Szarvas) VI, 193-202.
18. Spotte, S., 1979. Fish and Invertebrate Culture: Water Management in Closed Systems, (2nded.), Wiley, New York, NY, USA.
19. Stephanie, M., 2009. Water parameters and indicators. New South Wales: Namoi

Catchment Authority. Nat. Univ. Wales, SC., 214 p.

20. Wood, C.M., 1993. Ammonia and urea metabolism and excretion. In The Physiology of Fishes (ed. D. Evans), Boca Raton, FL: CRC Press, 379– 425.

21. Zajac, R.N., 1986. The effects of intra-specific density and food supply on growth and reproduction in an infaunal polychaete, *Polydora ligni* Webster. Journal of Marine Research, 44: 339–359.