اثرات تغذیهٔ میگو بر افزایش میزان نیتروژن و فسفر در محیط استخرهای پرورشی میگوی سفید غربی (*Penaeus vannamei*)

حجت اله فروغی فرد*[1]، محمدرضا زاهدی[1]، کیومرث روحانی قادیکلائی[1]، غلامعلی اکبرزاده[1]،

رامین کریم زاده[1]

۱- پژوهشکده اکولوژی خلیج‌فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران
foroughifard@yahoo.com

تاریخ دریافت : ۱۳۹۷/۸/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۳/۲۶

چکیده

فعالیت‌های پرورش میگو می‌تواند منجر به افزایش مواد آلی و معدنی در پیکرهٔ آبی و تخریب زیست‌محیطی گردد. بر اساس اطلاعات به‌دست‌آمده از پرورش میگوی سفید غربی (*Penaeus vannamei*)، در یک سیستم مداربسته فقط حدود ۳۱ درصد نیتروژن و ۱۵ درصد فسفر واردشده از طریق غذا به تانک‌های پرورش، توسط میگو جذب می‌گردد و مابقی آن یا در رسوبات ذخیره‌شده و یا به صورت محلول در آب باقی می‌ماند. در یک استخر یک هکتاری با میزان تولید ۳ تن در هکتار و میزان FCR معادل ۱/۶۷، مقادیر نیتروژن و فسفر واردشده به این استخر به ترتیب حدود ۲۸۳ و ۳۹ کیلوگرم خواهد بود که تنها حدود ۸۸ کیلوگرم نیتروژن و ۶ کیلوگرم فسفر از طریق میگو جذب و مابقی به محیط وارد می‌شود. یکی از روش‌های پالایش زیستی پساب مزارع پرورش میگو، انتقال این پساب‌ها به حوضچه قرنطینه (ته‌نشینی) قبل از ورود به محیط طبیعی و استفاده از فیلترهای بیولوژیک است. تصفیه پساب‌ها به صورت مرحله‌به‌مرحله توسط گروه‌های مختلفی از آبزیان از قبیل صافی خواران (دو کفه‌ای‌ها و بارناکل‌ها)، پوده‌خواران (کرم‌های پرتار و خیارهای دریایی) و گیاهان آبزی صورت می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: نیتروژن، فسفر، پساب مزارع، *Penaeus vannamei*، پالایش زیستی

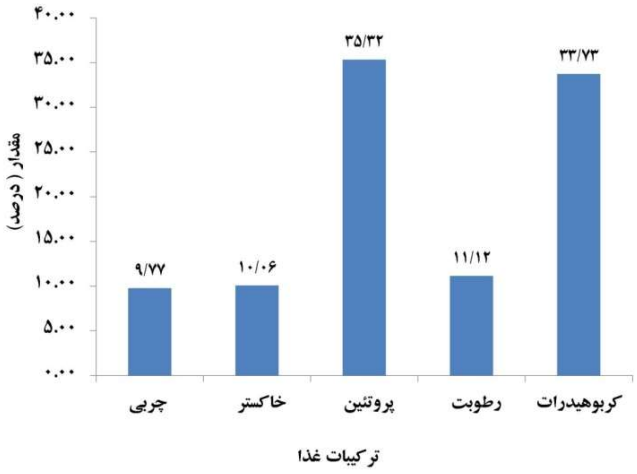
مقدمه

گسترش فعالیت‌های آبزی‌پروری منجر به افزایش آلودگی‌های دریایی منجمله افزایش مواد آلی معلق و محلول و تخریب زیست‌محیطی به ویژه در استفاده از روش‌های متراکم پرورش آبزیان می‌گردد. درنتیجهٔ توسعهٔ فزایندهٔ آبزی‌پروری، اثرات زیست‌محیطی آن نیز در حال افزایش است. رابطهٔ مستقیمی بین میزان مواد دفعی حاصل از آبزیان پرورشی و تأثیرات نامطلوب آنها بر محیط‌زیست آبزی پرورشی و محیط‌زیست آبزیان موجود در طبیعت وجود دارد. پرورش آبزیان منجر به انتشار کربن، نیتروژن و فسفر می‌گردد (Olsen and Olsen, 2008). ترکیبات مغذی مختلف، قابلیت آن را دارند که بخش‌های مختلف از

اکوسیستم‌های آبی را تحت تأثیر خود قرار دهند. مواد مغذی غیرآلی از قبیل نیتروژن معدنی محلول و فسفر معدنی محلول در دسترس فیتوپلانکتون‌ها و گیاهان دریایی قرار گرفته و باعث رشد و نمو آنها می‌گردند (Troell *et al*., 2009).

۱- میزان نیتروژن و فسفر در غذای مورداستفاده برای تغذیهٔ میگوی *Penaeus vannamei*

رابطهٔ مستقیمی بین میزان نیتروژن و پروتئین وجود دارد به طوری که برای اندازه‌گیری پروتئین در یک مادهٔ غذایی، ابتدا نمونهٔ غذا را با استفاده از اسید هضم کرده، میزان نیتروژن را در غذا اندازه‌گیری نموده و در ضریب ۶/۲۵ ضرب می‌نمایند یا به عبارت دیگر اگر میزان پروتئین بر عدد ۶/۲۵ تقیسم شود میزان نیتروژن در غذا به دست می‌آید. نتایج حاصل از آنالیز غذای مورداستفاده برای تغذیهٔ میگوی *P. vannamei* در تحقیق Fourooghifard (۲۰۱۲)، نشان داد که میزان پروتئین غذای مورداستفاده در آن تحقیق حدود ۳۵ درصد بوده است (شکل ۱).



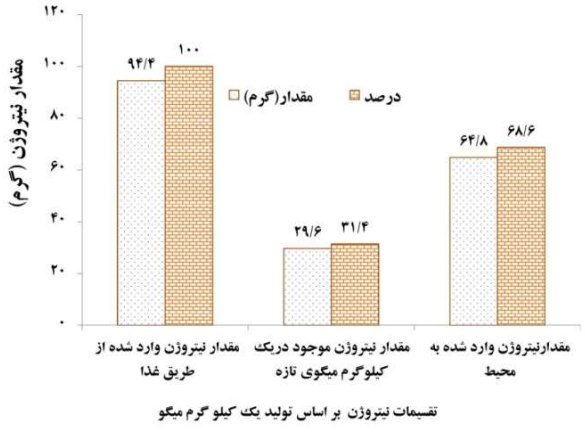
شکل ۱. ترکیبات بیوشیمیایی غذای مورداستفاده برای تغذیهٔ میگوی سفید غربی *P.vannamei*

در تحقیق یادشده که در خصوص پرورش میگوی جوان (۴-۶ گرمی)، گونه *P. vannamei* در یک محیط بسته (سیستم بدون تعویض آب) صورت گرفت، میزان FCR معادل ۱/۶۷ به دست آمد که می‌تواند به عنوان مدلی برای بررسی میزان نیتروژن و فسفر واردشده از طریق غذا دهی میگوهای پرورشی در استخرهای خاکی باشد. بر اساس این اطلاعات فقط حدود ۳۱ درصد نیتروژن و ۱۵ درصد فسفر واردشده از طریق غذا به تانک‌های پرورش، توسط میگو جذب می‌گردد و مابقی آن یا در رسوبات ذخیره شده و یا به صورت محلول در آب باقی می‌ماند (شکل‌های ۲ و ۳).

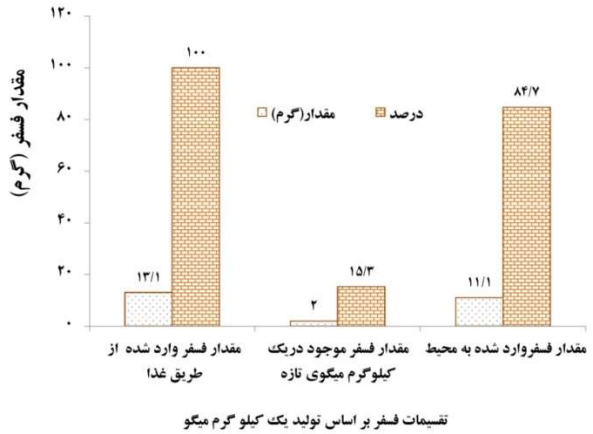
میزان ورود نیتروژن و فسفر در یک استخر یک هکتاری بر اساس تولید ۳ تن در هکتار رقم قابل‌توجهی خواهد بود، چنانچه میزان FCR معادل ۱/۶۷ باشد در این صورت برای تولید ۳ تن میگوی سفید غربی *P. vannamei* نیاز به ۵۰۱۰ کیلوگرم غذای حاوی ۳۵ درصد پروتئین است، مقادیر نیتروژن و فسفر واردشده به این استخر به ترتیب حدود ۲۸۳ و ۳۹ کیلوگرم خواهد بود که تنها حدود ۸۸ کیلوگرم نیتروژن و ۶ کیلوگرم فسفر از طریق میگو جذب و در پایان دوره پرورش از استخر خارج می‌شود و مابقی به صورت محلول و معلق در آب و یا به صورت رسوب در بستر ته‌نشین می‌گردد (شکل‌های ۴ و ۵).

۲-ترکیبات مختلف حاوی نیتروژن و فسفر در استخرهای پرورش میگو

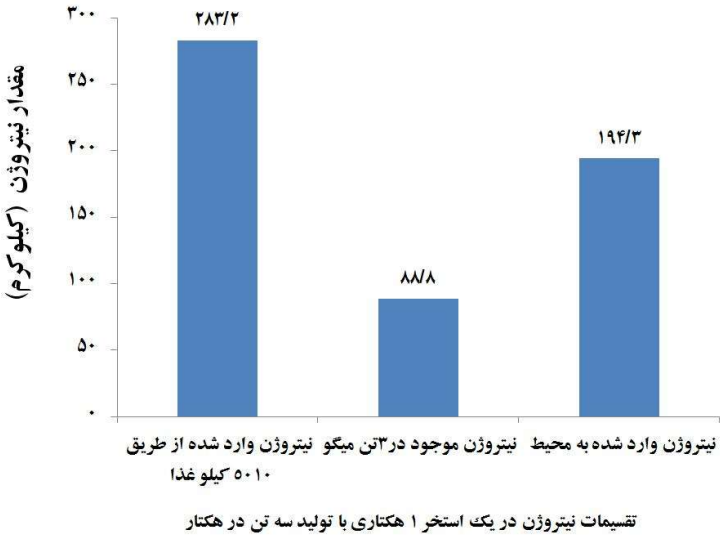
نیتروژن و فسفر واردشده به محیط به دو صورت آلی و معدنی دیده می‌شود. شکل آلی نیتروژن عمدتاً به صورت اسیدآمینه‌ها، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلوئیک، نوکلئوتیدها و اوره دیده می‌شود. شکل غیر آلی نیتروژن به صورت گاز نیتروژن (N_2)، نیترات (NO_3)، نیتریت (NO_2) و آمونیاک کل (مخلوط آمونیاک NH_3 و یون آمونیوم NH_4)، دیده می‌شود که محلول در آب هستند.



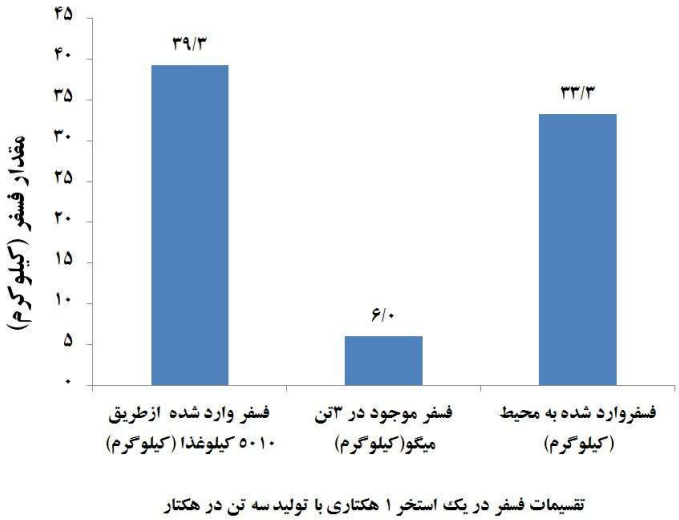
شکل ۲. مقدار نیتروژن واردشده از طریق غذای حاوی ۳۵ درصد پروتئین برای تولید ۱ کیلوگرم میگوی سفید غربی *P. vannamei* (بر اساس FCR معادل ۱/۶۷)



شکل ۳. مقدار فسفر واردشده از طریق غذای حاوی ۳۵ درصد پروتئین برای تولید ۱ کیلوگرم میگوی سفید غربی *P. vannamei* (بر اساس FCR معادل ۱/۶۷)



شکل ۴. مقدار نیتروژن واردشده از طریق غذای حاوی ۳۵ درصد پروتئین برای تولید ۳ تن میگوی سفید غربی *P. vannamei* در یک استخر ۱ هکتاری (بر اساس FCR معادل ۱/۶۷)



شکل ۵. مقدار فسفر واردشده از طریق غذای حاوی ۳۵ درصد پروتئین برای تولید ۳ تن میگوی سفید غربی *P. vannamei* در یک استخر ۱ هکتاری (بر اساس FCR معادل ۱/۶۷)

نیتروژن و فسفر آلی در استخرها عمدتاً در بافت زنده، لاشهٔ موجودات، مواد دفعی و مواد غذایی خورده نشده وجود دارد و می‌تواند به صورت معلق و یا رسوب دیده شود. در حالت معلق، نیتروژن و فسفر به صورت مواد آلی در بدن موجودات پلانکتونی اعم از فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون، ذرات مواد غذایی خورده نشده و مواد دفعی میگوها و حالت رسوب در لاشه پلانکتون‌ها و مواد دفعی و بقایای مواد غذایی خورده نشده دیده می‌شود. در استخرهای پرورش میگو حدود ۳۱ درصد نیتروژن واردشده از

طریق غذا و حدود ۸۴ درصد فسفر موجود در غذا در رسوبات باقی می‌ماند که این امر اهمیت برداشت صحیح رسوبات و لجن از کف استخرها در بین دوره‌های پرورش را نشان می‌دهد (Briggs and Funge-Smith, 1994).

۳-تأثیر افزایش نیتروژن و فسفر و سایر افزودنی‌های موجود در غذای میگو بر محیط استخرهای پرورش میگو و محیط طبیعی

بر اساس مطالعات انجام‌شده در تایلند، از کل غذای واردشده با نرخ ضریب تبدیل FCR=۲، فقط ۲۴ درصد نیتروژن و ۱۳ درصد فسفر از طریق زیتودهٔ میگوی برداشت‌شده از محیط خارج شده است. درحالی‌که مابقی در استخر باقی مانده و درنهایت وارد آب‌های محیط اطراف مزارع می‌گردد. آب خروجی حاوی ۳۵ درصد نیتروژن و ۱۰ درصد فسفر واردشده به محیط است (Briggs and Funge-Smith, 1994). تحقیقی دیگر در خصوص محاسبات مربوطه به بودجه مواد مغذی نشان داده است که در مزارع پرورش میگوی ببری سیاه (*Penaeus monodon*)، میگو فقط قادر است که ۳۱-۲۳ درصد نیتروژن و ۱۳-۱۰ درصد فسفر واردشده به سیستم را جذب نماید. منبع اصلی مواد مغذی واردشده به سیستم غذا بوده است که دربرگیرندهٔ ۹۲ - ۷۶ درصد ازت کل و ۹۱- ۷۰ درصد فسفر کل واردشده به سیستم بوده است. رسوبات استخرها سهم عمده‌ای از نیتروژن (۱۴-۵۳ درصد) و فسفر (۶۷ - ۳۹ درصد) را دربر می‌گیرند (Thakur and Lin, 2003). مواد مغذی موجود در جریان خروجی از مزارع پرورش میگو به ویژه مزارع پرورش میگو با مدیریت ضعیف می‌تواند منجر به بروز پدیده اوتریفیکاسیون در مناطق ساحلی گردیده و اثرات آن نگرانی‌های زیست‌محیطی عظیمی را به دنبال داشته است.

مطالعات انجام‌شده حاکی از آن است که ارتباط نزدیکی بین شکوفایی گونه‌های مضر جلبکی و پساب تخلیه‌شده از مزارع هم‌جوار با مناطق بروز این پدیده وجود دارد. غلظت‌های بالای نیتروژن محلول غیر آلی، فسفات و کلروفیل a که ناشی از تخلیهٔ مدیریت نشده آب‌های مزارع پرورش میگو و ماهی است، می‌تواند منجر به غنی شدن آب‌های ساحلی گردد که می‌تواند برای مناطق مرجانی خطرناک باشد (Herbeck *et al.*, 2013). بر اساس تحقیقات انجام‌شده در جنوب هند، بر اساس سطح ۶۰۰ هکتار مزرعه پرورش میگو، حدود ۴۹ تا ۶۱ تن نیتروژن در سال از طریق آب‌های خروجی استخرها وارد محیط می‌گردد و پیش‌بینی می‌شود برای ۲۳۰۰ هکتار مزرعه، رقمی بین ۱۹۱ تا ۲۳۷ تن نیتروژن در سال وارد محیط گردد (Joseph *et al.*, 2003). انتشار ترکیبات آلی محلول همراه با سایر ترکیبات موجود در غذا از قبیل ویتامین‌ها نیز می‌تواند بر روی کیفیت آب تأثیرگذار باشد، این مواد می‌توانند رشد یا سمیت گونه‌های ویژه‌ای از فیتوپلانکتون‌ها را تحت تأثیر خود قرار دهند.

نیتروژن آمونیاکی کل (Total ammonia nitrogen)، به صورت مخلوطی از آمونیاک یونیزه (NH_4^+) و آمونیاک غیر یونیزه (NH_3) دیده می‌شود که سمیت نوع غیر یونیزه آن بسیار بالاتر است. با بالا رفتن دما و pH آب، نسبت آمونیاک غیر یونیزه (NH_3) به آمونیاک یونیزه (NH_4^+)، افزایش و در نتیجه سمیت آمونیاک افزایش می‌یابد. افزایش شوری منجر به کاهش نسبت آمونیاک غیر یونیزه (NH_3) به آمونیاک یونیزه (NH_4^+)، می‌گردد بنابراین افزایش شوری باعث کاهش سمیت آمونیاک کل می‌شود .(Wickins, 1976) غلظت نیتروژن آمونیاکی غیر یونیزه (NH_3) باید کمتر از ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر باشد و افزایش آن می‌تواند اثر مرگباری برای میگو و ماهی‌ها داشته باشد. میگوی *P.vannamei* در شوری‌های بالاتر مقاومت بهتری را نسبت به این نوع نیتروژن از خود نشان می‌دهد، به نحوی که در شوری‌های ۱۵، ۲۵ و ۳۵ قسمت در هزار، حد مجاز نیتروژن آمونیاکی کل (آمونیوم)، به ترتیب معادل ۲/۴۴، ۳/۵۵ و ۳/۹۵ میلی‌گرم در لیتر و برای آمونیاک (NH3)، به ترتیب ۰/۱۲، ۰/۱۶ و ۰/۱۶ میلی‌گرم در لیتر است. حد مطلوب غلظت نیتریت (NO_2)، برای پرورش میگوی جوان *P. vannamei* در شوری‌های ۱۵، ۲۵ و ۳۵ قسمت در هزار به ترتیب کمتر از ۶/۱، ۱۵/۲ و ۲۵/۷ میلی‌گرم در لیتر است. در شوری ۱۱ قسمت در هزار، میزان نیترات (NO3)، بالاتر از ۲۲۰ میلی‌گرم در لیتر بر روی بازماندگی، رشد و تولید نهایی میگوی *P. vannamei* اثر منفی دارد (Kuhn *et al.*, 2010)

۴-پالایش زیستی و حذف نیتروژن و فسفر و سایر مواد آلی از پساب استخرها

پرورش توأم جلبک و سایر آبزیان (میگو، ماهی و صدف)، به عنوان روشی برای افزایش تولید و بهبود کیفیت آب خروجی مدنظر قرارگرفته است. برای مثال، در پرورش توأم صدف مروارید ساز *Pinctada martensi* و جلبک قرمز *Kappaphycus ahvarenzii*، جلبک قرمز می‌تواند به عنوان عاملی برای حذف مواد زائد حاوی نیتروژن مورداستفاده قرار گیرد و بدین ترتیب باعث بهبود کیفیت آب و تولید صدف مروارید ساز گردد (Qian *et al*., 1996). در پرورش توأم میگوی سفید *P. vannamei* و جلبک قرمز *Gracilaria corticata* در سیستم بدون تعویض آب، جلبک قرمز گراسیلاریا باعث بهبود کیفیت آب گردیده و منجر به افزایش درصد بقا و رشد میگو گردید (Fourooghifard *et al*., 2017). یکی از روش‌های پالایش زیستی پساب مزارع پرورش استفاده از فیلترهای بیولوژیک برای حذف مواد آلی و معدنی محلول و ذرات مواد غذایی معلق آلی است. تصفیه پساب‌ها به صورت مرحله به مرحله توسط گروه‌های مختلفی از آبزیان صورت می‌گیرد در مرحله اول، جانوران آبزی صافی خوار (Filter feeder) ، از طریق فیلتر نمودن مواد معلق تغذیه می‌نمایند که از میان آنها می‌توان به دو کفه‌ای‌ها، سخت‌پوستان (بارناکل‌ها، پاروپایان)، روتیفرها، بعضی از آغازیان، بریوزوآو تونیکیت‌ها اشاره کرد (Ostroumov, 1998) (شکل ۶).

شکل ۶. دسته‌هایی از فیلتر کنندگان ذرات معلق شامل آب فشان‌ها، دو کفه‌ای‌ها و بارناکل‌ها

در مرحله بعد گیاهان آبزی مستقر در کناره‌ها و بستر، مواد مغذی محلول از قبیل ترکیبات نیتروژن و فسفر را جذب نموده و پایه و اساس زنجیرهٔ غذایی را شکل می‌دهند. جنگل‌های مانگرو در مقیاس کوچک مکانی و دورهٔ زمانی موقت توانایی بازیافت موادی که از طریق تخلیهٔ ادواری آب خروجی استخرها وارد محیط می‌شوند را دارند (Trott and Alongi, 2000). استقرار سازه‌های مصنوعی در حوضچه‌های قرنطینه (ماند)، پساب و یا کانال‌های اصلی انتقال پساب مزارع پرورش میگو می‌تواند در پالایش پساب‌ها، مؤثر باشد. قابلیت پالایش پساب توسط این زیستگاه‌های مصنوعی، به اجتماعات مستقرشده بر روی این سازه‌ها بستگی دارد. در سال‌های اخیر ایده پرورش توأم آبزیان به عنوان راه‌حلی برای کاهش مواد مغذی تولیدشده در فعالیت-های آبزی‌پروری متراکم به ویژه در آب‌های دریایی مدنظر قرار گرفته است، که درواقع تلفیقی از سطوح چندگانه غذایی (IMTA: Integrated Multi Trophic Aquaculture) ، بوده و دامنهٔ وسیعی از پرورش هم‌زمان گونه‌های مختلف را در برمی‌گیرد که می‌تواند شامل ماهی، صدف، گیاهان دریایی، خیار دریایی و توتیای دریایی و حتی تخصصی‌تر از آن کاشت گیاهان شور پسند مانند درختان مانگرو همراه با سایر گونه‌های جانوری در آبزی‌پروری باشد که می‌تواند در پالایش زیستی پساب‌های ناشی از فعالیت‌های آبزی‌پروری مورداستفاده قرار گیرد (Soto, 2009).

توصیه ترویجی

اگرچه بی‌واسطه فعالیت‌های آبزی‌پروری منجمله پرورش میگو مقادیر زیادی مواد آلی و معدنی حاوی ترکیبات نیتروژن و فسفر وارد محیط می‌شود اما با مدیریت صحیح غذا دهی و مدیریت پساب می‌توان اثرات مخرب این مواد را کاهش داد. استفاده از فیلترهای بیولوژیک یکی از روش‌های اصلی در کاهش اثرات مخرب پساب‌های حاصل از مزارع پرورش میگو است. این فیلترها که متشکل از انواع مختلف موجودات جانوری و گیاهی هستند طی مراحل مختلف اقدام به جذب مواد معلق و محلول آلی و معدنی نموده و محیط آبی را پالایش می‌نمایند. در استفاده از سیستم تلفیقی سطوح چندگانهٔ غذایی (IMTA)، علاوه بر پالایش محیط، با انتخاب گونه‌های مختلف و مناسب می‌توان باعث افزایش ارزش اقتصادی در آبزی‌پروری گردید.

منابع

1- Briggs, M.R.P. and Fvnge-Smith, S.J., 1994. A nutrient budget of some intensive marine shrimp ponds in Thailand. *Aquaculture Research*, *25*(8), pp.789-811.
2- Fourooghifard, H., Matinfar, A., Mortazavi, M.S., Roohani Ghadikolaee, K. and Mirbakhsh, M., 2017. Growth parameters of whiteleg shrimp Litopenaeus vannamei and red seaweed Gracilaria corticata in integrated culturing method under zero water exchange system. *Aquaculture research*, *48*(10), pp.5235-5242.
3- Fourooghifard, H., Matinfar, A., Mortazavi, M.S., Roohani Ghadikolaee, K. and Roohani Ghadikolaee, M., 2018. Nitrogen and phosphorous budgets for integrated culture of whiteleg shrimp Litopenaeus vannamei with red seaweed Gracilaria corticata in zero water exchange system. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, *17*(3), pp.471-486.
4- Herbeck, L.S., Unger, D., Wu, Y. and Jennerjahn, T.C., 2013. Effluent, nutrient and organic matter export from shrimp and fish ponds causing eutrophication in coastal and back-reef waters of NE Hainan, tropical China. *Continental Shelf Research*, *57*, pp.92-104.
5- Joseph, K.O., Gupta, B.P., Arasu, A.R.T., Muralidhar, M. and Krishnani, K.K., 2003. Effect of shrimp farming on nitrogen levels in the waters of Kandaleru creek, Andhra Pradesh. *Indian Journal of Fisheries*, *50*(3), pp.291-296.
6- Kuhn, D.D., Smith, S.A., Boardman, G.D., Angier, M.W., Marsh, L. and Flick Jr, G.J., 2010. Chronic toxicity of nitrate to Pacific white shrimp, Litopenaeus vannamei: impacts on survival, growth, antennae length, and pathology. *Aquaculture*, *309*(1-4), pp.109-114.
7- Olsen, Y. and Olsen, L.M., 2008. Environmental impact of aquaculture on coastal planktonic ecosystems. In *Fisheries for global welfare and environment. Memorial book of the 5 th World Fisheries Congress 2008*. TERRAPUB, Tokyo(Japan).
8- Ostroumov, S.A., 1998, May. Biological filtering and ecological machinery for self-purification and bioremediation in aquatic ecosystems: towards a holistic view. In *Rivista di Biologia/Biology Forum* (Vol. 91, No. 2, pp. 221-232).
9- Qian, P.Y., Wu, C.Y., Wu, M. and Xie, Y.K., 1996. Integrated cultivation of the red alga Kappaphycus alvarezii and the pearl oyster Pinctada martensi. *Aquaculture*, *147*(1-2), pp.21-35.
10- Soto, D., 2009. *Integrated mariculture: a global review* (No. 529). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

11-Thakur, D.P. and Lin, C.K., 2003. Water quality and nutrient budget in closed shrimp (*Penaeus monodon*) culture systems. *Aquacultural engineering*, *27*(3), pp.159-176.
12-Troell, M., Joyce, A., Chopin, T., Neori, A., Buschmann, A.H. and Fang, J.G., 2009. Ecological engineering in aquaculture—potential for integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine offshore systems. *Aquaculture*, *297*(1-4), pp.1-9.
13-Trott, L.A. and Alongi, D.M., 2000. The impact of shrimp pond effluent on water quality and phytoplankton biomass in a tropical mangrove estuary. *Marine Pollution Bulletin*, *40*(11), pp.947-951.
14-Wickins, J.F., 1976. The tolerance of warm-water prawns to recirculated water. *Aquaculture*, *9*, pp.19-37.