زیست‌شناسی جانوری، سال چهاردهم، شماره اول، پاییز ۱۴۰۰، صفحات ۱۷۴- ۱۶۷

مقاله پژوهشی

عملکرد تولیدمثلی مولدین میگوی سفید غربی (*Penaeus vannamei* Boone, 1931) تحت تاثیر سیستم‌های پرورشی مختلف

محمدحسین خانجانی

گروه علوم و مهندسی شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، کرمان، ایران

*مسئول مکاتبات: m.h.khanjani@ujiroft.ac.ir

DOI: 10.22034/ascij.2021.684786

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۲

چکیده

عملکرد مولدین میگوی سفید غربی تحت تاثیر شرایط محیطی مختلف، نوع تغذیه، اندازه و مکان پرورش متفاوت می‌باشد. در مطالعه حاضر عملکرد تولید مثلی مولدین میگوی سفید غربی در دو سیستم پرورشی معمولی (تعویض آب) و تعویض آب محدود مورد بررسی قرار گرفت. مولدین ماده با میانگین وزن ۶/۸ ± ۳۸/۶ گرم از مرکز تکثیر آبزی پرور چابهار واقع در کنارک تهیه و در مخازن ۲۰۰۰ لیتری مورد آزمایش قرار گرفتند. دو تیمار در سه تکرار در قالب طرح کاملا تصادفی برای مطالعه حاضر در نظر گرفته شد. شامل: تیمار کنترل (سیستم پرورش معمولی) که روزانه ۹۰ درصد آب مخازن تعویض و تیمار با تعویض آب محدود (روزانه ۲ تا ۳ درصد) از کف مخازن تعویض آب صورت می گرفت. نتایج نشان داد تفاوت معنی‌داری در عملکرد رشد مولدین بین دو سیستم پرورش وجود ندارد ($p > ۰/۰۵$)، اما ضریب بقاء در سیستم پرورش با تعویض آب محدود (۹۷/۵۷ درصد) بالاتر بود. تعداد تخم در هر مرحله تخم‌ریزی برای میگوهای تحت سیستم پرورشی معمولی و تعویض آب محدود به ترتیب ۴۷۵۰۰ و ۶۰۸۰۰ بدست آمد که اختلاف معنی‌داری بود ($p < ۰/۰۵$). همچنین تعداد تخم تبدیل شده به ناپلیوس در سیستم تعویض آب محدود نسبت به سیستم معمولی بیشتر بدست آمد. بطور کلی مطالعه حاضر نشان داد عملکرد تولید مثلی مولدین میگوی سفید غربی در سیستم پرورشی با تعویض آب محدود نسبت به سیستم معمولی بهتر می‌باشد.

کلمات کلیدی: میگوی سفید غربی، مولدین، سیستم پرورش، تعویض آب محدود.

مقدمه

میگوی سفید غربی با نام علمی (*Penaeus vannamei* Boone, 1931) مهمترین گونه خانواده پنائیده و بالاترین ارزش را در بین سخت‌پوستان دارد (۱۴). توسعه مزارع پرورشی و همچنین میزان تولیدات این میگو در سطح جهان قابل توجه است. عملکرد مولدین در جهت تولید تخم، ناپلی و لارو با کیفیت از ارکان اساسی جهت تولید موفق می‌باشد (۲۵). سیستم و مکان پروش نقش قابل توجهی در بهبود امنیت زیستی آبزی پرورش یافته دارد (۱۷). در سالهای اخیر تکنولوژی با تعویض آب محدود به عنوان فن آوری مناسب و با امنیت زیستی مناسب در پرورش انواع گونه‌های آبزیان (میگوی سفید غربی، تیلاپیا، کپور

معمولی و گربه ماهی) بکارگیری شده است (۱۹، ۲۱). در سیستم با تعویض آب محدود، ارتباط محیط پرورش با آب ورودی کاهش یافته و از این جهت سبب افزایش امنیت زیستی می‌گردد (۲۰). در این سیستم توده میکروبی هر ۲۴ ساعت شبانه روز به عنوان ماده غذایی در مخازن پرورش تولید و در دسترس میگو قرار می گیرد و به رشد اولیه گنادهای جنسی کمک می‌کند (۷).

بیوفلوک به عنوان منبع غذایی طبیعی غنی از پروتئین و چربی می‌باشد که عمدتا شامل فیتوپلانکتون، باکتری‌های آزاد و چسبنده، ذرات آلی، زئوپلانکتون‌ها مثل روتیفر، مژکداران، تاژکداران و نماتودها می‌باشد. امروزه تکنولوژی با تعویض آب محدود در مقیاس وسیع برای پرورش میگو در آسیا و آمریکای مرکزی و همچنین در مقیاس کوچک در سیستم‌های گلخانه‌ای در برزیل، کره جنوبی و آمریکا بکارگیری می‌شود (۲۱). با این حال اطلاعات کمی در رابطه با مزایایی این تکنولوژی در پرورش مولدین وجود دارد. سیستم بیوفلوک با تعویض آب محدود در پرورش مولدین میگو در سال ۲۰۰۶ در کشور تاهیتی بکارگیری شده است (۶).

محققان بیان کردند عملکرد تولیدمثل مولدین میگوی *Litopenaeus stylirostris* بطور معنی‌داری در سیستم با تعویض آب محدود بهتر از سیستم معمولی می‌باشد، که احتمالاً به دلیل حضور توده میکروبی در سیستم با تعویض آب محدود باشد که منجر به تولید تخم بیشتر و کاراتر می‌شود (۶).

منبع غذایی و کیفیت آن از فاکتورهای مهمی است که عملکرد تولید مثل میگو را تحت تاثیر قرار می‌دهند (۹، ۱۳).

در طبیعت بدلیل حضور غذاهای زنده از قبیل روتیفرها، کپه‌پودها، پلی‌کت‌ها، دوکفه‌ای‌ها و سخت‌پوستان کوچک، مولدین از آنها استفاده می‌کنند اما در محیط اسارت اغلب غذای مصنوعی بهمراه برخی غذاهای تازه از قبیل اسکوئید، بیومس آرتمیا، کرم‌ها و ماسل‌ها می‌باشد (۳). در سیستم با تعویض آب محدود توده‌های غنی توسط میگوی سفید غربی استفاده می‌شوند به‌طوری که مطالعات نشان داده بیش از ۲۹ درصد غذای روزانه میگوی سفید غربی را می‌توان با توده میکروبی جایگزین نمود، که این توده‌ها توانایی تاثیر بر عملکرد تولیدمثل مولدین میگو را دارند (۷).

مطالعات مختلف نشان داده توده‌های میکروبی توانایی بهبود عملکرد تخم ریزی مولدین میگو و بقای لاروها را دارد (۸، ۱۰، ۱۲). تاثیر سیستم‌های پرورشی جهت ارزیابی کیفیت عملکرد تولیدمثل مولدین آبزی پرورش یافته حائز اهمیت است. در مطالعه حاضر تاثیر دو سیستم معمولی (با تعویض آب) و سیستم با تعویض آب محدود به همراه توده میکروبی بر عملکرد رشد، بقاء و تخم دهی مولدین میگوی سفید غربی مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

پس از بررسی ظاهری مولدین میگوی سفید غربی و اطمینان از سلامتی آنها، مولدین ماده با میانگین وزنی۶/۸± ۳۸/۶ گرم و جنس نر با میانگین وزنی ۶/۵± ۳۷/۱ گرم از مرکز تکثیر آبزی پرور چابهار واقع در کنارک تهیه و مورد آزمایش قرار گرفتند. بدین منظور ابتدا ۴ روز آداپتاسیون و سپس ۳۰ روز آزمایش در مخازن با حجم آبگیری ۲۰۰۰ لیتر و تراکم ۱۴ قطعه انجام شد. برای مطالعه حاضر دو تیمار شامل گروه کنترل (سیستم تعویض آب معمولی) که تعویض آب ۹۰ درصد در روز بود و دیگری تیمار با تعویض آب محدود (تعویض آب ۲ تا ۳ درصد بصورت روزانه) در نظر گرفته شد.

در طی دوره آزمایش شوری در حدود ۳۱ تا ۳۲ گرم در لیتر، درجه حرارت ۲۸ تا ۳۰، پی اچ ۷/۵ تا ۸/۵، میزان آلکالینیتی حدود ۱۷۵-۱۵۰، اکسیژن محلول ۶/۳-۵/۸ میلی گرم در لیتر و دوره نوری نیز به صورت ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی تنظیم گردید. در سیستم با تعویض آب محدود قبل از ذخیره مولدین نیم میلی لیتر توده میکروبی به ازای هر لیتر به مخازن پرورش اضافه گردید (۲۰).

از منبع کربن ملاس (با میزان کربن ۳۸ درصد) جهت حفظ کیفیت آب و تولید پیوسته توده میکروبی استفاده شد و نسبت کربن به نیتروژن بر اساس Avnimelech (۲۰۰۹) حدود ۱۵ تنظیم گردید.

تغذیه مولدین با اسکوئید و بیومس آرتمیا به میزان ۵ درصد وزن بدن در دو وعده (۹ صبح و ۲۰ شب) و غذای کنسانتره با ۴۲ درصد پروتئین به میزان ۳ درصد وزن بدن در سه وعده (۲۴ نیمه شب، ۴ صبح و ۱۴ بعد از ظهر) انجام شد. بطور کلی غذادهی در ۵ وعده برنامه ریزی و در حد سیری داده شد. بعد از انتخاب مولد ماده میگوهای سفید غربی، به منظور القای رسیدگی جنسی در هفته اول قطع پایه چشمی توسط پنس داغ صورت گرفت.

از روز دهم جهت بررسی جفت گیری و دریافت اسپرماتوفور، هرشب بعد از قطع روشنایی مولدین ماده ای که در مرحله چهارم رسیدگی قرار داشتند، به آرامی با ساچوک صید و در کنار مولدین نر قرار می گرفتند و پس از چند ساعت توسط چراغ قوه بررسی گردیدند، مولدینی که جفت گیری و اسپرماتوفور را از جنس نر دریافت کرده بودند، به مخازن ۳۰۰ لیتری که اطراف آن با پلاستیک مشکی پوشانده شده بود منتقل تا عمل تخم ریزی و انکوباسیون صورت گیرد.

پس از تخم ریزی و انتقال مولدها به تانک‌های پرورش، آب تانک تخم ریزی را بهم زده و ۶ نمونه ۱۰ میلی‌لیتری برداشت و تعداد تخم‌های موجود محاسبه و تعداد تخم در هر بار تخم ریزی و همچنین به ازای هر واحد وزن بدن تعیین گردید، بعد از تخم گشایی از ناپلی‌ها ۶ نمونه ۱ میلی لیتری تهیه و تعداد ناپلی‌ها شمارش شدند (۲۷). همچنین در پایان دوره آزمایش افزایش وزن، ضریب رشد ویژه و درصد بقای مولدین طبق روابط زیر محاسبه گردید (۲۲).

افزایش وزن (گرم): (وزن ثانویه- وزن اولیه) و

ضریب رشد ویژه (درصد در روز): {(لگاریتم طبیعی وزن نهایی – لگاریتم طبیعی وزن ابتدایی)/ دوره پرورش (روز)} × ۱۰۰

درصد بقاء: {(تعداد میگوهای انتهای دوره/ تعداد میگوهای ابتدای دوره)} × ۱۰۰

آنالیز آماری: در ابتدا برای تعیین نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف استفاده شد و سپس با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه و آزمون چند دامنه دانکن جهت بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین تیمارها در سطح اعتماد ۵٪ با استفاده از نرم افزار spss مورد بررسی قرار گرفت. از نرم افزار اکسل برای ثبت داده‌ها و رسم نمودار استفاده گردید.

نتایج

نتایج حاصل از عملکرد رشد و بقای مولدین میگوی سفید غربی در سیستم‌های تعویض آب معمولی و تعویض آب محدود در جدول ۱ ارائه شده است. میزان بقاء به ترتیب ۰/۶ ±۹۵/۲۱ و ۰/۵۷ ± ۹۷/۵۷ درصد در سیستم تعویض آب معمولی و تعویض آب محدود بدست آمد. در جدول ۲ تعداد تخم تولید شده از مولدین میگو در تیمارهای مختلف آورده شده است که نشان می‌دهد تعداد تخم تولید شده در تیمار با تعویض آب محدود بطور قابل توجهی بالاتر است که اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد ($P < ۰/۰۵$). نتایج حاصل از تراکم ناپلی بدست آمده از مولدین

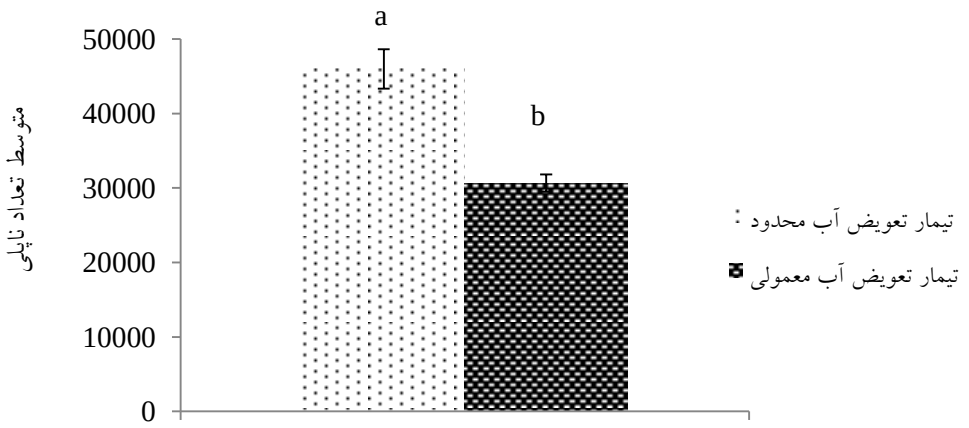
میگوی سفید غربی در دو سیستم تعویض آب معمولی و تعویض آب محدود در شکل ۱ ارائه شده است. تراکم ناپلی بطور متوسط ۲۶۴۵/۷۵ ± ۴۶۰۰۰ و ۱۱۵۴/۷ ± ۳۰۶۶۶/۶۷ قطعه به ترتیب در دو سیستم تعویض آب محدود و معمولی مشاهده شد.

جدول ۱- عملکرد رشد و میزان بقاء مولدین میگوی سفید غربی در سیستم‌های پرورشی مختلف (میانگین± انحراف از معیار)

متغیرها	سیستم پرورش معمولی	سیستم با تعویض آب محدود
وزن نهایی مولد ماده (گرم)	^{a}۴۳/۷ ±۷/۴	^{a}۴۴/۶ ±۷/۸
افزایش وزن (گرم)	^{a}۵/۱ ±۲/۱	^{a}۶/۰ ±۲/۴
ضریب رشد ویژه (درصد در روز)	^{a}۰/۴۴۳ ±۰/۱	^{a}۰/۵۱۶ ±۰/۱۳
ضریب بقاء (٪)	^{b}۹۵/۲۱ ±۰/۶	^{a}۹۷/۵۷ ±۰/۵۷

جدول ۲- تعداد تخم تولید شده از مولدین میگوی سفید غربی در سیستم‌های پرورشی مختلف (میانگین± انحراف از معیار)

تعداد تخم	سیستم پرورش معمولی	سیستم با تعویض آب محدود
تعداد تخم در هر مرحله تخم ریزی ($۱۰^{۳}$)	^{b}۴۷/۵ ±۷/۳	^{a}۶۰/۸ ±۸/۴
تعداد تخم به ازای هر واحد وزن بدن ($۱۰^{۳}$)	^{b}۱/۰۸۶ ±۰/۱۸	^{a}۱/۳۶۳ ±۰/۲۵



شکل ۱- متوسط تعداد ناپلی بدست آمده از مولدین میگوی سفید غربی تحت تاثیر دو سیستم پرورشی مختلف (میانگین± انحراف از معیار)

بحث

نتایج نشان می‌دهد عملکرد رشد مولدین در دو سیستم تفاوت معنی داری ندارد، اما در میزان بقاء اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. حضور توده میکروبی در مخازن پرورش میگو سبب بهبود بقاء می‌شود (۸، ۱۸، ۲۰، ۲۲). غذاهای کنسانتره ممکن است همه مواد مغذی لازم را برای رشد و بقای میگو تامین نکنند، توده‌های میکروبی ذرات غنی حاوی مواد معدنی و ویتامین‌ها هستند که می‌توانند به‌عنوان غذای مکمل

برای رشد و بقای میگو استفاده شوند (۱). برخی از مواد مغذی (ویتامین‌ها و مواد معدنی) از توده میکروبی تولید شده در مخزن پرورش بدست می‌آید که همراه با جیره کنسانتره، غذای مکملی برای میگو خواهد بود. در واقع، غذای خوب و متعادل می‌تواند بدون استفاده از پروتئین‌های دریایی و با حضور توده میکروبی تولید شود (۲۱). میزان بقاء در مطالعه حاضر ۹۵/۲۱ و ۹۷/۵۷ درصد به ترتیب در سیستم‌های تعویض آب معمولی و تعویض آب محدود مشاهده گردید. ضریب بقاء ۹۷/٤- ۹٤/۵ درصد (۳۰)، ۹۰/۹۳- ۹۹/۰٦ درصد (۲۳) و ۸۸/۳ درصد (۲۶) برای میگوی سفید غربی در سیستم با تعویض آب محدود گزارش شده است. به‌طورکلی میزان بقاء در شرایط بدون تعویض آب نسبت به تیمار آب شفاف و کنترل بالاتر است (٤). بهبود ضریب بقاء احتمالا بدلیل مصرف توده های میکروبی با ارزش غذایی بالا که حاوی مقادیر پروتئین و چربی مناسب هستند، می-باشد (۲۱). توده‌های میکروبی شامل پروتئین میکروبی، پلی‌مر آلی پلی‌هیدروکسی‌بوترات و همچنین باکتری‌های حاوی پپتیدوگلوکان و لیپوپلی ساکارید در دیواره سلولی خود هستند که سبب بهبود عملکرد رشد و بقاء در میگو می‌شوند (۷).

در مطالعه حاضر مشاهده شد مولدین میگوی سفید غربی که در سیستم با تعویض آب محدود پرورش یافته‌اند تعداد تخم بیشتری نسبت به مولدین پرورش یافته در سیستم معمولی تولید کرده‌اند (جدول ۲). در مطالعه Emerenciano و همکاران (۲۰۱٤) عملکرد مولدین میگوی صورتی *Farfantepenaeus duorarum* را در دو سیستم معمولی و تعویض آب محدود بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که عملکرد تولیدمثل مولدین در سیستم با تعویض آب محدود بهتر از سیستم معمولی است. عملکرد بهتر مولدین پرورش یافته در سیستم تعویض آب محدود با توده میکروبی احتمالا به دلیل شرایط تغذیه‌ای بهتر و در دسترس بودن توده میکروبی در طی ۲٤ ساعت شبانه روز می‌باشد، که منجر به توسعه بهتر گنادها نسبت به مولدین پرورش یافته در سیستم معمولی و آب شفاف می‌شود. ضریب تخم ریزی (مولدین ماده‌ای که حداقل یکبار تخم ریزی کردند) برای مولدین میگوی *Farfantepenaeus paulensis* پرورش یافته در سیستم آب شفاف ۲۵ درصد و در سیستم با تعویض آب محدود با توده میکروبی ۸۰ تا ۸۲ درصد گزارش شده است (۵). درصد مرگ و میر مولدین میگوی پرورش یافته *F. paulensis* ۳٦/٤ درصد (۵) و برای *F.duorarum* ۱٤ درصد (۱۰) گزارش شده است. تعداد تخم در هر بار تخم ریزی برای مولدین *F. paulensis* ۸٦۸۰۰ (۵) و برای مولدین *F. duorarum* ۲۳۳۰۰ تا ٤۸۷۰۰ (۱۰) مشاهده شده است.

در مطالعه حاضر تعداد تخم در هر بار تخم ریزی ٦۰۸۰۰ در سیستم با تعویض آب محدود با توده میکروبی و ٤۷۵۰۰ در سیستم تعویض آب معمولی بدست آمد. در مولدین میگوی *F. paulensis* با میانگین وزن ۲۵/۸ گرم تعداد تخم در هر بار تخم ریزی ۸٦٤۰۰ مشاهده شد (۲۸) که نسبت به مطالعه حاضر بیشتر می‌باشد، در مولدین میگوی ببری قهوه‌ای *Penaeus esculentus* با میانگین وزن ٤۸ گرم تعداد تخم در هر بار تخم ریزی ۱۷٤۰۰ گزارش شده است (۱٦) که نسبت به مطالعه حاضر کمتر می‌باشد. تفاوت در تعداد تخم در هر مرحله تخم ریزی احتمالا به شرایط پرورش، نوع تغذیه، سیستم پرورش، نوع گونه و عوامل زیست محیطی نظیر دوره نوری، درجه حرارت و میزان شوری بستگی دارد. مولدین پرورش یافته در سیستم با تعویض آب محدود نسبت به مولدین پرورش یافته در سیستم آب شفاف میزان بقاء، شاخص گنادوسوماتیک، تعداد تخم در هر بار تخم ریزی، تعداد تخم‌های لقاح یافته و بقای لاروی

بالاتری دارند (۷). همچنین مطالعات دیگر نشان داده حضور غذاهای طبیعی پیوسته به توده‌های میکروبی عملکرد تولیدمثلی و کیفیت تخم را در مولدین *Farfantepenaeus brasiliensis* (۲۴) و *P. vannamei* (۲۵) بهبود می‌دهند. عملکرد تخم ریزی (شامل: دوره نهفتگی، تعداد مولد آماده تخم ریزی در هر بار قطع پایه چشمی، دفعات بلوغ پیایی در مولدین ماده، تعداد تخم در هر با تخم ریزی، تعداد تخم در هر واحد وزن بدن و میزان تخم ریزی تجمعی) در مولدین میگوی آبی *L. stylirostris* تغذیه شده با جیره‌های حاوی پروتئین بالا و خوراک‌های تازه بطور معنی‌داری در سیستم با تعویض آب محدود بالاتر از مولدین پرورش یافته در سیستم معمولی می‌باشد (۱۲). تخم‌های مولدین میگوهای سفید غربی که بر روی توده‌های میکروبی و خوراک‌های تازه تغذیه شده‌اند سطح بالاتری از اسیدهای چرب امگا ۳ و ٦ نسبت به تخم‌های مولدینی که فقط از توده میکروبی تغذیه شده بودند نشان داد (۱۳). نتایج مشابه بر روی مولدین میگوی آبی *L. stylirostris* (٤)، صورتی *F. duorarum* (۱۰) و *P. vannamei* (۲) گزارش شده است.

نتایج نشان می‌دهد عملکرد مولدین پرورش یافته در سیستم با تعویض آب محدود بهتر می‌باشد. بین کیفیت مولدین با کیفیت لارو بدست آمده رابطه مستقیم وجود دارد بطوری که مولدین سالم و قوی مراحل لاروی بهتری دارند (٤ و ۱۵).

جنین و لاروهای اولیه میگوهای خانواده پنائیده لسیتوتروفیک (lecitotrophic) هستند بطوری که غذای آنها فقط از ذخیره زرده تخم تامین می‌شود (۲۹). کیفیت و کمیت مواد مغذی در زرده تخم به ذخیره بدن مولد، ظرفیت سنتز زیستی و غذای خورده شده در دوره بلوغ بستگی دارد (۱۵، ۲۹).

هر چه غذا غنی‌تر، بقاء و کیفیت لارو بهتر می‌باشد، که مطالعه حاضر نشان می‌دهد توده‌های میکروبی تاثیر مثبت بر عملکرد تولید مثل مولدین و تعداد ناپلی تولید شده دارند.

نتیجه‌گیری

بطور کلی مطالعه حاضر نشان داد که سیستم‌های پرورشی معمولی و با تعویض آب محدود بر بقاء و عملکرد تخم‌دهی مولدین میگوی سفید غربی تاثیر قابل توجهی می‌گذارند. تولیدات طبیعی در سیستم با تعویض آب محدود نقش مهمی در تغذیه مولدین میگوی سفید غربی دارند بطوری که منجر به بهبود ضریب بقاء و همچنین عملکرد بهتر تخم دهی مولدین می‌شوند. بنابراین پیشنهاد می‌شود که مطالعات بیشتری در زمینه استفاده از سیستم با تعویض آب محدود در دوره مولدین میگوی سفید غربی انجام گیرد تا اثرات مفید آن در صنعت آبزی پروری میگو مشخص شود.

منابع

1. Avnimelech Y. 2009. Biofloc Technology: A Practical Guide Book. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA. 182 p.

2. Braga A., Lopes D., Magalhães V., Klosterhoff M., Romano L., Poersch L., Wasielesky W. 2018. Infertility of biofloc-reared *Litopenaeus vannamei* males associated with a spermatophore mycobacterial infection: Description of the pathological condition and implications for the broodstock management and larval production. *Aquaculture*, 492: 357-360.

3. Browdy C.L. 1998. Recent developments in penaeid broodstock and seed production technologies: improving the outlook for superior captive stocks. *Aquaculture*, 164: 3-21.

4. Cardona E., Lorgeoux B., Chim L., Goguenheim J., Le Delliou, H., Cahu C.

2016. Biofloc contribution to antioxidant defence status, lipid nutrition and reproductive performance of broodstock of the shrimp *Litopenaeus stylirostris*: Consequences for the quality of eggs and larvae. *Aquaculture*, 452: 252-262.

5. Cavalli R.O., Scardua M.P., Wasielesky W.J. 1997. Reproductive performance of different sized wild and pond- reared Penaeus paulensis females. *Journal of the World Aquaculture Society*, 28: 260-267.

6. Chim L., Huber M., Lemaire P., Brun P., Goguenheim J. 2010. Floc culture system applied for intensive broodstock farming of the blue shrimp *Litopenaeus stylirostris*: First trial carried out in New Caledonia. *EAS Aquaculture Europe Congress*, 2010.

7. El-Sayed A.F.M. 2021. Use of biofloc technology in shrimp aquaculture: a comprehensive review, with emphasis on the last decade. *Reviews in Aquaculture*, 13: 676-705.

8. Emerenciano M., Ballester E.L., Cavalli R.O., Wasielesky W. 2011. Effect of biofloc technology (BFT) on the early postlarval stage of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*: growth performance, floc composition and salinity stress tolerance. *Aquaculture International*, 19: 891-901.

9. Emerenciano M., Ballester E.L., Cavalli R.O., Wasielesky W. 2012. Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). *Aquaculture Research*, 43: 447-457.

10. Emerenciano M., Cuzon G., Arevalo M., Gaxiola G. 2014. Biofloc technology in intensive broodstock farming of the pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum*: spawning performance, biochemical composition and fatty acid profile of eggs. *Aquaculture Research*, 45: 1713-1726.

11. Emerenciano M., Cuzon G., Arevalo M., Miquelajauregui M.M., Gaxiola G. 2013. Effect of short-term fresh food supplementation on reproductive performance, biochemical composition, and fatty acid profile of *Litopenaeus vannamei* (Boone) reared under biofloc conditions. *Aquaculture International*, 21: 987-1007.

12. Emerenciano M., Cuzon G., Goguenheim J., Gaxiola G.A. 2013. Floc contribution on spawning performance of blue shrimp Litopenaeus stylirostris. *Aquaculture Research*, 44: 75-85.

13. Emerenciano M., Gaxiola G., Cuzon G. 2013. Biofloc technology(BFT): A review for aquaculture application and animal food industry. In: Matovic (ed.) Biomass Now-Cultivation and Utilization, Rijeka, Croatia: In Tech Open, pp. 301-328.

14. FAO. 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Global Aquaculture Production*, 1950-2018.

15. Harrison K.E. 1990. The role of nutrition in maturation, reproduction and embryonic development of decapod crustaceans: A review. *Journal of Shellfish Research*, 9: 1-28.

16. Keys S.J., Crocos P.J. 2006. Domestication, growth and reproductive performance of wild, pond and tankreared brown tiger shrimp *Penaeus esculentus*. *Aquaculture*, 257: 232-240.

17. Khanjani M.H., Alizadeh M., Mohammadi M., Sarsangi Aliabad H. 2021b. Biofloc system applied to Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) farming using different carbon sources: growth performance, carcass analysis, digestive and hepatic enzyme activity. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 20(2): 490-513.

18. Khanjani M.H., Alizadeh M., Sharifinia M. 2020. Rearing of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* in a biofloc system: The effects of different food sources and salinity levels. *Aquaculture Nutrition*, 26(2): 328-337.

19. Khanjani M.H., Alizadeh M., Sharifinia M. 2021a. Effects of different carbon sources on water quality, biofloc quality, and growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings in a heterotrophic culture system. *Aquaculture International*, 29: 307-321.

20. Khanjani M.H., Sajjadi M., Alizadeh M., Sourinejad I. 2016. Study on nursery growth performance of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) under different feeding levels in zero water exchange system. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 15: 1465-1484.

21. Khanjani M.H., Sharifinia M. 2020. Biofloc technology as a promising tool to improve aquaculture production. *Reviews in Aquaculture*, 12(3): 1836-1850.

22. Khanjani M.H., Sharifinia M., Hajirezaee S. 2020b. Effects of different salinity levels on water quality, growth performance and body composition of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) cultured in a zero water exchange heterotrophic system. *Annals of Animal Sciences*, 20(4): 1-16.

23. Krummenauer D., Samocha T., Poersch L., Lara G., Wasielesky W.Jr. 2014. The reuse of water on the culture of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in BFT system. *Journal of the World Aquaculture Society*, 45(1): 3–14.

24. Magana-Gallegos E., Gonzalez-Zuniga R., Arevalo M., Cuzon G., Chan-Vivas E., Lopez-Aguiar K. 2018. Biofloc and food contribution to grow-out and broodstock of *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) determined by stable isotopes and fatty acids. *Aquaculture Research*, 49: 1782–1794.

25. Magaña-Gallegos, E., Arévalo, M., Cuzon, G., Gaxiola, G. 2021. Effects of using the biofloc system and eyestalk ablation on reproductive performance and egg quality of *Litopenaeusvannamei* (Boone, 1931) (Decapoda: Dendrobranchiata:Penaeidae). *Animal Reproduction Science*, 228: 106749

26. Maicá P.F., Borba M.R.D., Martins T.G., Wasielesky J.W. 2014. Effect of salinity on performance and body composition of Pacific white shrimp juveniles reared in a super-intensive system. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 43(7): 343–350.

27. Ngernsoungnern A., Ngernsoungnern P., Weerachatyanukul W., Chavadej J., Sobhon P., Sretarugsa P. 2008. The existence of gonadotropin-releasing hormone (GnRH) immune reactivity in the ovary and the effects of GnRHs on the ovarian maturation in the black tiger shrimp *Penaeus monodon*. *Aquaculture*, 972: 427-921.

28. Peixoto S., Cavalli R.O., Wasielesky W., D'Incao F., Krummenauer D., Milach A. 2004. Effects of age and size on reproductive performance of captive *Farfantepenaeus paulensis* broodstock. *Aquaculture*, 238: 173–182.

29. Racotta I.S., Palacios E., Ibarra A.M. 2003. Shrimp larval quality in relation to broodstock condition. *Aquaculture*, 227(1): 107-130.

30. Zacarias S., Carboni S., Davie A., Little D.C. 2019. Reproductive performance and offspring quality of non-ablated Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) under intensive commercial scale conditions. *Aquaculture*, 530: 460-466.