Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020

بررسی رشد و میزان تولید ماهی کپور معمولی *Cyprinus carpio* در سیستم اکواپونیک و روش سنتی پرورش توام

ابراهیم مینابی[1*]
وحید یاوری[2]
جاسم مرمضی[3]

۱ و ۲. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، خرمشهر، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرنشهر، ایران
۳. پژوهشکده آبزی پروری جنوب کشور، اهواز، ایران

***مسئول مکاتبات:**
ebrahimeminabi19@gmail.com

کد مقاله: ۱۳۹۸۰۴۰۴۸۶
تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۰۷
این مقاله برگرفته از رساله دکتری است.

چکیده

با توجه به محدودیت منابع نظیر آب شیرین و زمین و همچنین عوارض ناشی از پساب آبزی‌پروری استفاده از سیستم‌های پرورشی منطبق بر توسعه پایدار در سطح جهان به‌شدت موردتوجه قرارگرفته است. سیستم اکواپونیک یا کشت توأم ماهی و گیاه به‌صورت فوق متراکم و مداربسته از روش‌های نوین موردبررسی در جهت نیل به اهداف توسعه پایدار صنعت آبزی‌پروری می‌باشد. در این تحقیق در سال ۱۳۹۴ در مجتمع پرورش ماهی آزادگان اهواز ۶ سیستم مداربسته اکواپونیک هر یک دارای تانک بتنی به ظرفیت مفید ۴۰۰ لیتر جهت پرورش ماهی کپور معمولی و بستر هیدروپونیک از جنس شن با نسبت بستر به حجم تانک ۲:۱ جهت کشت گیاه ریحان بنفش (*Ocimum basilicum*) و ۳ استخر خاکی یک هکتاری مورداستفاده قرار گرفت. تیمارهای سیستم اکواپونیک با دو تراکم پایین ۲۶ قطعه ماهی کپور (۶۵ قطعه ماهی در مترمکعب) و تراکم بالا ۵۲ قطعه ماهی کپور (۱۳۰ قطعه ماهی در مترمکعب) ۰/۱۷± ۶/۰۴ گرمی ذخیره‌سازی شدند. در استخرهای خاکی ۱۱۰۰ قطعه ماهی (۰/۱۱ قطعه ماهی در مترمکعب) کپور ۰/۹± ۵/۲ گرمی رهاسازی گردید. در پایان دوره ۶۰ روزه آزمایش در سیستم اکواپونیک با ترکم پایین میانگین رشد نهایی ۱۱/۸۰± ۱۵۶/۷۰ گرم و تولید ۰/۳۱± ۴/۰۷ کیلوگرم (۰/۷۷±۱۹ /۱۰ کیلوگرم در مترمکعب) و سیستم آکواپونیک با تراکم بالا میانگین رشد نهایی ۸/۱۵± ۹۵/۷۵ گرم و تولید ۰/۴۲± ۴/۹۸ کیلوگرم (۱/۰۶± ۱۲/۴۵ کیلوگرم در مترمکعب) و در استخر خاکی میانگین رشد نهایی ۲۶/۷± ۴۴۷/۶ گرم و تولید ۲۹/۱± ۴۸۸/۳ کیلوگرم در هکتار (۰/۰۰۲۹± ۰/۰۴۹ کیلوگرم در مترمکعب) گردید؛ که دارای اختلاف معنی‌دار بودند ($P<0/05$). میزان تولید در واحد حجم در سیستم اکواپونیک با تراکم پایین و بالا به ترتیب ۲۰۰ و ۲۳۸ برابر استخر خاکی بود. شاخص اقتصادی در استخر خاکی به نسبت سیستم اکواپونیک با تراکم پایین و بالا به ترتیب ۱/۹۸ و ۲/۴۶ بود که نشان‌دهنده هزینه پایین تولید ماهی کپور در استخر خاکی می‌باشد. میزان مصرف آب به ازای تولید یک کیلوگرم ماهی کپور در سیستم سنتی در مقایسه با سیستم اکواپونیک ۹۸ برابر بیشتر بود که نشان‌دهنده صرفه‌جویی بسیار بالا در مصرف آب در سیستم اکواپونیک است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق استفاده از سیستم اکواپونیک جهت پرورش ماهی کپور معمولی با گیاه ریحان نسبت به روش رایج بسیار کارآمدتر و به میزان بالایی مؤثر در صرفه‌جویی مصرف آب به ازای تولید ماهی کپور می‌باشد؛ اما شاخص تبدیل اقتصادی سیستم آکواپونیک بالاتر از سیستم سنتی که نشان‌دهنده هزینه بالا در سیستم اکواپونیک می‌باشد.

واژگان کلیدی: سیستم مداربسته اکواپونیک، ماهیان گرمابی، *Cyprinus carpio*، کشت توأم ماهی.

مقدمه

با افزایش رشد جمعیت و بالا رفتن میزان آگاهی انسان‌ها از فواید مصرف آبزیان نظیر ماهی، تقاضای مصرف‌کنندگان محصولات شیلاتی به این فرآورده‌ها به‌طور روزافزون افزایش‌یافته است (Nasopoulou and Zabetakis, 2012). حال با توجه به اینکه در طی چند دهه اخیر

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020

میزان صید و صیادی در سطح جهان نسبتاً ثابت گردیده است و پیش‌بینی می‌گردد در سالیان آینده نیز به همین روند باقی بماند، بنابراین امکان افزایش میزان تولیدات آبزی از طریق این بخش امکان‌پذیر نیست (Mráz, 2011). همچنین در طی سه دهه اخیر (۲۰۱۰-۱۹۸۰) تولیدات آبزی جهت مصرف انسانی در سطح جهان از طریق آبزی‌پروری به‌طور چشمگیری سالانه ۸/۸ درصد افزایش یافت که میزان این تولیدات از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰ تقریباً ۱۲ برابر گردیده است (FAO, 2012). لذا صنعت آبزی‌پروری به یکی از مهم‌ترین بخش‌های تولید غذا و پروتئین موردنیاز بشر تبدیل گردیده که امنیت غذایی را افزایش داده و همچنین باعث بهبود وضعیت درآمدها و اشتغال در جهت کاهش فقر و بیکاری در کشورهای درحال‌توسعه گردیده است (Sheikh and Sheikh, 2004; Abbas, 2009). در دهه‌های اخیر صنعت آبزی‌پروری سریع‌ترین رشد را در بین سایر صنایع تولید غذا در سرتاسر جهان داشته است (Tacon, 2004; Heydarnejad, 2012). بااین‌حال از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۱۲ روند رشد و توسعه تولیدات آبزی‌پروری در سطح جهان به‌طور میانگین ۶/۲ درصد در سال ثبت گردید و با توجه به افزایش روند رشد ۱/۶ درصد جمعیت جهان تخمین زده می‌شود تا سال ۲۰۳۰ فقط ۶۲ درصد از نیاز و تقاضای غذایی مردم از طریق آبزی‌پروری قابل تأمین می‌باشد (FAO, 2014; Hu *et al*., 2015).

از موانع بسیار جدی توسعه صنعت آبزی‌پروری می‌توان به کمبود فضا برای گسترش صنعت، محدودیت دسترسی به آب شیرین و گسترش روزافزون آلودگی‌های این صنعت اشاره نمود (Badiola *et al*., 2012). گسترش آبزی‌پروری به دلیل محدودیت اراضی مناسب و همچنین وابستگی بالا به پودر ماهی و روغن ماهی به‌عنوان مواد مهم تشکیل‌دهنده خوراک آبزیان، صنعت را با مشکلات زیادی مواجه کرده است زیرا هزینه‌های خوراک حداقل ۵۰ درصد از کل هزینه‌های آبزی‌پروری که عمدتاً مربوط به هزینه‌های پروتئین موجود در جیره‌های تجاری است را تشکیل می‌دهد (De Schryver *et al*., 2008). علاوه بر این فرار آبزیان پرورشی و ورود پساب آبزی‌پروری به محیط‌زیست از نگرانی‌های بزرگ صنعت آبزی‌پروری محسوب می‌گردد (Buschmann *et al*., 2006). مهم‌ترین منابع آلوده‌کننده موجود در پساب‌ها، ناشی از آمونیاک اضافی تجمع یافته در آب (Lekang, 2008) مواد جامد و فضولات گوارشی، غذاهای اضافی و خورده نشده توسط آبزی در سیستم پرورشی است (Bernstein, 2011). Zhou و Wenدر سال ۲۰۰۴ تخمین زدند که به‌عنوان‌مثال، تقریباً حدود ۲۰– ۲۷ درصد ازت و ۸– ۲۴ درصد فسفر در جیره غذایی توسط ماهی تثبیت می‌گردد درحالی‌که ۵۴ – ۷۷ درصد ازت و ۷۲ – ۸۹ درصد فسفر جیره غذایی می‌تواند تبدیل به مواد آلی زائد، به‌صورت پلت‌های خورده نشده و مدفوع گردد و در ستون آب آزاد و معلق می‌شود که این مواد به‌شدت بر میزان اکسیژن آب و میزان ترکیبات ازته نظیر آمونیاک و ازت کل در آب تأثیرگذار باشد. زمانی می‌توان از کاهش اکسیژن و سمیت آمونیاک در اثر ایجاد مواد زائد در سیستم‌های آبزی‌پروری ممانعت کرد که ضایعات ایجادشده را حذف و از انباشت آن‌ها جلوگیری نمود تا از مجموعه اثرات منفی زیست‌محیطی آن‌ها کاسته شود. ضایعاتی که بدون پالایش بماند اگر به‌طور مداوم به محیط‌زیست آبزیان تخلیه شود نیز می‌تواند سطح محتوی کل ماده آلی را افزایش دهد و باعث ضرر اقتصادی قابل‌توجهی گردند (Cao *et al*., 2007).

با سه روش می‌توان تولیدات آبزی‌پروری را در شرایط موجود گسترش داد. اول افزایش میزان تولید در واحد سطح (افزایش تولید بدون افزایش قابل‌توجه در استفاده از منابع طبیعی، آب و زمین) (Avnimelech *et al*., 2009)، دوم توجه ویژه به سیستم‌های سازگار با محیط‌زیست در جهت توسعه سیستم‌های پایدار (کاهش اثرات زیان‌بار صنعت آبزی‌پروری) (Naylor *et al*., 2000) و سوم ایجاد سیستم‌های دارای توجیه اقتصادی مطلوب که نسبت هزینه به سود را در جهت حمایت اقتصادی جامعه و پایداری تولید تضمین نماید (Avnimelech *et al*., 2009). در جهت نیل به این اهداف چندین روش پرورشی طراحی و بکار گرفته‌شده است (Sargent and Tacon, 1999; Mazurkiewicz, 2009) که می‌توان به سیستم‌های مداربسته با گردش آب (Eurostat, 2010; Ray, 2012) و سیستم‌های آبزی‌پروری بر پایه تکنیک‌های بیولوژیک اشاره نمود که معمولاً کشت تک‌گونه نبوده و بیشتر از کشت توأم میکروارگانیسم‌ها، ماهیان مختلف، گیاهان و حیوانات اهلی استفاده‌شده است. طبقه‌بندی این سیستم‌ها پیچیده می‌باشد و اصطلاحاتی از قبیل کشت چندگونه‌ای، کشت توأم، آبزی‌پروری چندکاره (چند کاربردی)، ادغام

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020

کشاورزی-آبزی‌پروری، آبزی‌پروری با سطوح غذایی چندگانه، اکواپونیک، بیوفلوک، آبزی‌پروری با چرخه بسته و آبزی‌پروری بدون پساب مورداستفاده قرار می‌گیرد (Lekang, 2008).

مطالعه الحافظ و همکاران (۲۰۰۸) در پرورش ماهی تیلاپیا نیل در سیستم اکواپونیک و همچنین پرورش ماهی کپور معمولی در انواع سیستم‌های اکواپونیک (../../../EM/Downloads/form_result-Q51-R822 (2).doc - _ENREF_1Hussain *et al*., 2014; Filep *et al*., 2016) نشان داد که به‌طور موفقیت‌آمیز امکان پرورش متراکم ماهیان پرورشی در سیستم اکواپونیک وجود دارد.

هدف مطالعه حاضر مقایسه عملکرد ماهی کپور معمولی پرورش‌یافته در سیستم اکواپونیک بر پایه بستر شنی جهت کشت گیاه در بخش هیدروپونیک با عملکرد تولید ماهی در پرورش ماهیان گرمابی درروش سنتی (استخر خاکی) جهت به دست آوردن رابطه بین نسبت میزان رشد و بهره‌وری از جیره غذا به‌طوری‌که منجر به سود اقتصادی گردد.

مواد و روش‌ها

کلیه مراحل عملی و اجرایی تحقیق حاضر در مجتمع پرورش ماهی آزادگان ده کیلومتری اهواز-آبادان در مزرعه پرورش ماهی u45 از تاریخ ۹۴/۶/۱۵ لغایت ۹۴/۸/۳۰ انجام گردید.

سیستم‌های اکواپونیک از دو بخش مرتبط آبزی‌پروری و هیدروپونیک تشکیل می‌شود. جهت طراحی سیستم آبزی‌پروری در این تحقیق از ۶ تانک بتنی مستطیلی شکل (طول ۸۰ سانتی‌متر، عرض ۵۰ سانتی‌متر، ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متر و لبه آزاد ۱۵ سانتی‌متر) با حجم آبگیری ۴۰۰ لیتر استفاده گردید. تیمارهای آزمایشی به‌صورت کاملاً تصادفی در تانک‌ها توزیع گردید و از تابش مستقیم نور آفتاب به آن‌ها با استفاده از سایه‌بان جلوگیری گردید. از تناوب نوری طبیعی در این تحقیق استفاده گردید. به‌طوری‌که بین ۱۲-۱۰ ساعت روشنایی و ۱۲-۱۰ ساعت تاریکی متغیر بود. سیستم لوله‌کشی جهت انتقال و چرخش آب با استفاده از لوله‌های پلی‌اتیلن به قطر ۳/۴ اینچ صورت پذیرفت. پمپ ایرلیفت با ظرفیت حدودی چهار و نیم لیتر در دقیقه درون تانک پرورش جهت گردش آب، آبیاری و زهکشی سیستم هیدروپونیک استفاده گردید. سیستم هوادهی مرکزی با یک هواده دمنده (airblower) صورت می‌پذیرفت و هر تانک با استفاده از یک سنگ هوا به میزان مناسب هوادهی می‌گردید. سیستم هیدروپونیک بر اساس محاسبه نسبت بستر به حجم تانک ۲:۱ به میزان ۸۰۰ لیتر (۰٫۸ مترمکعب) به ابعاد ۲۹۵*۹۰ سانتی‌متر و ارتفاع بستر ۳۰ سانتی‌متر و جنس مدیا از شن شسته شده به‌اندازه ذرات ۱۸-۱۲ میلی‌متر جهت کشت مستقیم بذر گیاه ریحان بنفش (*Ocimum basilicum*) استفاده شد. آب موردنیاز جهت سیستم پرورشی از آب رودخانه کارون که با کانال‌های بتنی انتقال و جهت پرورش ماهیان گرمابی در مزارع استفاده قرار می‌گیرد. چرخش آب درون هر سیستم مداربسته به‌صورت مستقل و با استفاده از پمپ آب ایرلیفت (Air lift pump) با دبی ۴/۵ لیتر در دقیقه صورت پذیرفت که این پمپ از هواده مرکزی تغذیه می‌گردید (مینابی، ۱۳۹۶).

جهت تیمار بندی و ذخیره‌سازی ۵۰۰۰ قطعه بچه ماهیان کپور نیم گرمی در ۱۵ تیرماه سال ۱۳۹۴ از مرکز تکثیر کپور ماهیان شهرستان شوش خریداری گردید و در استخر خاکی ۰/۴ هکتاری واقع در مزرعه پرورش ماهی شماره ۴۵ تا زمان شروع تحقیق نگهداری شد. ماهیان قبل از شروع آزمایش در تانک‌های بتنی پرورشی به مدت ۱۴ روز با شرایط آزمایشگاهی سازگار شدند. در طول دوره سازگاری ماهیان دو بار در روز تا حد سیری ظاهری با استفاده از جیره غذایی تجاری گونه حاوی حدوداً ۳۲ درصد پروتئین و انرژی کل ۱/۹۰۲ مگا ژول در کیلوگرم تغذیه گردید (اورجی،۱۳۹۳). پس از آماده‌سازی، شستشو و ضدعفونی کردن تانک‌ها با آب کلر و شستشوی مجدد آن‌ها با آب شیرین، تعداد ۲۳۴ قطعه کپور معمولی جوان با میانگین وزن اولیه ۰/۱۷± ۶/۰۴ گرم به‌صورت کاملاً تصادفی در تانک بتنی مستطیلی ۴۰۰ لیتری دارای هوادهی مناسب توزیع گردید. به‌منظور بررسی اهداف این تحقیق، جهت سیستم آبزی‌پروری از دو سطح تراکم (۶۵ و ۱۳۰ قطعه ماهی در مترمکعب) استفاده گردید و در کل ۲ تیمار که هر یک با ۳ تکرار در نظر گرفته می‌شود به‌طوری‌که در تراکم پایین (۶۵ قطعه ماهی در مترمکعب)، ۲۶ قطعه بچه ماهی کپور ۶

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020

گرمی و در تراکم بالاتر (۱۳۰ قطعه ماهی در مترمکعب) ۵۲ عدد بچه ماهی کپور ۶ گرمی در هر تانک پرورش ذخیره‌سازی شد؛ و جهت سیستم هیدروپونیک بذر گیاه ریحان بنفش (Ocimum basilicum)در بستر شنی به ضخامت ۳۰ سانتی‌متر به‌طور مستقیم کشت گردید (Somerville *et al*., 2014).

جهت بررسی پارامترهای کیفی آب نمونه‌برداری روزانه و هفتگی صورت می‌گرفت. زمان نمونه‌برداری بین ساعت ۱۲ تا ۱۳ بوده و نمونه در شیشه پلاستیکی در دمای کمتر از ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری و به آزمایشگاه انتقال داده می‌شد. پارامترهای دما، پی اچ، شوری روزانه ۲ مرتبه در صبح و بعدازظهر سنجش شد و میزان آمونیاک، نیتریت، نیترات، سختی، قلیایت، فسفات ,BOD,TDS هر دو هفته یک‌بار سنجش گردید. روش‌های اسپکتروفتومتری با دستگاه اسپکتروفتومتر HACH مدل DR / 2000 بـر اسـاس دستورالعمل‌های عنوان‌شده در کاتـالوگ دسـتگاه صورت گرفت (Eaton, 2005).

در طول ۸ هفته دوره آزمایش غذادهی روزانه تا حد سیری و در دو نوبت (در ساعات ۱۷:۰۰ و ۹:۰۰) با استفاده از جیره غذایی تجاری گونه با ۳۲٪ درصد پروتئین از شرکت تولید خوراک آبزیان فرادانه انجام می‌گرفت. مقدار غذای خورده شده به‌وسیله ماهیان روزانه ثبت گردید. هرروز صبح قبل از غذادهی مواد دفعی از تانک‌ها برداشته می‌شد. میزان مرگ‌ومیر روزانه بررسی و ثبت می‌گردید. در طول دوره آزمایش جریان آب به‌صورت دائمی، ۴/۵ لیتر بر دقیقه و سطح اکسیژن محلول بالاتر از ۶ میلی‌گرم در لیتر حفظ شد. درجه حرارت آب با توجه به محدوده دمای آب و محیط در حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد، pH با کاربرد محلول هیدروکسید کلسیم در محدوده نرمال، دوره نوری در وضعیت طبیعی تقریباً ۱۲ ساعت روشنایی ۱۲ ساعت تاریکی طراحی گردید.

برای انجام این آزمایش ۳ استخر یک هکتاری از مزرعه ۱۴ هکتاری پلاک ۴۵ واقع در مجتمع پرورش ماهی آزادگان (ده کیلومتری اهواز – آبادان) مورداستفاده قرار گرفت. تراکم و ترکیب گونه‌ای در نظر گرفته‌شده برای پرورش سنتی پرورش ماهیان گرمابی شامل ۱۲۰۰ قطعه ماهی فیتوفاگ (۴۱/۴ درصد) ۱۱۰۰ قطعه ماهی کپور معمولی (۳۷/۹ درصد) ۴۰۰ قطعه ماهی آمور (۱۳/۸ درصد) ۲۰۰ قطعه ماهی بیگهد (۶/۹ درصد) در تاریخ ۱۳۹۴/۶/۱۵ ذخیره‌سازی انجام گردید.

آماده‌سازی استخرها بر اساس اصول و روش‌های علمی مرسوم انجام گردید (فرید پاک ۱۳۸۵، قناعت پرست، ۱۳۸۰)

برای تغذیه از مواد غذایی مرسوم در پرورش سنتی مانند ذرت، جو و گندم برای تغذیه این ماهی در استخر خاکی استفاده شد. میزان تغذیه با توجه به میزان توده زنده، درجه حرارت آب و بر اساس جدول تغذیه در ماه‌های مختلف دوره پرورش (فرید پاک، ۱۳۸۵) و همچنین میزان سیری (سنا و ترور، ۱۳۸۵) محاسبه می‌گردید و در اختیار ماهیان قرار می‌گرفت.

نمونه‌گیری با تور پره و صید حدود ۱۰۰ قطعه ماهی کپور از گوشه‌ای از استخر و توزین کلی وزن‌کشی انفرادی ماهیان در کنار استخر و سپس ماهیان زنده به استخر بازگردانده می‌شدند.

در طول این تحقیق جهت کاهش میزان استرس ماهیان ۲۴ ساعت قبل از هر بار شستشوی تانک‌ها و همچنین جهت بیومتری اولیه، در طول دوره و انتهای آن و نمونه‌برداری غذادهی قطع می‌گردید. در انتهای دوره جهت به دست آوردن شاخص‌های رشد و تغذیه تمام ماهیان بر اساس طول و وزن بیومتری گردید.

(جهت بررسی عملکرد بخش آبزی‌پروری سیستم از پارامترهای زیر استفاده گردید. Bransden *et al*., 2003; Karalazos, 2007; Montero *et al*., 2008; Pratoomyot *et al*., 2008).

میزان تولید، بازماندگی، افزایش وزن، نرخ رشد مخصوص، نسبت تبدیل غذایی، نسبت تبدیل اقتصادی

وزن اولیه بدن (گرم) – وزن نهایی بدن (گرم) = (WG) افزایش وزن (گرم)

کل روزهای پرورش / ۱۰۰)(وزن اولیه ln – وزن نهایی ln) = (SGR) نرخ رشد مخصوص

افزایش وزن (گرم) / غذای مصرف‌شده (گرم) = (FCR) نسبت تبدیل غذایی

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020

نسبت تبدیل غذایی قیمت یک کیلوگرم از جیره غذایی = شاخص اقتصادی ECR نسبت تبدیل اقتصادی

میزان آب مصرفی برای سیستم سنتی استخرهای یک هکتاری آبگیری اولیه به ارتفاع یک متر و ۳ لیتر در ثانیه جهت جبران نفوذ، تبخیر و تعویض آب در مدت پرورش مصرف گردید و برای سیستم اکواپونیک آبگیری اولیه و در طول دوره پرورش اضافه نمودن آب جهت جبران فرآیند تبخیر و تعریق روزانه و تعویض آب به میزان ۳۰ لیتر به ازای هر یک کیلوگرم غذا مصرف‌شده (Martins *et al.*, 2010) می‌باشد.

برداشت محصول گیاهان به ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر در مدت‌زمان معمول ۳۰-۵۰ روز شروع شد. در موقع برداشت مراقبت لازم در زمان دست‌کاری و چیدن برگ و ساقه انجام گردید. برای جلوگیری از کبودی برگ، سیاهی و تلخ شدن برگ‌ها و تشویق شاخه سازی جدید از تولید غنچه و گل جلوگیری شد (Somerville *et al.*, 2014). پس از برداشت محصول ریحان تعداد گیاه بازمانده در بستر هیدروپونیک و بیوماس گیاهی تولیدشده در هر چین بیومتری و محاسبه گردید (Dediu *et al.*, 2012).

طرح کلی این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی برنامه‌ریزی و اجرا شد. داده‌ها در فصل نتایج به‌صورت میانگین±خطای استاندارد بیان گردید. ابتدا شرط نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرینف و همگنی واریانس‌ها به‌وسیله آزمون Leven بررسی شد. از رگرسیون خطی و غیرخطی و آزمون Two-tailed Pearson bivariate correlation جهت بررسی همبستگی بین نتایج استفاده گردید. از آنالیز واریانس یک‌طرفه جهت اندازه‌گیری اختلاف بین تیمارهای آزمایشی ($P<0/05$) با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSSنسخه ۱۶ در سطح خطای ۰/۰۵ استفاده شد. برای مقایسه میانگین‌ها در صورت همگنی واریانس‌ها از آزمون Tukey جهت تعیین اختلاف بین تیمارها استفاده می‌شد. همچنین از نرم‌افزار Excel ویرایش ۲۰۰۷ جهت رسم نمودارها استفاده گردید.

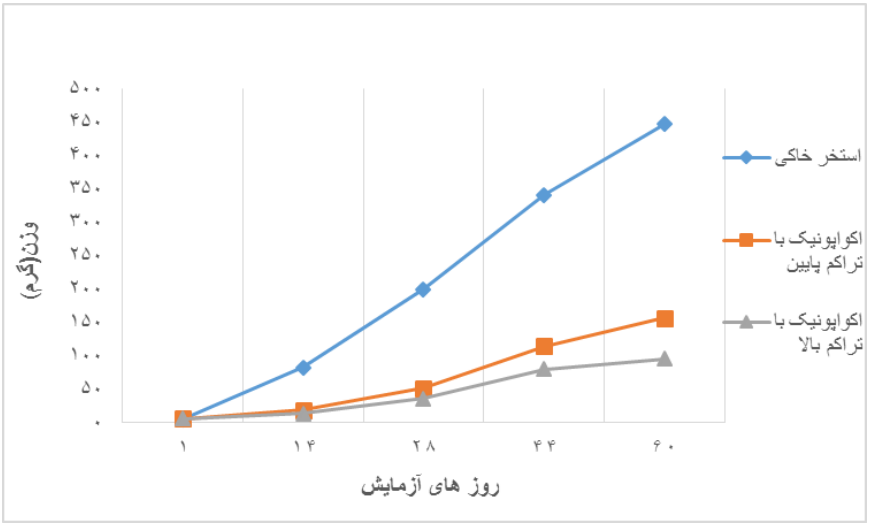
نتایج

در سیستم اکواپونیک با تراکم پایین در پایان دوره (۶۰ روز) وزن نهایی ماهی کپور به ۱۱/۸۰± ۱۵۶/۷۰ گرم و میزان بیوماس در تانک به ۰/۳۱± ۴/۰۷ کیلوگرم رسید؛ که تولید برابر بود با ۰/۷۷± ۱۰/۱۹ کیلوگرم در واحد سطح (مترمربع) که معادل ۷/۶۷± ۱۰۱/۸۶ تن در هکتار است. بیشترین میزان رشد ویژه در نمونه‌گیری اول و کمترین آن در پایان دوره است. میانگین میزان افزایش وزن روزانه در کل دوره ۰/۱۹± ۲/۵۱ گرم در روز گردید (جدول ۱) (شکل ۱).

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020



شکل ۱: رشد ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) درروش سنتی و سیستم اکواپونیک با تراکم پایین و بالا (سال ۱۳۹٤).

در سیستم اکواپونیک با تراکم پایین در پایان دوره (۶۰ روز) وزن نهایی ماهی کپور به ۸/۱۵± ۹۵/۷۵ گرم و میزان بیوماس در تانک به ۰/۴۲± ۴/۹۸ کیلوگرم رسید؛ که تولید برابر بود با ۱/۰۶± ۱۲/۴۵ کیلوگرم در واحد سطح (مترمربع) که معادل ۱۰/۵۹± ۱۲۴/۴۸ تن در هکتار است. میانگین میزان افزایش وزن روزانه در کل دوره ۰/۱۴± ۱/۵۰ گرم در روز گردید (جدول ۲) (شکل ۱).

میانگین وزن نهایی ماهی کپور در استخر خاکی به ۲۶/۷± ۴۴۷/۶ گرم و میزان بیوماس در استخر به ۲۹/۱± ۴۸۸/۳ کیلوگرم در هکتار در پایان دوره (۶۰ روز) رسید؛ که تولید برابر است با ۰/۰۰۲۹± ۰/۰۴۹ کیلوگرم در مترمربع است. بیشترین میزان رشد ویژه در نمونه‌گیری اول و کمترین آن در نمونه‌گیری آخر به ثبت رسید. میانگین میزان افزایش وزن روزانه در کل دوره ۰/۴± ۷/۴ گرم در روز گردید (جدول ۳) (شکل ۱).

جدول ۱: رشد و تولید در واحد سطح ماهی کپور (*Cyprinus carpio*) در سیستم اکواپونیک با تراکم پایین در پایان دوره (٦۰ روز) (سال ۱۳۹٤).

	واحد	وزن اولیه	هفته دوم	هفته چهارم	هفته ششم	هفته هشتم	کل دوره
هفته		۰	۲	۴	۶	۸	۸
زمان	روز	۰	۱۴	۲۸	۴۴	۶۰	۶۰
وزن	گرم	۰/۱۷ ±۶/۰۴	۰/۹±۱۹/۳	۲/۷±۵۲/۲	۸/۳±۱۱۵/۶	۱۱/۸±۱۵۶/۷	۱۵۰/۶۶
بیوماس در تانک	kg/tank	۰/۰۰ ±۰/۱۶	۰/۰۲ ±۰/۵۰	۰/۰۷ ±۱/۳۶	۰/۲۱ ±۲/۹۹	۰/۳۱ ±۴/۰۷	۳/۹۱
بیوماس در مترمکعب	kg/m3	۰/۰۱ ±۰/۳۹	۰/۰۶ ±۱/۲۶	۰/۱۸ ±۳/۴۰	۰/۵۴ ±۷/۴۸	۰/۷۷ ±۱۰/۱۹	۹/۸۰
بیوماس در هکتار	MT/ha	۰/۱۱ ±۳/۹۲	۰/۶۱ ±۱۲/۵۵	۱/۷۷ ±۳۳/۹۵	۵/۳۶ ±۷۴/۸۵	۷/۶۷ ±۱۰۱/۸۶	۹۷/۹۴
نرخ رشد ویژهSGR	درصد	-	۰/۱۶ ±۸/۳۰	۰/۳۲ ±۷/۱۱	۰/۱۲ ±۴/۹۴	۰/۱۶ ±۱/۹۲	۰/۱۰ ±۵/۴۲
افزایش وزن	گرم	-	۱۳/۳	۳۲/۹	۶۳/۴	۴۱/۱	۱۵۰/۷
افزایش وزن روزانه	گرم در روز	-	۰/۰۶±۰/۹۵	۰/۱۶±۲/۳۵	۰/۳۵±۳/۹۳	۰/۳۱±۲/۶۰	۰/۱۹±۲/۵۱

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020

جدول ۲: رشد و تولید در واحد سطح ماهی کپور (*Cyprinus carpio*) در سیستم اکواپونیک با تراکم بالا در پایان دوره (٦٠ روز) (سال ١٣٩٤).

	واحد	وزن اولیه	هفته دوم	هفته چهارم	هفته ششم	هفته هشتم	کل دوره
زمان	روز	۱	۱۴	۲۸	۴۴	۶۰	۶۰
وزن	گرم	۰/۱۲ ±۶/۰۳	۰/۴±۱۴/۶	۱/۷±۳۶/۳	۸/۳±۸۰/۱	۸/۲±۹۵/۸	۸۹/۸
بیوماس در تانک	kg/tank	۰/۰۱ ±۰/۳۱	۰/۰۲ ±۰/۷۵	۰/۰۹ ±۱/۸۹	۰/۴۳ ±۴/۱۷	۰/۴۲ ±۴/۹۸	۴/۶۷
بیوماس در مترمکعب	kg/m3	۰/۰۲ ±۰/۷۸	۰/۰۵ ±۱/۸۸	۰/۲۲ ±۴/۷۱	۱/۰۸ ±۱۰/۴۲	۱/۰۶ ±۱۲/۴۵	۱۱/۶۷
بیوماس در هکتار	MT/ha	۰/۱۶ ±۷/۸۴	۰/۴۹ ±۱۸/۸۰	۲/۱۶ ±۴۷/۱۴	۱۰/۷۹ ±۱۰۴/۱۸	۱۰/۵۹±۱۲۴/۴۸	۱۱۶/۶۴
SGRنرخ رشد ویژه	درصد	-	۰/۳۲ ±۶/۲۵	۰/۴۷ ±۶/۵۶	۰/۴۳ ±۴/۹۴	۰/۲۵ ±۱/۱۲	۰/۱۴ ±۴/۶۱
افزایش وزن	گرم	-	۸/۶	۲۱/۷	۴۳/۸	۱۵/۷	۸۹/۸
افزایش وزن روزانه	گرم در روز	-	۰/۰۳±۰/۶۰	۰/۱۴±۱/۵۶	۰/۴۳±۲/۷۴	۰/۱۹±۰/۹۸	۰/۱۴±۱/۵۰

جدول ۳: رشد و تولید در واحد سطح ماهی کپور (*Cyprinus carpio*) درروش سنتی پرورش ماهی در پایان دوره (٦٠ روز) (سال ١٣٩٥).

	واحد	روز اول	هفته دوم	هفته چهارم	هفته ششم	هفته هشتم	کل دوره
زمان	روز	۰	۱۴	۲۸	۴۴	۶۰	۶۰
تعداد	قطعه	۱۱۰۰	۱۱۰۰	۱۱۰۰	۱۱۰۰	۱۱۰۰	۱۱۰۰
درصد تلفات	–	–	–	–	–	–	۰/۲±۰/۸
درصد بازماندگی	–	–	–	–	–	–	۰/۲±۹۹/۲
تعداد بازمانده	۲/۱±۱۰۹۱	–	۲/۱±۱۰۹۱	۲/۱±۱۰۹۱	۲/۱±۱۰۹۱	۲/۱±۱۰۹۱	۲/۱±۱۰۹۱
وزن	گرم	۰/۹±۵/۲	۷/۹±۸۲/۹	۱۳/۸±۲۰۰/۵	۲۰/۷±۳۴۱/۲	۲۶/۷±۴۴۷/۶	۲۶/۷±۴۴۷/۶
افزایش وزن	گرم	–	۷۷/۷	۱۱۷/۶	۱۴۰/۷	۱۰۶/۴	۴۴۲/۴
بیوماس در استخر	mT/ha	۱/۰±۵/۶	۸/۶±۹۰/۴	۱۵/۰±۲۱۸/۷	۲۲/۶±۳۷۲/۲	۲۹/۱±۴۸۸/۳	۲۹/۱±۴۸۸/۳
بیوماس در مترمکعب	Kg/m^3	۰/۰۰۰۱±۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۹±۰/۰۰۹	۰/۰۰۱۵±۰/۰۲۲	۰/۰۰۲۳±۰/۰۳۷	۰/۰۰۲۹±۰/۰۴۹	۰/۰۰۲۹±۰/۰۴۹
نرخ رشد ویژهSGR	درصد	–	۰/۶۰±۱۹/۹	۰/۱۹±۶/۳	۰/۲۸±۳/۶	۰/۱۶±۱/۸	۰/۲۰±۷/۵
افزایش وزن روزانه	گرم در روز	–	۰/۵±۵/۶	۰/۴±۸/۴	۰/۴±۸/۸	۰/۴±۶/۷	۰/۴±۷/۴

میانگین میزان غذای مصرفی برای سیستم سنتی و سیستم اکواپونیک با تراکم پایین و تراکم بالا به ترتیب ۱۰۴۹، ۵/۸۰ و ۸/۵۱ کیلوگرم محاسبه و ثبت گردید. بالاترین ضریب تبدیل غذایی ۲/۱۵ و کمترین ضریب تبدیل ۱/۵۹ به ترتیب مربوط به سیستم سنتی و سیستم اکواپونیک با تراکم پایین بود. بالاترین میزان شاخص اقتصادی ۴۵۵۳۷ و کمترین میزان شاخص ۱۸۴۹۰ به ترتیب مربوط به سیستم اکواپونیک با تراکم بالا و سیستم سنتی بود. میزان مصرف آب در سیستم‌های مختلف به ازای تولید یک کیلوگرم ماهی کپور ۵۲/۳۳، ۰/۵۷ و ۰/۵۰ مترمکعب آب به ترتیب در سیستم سنتی و سیستم اکواپونیک با تراکم کم و تراکم بالاست (جدول ۴).

www.SID.ir

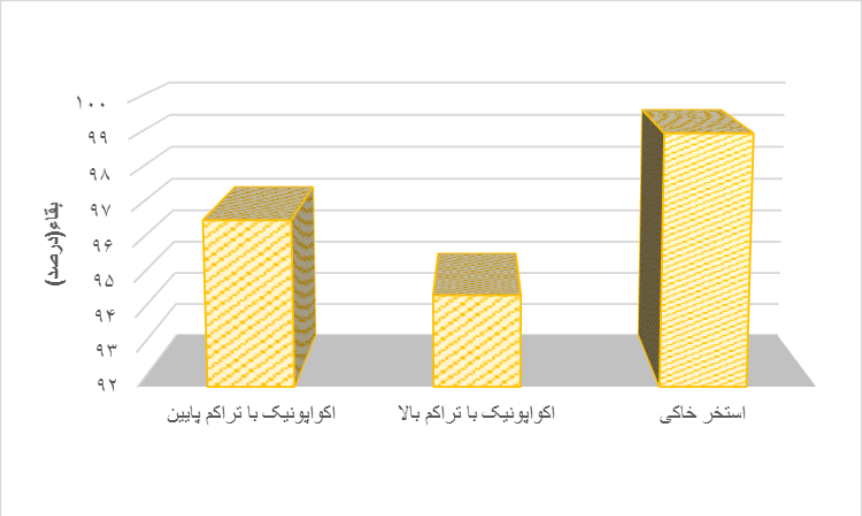
Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020

جدول ٤: مقایسه میزان تولید خالص، نسبت تبدیل اقتصادی و مصرف آب درروش سنتی و سیستم اکواپونیک (سال ١٣٩٤).

ردیف	عنوان	واحد	استخر خاکی	سیستم اکواپونیک	
				تراکم پایین	تراکم بالا
١	تراکم	ماهی در واحد پرورشی	١١٠٠	٢٦	٥٢
		ماهی در مترمکعب	٠/١١	٦٥	١٣٠
٢	تولید خالص	کیلوگرم در واحد پرورشی	٤٨٨/٣	٣/٩١	٤/٦٧
٣		کیلوگرم در مترمکعب	٠/٠٤٩	٩/٨٠	١١/٦٧
٤	نسبت تولید در واحد سطح	برابر	١	٢٠٠	٢٣٨
٥	میزان غذای مصرفی	کیلوگرم	٣٥±١٠٤٩	٠/٢٥٤±٥/٧٩٥	٠/٣٦٥±٨/٥١٨
٦	قیمت یک کیلو غذا	ریال	٨٦٠٠	٢٣٠٠٠	٢٣٠٠٠
٧	ضریب تبدیل غذایی (FCR)	کیلوگرم	٠/٠٦±٢/١٥	٠/٠٧±١/٥٩	٠/٠٦±١/٩٨
٨	شاخص اقتصادی (ECR)	ریال	٤٨٠±١٨٤٩٠	١٦١٤±٣٦٥٣٩	١٤٦٦±٤٥٥٣٧
٩	نسبت شاخص اقتصادی (ECR)	برابر	١	١/٩٨	٢/٤٦
١٠	کل آب مصرفی	مترمکعب	٢٥٥٥٢	٢/٢٥	٢/٣٤
١١	مصرف آب به ازای واحد تولید	M3/kg	٥٢/٣٣	٠/٥٧	٠/٥٠
١٢	نسبت مصرف آب به ازای واحد تولید	برابر	١٠٤/٢٣	١/١٥	١

بیشترین بازماندگی مربوط به سیستم سنتی پرورش در استخر خاکی (٩٩/٢) و کمترین بازماندگی مربوط به سیستم اکواپونیک با تراکم بالا به میزان ٩٤/٦ درصد گردید (شکل ٢).



شکل ٢: میزان بازماندگی (درصد) در سیستم اکواپونیک با تراکم پایین و بالا و روش پرورش سنتی (سال ١٣٩٤).

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020

میانگین پارامترهای مختلف و بیوماس گیاه ریحان بنفش (*Ocimum basilicum*) کشت‌شده در بخش هیدروپونیک سیستم اکواپونیک در تراکم‌های مختلف در جدول ۵ آورده شده است .کمترین و بیشترین میانگین بیوماس گیاه سبز (گرم در سیستم هیدروپونیک) در هر سیستم به ترتیب مربوط به تیمار با تراکم پایین و تیمار با تراکم بالا است.

جدول ۵: میانگین پارامترهای مربوط به گیاه ریحان بنفش (*Ocimum basilicum*) کشت‌شده در بخش هیدروپونیک سیستم اکواپونیک در تراکم‌های مختلف (سال ۱۳۹٤).

ردیف	تیمارهای پرورش / شاخص گیاه ریحان	سیستم اکواپونیک با تراکم پایین	سیستم اکواپونیک با تراکم بالا
۱	تعداد بوته	۱۰۲۰±۱۴۳	۱۱۷۷±۱۱۵
۲	وزن ریشه تر (گرم)	۰/۳۵±۰/ ۰۲	۰/۴۱±۰/ ۰۳
۳	وزن کل ریشه تر (گرم)	۳۵۳/۷±۳۱/۵	۴۷۸/۲±۲۰/۹
۴	ساقه تر (گرم)	۱/۳۵±۰/ ۰۷	۱/۴۹±۰/ ۰۸
۵	وزن کل ساقه و برگ‌تر (گرم)	۱۳۶۷/۲±۱۲۶/۹	۱۷۵۵/۵±۱۰۲/۸
۶	وزن بوته (گرم)	۱/۶۹±۰/ ۰۹	۱/۹۰±۰/ ۰۷
۷	وزن کل (گرم)	۱۷۲۰/۸±۱۵۸/۴	۲۲۴۴/۳±۲۷۰/۶
۸	بیوماس در مترمربع (gr/m2)	۶۴۹/۳±۵۹/۸	۸۴۶/۹±۱۰۲/۱
۹	کل ریشه خشک (گرم)	۱۴۵/۰±۱۲/۹	۱۹۶/۱±۸/۶
۱۰	وزن خشک ساقه و برگ (گرم)	۵۳۳/۲±۴۹/۵	۶۸۷/۶±۴۰/۱
۱۱	وزن خشک بوته (گرم)	۰/۶۷±۰/۰۴	۰/۷۵±۰/۰۴
۱۲	وزن خشک کل (گرم)	۶۷۸/۲±۶۲/۴	۸۸۰/۷±۴۸/۴
۱۳	طول ریشه (cm)	۱۰/۲±۰/۱۵	۱۰/۳±۰/۱۰
۱۴	طول ساقه (cm)	۲۵/۵±۱/۷۰	۲۹/۱±۱/۹۰
۱۵	طول کل (cm)	۳۵/۷±۱/۶۱	۳۹/۴±۱/۸۵

بحث و نتیجه‌گیری

برخلاف تأثیر میزان تراکم در تولید جانوران خشکی زی، میزان تراکم در پرورش ماهیان یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های عمومی در این صنعت است. تولید فوق متراکم به‌ناچار افزایش تراکم ذخیره‌سازی ماهیان بسیار بیشتر از زیستگاه‌های طبیعی آن‌ها را ضرورت دارد؛ و به همین جهت تراکم‌های بسیار بالا در واحد سطح جهت استفاده بهتر از فضای پرورشی برای بیشتر سیستم‌های گردشی پرورش ماهیان (RAS) مورداستفاده قرار می‌گیرد. به همین دلیل، عموم توجه علمی و دولتی برای افزایش تولید بر بالا بردن تراکم متمرکزشده است که این عامل کلیدی باوجود تأثیر مستقیم بر میزان تولید از طرفی دیگر ممکن است بیماری‌های پاتولوژیک و سلامت ماهی در سیستم‌های آبزی‌پروری متراکم را تحت تأثیر قرار دهد (Van de Nieuwegiessen *et al*., 2009).

در برخی از کشورها، پرورش ماهی به‌صورت متراکم در سیستم‌های گردشی (RAS) در اولویت قرار دارد. سیستم‌های پرورش متراکم گردشی اجازه پرورش ماهی در هر منطقه را فراهم می‌کند و همچنین کنترل کامل بر محیط کشت و امکان استفاده مجدد از درصد بالایی از آب، با استفاده از سه نوع فیلتراسیون: مکانیکی، بیولوژیکی و شیمیایی را می‌دهد (Van de Nieuwegiessen *et al*., 2009).

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020

تحقیقات و انواع فن‌آوری‌ها نتایج متنوعی و متفاوتی را ارائه می‌دهند به‌طوری‌که برخی از تحقیقات نشان می‌دهد که استفاده از تراکم جمعیت کمتر منجر به افزایش محصول و بیوماس بالاتر می‌گردد (Sharma and Chakrabarti, 2003).

تراکم ماهی در سیستم اکواپونیک در تیمار تراکم پایین ۲۶ قطعه ماهی (۶۵ قطعه در مترمکعب) و در تیمار تراکم بالا ۵۲ قطعه ماهی کپور جوان (۱۳۰ قطعه در مترمکعب) در تانک بتنی ۴۰۰ لیتری بود که به ترتیب تراکم ۵۹۱ و ۱۱۸۲ برابر بیشتر از تراکم ماهی کپور در پرورش سنتی بود. میزان رشد ماهی کپور در استخر خاکی بسیار بیشتر از سیستم اکواپونیک بود که این به دلیل تراکم کمتر ماهی است.

میزان تراکم در این مطالعه به نسبت بسیاری از مطالعات محققین دیگر کمتر بود. Enache و همکاران در سال ۲۰۱۲ ماهی کپور معمولی را با تراکم ۲۵۰ قطعه ماهی در تانک‌های ۵۰۰ لیتری ذخیره‌سازی و به مدت ۳۰ روز پرورش دادند. در آزمایشی دیگر هر سیستم مداربسته، ۵۰ قطعه ماهی کپور ۴/۸ گرمی در هر تانک ۹۰ لیتری جهت ارزیابی عملکرد بسترهای مختلف ذخیره‌سازی گردید (ایرانی و همکاران ۲۰۱۶)؛ که تعداد ذخیره‌سازی برابر با ۵۵۵ ماهی در مترمکعب و به میزان بسیار بیشتر از میطان تراکم در این تحقیق بود.

در مطالعه‌ای دیگر Enache و همکاران در سال ۲۰۱۱ جهت ارزیابی میزان تراکم بر رشد ماهی تراکم‌های مختلف ماهی کپور معمولی (تراکم ۱۰۷، ۲۱۱، ۲۴۵ و ۴۹۱ قطعه) را در تانک ۵۰۰ لیتری پرورش دادند (Enache *et al.*, 2011) که در تمام تیمارها تراکم بالاتر از میزان تراکم این تحقیق بود.

در تحقیقی در مورد اثرات طیف و شدت نوری بر پرورش ماهی کپور معمولی در سیستم مداربسته در تراکم پایین ۱۰ قطعه و در تراکم بالا ۴۰ قطعه ماهی کپور در تانک آزمایشی ۱۲۰ لیتری ذخیره‌سازی و پرورش داده شد (Karakatsouli *et al.*, 2010) که میزان تراکم ماهی در واحد حجم (مترمکعب) در تراکم پایین در مقایسه با تراکم‌های ماهی کپور معمولی در این تحقیق به ترتیب بیشتر و کمتر از تیمارهای با تراکم پایین و بالابود. همچنین در تحقیق Filep و همکاران در سال ۲۰۱۶ ماهی کپور معمولی با تراکم کمتر (۱۲ قطعه ماهی در تانک ۴۵۰ لیتری)از مطالعه حاضر در سیستم اکواپونیک ذخیره‌سازی گردید.

تراکم ماهی یکی از حساس‌ترین عوامل تعیین‌کننده میزان بهره‌وری از سیستم پرورشی با تأثیر بر نرخ رشد، تنوع اندازه و مرگ‌ومیر آبزی است. یکی از عوامل اساسی در موفقیت سیستم‌های اکواپونیک یافتن میزان تراکم مطلوب می‌باشد. در این مطالعه در سیستم‌های اکواپونیک که تراکم کمتر بود میزان رشد انفرادی و وزن نهایی در مقایسه با تیمارهای با تراکم پایین بیشتر بود. این کاهش رشد در تیمارهای با تراکم بالا در حالی اتفاق افتاد که محدودیتی برای دسترسی غذا وجود نداشت؛ و این کاهش رشد احتمالاً به دلیل استرسی است که با افزایش تراکم در ماهی کپور معمولی ایجاد می‌گردد. این کاهش رشد ناشی از افزایش تراکم در حدود ۶۹ درصد بود؛ که باوجود دسترسی غذا برای تمام تانک‌ها این میزان کاهش رشد چشمگیر به دلیل افزایش تراکم اتفاق افتاد.

Hussain و همکاران در سال ۲۰۱۴ مطالعه‌ای بر روی رشد ماهی کپور انگشت قد در تراکم‌های مختلف ذخیره‌سازی انجام دادند که میزان رشد در تیمارهای مختلف متفاوت بود و تیماری که در مقایسه با دیگر تیمارها تراکم کمتر داشت میزان رشد بیشتری داشت درنتیجه افزایش میزان تراکم میزان رشد را کاهش داد. مطالعات مشابه انجام‌شده توسط شلتون و همکاران (۱۹۸۱) نشان دادند که افزایش میزان تراکم در استخرهای محصور کوچک تأثیر منفی عمیقی بر رشد ماهی آمور علفخوار، *Ctenopharyngodon idella*، دارد.

Shete و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه بر روی رشد ماهی قرمز *Carassius auratus* در آب‌های با دوره‌های گردش مختلف دریافتند که در پایان ۶۰ روز آزمایش درصد افزایش وزن بدن به‌طور معنی‌دار متفاوت بود و تیمارهای با تراکم پایین‌تر میزان رشد انفرادی ماهی بیشتر گردید.

Fedlite و Milstein (۲۰۰۰) گزارش کردند که ماهی کپور معمولی بسیار حساس به تراکم بوده و اگر دسترسی به غذا مشکلی نداشته باشد افزایش تراکم فضای اطراف ماهی را کاهش می‌دهد. رفتار رقابتی برای دسترسی به فضا می‌تواند از طریق پاسخ غدد درون‌ریز یا اختلال در کارایی تغذیه تأثیر گزار باشد. تأثیر تراکم در کاهش میزان رشد در تحقیقات بسیاری به اثبات رسیده است(Pankhurst and Van Der Kraak, 1997; (Schreck *et al.*, 1997) (Hussain *et al.*, 2014).

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020

شیب رشد ماهی کپور در نمونه‌گیری آخر در سیستم اکواپونیک کاهش یافت (شکل ۱) که ممکن است به دلیل کاهش درجه حرارت بوده و میزان رشد کاهش‌یافته و احتمال دوم اینکه سیستم با رشد ماهی و افزایش تراکم به مرز بیشترین محصول ایستا (*standing* crop) رسیده است؛ و به همین جهت است که تیمارهای با تراکم بالا کاهش رشد در نمونه‌گیری آخر را بیشتر از تیمارهای با تراکم پایین نشان دادند.

میزان رشد ماهی کپور در استخر خاکی (۴۴۷/۶) در مدت‌زمان مشابه بسیار بیشتر سیستم اکواپونیک با تراکم پایین (۱۵۶/۷) و تراکم بالا (۹۵/۸) بود؛ که این می‌تواند به دلیل پایین بودن تراکم در واحد سطح در سیستم پرورش ماهیان سنتی باشد.

در تیمار اکواپونیک با تراکم بالا باوجود پایین بودن میانگین رشد انفرادی اما میزان تولید در واحد سطح بالاتر بود که بیوماس در واحد سطح به نسبت تیمار با تراکم پایین ۲۲ درصد افزایش را نشان داد.

باوجوداینکه آهنگ رشد انفرادی در سیستم اکواپونیک بسیار پایین‌تر از سیستم سنتی پرورش ماهیان گرمابی است اما به دلیل تراکم بیشتر در واحد سطح در سیستم متراکم اکواپونیک میزان بیوماس در یک هکتار بسیار بالاتر از سیستم سنتی پرورش به‌صورت نیمه متراکم بود؛ اما باوجود رشد انفرادی بالا در ماهی کپور پرورش‌یافته در سیستم سنتی میزان بیوماس در واحد سطح بسیار پایین‌تر از سیستم اکواپونیک بود در سیستم اکواپونیک میزان بیوماس پایان دوره ۲۰۰ و ۲۳۸ برابر میزان زی‌توده در واحد سطح (مترمربع) استخر خاکی به ثبت رسید.

آزمایش‌ها و انواع فن‌آوری‌ها نتایج متنوعی و متفاوتی را ارائه می‌دهند به‌طوری‌که برخی از تحقیقات نشان می‌دهد که استفاده از تراکم جمعیت کمتر منجر به افزایش محصول و بیوماس بالاتر منجر می‌گردد (Sharma and Chakrabarti, 2003). همچنین در مطالعه‌ای مشابه با افزایش میزان تراکم ذخیره‌سازی گربه‌ماهی آفریقایی (*Clarias gariepinus*) به‌طور قابل‌توجهی افزایش تولیدات در استخر خاکی مشاهده گردید (Oké and Goosen, 2019).

اکثر مطالعات انجام‌شده سیستم‌های مداربسته ماهی کپور نشان می‌دهد که بیوماس نهایی بسیار بیشتر از این تحقیق به‌دست‌آمده مثلاً Enache و همکاران در سال ۲۰۱۲ میزان بیوماس نهایی ماهی کپور را ۷۰/۵ کیلوگرم در مترمکعب و میزان تولید ۴۶/۳ کیلوگرم در مترمکعب در مدت ۳۰ روز ثبت کردند.

میزان رشد روزانه (DGR) در تیمار با تراکم بالاتر کمتر بود که به دلیل استرس تراکم بیشتر میزان رشد انفرادی کمتر و درنتیجه میزان رشد روزانه نیز کمتر است؛ و برعکس این حالت برای تیمار با تراکم کمتر مشاهده گردید. همان‌طور که در نمودار شماره ۲ مشاهده می‌شود میزان رشد روزانه در انتهای دوره در سیستم اکواپونیک کاهش‌یافته که ممکن است به دلیل کاهش درجه حرارت بوده و میزان متابولیسم و رشد کاهش‌یافته و احتمال دوم اینکه سیستم با رشد ماهی و افزایش تراکم به مرز بیشترین محصول ایستا (standing crop) رسیده است؛ و به همین جهت است که در تیمار با تراکم بالا کاهش رشد روزانه در نمونه‌گیری آخر بیشتر از تیمار با تراکم پایین است؛ و به همین جهت است که شیب نمودار کاهش‌یافته است.

در نمونه‌گیری اول (روز چهاردهم) بیشترین میزان نرخ رشد ویژه به ثبت رسید و در نمونه‌گیری‌های بعدی میزان نرخ رشد ویژه شیب نزولی پیدا می‌کند. در انتهای دوره کمترین میزان SGR دیده می‌شود که ممکن است به دلیل کاهش درجه حرارت و درنتیجه کاهش متابولیسم و رشد ماهی در انتهای دوره مشاهده می‌شود و احتمال دوم اینکه سیستم با رشد ماهی و افزایش تراکم به مرز بیشترین محصول ایستا (standing crop) رسیده است؛ و به همین جهت است که در تیمار با تراکم بالا کاهش نرخ رشد ویژه در نمونه‌گیری آخر بیشتر از تیمار با تراکم پایین است.

میزان بازماندگی در سیستم با تراکم بالاتر کمتر از سیستم با تراکم پایین است که احتمال دارد اولاً به دلیل بیشتر بودن استرس تراکم و ثانیاً با افزایش تراکم سلامت ماهی پایین‌تر می‌آید؛ که درنهایت میزان تلفات را افزایش و بازماندگی را کاهش داد. بازماندگی سیستم اکواپونیک در مقایسه با استخر خاکی پایین‌تر بود و شاید این به دلیل عدم محاسبه تلفات پنهان در استخر خاکی بود. به دلیل آنکه استخر در پایان دوره ۶۰ روزه صید و برداشت کامل ماهیان صورت نگرفت و اگر تلفات پنهانی رخداده قابل‌محاسبه نبود؛ و در پایان دوره تنها تعدادی از ماهیان با تور پره صید

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020

و به‌صورت زنده توزین گردید و با تور پره امکان صید تمام ماهیان مقدور نیست. لذا انتظار می‌رود میزان بازماندگی استخرهای خاکی که فقط بر اساس تلفات ظاهری ثبت‌شده محاسبه گردید احتمالاً بیشتر از میزان واقعی است.

پایین بودن بازماندگی در شرایط پرورش با تراکم بالاتر در گزارش Hussain و همکاران در سال ۲۰۱۴ نیز به اثبات رسید؛ که میزان بازماندگی در طول آزمایش در تیمارهای با تراکم بالاتر کمتر از تراکم پایین‌تر ثبت گردید (Hussain *et al.*, 2014).

به‌طور مشابه، میزان بازماندگی بالا توسط Shete و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای که بر روی رشد ماهی قرمز *Carassius auratus*، در آب با دوره‌های گردش مختلف آزمایش می‌کردند به دست آمد.

Enache و همکاران در سال ۲۰۱۲ در همه تحقیقات دامنه بازماندگی ماهی کپور در سیستم پرورش متراکم ۱۰۰–۹۸ درصد به دست آوردند؛ که در کل میزان بازماندگی ثبت‌شده تمام تیمارها بیشتر از میزان بقا ماهی کپور معمولی پرورش‌یافته در سیستم اکواپونیک در این تحقیق بود. برخلاف تحقیق حاضر Liu و همکارانش در سال ۲۰۱۹ ثابت کردند که افزایش میزان تراکم ذخیره سازی تاثیر قابل توجهی بر میزان بازماندگی ندارد.

باوجوداینکه جهت تغذیه ماهیان کپور با غذای سنتی (مخلوط غلات خردشده) با پروتئین پایین استفاده گردید و انتظار می‌رود ضریب تبدیل غذایی ماهی کپور بسیار بالاتر از غذای کنسانتره مورداستفاده در سیستم اکواپونیک باشد اما به‌طور شگفت‌آوری میزان ضریب تبدیل غذایی استخر خاکی اختلاف اندکی با سیستم آکواپونیک داشت؛ که احتمالاً به دلیل استفاده از غذای طبیعی و جبران کمبود پروتئین غلات مورداستفاده جهت تغذیه در استخر خاکی باشد؛ و ثانیاً به دلیل اینکه در ابتدای دوره وزن انفرادی ماهیان رهاسازی شده پایین است و میزان زی‌توده در واحد سطح پایین می‌باشد لذا با تغذیه از غذای طبیعی نیاز به مقدار بالایی از غذای دستی وجود ندارد به همین جهت باوجود غذای طبیعی هم‌مقدار مصرف غذای دستی در ابتدای دوره کاهش‌یافته و همچنین مشکل پایین بودن پروتئین غذای سنتی برطرف گردید؛ و درنهایت موجب پایین آمدن ضریب تبدیل غذایی و با توجه به پایین بودن قیمت غلات شاخص اقتصادی (ECR) استخر خاکی بسیار پایین‌تر از ماهی کپور سیستم اکواپونیک گردید. باوجود ضریب تبدیل پایین ماهی کپور تغذیه‌شده با غذای کنسانتره اما شاخص اقتصادی (ECR) سیستم اکواپونیک با تراکم پایین و تراکم بالا به ترتیب حدود ۲ و ۲/۵ برابر بیشتر از سیستم پرورش سنتی است.

عوامل بسیاری همچون دسترسی غذا، نوع غذا، شرایط پرورش، ویژگی‌های محیطی، گونه آبزی پرورشی، سایز ماهی و ... بر میزان ضریب تبدیل غذایی (FCR) تأثیرگذار است (Jabeen *et al.*, 2004).

میزان ضریب تبدیل غذایی ماهی کپور پرورش‌یافته در تیمارهای اکواپونیک با تراکم پایین‌تر مطلوب‌تر (کمتر) از سیستم اکواپونیک با تراکم بالاتر گردید؛ که ممکن است به دلیل استرس بیشتر در تراکم بالا باشد.

نتایج این تحقیق مشابه مطالعه Hussain و همکاران در سال ۲۰۱۴ در مورد ماهی کپور معمولی نژاد کویی ضریب تبدیل غذا در تیمارهای با تراکم کمتر پایین‌تر بود گزارش‌های مشابه دیگر Licamele (۲۰۰۹) در مورد ماهی تیلاپیا نیل *Oreochromis niloticus* ضریب تبدیل غذایی (FCR) به‌طور قابل‌توجهی در تراکم ذخیره‌سازی پایین نسبت به سایر تیمارها بهتر بود. همچنین Chowdhury و همکارانش در سال ۲۰۱۹ نشان دادند که با کاهش تراکم ذخیره‌سازی گربه‌ماهی مخطط (*Pangasianodon hypophthalmus*) پرورش‌یافته در قفس ضریب تبدیل غذایی کمتر گردید.

کاهش نرخ رشد ماهی و مصرف بیشتر غذا با افزایش سطح تراکم در مشاهدات Vijayan و Leatherland (۱۹۸۸) به ثبت رسید. همچنین افزایش FCR با افزایش تراکم ذخیره‌سازی توسط Imanpoor و همکاران (۲۰۰۹) در ماهی کپور معمولی و Moradyan و همکاران (۲۰۱۲) در آلوین قزل‌آلای رنگین‌کمان گزارش شد.

به‌طورکلی در سیستم اکواپونیک با توجه به افزایش میزان تراکم میزان تولید در واحد سطح بسیار بیشتر (بیش از ۲۰۰ برابر) از استخر خاکی گردید؛ اما میزان وزن انفرادی ماهی کپور در پایان دوره آزمایش در استخر خاکی بیشتر از ماهی کپور پرورش‌یافته در سیستم اکواپونیک گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص اقتصادی در استخر خاکی به نسبت سیستم اکواپونیک مطلوب‌تر بود که نشان‌دهنده هزینه پایین تولید ماهی کپور در استخر خاکی می‌باشد. میزان مصرف آب به ازای تولید یک کیلوگرم ماهی کپور در سیستم سنتی در مقایسه با سیستم اکواپونیک ۹۸ برابر بیشتر بود که نشان‌دهنده صرفه‌جویی بسیار بالا در مصرف آب در سیستم اکواپونیک است.

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020

منابع

ایرانی، ع.، مرادلو، ح. و آق، ق.، ۲۰۱٦. ارزیابی عملکرد بیوفیلترهای با بستر کاه جو، پوشال چوب، اسفنج و لوله‌های مشبک پی‌وی‌سی در سیستم مداربسته پرورش کپور معمولی. فصلنامه علمی پژوهشی علوم و فنون شیلات ۵، صفحات ۱۵-۱.

اورجی، ح.، سوداگر، م.، جانی خلیلی، خ.، داداشی، ف.، کرامت، ع.، و کمالی، ک.، ۱۳۹۳. بررسی تأثیر سطوح مختلف آرد آزولا در جیره غذایی بر عملکرد رشد و قابلیت هضم ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*). مجله علمی شیلات ایران. ۲۳(۴): صفحات ۱۰۴-۹۷.

فرید پاک، ف.، ۱۳۸۵. دستورالعمل اجرایی تکثیر مصنوعی و پرورش ماهیان گرم آبی، تهران، انتشارات علمی آبزیان، ۳۰۶ ص.

قناعت پرست، ا.، طلوعی، م.، درویشی، م.، فیضعلی موسوی، ه.، مجدی نسب، ف. و خمیرانی، ر.، ۱۳۸۰. پرورش ماهیان گرمابی (عمومی) معاونت تکثیر و پرورش آبزیان-اداره کل آموزش و ترویج، ۲۰۳ ص.

سن، ا. د. و ترور، ا.، ۱۳۸۵. تغذیه ماهیان پرورشی، ترجمه احتشامی ف. تهران سازمان شیلات ایران، معاونت آبزی‌پروری و مدیریت فنی و امور آبزی پروران، ۳۹۶ ص.

مینابی، ا.، ۱۳۹٦. پرورش توأم ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و گیاه ریحان (*Ocimum basilicum*) در سیستم اکواپونیک با استفاده از پساب آبزی‌پروری، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه علوم و فنون خرمشهر، ۱۶۵ ص.

Abbas, S., 2009. Growth performance and meat quality of *Labeo rohita*, *Catla catla* and *Cyprinus carpio* under different treatments. Doctor of philosphin in zoology. Department of zoology and fisheries faculty of sciences.Faisalabad. Univesity of agriculture. 226p.

Al-Hafedh, Y. S., Alam, A. and Beltagi, M. S., 2008. Food production and water conservation in a recirculating aquaponic system in Saudi Arabia at different ratios of fish feed to plants. Journal of the World Aquaculture Society, 39: 510-520.

Avnimelech, Y., 2009. Biofloc technology. A practical guide book. The World Aquaculture Society, Baton Rouge.

Badiola, M., Mendiola, D. and Bostock, J., 2012. Recirculating Aquaculture Systems (RAS) analysis: main issues on management and future challenges. Aquacultural Engineering.

Bernstein, S., 2011. Aquaponic Gardening: A Step-by-step Guide to Raising Vegetables and Fish Together. New Society Publishers.

Bransden, M. P., Carter, C. G. and Nichols, P. D., 2003. Replacement of fish oil with sunflower oil in feeds for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): effect on growth performance, tissue fatty acid composition and disease resistance. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 135: 611-625.

Buschmann, A. H., Riquelme, V. A., Hernández-González, M. C., Varela, D., Jiménez, J.E.,Henríquez, L. A., Vergara, P. A., Guí ˜nez, R. and Filún, L., 2006. A review of the impactsof salmonid farming on marine coastal ecosystems in the southeast Pacific. ICESJ. Journal of Marine Science, 63: 1338–1345.

Cao, Y., Li, Z., Yang, Y. and Wen, G., 2007. Research progress on technology of microalgae ecological management in shrimp culture [J]. South China Fisheries Science, 4: 011.

Chowdhury, M. A., Roy, N. C. and Chowdhury, A., 2019. Growth, yield and economic returns of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) at different stocking densities under floodplain cage culture system. The Egyptian Journal of Aquatic Research.

Dediu, L., Cristea, V. and Xiaoshuan, Z., 2012. Waste production and valorization in an integrated aquaponic system with bester and lettuce. African Journal of Biotechnology, 11: 2349-2358.

www.SID.ir

Archive of SID

De Schryver, P., Crab, R., Defoirdt, T., Boon, N. and Verstraete, W., 2008. The basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture. Aquaculture, 277: 125-137.

Enache, I., Cristea, V., Ionescu, T. and Ion, S., 2011. The influence of stocking density on the growth of common carp, *Cyprinus carpio*, in a recirculating aquaculture system. AACL Bioflux, 4: 146-153.

Enache, I. B., Cristea, V., Ionescu, T., Dediu, L. and Docan, A., 2012. The influence of light intensity on the growth performance of common carp in a recirculating aquaculture system condition. Lucrări Ştiinţifice-Universitatea de Ştiinţe Agricole şi Medicină Veterinară, Seria Zootehnie, 58: 234-240.

Eaton, **A. D. and Franson, M., 2005.** Water Environment Federation. Standard methods for the examination of water & wastewater. Washington (DC): American Public Health Association.

Eurostat, 2010. Fisheries Statistics. Data 1995–2008, Available at: http://epp.eurostat. ec. europe. eu/ cache / ITC OFFPUB/KS-DW-09-011/EN/KS-
DW-09-001-EN-PDF (accessed 27.08.11).

FAO., 2012. The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA). FAO Fisheries and Aquaculture Department Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, Italy., Available fro http://www.fao.org/docrep/013/i1820e/i1820e00.htm

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations)., 2014. The State of World Fisheries and Aquaculture: Opportunities and Challenges. FAO, Rome, Italy

Feldlite, M. and Milstein, A., 2000. Effect of density on survival and growth of cyprinid fish fry. Aquaculture International, 7: 399-411.

Filep, R. M., Diaconescu, Ş., Costache, M., Stavrescu-Bedivan, M. M., Bădulescu, L. and Nicolae, C. G., 2016. Pilot Aquaponic Growing System of Carp (*Cyprinus carpio*) and Basil (*Ocimum Basilicum*). Agriculture and Agricultural Science Procedia, 10: 255-260.

Hu, Z., Lee, J. W., Chandran, K., Kim, S., Brotto, A. C. and Khanal, S. K., 2015. Effect of plant species on nitrogen recovery in aquaponics. Bioresource Technology, 188: 92-98.

Hussain, T., Verma, A., Tiwari, V., Prakash, C., Rathore, G., Shete, A. and Nuwansi, K., 2014. Optimizing Koi Carp, *Cyprinus carpio* var. Koi (Linnaeus, 1758), Stocking Density and Nutrient Recycling With Spinach in an Aquaponic System. Journal of the World Aquaculture Society, 45: 652-661.

Imanpoor, M., Ahmadi, A. R. and Kordjazi, M., 2009. Effects of stocking density on survival and growth indices of common carp (*Cyprinus carpio*). Iranian Scientific Fisheries Journal, 18: 1-10.

Jabeen, S., Salim, M. and Akhtar, P., 2004. Feed conversion ratio of major carp Cirrhinus mrigala fingerlings fed on cotton seed meal, fish meal and barley. Pakistan Veterinary Journal, 24: 42-45.

Heydarnejad, M. S., 2012. Survival and growth of common carp (*Cyprinus carpio* L.) exposed to different water pH levels. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 36: 245-249.

Karalazos, V., 2007. Sustainable alternatives to fish meal and fish oil in fish nutrition: effects on growth, tissue fatty acid composition and lipid metabolism.

Karakatsouli, N., Papoutsoglou, E. S., Sotiropoulos, N., Mourtikas, D., Stigen-Martinsen, T., Papoutsoglou, S.E., 2010. Effects of light spectrum, rearing density and light intensity on growth performance of scaled and mirror common carp *Cyprinus carpio* reared under recirculating system conditions. Aquacultural Engineering, 42: 121-127.

Lekang, O. I., 2008. Aquaculture engineering. Wiley.com

Licamele, J., 2009. Biomass production and nutrient dynamics in an aquaponics system. The University of Arizona.

Liu, Y., Liu, H., Wu, W., Yin, J., Mou, Z. and Hao, F., 2019. Effects of stocking density on growth performance and metabolism of juvenile Lenok (*Brachymystax lenok*). Aquaculture, 504: 107-113.

Mazurkiewicz, J., 2009. Utilization of domestic plant components in diets for common carp *Cyprinus carpio* L. Archives of Polish Fisheries 17, 5-39.

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020

www.SID.ir

Archive of SID

Montero, D., Grasso, V., Izquierdo, M., Ganga, R., Real, F., Tort, L., Caballero, M. and Acosta, F., 2008. Total substitution of fish oil by vegetable oils in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) diets: effects on hepatic Mx expression and some immune parameters. Fish & Shellfish Immunology, 24: 147-155.

Moradyan, H., Karimi, H., Gandomkar, H. A., Sahraeian, M. R., Ertefaat, S. and Sahafi, H. H., 2012. The effect of stocking density on growth parameters and survival rate of rainbow trout alevins (Oncorhynchus mykiss). World Journal of Fish and Marine Sciences, 4: 480-485.

Mráz, J., 2011. Lipid quality of common carp (C*yprinus carpio*) in pond culture.

Nasopoulou, C. and Zabetakis, I., 2012. Benefits of fish oil replacement by plant originated oils in compounded fish feeds. A review. LWT-Food Science and Technology, 47: 217-224.

Naylor, R. L., Goldburg, R. J., Primavera, J. H., Kautsky, N., Beveridge, M. C., Clay, J., Folke, C., Lubchenco, J., Mooney, H. and Troell, M., 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. Nature, 405: 1017-1024.

Oké, V. and Goosen, N. J., 2019. The effect of stocking density on profitability of African catfish (*Clarias gariepinus*) culture in extensive pond systems. Aquacultur, 507: 385-392.

Pratoomyot, J., Bendiksen, E., Bell, J. and Tocher, D. R., 2008. Comparison of effects of vegetable oils blended with southern hemisphere fish oil and decontaminated northern hemisphere fish oil on growth performance, composition and gene expression in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Aquaculture, 280: 170-178.

Refaey, M. M., Li, D., Tian, X., Zhang, Z., Zhang, X., Li, L. and Tang, R., 2018. High stocking density alters growth performance, blood biochemistry, intestinal histology, and muscle quality of channel catfish *Ictalurus punctatus*. Aquacultur, 492: 73-81.

Sargent, J. and Tacon, A., 1999. Development of farmed fish: a nutritionally necessary alternative to meat. Proceedings of the Nutrition Society, 58: 377-384.

Sharma, J. and Chakrabarti, R., 2003. Role of stocking density on growth and survival of catla, Catla catla, and rohu, Labeo rohita, larvae and water quality in a recirculating system. Journal of applied aquaculture 14, 171-178.

Sheikh, B. and Sheikh, S., 2004. Aquaculture and integrated farming system. Pakistan Journal of Agricultural Engineering and Veterinary Sciences (PJAAEVS), 20: 52-58.

Shete, A., Verma, A., Chadha, N., Prakash, C., Peter, R., Ahmad, I. and Nuwansi, K., 2016. Optimization of hydraulic loading rate in aquaponic system with Common carp (*Cyprinus carpio*) and Mint (Mentha arvensis). Aquacultural Engineering, 72: 53-57.

Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A. and Lovatelli, A., 2014. Small-scale aquaponic food production: integrated fish and plant farming. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Tacon, A., 2004. Use of fish meal and fish oil in aquaculture: a global perspective. Aquatic Resources, Culture and Development, 1: 3-14.

van de Nieuwegiessen, P. G., Olwo, J., Khong, S., Verreth, J. A. and Schrama, J. W., 2009. Effects of age and stocking density on the welfare of African catfish, Clarias gariepinus Burchell. Aquaculture, 288: 69-75.

Vijayan, M. and Leatherland, J., 1988. Effect of stocking density on the growth and stress-response in brook charr, Salvelinus fontinalis. Aquaculture, 75: 159-170.

Zahedi, S., Akbarzadeh, A., Mehrzad, J., Noori, A. and Harsij, M., 2019. Effect of stocking density on growth performance, plasma biochemistry and muscle gene expression in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 498: 271-278.

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 11:36 +0430 on Tuesday April 14th 2020

www.SID.ir