"مقاله پژوهشی"

تعیین اثر میزان آب برگشتی بر شاخص‌های رشد و برخی فراسنجه‌های خونی فیل ماهی (*Huso huso*) پرورشی در سیستم آب برگشتی

علی حسین پور زلتی[1]*، میر حامد سید حسنی[1]، رضوان الله کاظمی[1]، تورج سهرابی[1]

۱- انستیتو تحقیقات بین المللی ماهیان خاویاری، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱/۲۵

چکیده

مطالعه حاضر با هدف تعیین تاثیر میزان آب برگشتی بر شاخص‌های رشد و برخی فراسنجه‌های خونی فیل ماهیان پرورشی در سیستم آب برگشتی در قالب یک طرح کاملا تصادفی شامل ۵۰ درصد آب ورودی و ۵۰ درصد آب برگشتی (R_{50})، ۲۰ درصد آب ورودی و ۸۰ درصد آب برگشتی (R_{80}) و فاقد آب برگشتی (R_0) اجرا گردید. تعداد ۱۸۰ قطعه فیل‌ماهی پرورشی با میانگین وزنی (۶۶/۶۸ ± ۶۱۶۲/۷۱ گرم) انتخاب و در ۹ حوضچه بتنی به مدت ۸ ماه پرورش یافتند. ماهیان به طور ماهانه بیومتری و در پایان دوره پرورش از ماهیان نمونه خون تهیه گردید. در پایان دوره پرورش بیشترین میانگین وزن نهایی (۳/۷۹ ± ۱۳۹۰۸/۱۵ گرم)، درصد افزایش وزن بدن (۸/۷۵ ± ۱۲۹/۴درصد)، نرخ رشد ویژه (۰/۰۲ ± ۰/۳۴ گرم) و ضریب چاقی (۰/۰۱ ± ۰/۷۲ گرم) و کمترین ضریب تبدیل غذا (۰/۱۳ ± ۲/۶۴ گرم) در ماهیان گروه ۸۰ درصد آب برگشتی (R_{80}) مشاهده گردید که دارای اختلاف معنی‌دار با ماهیان گروه فاقد آب برگشتی (R_0) بود ($p<0.05$). نتایج فراسنجه‌های خونی نشان داد که میزان درصد گلبول‌های سفید و درصد نوتروفیل در تیمار ۸۰ درصد (R_{80}) به‌طور معنی‌داری از تیمار ۵۰ درصد آب برگشتی (R_{50}) و فاقد آب برگشتی (R_0) به طور معنی‌داری بالاتر بود ($p<0.05$). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان پیشنهاد نمود که پرورش فیل‌ماهیان در دامنه وزنی پرواری تا مرحله پیش مولدین (۱۴ کیلوگرم) با استفاده ازسیستم آب برگشتی به نسبت۲۰ درصد آب ورودی و ۸۰ درصد آب برگشتی نه تنها موجب کاهش رشد و آسیب‌های هماتولوژی نمی‌گردد، بلکه سبب ارتقاء بهره‌وری آب و افزایش راندمان تولید می‌شود.

کلمات کلیدی: فیل ماهی، فراسنجه‌های خونی، سیستم آب برگشتی.

* عهده‌دار مکاتبات: ahpour.z@gmail.com

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.3.5.8]

[DOI: 10.22034/17.3.35]

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.3.5.8]
[DOI: 10.22034/17.3.35]

مقدمه

در میان ۵ گونه ماهیان خاویاری موجود در منطقه خزر جنوبی، فیل‌ماهی بدلیل رشد نسبتا سریع، امکان تولیدمثل در شرایط اسارت، تامین لارو و بچه‌ماهی با هزینه کمتر در مقایسه با سایر گونه‌های خاویاری گونه مناسبی برای پرورش گوشتی به شمار (فلاحتکار و همکاران، ۱۳۹۹) و به عنوان گونه اصلی پرورشی در نظر گرفته شده است. در حال حاضر پرورش این ماهی به‌طور عمده در حوضچه‌های بتنی با سیستم جریان آب گردشی باز انجام می‌شود (یزدانی ساداتی و همکاران.، ۱۳۹۷). تخمین زده می‌شود که در این روش میزان آب مصرفی در پرورش متراکم ماهیان خاویاری ۱۰ لیتر بر ثانیه، به ازای هر تن تولید و یا به عبارتی مصرف ۳۱۵ مترمکعب آب به منظور تولید یک کیلوگرم گوشت باشد (پورکاظمی وهمکاران، ۱۳۸۷). این در حالی است که کشور ایران در زمره کشورهای کم آب است (محمدجانی و یزدانیان، ۱۳۹۳) و مصرف آب در سال‌های اخیر رشد فزاینده‌ای داشته و آثار هشداردهنده آن با توجه به کاهش سطح آب زیرزمینی، کاهش سطح دریاچه‌ها و خشکی مرداب ها آشکارتر شده است (پیکران مانا و همکاران.، ۱۳۹۸). از این رو، محققین در صدد کاهش آب مصرفی از طریق باز گردش آن در سیستم پرورش همراه با حفظ کیفیت از طریق ایجاد فیلترهای فیزیکی، شیمیایی و بیوشیمیایی هستند (Hussan *et al*., 2019). بر این اساس، دو سیستم باز (جریان گذر) و سیستم‌های آبزی‌پروری بازگردشی (RAS) یا دارای آب برگشتی تعریف شده است (Timmons and Losordo, 1994; Summerfelt *et al*., 2004a, b). در سیستم‌های پرورشی باز، آب تازه ورودی، تنها یک (یا نهایتا" دو) مرتبه درون سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مقابل، در سیستم‌های بازگردشی، آب درون سیستم گردش نموده و بر حسب طراحی سیستم، درصدی از آب تعویض و تصفیه می‌شود که بر اساس میزان بازگردش، سطح فن‌آوری و واحدهای تصفیه‌ای موجود، دو سیستم بازگردشی نسبی (آب برگشتی) و بازگردشی کامل (مدار بسته) تعریف شده است (Timmons and Losordo, 1994). در یک سیستم بازگردشی کامل (مداربسته)، تقریبا بیشتر ترکیباتی که توسط ماهی به آب افزوده می‌شود با انجام تیمارهایی (ترسیب، فیلتراسیون فیزیکی، فیلتر زیستی، ضدعفونی، تهویه و اکسیژن‌دهی) در واحدهای مجزای تصفیه‌ای حذف می‌شود. اما در ایران، به دلیل هزینه‌های گزاف سرمایه‌گذاری و پیچیدگی، این تصفیه در ساختار کامل پیاده نمی‌شود. درواقع، یک سیستم بازگردشی نسبی در ایران شامل واحدهای ترسیب مواد، تصفیه فیزیکی و هوادهی یا اکسیژن‌دهی است و اگرچه استفاده از سیستم بازگردشی نسبی موجب کاهش۵۰ درصدی مواد معلق جامد، حذف گازهای مضر و در نهایت کاهش مصرف آب مصرفی تا حد قابل توجهی می‌گردد (Brinker *et al*., 2005)، اما به دلیل بازگردش آب در سیستم‌های بازگردشی نسبی (Timmons and Losordo, 1994; Roque d'Orbcastel *et al*., 2009)، احتمال دارد حساسیت ماهی را نسبت به عوامل استرس‌زا و عوامل بیماری‌زا افزایش و بر مصرف غذا، رشد و سلامت اثر سوء داشته باشد (Ellis *et al*., 2002; North *et al*., 2006 a,b). در خصوص بررسی عوامل نامساعد محیطی بر فیزیولوژی ماهی، مطالعات زیادی ثابت کرده است که پروفایل سلول‌های خونی

یک ماهی پرورشی می‌تواند وضعیت فیزیولوژیک و سلامتی آن ماهی را نشان دهد، به طوری که از شاخص‌های خونی به‌دست آمده همراه با سایر روش‌های تشخیص معمول می‌توان برای شناسایی و ارزیابی شرایطی که باعث استرس و بروز بیماری‌های تا"ثیرگذار بر میزان تولید آبزیان استفاده نمود (Pavlidis *et al*., 2007) شاخص‌های خون‌شناسی در ماهیان شامل هماتوکریت (Hct)، غلظت هموگلوبین (Hb)، گلبول قرمز (RBC) و گلبول سفید (WBC)، تعداد پلاکت‌ها (PLT)، حجم سلول‌های بسته‌بندی شده (PCV)، حجم متوسط گلبول قرمز (MCV)، وزن متوسط هموگلوبین موجود در یک گلبول قرمز (MCH)، غلظت متوسط هموگلوبین‌های قرمز (MCHC) و میزان رسوب آن می‌باشد (Grant, 2015). این شاخص‌ها نظارت بر وضعیت بهداشتی و درمانی ماهی را در مراحل تولید مثل، شرایط تغذیه، تراکم پرورش (Burgos-Aceves *et al*., 2010) و بخصوص عوامل استرس‌زای محیطی (تغییرات نیتریت، نیترات، اکسیژن، دی اکسید کربن و مواد جامد معلق) را امکان‌پذیر می‌کنند (Valero *et al*., 2018).

پرورش ماهی در سیستم‌های بازگردشی طی سال‌های اخیر رو به گسترش بوده ولی اثرات استفاده از آب برگشتی به خوبی مشخص نیست. به¬همین جهت، همیشه نگرانی پیرامون اثرات واقعی استفاده از آب برگشتی بر رشد و سلامت ماهیان پرورشی وجود داشته و تا کنون، مطالعات اندکی در این خصوص صورت گرفته و اطلاعات بسیار ناچیزی پیرامون جنبه‌های متفاوت پاسخ ماهی به آن وجود دارد که از آن جمله می‌توان به مطالعه نکوئی‌فرد و همکاران (۱۳۹۱) در مورد افزایش تولید در واحد سطح مزارع پرورش ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان با تا"کید بر سیستم‌های هوادهی و تصفیه فیزیکی آب برگشتی، مطالعه معصومی و همکاران (۱۳۹۸) با عنوان اثرات سطوح مختلف عصاره یوکا (عصاره یوکا، پودر ۱۰۰ درصد طبیعی است که به طور کامل از ساقه و برگ گیاه یوکا شیدایگرا استخراج و دارای خواص آنتی‌اکسیدانی می‌باشد) بر عملکرد رشد، ایمنی غیراختصاصی و کیفیت آب محیط پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در سیستم بازگردشی آب و مطالعه زاهدی و همکاران (۱۳۹۸)، در مورد مقایسه پارامترهای رشد، هورمون کورتیزول و بیان ژن‌های مرتبط با استرس و رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در دو سیستم باز و بازگردشی اشاره نمود. در صورتی که مطالعه‌ای در زمینه استفاده از سیستم بازگردشی نسبی آب در پرورش فیل‌ماهی صورت نپذیرفته است. هدف از تحقیق حاضر، تعیین اثر سطوح و درصدهای مختلف میزان آب برگشتی بر شاخص‌های رشد و خونی در شرایط مشابه مزارع پرورش ماهیان خاویاری بود.

مواد و روش ها

پرورش و تغذیه ماهیان

جهت اجرای پروژه از ۱۸۰ عدد فیل ماهی پرورشی با میانگین وزنی ۶۱/۶۸ ± ۶۱۶۲/۷۱ گرم استفاده شد. ماهیان پرورشی پس از زیست‌سنجی اولیه در یک طرح کاملا تصادفی بدون دارا بودن اختلاف معنی‌دار در شاخص وزن در حوضچه‌های بتنی به قطر ۳/۸ متر؛ مساحت ۱۱/۳ متر مربع، عمق آبگیری ۱/۶ متر، حجم آب ۱۶ متر مکعب در سه تیمار آزمایشی به ترتیب گروه شاهد بدون آب برگشتی (R_0)، ۵۰ درصد آب ورودی و ۵۰ درصد آب برگشتی (R_{50}) و ۲۰ درصد

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.3.5.8]
[DOI: 10.22034/17.3.35]

آب ورودی و ۸۰ درصد آب برگشتی (R_{80}) رهاسازی شدند. پرورش و تغذیه ماهیان ۸ ماه ادامه یافت و در طی این مدت با جیره اکسترود (GFS_4) ماهیان خاویاری شرکت فرادانه تغذیه شدند. میزان غذادهی برحسب دمای آب، ۰/۷ – ۰/۵ درصد وزن بدن در دو نوبت صبح و عصر بود. غذادهی با دست انجام شد.

سیستم و شرایط فیزیکی و شیمیایی

اساس و پایه این سیستم در هر یک از حوضچه‌های آزمایشی دو جریان ورودی بود، که یک جریان مربوط به آب تازه و یک جریان دیگر مرتبط با آب برگشتی بود. کل جریان آب برگشتی جهت انجام تبادلات گازی (حذف گازهای مضر و افزایش اکسیژن) و اکسیداسیون و ترسیب احتمالی آهن موجود در آب چاه از برج هوادهی (صافی‌های پلاستیکی سه طبقه) عبور می کرد تا به شکل قطرات آب در حوضچه محل تجمع آب تصفیه، جمع‌آوری و از آن‌جا مجدداً وارد چرخه گردش آب شود. تیمار اول با صد درصد آب تازه چاه آبرسانی می‌شد، در تیمار دوم یک لیتر بر ثانیه آب تازه و یک لیتر بر ثانیه آب برگشتی و در هر یک از تکرارهای تیمار سوم ۰/۴ لیتر بر ثانیه آب تازه و ۱/۶ لیتر بر ثانیه آب برگشتی جریان داشت. دبی آب ورودی هر یک از حوضچه‌های پرورشی ۲ لیتر بر ثانیه و تعداد دفعات تعویض آب با توجه به حجم آب هر حوضچه حدود ۱۰ بار در طی شبانه روز (۲۴ ساعت) در نظر گرفته شد. جهت تأمین کل آب برگشتی مورد نیاز پروژه به میزان ۸/۶ لیتر بر ثانیه و برقراری جریان آبی مورد نظر از دو عدد الکتروپمپ سه اینچ (برای مکش حاصل از آب های خروجی ۶ حوضچه واقع در مدار آب برگشتی و هدایت آن به محفظه درام فیلتر و همچنین برای دهش آب تصفیه‌شده از درام فیلتر و ایجاد جریان ورودی آب برگشتی برای حوضچه‌های تحت تیمار آب برگشتی) استفاده شد. از بین شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی آب سه مورد، اکسیژن محلول به عنوان پارامتر کلیدی کیفیت آب (North *et al*., 2006)، دما و pH (Wuertz *et al*., 2006) انتخاب شدند. دمای آب و pH توسط دستگاه دیجیتال WTW (مدل Weilheim PH 330i ساخت آلمان) و میزان اکسیژن محلول با استفاده از اکسی‌متر دیجیتال WTW (مدل Weilheim PH 330i ساخت آلمان) با دقت ۰/۰۱ بطور هفتگی (۳ بار در طول هفته) اندازه‌گیری شد.

جدول ۱: مشخصات جیره غذایی فرادانه (مقدار به درصد)

نوع	پروتئین	چربی	فیبرخام	خاکستر	رطوبت	فسفر
GFS_4	۴۰	۲۰	۳	۱۰	۱۰	۱/۳

زیست سنجی ماهیان

ماهیان بطور ماهانه و ۸ بار بیومتری شدند. ۲۴ ساعت قبل از زیست سنجی غذادهی قطع، آب مخازن به نصف کاهش داده شد و طول و وزن ماهیان پس از بیهوش شدن با پودر گل میخک (۱۵۰ ppm) (حلاجیان و همکاران، ۱۳۹۰) با استفاده از یک تخته بیومتری با دقت ۰/۱ سانتیمتر و ترازوی دیجیتال با دقت ۵ گرم محاسبه شد.

محاسبه شاخص‌های رشد بر اساس فرمول‌های زیر محاسبه گردید:

شاخص چاقی (CF) = ۱۰۰× (وزن ماهی/ طول کل[۳]) (Rónyai *et al*., 1990)

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.3.5.8]
[DOI: 10.22034/17.3.35]

افزایش وزن (WG) (گرم)= وزن نهایی– وزن اولیه (Qinghui *et al*., 2004)

درصد افزایش وزن بدن (BWI) (درصد)=۱۰۰ × (میانگین وزن نهایی– میانگین وزن اولیه) / (میانگین وزن اولیه) (Rónyai *et al*., 1990)

ضریب رشد ویژه ((SGR))(درصد در روز) = ۱۰۰×[(لگاریتم وزن نهایی– لگاریتم وزن اولیه)/ مدت زمان آزمایش](Qinghui *et al*., 2004)

ضریب تبدیل غذایی (FCR) = کل غذای خورده شده (گرم) / افزایش وزن کسب شده (گرم) (Rónyai *et al*., 1990)

مطالعات خون شناسی

خون گیری و تهیه سرم

به منظور ارزیابی شاخص‌های خونی و سرمی، در پایان دوره پرورش، نسبت به خون‌گیری از تیمارهای مختلف و گروه شاهد اقدام گردید.بدین منظور از هر تکرار تعداد ۴ عدد ماهی بطور تصادفی انتخاب و خون‌گیری به وسیله سرنگ ۵ سی‌سی از طریق ورید ساقه دمی واقع در پشت باله مخرجی با حداقل میزان دستکاری و استرس انجام گرفت. لازم به توضیح است که در هنگام خون‌گیری از مواد بیهوش‌کننده به علت احتمال تأثیر بر شاخص‌های خونی استفاده نگردید (Torrecillas *et al*., 2011).

از نمونه‌های خون جمع‌آوری شده، مقدار ۱/۵ سی‌سی برای جداسازی سرم در ویال های اپندورف فاقد ماده ضد انعقاد هپارین و ۰/۵ سی‌سی نیز توسط سرنگ‌های آغشته به هپارین در ویال های ایندورف ریخته شد.

به منظور انجام مطالعات سرولوژی، خون موجود در ویال‌های اپندورف (فاقد ماده ضد انعقاد) توسط دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه بمدت ۱۰دقیقه سانتریفیوژ گردید و به منظور تعیین شاخص‌های هماتولوژیک نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند. تعدادگلبول های قرمز و سفید و شمارش افتراقی گلبول‌های سفید (لنفوسیت، نوتروفیل، مونوسیت و ائوزینوفیل) با استفاده از لام هماسیتومتر نئوبار (Barcellos *et al*., 2003) اندازه‌گیری شد (کاظمی و همکاران، ۱۳۸۹). مقدار هموگلوبین خون به روش کالری‌متریک سیانوهموگلوبین و به‌وسیله محلول معرف با طول موج ۵۴۰ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر (Jenway, 6505-UCV/VIS, England) و با استفاده از کیت (Pars Azmun, Karaj, Iran) بر حسب گرم در دسی‌لیتر محاسبه شد. حجم متوسط گلبول قرمز (MCV)، غلظت متوسط هموگلوبین (MCH) و میانگین غلظت متوسط هموگلوبین گلبول‌های قرمز (MCHC) بر اساس فرمول‌های زیر محاسبه گردید (Potki *et al*., 2018).

$$MCV\ (fl) = (Hct / RBC) \times 10$$

$$MCH\ (pg\ cell^{-1}) = (Hb / RBC) \times 10$$

$$MCHC\ (gdL^{-1}) = (Hb / Hct) \times 100$$

تجزیه و تحلیل آماری

به منظور بررسی توزیع نرمال داده‌ها در گروه‌ها و تکرارها جهت تشکیل تیمارها از آزمون Shapiro-Wilk استفاده شد. در صورت نرمال بودن داده‌ها به منظور مقایسه آماری بین گروه‌ها در تیمارها از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه (Oneway ANOVA) و پس از انجام آزمون Test of Homogeneity of Variances جهت مقایسه گروه‌ها با یکدیگر از آزمون

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.3.5.8]
[DOI: 10.22034/17.3.35]

دانکن استفاده شد. کلیه آنالیزهای آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام شد و جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel ۲۰۱۰ استفاده شد.

نتایج

شاخص‌های رشد

نتایج شاخص های رشد در جدول ۱ ارائه شده است. در وزن نهایی اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آب برگشتی و تیمار فاقد آب برگشتی (R_0) مشاهده گردید، بطوری که بیشترین وزن نهایی (۱۳۹۰۸/۳±۱۵/۷۹ و ۱۰/۴۵±۱۳۵۹/۴۹گرم) در ماهیان پرورش یافته در آب برگشتی (R_{80}) و (R_{50}) مشاهده شد که اختلاف معنی‌دار با تیمار فاقد آب برگشتی (۶/۶۲ ± ۱۲۷۶۰/۱۷گرم) داشت ($p<0.05$). بیشترین درصد افزایش وزن بدن در تیمار ۸۰ درصد (R_{80}) (۸/۷۵ ± ۱۲۹/۴۰) بود که با تیمار ۵۰ درصد (R_{50}) (۲/۳۷ ± ۱۱۷/۸۵) فاقد اختلاف معنی‌دار آماری و با گروه شاهد (R_0) (۵/۷۴ ± ۱۰۶/۹۲) دارای اختلاف معنی‌دار آماری بود ($p<0.05$). کمترین و بیشترین ضریب تبدیل غذا به‌ترتیب در ماهیان تیمار ۸۰ درصد (R_{80}) (۰/۰۹ ± ۲/۲۲) و گروه شاهد (R_0) (۰/۱۳ ± ۲/۶۴) مشاهده شد ($p<0.05$). ماهیان پرورش‌یافته در مخازنی که دارای ۸۰ درصد تعویض آب بودند (R_{80})، (بیشترین نرخ رشد ویژه ۰/۰۲±۰/۳۴) اختلاف معنی‌داری نسبت به گروه فاقد تعویض آب (R_0) را دارا بودند ($p<0.05$). اختلاف معنی‌داری در این شاخص در دو گروه (R_{80}) و (R_{50}) مشاهده نشد ($p>0.05$). ضریب چاقی بین تیمارها (۰/۰۱±۰/۷۲) فاقد اختلاف معنی‌دار، اما با گروه شاهد (۰/۰۰۶±۰/۶۸) دارای اختلاف آماری معنی‌داری بود ($p<0.05$).

جدول ۲: شاخص های رشد فیل ماهیان با سطوح و درصدهای مختلف آب برگشتی در دوره پرورشی ۸ ماهه

شاخص‌های رشد	شاهد (R_0)	تیمار ۵۰ درصد (R_{50})	تیمار ۸۰ درصد (R_{80})
وزن اولیه(سانتیمتر)	۶۱۶۸/۳۳ ± ۴۶/۳۱	۶۲۴۳/۷۰ ± ۱۳۲/۳۳	۶۰۷۵/۱۴ ± ۱۶۳/۳۷
وزن نهایی(گرم)	۱۲۷۶۰/۱۷ ± ۶/۶۲^{b}	۱۳۵۹۵/۴۹ ± ۱۰/۴۵^{a}	۱۳۹۰۸/۱۵ ± ۳/۷۹^{a}
طول اولیه(سانتیمتر)	۱۰۲/۴۲ ± ۰/۴۲	۱۰۴/۰۲ ± ۰/۵۲	۱۰۲/۹۷ ± ۱/۴۹
طول نهایی(گرم)	۱۲۲/۸۷ ± ۰/۵۱	۱۲۳/۶۴ ± ۰/۹۶	۱۲۳/۰۵ ± ۰/۸۱
درصد افزایش وزن(گرم)	۱۰۶/۹۲ ± ۵/۷۴ ^{b}	۱۱۷/۸۵ ± ۲/۳۷ ^{ab}	۱۲۹/۴۰ ± ۸/۷۵ ^{a}
ضریب تبدیل غذایی	۲/۶۴ ± ۰/۱۳ ^{a}	۲/۴۴ ± ۰/۰۷ ^{ab}	۲/۲۲ ± ۰/۰۹ ^{b}
نرخ رشد ویژه	۰/۲۹ ± ۰/۰۱ ^{b}	۰/۳۰ ± ۰/۰۰۴ ^{ab}	۰/۳۴ ± ۰/۰۲ ^{a}
ضریب چاقی	۰/۶۸ ± ۰/۰۰۶^{b}	۰/۷۲ ± ۰/۰۱^{a}	۰/۷۲ ± ۰/۰۱^{a}

حروف انگلیسی متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار آماری است ($p<0.05$).

شاخص‌های خونی

اختلاف معنی‌داری در میزان گلبول قرمز، هموگلوبین، هماتوکریت، MCV، MCH، MCHC در سرم خون ماهیان مشاهده نشد ($p>0.05$)، میزان لنفوسیت در گروه R_{80} نسبت به دو تیمار دیگر (R_0 و R_{50}) اندکی کاهش یافت ($P>0.05$). اما با افزایش تعویض آب میزان گلبول سفید و نوتروفیل افزایش یافت. بیشترین درصد گلبول‌های سفید و درصد نوتروفیل در تیمار ۸۰ درصد بود که با تیمار ۵۰ درصد و گروه شاهد دارای اختلاف معنی‌دار بود ($p<0.05$).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.3.5.8]
[DOI: 10.22034/17.3.35]

جدول ۳: تغییرات شاخص های هماتولوژیک فیل ماهیان با سطوح و درصد های مختلف آب برگشتی در دوره پرورشی ۸ ماهه

شاخص‌های رشد	شاهد (R_0)	تیمار ۵۰ درصد(R_{50})	تیمار ۸۰ درصد (R_{80})
تعداد گلبول های سفید (10^3* میکرولیتر)	۳۴۵۸/۳۰ ± ۶۲/۱۰[b]	۳۶۶۶/۷۰ ± ۱۳۱/۶۱[b]	۴۳۷۵ ± ۲۲۱/۹۴[a]
تعداد گلبول های قرمز (10^3* میکرولیتر)	۶۳۶/۷۵ ± ۱۳/۸۶	۶۳۴/۷۵ ± ۱۴/۴۹	۶۳۴/۷۵ ± ۱۱/۸۵
هموگلوبین(گرم بر دسی لیتر)	۶/۳۰ ± ۰/۱۳	۶/۴۱ ± ۰/۱۵	۶/۴۰ ± ۰/۱۱
هماتوکریت(درصد)	۲۷/۳۳ ± ۰/۵۹	۲۷/۵ ± ۰/۶۳	۲۷/۲۵ ± ۰/۵۴
MCV (فمتولیتر)	۴۲۷/۴۲ ± ۳/۵۳	۴۳۲/۹۲ ± ۲/۷۴	۴۲۸/۹۲ ± ۲/۶۹
MCH (پیکوگرم در سلول)	۹۸/۳۳ ± ۰/۸۶	۱۰۰/۵۰ ± ۰/۷۶	۱۰۰/۳۳ ± ۰/۷۶
MCHC (گرم بر دسی لیتر)	۲۳/۰۸ ± ۰/۰۹	۲۳/۲۸ ± ۰/۰۷	۲۳/۵۴ ± ۰/۱۰
لنفوسیت (درصد)	۸۳/۲۵ ± ۰/۴۵	۸۰/۵۸ ± ۰/۸۵	۷۸/۶۷ ± ۰/۷۳
نوتروفیل (درصد)	۱۲/۲۵ ± ۰/۳۰[c]	۱۴/۰۸ ± ۰/۵۴[b]	۱۵/۵۸ ± ۰/۴۷[a]
مونوسیت (درصد)	۴/۱۷ ± ۰/۲۷	۴/۴۲ ± ۰/۳۶	۴/۹۲ ± ۰/۳۱
ائوزینوفیل (درصد)	۰/۳۳ ± ۰/۱۴	۰/۹۲ ± ۰/۲۳	۰/۸۳ ± ۰/۲۴

حروف انگلیسی متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار آماری است ($p<0.05$)

بحث

نتایج مقایسه شاخص‌های رشد فیل ماهیان نشان داد که در پایان دوره پرورش اختلاف معنی‌داری در شاخص‌های رشد در میان تیمارهای مختلف مشاهده نشد و حتی برخی شاخص‌های رشد به طور معنی‌داری در تیمار ۸۰ درصد از گروه شاهد بیشتر بود. در صورتی که عدم کارایی در سیستم‌های آب برگشتی موجب کاهش اکسیژن و افزایش آمونیاک (یکی از خطرناک ترین ترکیبات و ضایعات نیتروژنی برای ماهیان) می شود (Murray *et al.*, 2014). فراهم آوردن اکسیژن محلول برای ماهی در پرورش متراکم امری الزامی است، زیرا غلظت‌های پایین اکسیژن موجب بی‌اشتهایی، استرس تنفسی، کمبود اکسیژن بافت و در نهایت مرگ می گردد. براساس فرضیه Pauly (۱۹۸۱) زمانی که موجودی اکسیژن برای نیازهای اکسیژنی کافی نباشد ماهی خورن غذا را متوقف می‌کند و در کمبود اکسیژن یا هیپوکسی کاهش مصرف غذا می‌تواند راهی برای کاهش مصرف انرژی و کاهش نیاز به اکسیژن باشد (Van Dam and Pauly, 1995) و در نهایت با کاهش تغذیه سلامت ماهی را تحت تا"ثیر قرار داده و در درازمدت موجب مرگ می‌گردد (Wu, 2002). هر چند آزمایشات انجام شده در خصوص توانایی تحمل اکسیژن فیل‌ماهی نشان داده است که این ماهی در مدت ۸ هفته آزمایش توانایی بالایی برای مقابله با شرایط اکسیژنی کم دارد (باقرزاده و همکاران، ۱۳۹۴)، اما پرورش طولانی مدت ماهیان خاویاری با شرایط کمبود اکسیژن موجب کاهش رشد و احیانا مرگ و میر آنها می‌گردد (Maxime *et al.*, 1995). معمولا در سیستم RAS بازیافت اکسیژن آب برگشتی از طریق گذراندن آن از بیوفیلتر جهت حذف گازهای مضر و ضد عفونی با اشعه ماورای بنفش (UV)، تزریق اکسیژن خالص و ترکیبی از هر دو انجام می‌شود (Goddek *et al.*, 2019)، اما در سیستم طراحی شده در آزمایش حاضر آب خروجی از مخازن پرورش وارد درام فیلتر شده، در آن مواد فیزیکی و بالای ۸۰ میکرون فیلتر و در مرحله بعد جهت تبادل گازی وارد برج هواده و در انتها

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.3.5.8]
[DOI: 10.22034/17.3.35]

تزریق اکسیژن روی آن انجام می‌گرفت. نتایج حاصل از بررسی میزان اکسیژن محلول در تیمارهای ۵۰ درصد آب ورودی و ۵۰ درصد آب برگشتی (R_{50})، ۲۰ درصد آب ورودی و ۸۰ درصد آب برگشتی (R_{80}) و فاقد آب برگشتی (R_0)نشان از آن داشت که مقادیر اکسیژن در این تیمارها در محدوده ۷ تا ۸ میلی‌گرم در لیتر قرار داشت که حد مطلوبی برای ماهیان خاویاری به شمار می‌آید (Hochleithner, 1993).آمونیاک یکی از خطرناک‌ترین ترکیبات و ضایعات نیتروژنی برای ماهیان است. سمیت آمونیاک بستگی به مقدار آمونیاک غیریونیزه در آب داشته و وابسته به pH، درجه حرارت و شوری آن است. در محیط‌های طبیعی آمونیاک در روند رشد ماهیان خللی ایجاد نمی‌کند چون در توده آب پراکنده و حل می‌گردد و از سمیت آن در آب‌های طبیعی و اسیدی (pH>9) کاسته می‌شود (Barton, 1996). اما در سیستم‌های پرورش متراکم در فرایند تغذیه نیتروژن بصورت زوائد متابولیتی وارد آب حوضچه‌های پرورش ماهی شده و در چرخه باکتریایی، نیتروژن اسیدهای آمینه، معدنی شده و به آمونیاک تبدیل می‌شوند (Dima *et al*,. 2009). مطالعاتی نشان داده است که افزایش آمونیاک آب و به تبع آن کاهش pH در سیستم‌های آب برگشتی منجر به بروز استرس و افزایش دی‌اکسید کربن در خون (hypercapnia) گونه‌های ماهی خاردار اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) (Lemarie *et al*., 2000)، تاسماهی سفید (*Acipenser transmontanus*) (Crocker and Cech, 1996) و کاهش رشد در ماهی کاد (*Gadus morhua*) می‌گردد. واکنش اولیه ماهی به افزایش آمونیاک در آب ایجاد استرس است (Wedemeyer, 1996). شواهدی در دست است که مصرف غذا در قزل‌آلای رنگین کمان در هنگام افزایش غلظت آمونیاک کاهش می‌یابد (Wicks and Randall, 2002) که باعث کاهش و یا توقف مصرف غذا می‌شود. در مراحل بعد افزایش آمونیاک می‌تواند کشنده بوده و موجب کاهش روند رشد گردد، به طوری که در شرایط محصور اگر میزان آمونیاک به ۲ میلی‌گرم برسد موجب کاهش رشد و در صورت رسیدن به ۶/۵ میلی‌گرم در لیتر می‌تواند موجب بروز سمیت در ماهی گردد (Hellawell, 1986). این در حالی است که ضریب تبدیل غذا در ماهیان پرورش یافته در مخازن ۸۰ درصد آب برگشتی در مقایسه با مخازن فاقد آب برگشتی به طور معنی‌داری بالاتر بود که نشان دهنده خود پالایندگی مناسب فیلترهای مکانیکی از طریق گذراندن آن از درام فیلتر، برج هواده و تزریق اکسیژن به آن بود.

با وجود تمام این موارد نکوئی فرد و همکاران(۱۳۹۱) در تحقیقی به بررسی تاثیر استفاده مجدد از آب برگشتی بر شاخص‌های رشد و بازماندگی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Onchorhynchus mykiss*) پرداخته و به این نتیجه رسیدند که افزایش درصد جایگزینی آب در جریان استخرهای پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان با آب برگشتی سبب افزایش معنی‌دار در ضریب تبدیل غذایی،کاهش معنی دار در میزان بازماندگی و ضریب چاقی،افزایش معنی‌دار در میزان تلفات و در نهایت کاهش تولید می‌گردد. برگشت آب ورودی در سیستم بازگردشی در مطالعه زاهدی و همکاران (۱۳۹۸)، موجب کاهش ۶/۵ درصد وزن کل ماهیان طی دوره ۶۰ روزه شد. همچنین اگر چه طی مطالعه ۷۷ روزه روی قزل‌آلای رنگین کمان، تغییرات معنی‌داری در وزن کل طی بازه

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.3.5.8]
[DOI: 10.22034/17.3.35]

زمانی ۱ تا ۵۶ روز آزمایش بین دو سیستم باز و بازگردشی کامل مشاهده نشد، اما در بازه زمانی ۵۷ تا ۷۷ روز ،۱۷ درصد وزن ماهی در تیمار باز کاهش یافت (Roque d'Orbcastel *et al*., 2009 a,b). که آن را به افزایش استرس ناشی از تغییر در پارامترهای فیزیکی وشیمیایی آب (آمونیاک و pH آب) نسبت دادند، در صورتی که به عقیده نگارندگان مقاله حاضر تفاوت‌های فردی گونه‌ای را نباید از نظر بدور داشت. مطالعات Raffatnezhad و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادکه فیل‌ماهی پرورش‌یافته درتراکم بالا و شرایط نامساعد محیطی بر تاسماهی دریاچه‌ای (*Acipencer fluvescens*) که در تراکم‌های بالا دچار تلفات سنگین می‌شود برتری داشته و بر این نکته اذعان داشت که رشد پارامتر مناسبی در عکس العمل ماهی به شرایط نامساعد محیطی به شمار می‌آید (Salmon and Armstrong, 2002) و می‌تواند به عنوان یک شاخص در استرس‌های اجتماعی و محیطی به‌کار رود (Bolasina *et al*., 2006). به نظر می‌رسد که فیل ماهی در یک سیستم بازگردشی نسبی شامل واحدهای ترسیب مواد، تصفیه فیزیکی و هوادهی یا اکسیژن‌دهی از رشد مناسبی برخوردار است و یا می‌تواند خود را با شرایط موجود سازگار نموده و به رشد بالاتر و ضریب تبدیل غذایی بهتر دست یابد.

نتایج به دست آمده از شاخص‌های خونی مووید نتایج به دست آمده از شاخص‌های رشد ماهی در این آزمایش است. شمارش افتراقی گلبول‌های سفید (لنفوسیت، مونوسیت، ائوزینوفیل و نوتروفیل) تغییرات معنی‌داری را بین تیمارها و گروه شاهد نشان نداد. تعداد گلبول‌های قرمز، میزان هموگلوبین، درصد هماتوکریت و شاخص‌های وابسته به گلبول قرمز (MCV، MCH و MCHC) در بین تیمارها و گروه شاهد تغییرات معنی‌داری نداشت که بیانگر واکنش‌های نرمال و طبیعی و پاسخ های مثبت فیزیولوژیک این شاخص‌های خونی در شرایط متفاوت محیطی است که با افزایش درصد آب برگشتی تغییرات معنی‌داری در آنها بوجود نیامده است. این پارامترها تحت‌تاثیر عوامل فیزیولوژیک (Luskova,1995) و عوامل خارجی (Shama and shi,1985) دچار تغییر می‌شوند، ولی در این مطالعه برغم پیدایش شرایط محیطی غیرهمسان (افزایش درصد و میزان آب برگشتی) در شرایط ثبات و پایداری قرار داشتند که این وضعیت مناسب را شاید بتوان به قدرت بالای سازگاری این گونه مقاوم در برابر شرایط سخت محیطی، سن، وزن و اندازه ماهی نسبت داد.

اما درصد گلبول‌های سفید و درصد نوتروفیل در تیمار ۸۰ درصد (R_{80}) به طور معنی‌داری از تیمار ۵۰ درصد آب برگشتی (R_{50}) و فاقد آب برگشتی (R_0) بالاتر بود. Akinwande و همکاران (۲۰۰۴) اظهار داشتند که افزایش تعداد گلبول‌های سفید ماهی یا حیوانات تابعی از ایمنی و مقاومت حیوانات در برابر بیماری یا بیماری‌های آسیب‌پذیر است، به‌طوری که افزایش گلبول‌های سفید در این آزمایش می‌تواند به‌عنوان یک واکنش در ارتقای سیستم ایمنی غیراختصاصی قلمداد شود که موجب افزایش مقاومت ماهی در مقابل عوامل استرس‌زا و بیماری‌ها (Firouzbakhsh *et al*., 2011) و یک پاسخ فیزیولوژیک به استرس آنی ماهی به‌شمار آید که در ادامه پرورش ماهی با اقدامات مدیریتی از قبیل سیفوناژ بیشتر روزانه، قطع یا کاهش غذادهی و اعمال مدیریت بهداشتی سیستم دوباره به حالت پایداری خواهد رسید.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.3.5.8]
[DOI: 10.22034/17.3.35]

بعنوان نتیجه‌گیری کلی شاید بتوان اذعان کرد که بدلیل تعویض نسبتا مناسب آب در طی شبانه‌روز (حدود ۱۰ بار)، نرمال بودن بودن تراکم نهایی (۲۵ کیلوگرم در متر مربع) و وزن زی‌توده نهایی، سبب پیدایش شرایط جدی استرس‌زای محیطی تا پایان دوره پرورشی حتی در سطح ۸۰ درصد آب برگشتی نشده و می‌توان نتیجه گرفت استفاده از آب برگشتی به مقدار ۸۰ درصد، برای پرورش فیل ماهیان از وزن ۶ تا ۱۴ کیلوگرم بدون کاهش معنی‌دار در رشد و تغییرات فراسنجه‌های خونی امکان‌پذیر است.

سپاسگزاری

نگارندگان مراتب سپاس خود را از آقایان علی هوشیار، آرش شهباری، مجید مرواری و غلام نجفی که پرورش و تغذیه ماهیان را بر عهده داشتند ابراز می دارند.

منابع

۱. باقرزاده لاکانی، ف.، ستاری، م.، کاظمی، ر.، یزدانی ساداتی، م.ح.، پوردهقانی، م.، عشوری، ق.، ۱۳۹۴. اثرات هیپوکسی، نورموکسی و هیپوکسی بر فاکتورهای هماتولوژی و پارامترهای بیوشیمیایی خون دوگروه وزنی از فیل ماهی پرورشی. مجله اقیانوس‌شناسی، ۲۲(۲)، ۶۸-۵۹.

۲. پورکاظمی، م.، بهمنی، م.، پرند آور، م.، مهدی نژاد، ک.، توکلی،م.، محسنی، م.، کاظمی، ر.، شناور ماسوله،ع.، نوروز فشخامی، م.ر.، زارع گشتی، ق.، ۱۳۸۷. برنامه محصولی ماهیان خاویاری، موسسه تحقیقات شیلات ایران، ۳۳۴ صفحه.

۳. پیکران مانا، ن.، یوسفی جوردهی، ا.، بهمنی، م.، عبدالملکی، ش.، جلیل پور، ج.، پژند، ج.، علیزاده، م، سهرابی، ت.، فلاح شجاعی، م.، عاشوری، ع.، حسین نیا، آ.، اصغری، آ.، رضاخواه، ف.، ترکمانی، ح.، ۱۳۹۸. مولدسازی فیل ماهی (*Huso huso*) پرورشی با استفاده از آب لب‌شور دریای خزر در حوضچه‌های بتونی. دو فصلنامه ترویجی ماهیان خاویاری، ۳(۲)، ۹-۲۳.

۴. حلاجیان، ع.، کاظمی، ر.، یوسفی، آ.، اثر پودر گل میخک بر مدت زمان بیهوشی و بازگشت از بیهوشی در فیلماهی پرورشی ۴ ساله (*Huso huso*). مجله شیلات دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر، ۵ (۲).۱۳۳-۱۴۰.

۵. فلاحتکار، ب.، رازگردانی شراهی، ع.، پوراسدی، م.، رضوی صیاد، آ.، مکنت خواه، ب.، رحمتی،م.، عفت پناه، آ.، ۱۳۹۹. اثر توام دوره نوری و زمان غذادهی بر عملکرد رشد فیلماهی (*Huso huso*). نشریه علمی توسعه آبزی‌پروری، ۲ (۱۴).۸۳-۹۳.

۶. زاهدی، س.، اکبرزاده، آ.، مهرزاد، ج.، نوری، آ.، هرسیچ، م.، ۱۳۹۸. مقایسه پارامترهای رشد، هورمون کورتیزول و بیان ژنهای مرتبط با استرس و رشد ماهی قزل الای رنگین‌کمان (*Onchorhynchus mykiss*) در دو سیستم باز و گردشی. نشریه پژوهش‌های ماهی شناسی کاربردی، ۳ (۷).۱۲۴-۱۰۹.

۷. نکویی فرد، ع.، مناف فر، ر.، مطلبی، ع.، شریفیان، م.، ۱۳۹۱. توانایی بسترهای مختلف نشست باکتریایی تصفیه آب در سیستم‌های مدار بسته آبزیان، مجله علمی شیلات ایران، ۳ (۲۱).۱۲۴-۱۳۶.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.3.5.8]
[DOI: 10.22034/17.3.35]

۸. یزدانی ساداتی، م.ح.، سید حسنی، م.ح.، شکوریان، م.، کاظمی، ر.، حسین پورزلتی، ع.، ۱۳۹۷. مقایسه شاخص های رشد پیش مولدین فیل ماهی به منظور تولید گوشت، پرورش یافته در محیط استخرهای بتنی و استخرهای خاکی. نشریه توسعه آبزی پروری، ۱ (۱۲).۹۹-۱۱۱.

۹. محمد جانی، ا.، یزدانیان، ن.، ۱۳۹۳. تحلیل وضعیت بحران آب در کشور و الزامات مدیریت آن. فصلنامه روند، ۶۵ (۲۱).۱۱۷-۱۴۴.

۱۰. معصومی، س.ح.، آدینه،ح.، هرسیج، م.، جعفریان، ح.، قلی پور کنعانی، ح.، ۱۳۹۸. اثرات سطوح مختلف عصاره یوکا (*Yucca schidigera*) بر عملکرد رشد، ایمنی غیر اختصاصی و کیفیت آب محیط پرورش ماهی قزل الای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در سیستم باز گردشی، نشریه علوم آبزی پروری ایران، ۷ (۱). ۸۰-۶۸.

11. Akinwande, A.A., Moody, F.O., Sogbesan, O.A., Ugwumba, A.A.A., Ovie, S.O., 2004. Haematological response of Heterobranchus longifilis fed varying dietary protein levels. Proceeding of the 19 th Annual Conference of the Fisheries Society of Nigeria, Ilorin, 29 th rd Nov – 3 December 2004 715.
12. Barcellos, L.J., Kreutz, L.C., Rodrigues, L.B., Fioreze, I., Quevedo, R.M., Cericato, L., Soso, A.B., Fagundes, M., Lacerda, L., Terra, S., 2004. Haematological and biochemical characteristics of male jundiá (*Rhamdia quelen* Quoy & Gaimard Pimelodidae): changes after acute stress. Aquaculture research, 34, 1456-1469.
13. Barton, B.A., Peter, R.E., Paulencu, C.R., 1980. Plasma cortisol levels of fingerling rainbow trout (*Salmo gairdneri*) at rest, and subjected to handling, confinement, transport, and stocking. Canadian Journal of fish Aquaculture Science, 37, 805-811.
14. Bolasina, S, Pérez, A, Yamashita, Y., 2006. Digestive enzyme activity during ontogenetic development and effect of starvation in Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). Aquaculture, 252, 503–515.
15. Brinker, A., Koppe, W., Rosch, R., 2005. Optimized effluent treatment by stabilized trout feaces. Aquaculture, 249, 125-144.
16. Burgos-Aceves, M.A., Campos-Ramos, R., Guerrero-Tortolero, D.A., 2010. Description of peripheral blood cells and differential blood analysis of captive female and male leopard grouper (*Mycteroperca rosacea*) as an approach for diagnosing diseases. Fish Physiology and Biochemistry, 36, 1263-1269.
17. Crocker, C.E., Cech, J. R., 1996. The effects of hypercapnia on the growth of juvenile white sturgeon (*Acipencer transmontanus*). Aquaculture, 147, 293–299.
18. Dima, R. C., Patriche, N., Marilena T., Magdalena, T., Desimira M. D., 2009. Physico-chemical limitative factors for growth and development in sterlet (*Acipenser ruthenus* linnaeus, 1758) in extensively system. lucrări ştiinţifice Zootehnie şi Biotehnologii, 42, Timisoara.
19. Ellis, T., North, B., Scott, A.P., Bromage, N.R., Porter, M., Gadd, D., 2002. The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout. Journal of Fish Biology, 61, 493-531.
20. Firouzbakhsh, F., Khales, M.K., Jani-Khalili, K., 2011. Effects of a probiotic, protexin, on the growth performance and hematological parameters in the Oscar (*Astronotus ocellatus*) fingerlings. Fish Physiology and Biochemistry, 37, 833-842.
21. Goddek, S., J., Joycc, A., Kotzen, B., 2019. Aquaponics food production systems. In: Brunel, G.M (Eds). Aquaponics: Closing the Cycle on Limited Water, Land and Nutrient Resources. Switzerland, Springer publishing. 619p.
22. Grant, K.R., 2015. Fish hematology and associated disorders. Clinical North American Exotic Animal Practice, 18, 83-103.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.3.5.8]
[DOI: 10.22034/17.3.35]

23. Hellawell, J.M., 1986. Biological Indicator of Freshwater Pollution and Environmental Management, Elsevier Applied Science Publishers, London, 509pp.
24. Hochleithner, M.,Gessner, J., 1999. The Sturgeon and Paddlefishes (Acipenseriformes) of the world, Biology and Aquaculture. Aqua Tech Publications, 212 pp.
25. Hussan, J., Adhikari, S., Das, A., Hoque, F., Pillai, B.R., 2019. Fish culture without water. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies, 7, 39-48.
26. Lemarié, G., Dutto, G., Le Roux, A., Lemoalle, J., Maxime, V., Person-Le Ruyet, J., 2000. Long-term effects of pH and carbon dioxide on growth and feed efficiency in European seabass. In: Flos, R et al. (Ed.) Responsible Aquaculture in the New Millennium: abstracts of contributions presented at the international Conference AQUA 2000, Nice, France, May 2-6, EAS Special Publication, 208: pp: 384.
27. Luskova, V., 1995. Determination of normal values in fish. Acta university carolinae Biological, 39, 191-200.
28. Maxime, V., Nonnotte, G., Peyraud, C., Williot, P., Truchot, J.P., 1995. Circulatory and respiratory effects of hypoxic stress in the Siberian sturgeon. Respiration Physiology, 100, 203-212.
29. Murray, F, Bostock. J., Fletcher, M., 2014. Review of RAS technologies and their commercial application. Final report. Available at http://www.hie.co.uk.
30. North B.P., Turnbull J.F., Ellis T., Porter M.J., Migaud, H., Bron, J., Bromage, N.R., 2006b. The impact of stocking density on the welfare of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 255, 466-479.
31. Pauly, D., 1981. The relationship between gill surface area and growth performance in fish: a generalization of von Bertalan theory of growth. Berichte der Deutshchen Wissen chaftichen Kommission fur Meeresforschung, 28, 251- 282.
32. Pavlidis, M., Futter, W.C., Kathario, P., Divanach, P., 2007. Blood cells of six Mediterranean mariculture fish species. Journal of Applied Ichthyology, 23, 70–73.
33. Potki, N., Falahatkar, B., Alizadeh, A., 2018. Growth, hematological and biochemical indices of common carp (*Cyprinus carpio*) fed diets containing corn gluten meal. Aquaculture International, 26, 1573-1586.
34. Qinghui, A., Kangsen, M., Chunxiao, Z., Qingyuan, D., Beiping, T., Zhiguo, L., 2004. Effect of dietary vitamin C on growth immune response of Japanese seabass (*Lateolabrax japonicas*). Aquaculture, 242, 489-500.
35. Roque d'orbcastel, E., Person-Le Ruyet, J., Le Bayon, N., Blancheton, J.P., 2009b. Comparative growth and welfare in rainbow trout reared in recirculating and flow through rearing systems. Aquaculture Engineering, 40, 79-86.
36. Rónyai, A., Ruttkay, A., Varadi, L., Peteri, A., 1990. Growth of Siberian sturgeon (*Acipenser baeri* B.) and that of its both hybrids with the sterlet (*Acipenser ruthenus* L.) in recycling system. In *Acipenser* Premier Colloque International Sur l'esturgeon, Bordeaux, CEMAGREF (pp. 423-427).
37. Rafatnezhad, S. B., Falahatkar, M., Tolouei, M., 2008. Effects of stocking density on hematological parameters, growth and fin erosion of great sturgeon (*Huso huso*) juveniles. Aquaculture Research, 39, 1506-1513.
38. Roque d'Orbcastel, E., Person-Le-Ruyet, J., Le Bayon, N., Blancheton, J.P., 2009a. Comparative growth and welfare in rainbow trout reared in re-circulating and flow through rearing systems. Aquacultural Engineering, 40 (2), 79-86.
39. Roque d'orbcastel, E., Blancheton, J.P., Aubin, J., 2009b. Towards environmentally sustainable aquaculture: comparison between two trout farming systems using Life Cycle Assessment. Aquacultural Engineering, 40(3), 113-119
40. Sloman, K.A., Armstrong, J.D., 2002. Physiological effects of dominance hierarchies: laboratory artifact's or natural phenomena. Journal of Fish Biology, 61,1-23.
41. Shama, T. J., Shi, B.D., 1985. Effects of asphyxiation on some hematology values of

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.3.5.8]
[DOI: 10.22034/17.3.35]

Noemacheilus capicula. International Journal Acud Ichthyology Modinagar, 6,1-2, India.

42. Summerfelt, S.T., Wilton, G., Roberts, D., Savage, T., Fonkalsrud, K., 2004a. Developments in recirculating systems for arctic char culture in North America. Aquaculture Engineering, 30, 31–71.
43. Summerfelt, S.T., Davidson, J.T., Waldrop, T., Tsukuda, S., Bebak-Williams, J., 2004b. A partial reuse system for coldwater aquaculture. Aquaculture Engineering, 31, 157–181.
44. Timmons, M.B., Losordo, T.M., 1994. Aquaculture Water Reuse Systems: Engineering, Design and Management. Elsevier, Amsterdam, the Netherlands.348p.
45. Torrecillas, S., Makol, A., Caballero, M.J., Montero, D., Robaina, L., Real, F., Sweetman, J., Tort, L. and Izquierdo, M.S., 2007. Immune stimulation and improved infection resistance in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed mannan oligosaccharides. Fish and Shellfish Immunology, 23(5), 969-981.
46. Valero, Y., Mokrani, D., Chaves-Pozo, E., Arizcun, M., Oumouna, M., Meseguer, J., Esteban, M.Á., Cuesta, A., 2018. Vaccination with UV-inactivated nodavirus partly protects European sea bass against infection, while inducing few changes in immunity. Development Comparative Immunology, 86, 171–179.
47. Van Dam, A.A., Pauly, D., 1995. Simulation of the effect of oxygen on food consumption and growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture research, 26, 427-440.
48. Wedemeyer, G.A., 1996. Interactions with water quality conditions in physiology of fish in intensive culture systems. Chapman and Hall, New York, 302 p.
49. Wicks, B.J., Randall, D.J., 2002. The effect of sub-lethal ammonia exposure on fed and unfed rainbow trout: the role of glutamine in regulation of ammonia. Comparative Biochemistry and Physiology, 132, 275-285.
50. Wu, R. S.S.,2002. Hypoxia. from molecular responses to ecosystem response. Marine Pollution Bulletin 45, 35-45.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.3.5.8]
[DOI: 10.22034/17.3.35]