"مقاله پژوهشی"

اثر تراکم کشت بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آب، فراسنجه‌های رشد، بازماندگی و ترکیبات لاشه بچه‌ماهی سفید خزری (*Rutilus frisii*)

کوثر غفوری کیاسری[1]، محمدکاظم خالصی[1*]، سهراب کوهستان اسکندری[1]، سیده زینب عابدی[1]

۱- گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۳/۲۲

چکیده

تراکم مناسب ذخیره‌سازی بر رشد و پرورش ماهیان تأثیرات زیادی می‌گذارد. این آزمایش به منظور بررسی تأثیر تراکم پرورش بر رشد و ترکیبات لاشه بچه‌ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus frisii*) و نیز بر فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب انجام پذیرفت. بچه‌ماهیان سفید دریای خزر به تعداد ۳۰۰ قطعه با میانگین وزن ۲ گرم در پنج تیمار تراکم (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ قطعه در مخزن ۶۰ لیتری) با سه تکرار در حجم ۶۰ لیتر آب با نرخ غذادهی بر اساس ۸ درصد وزن بدن به مدت ۵۶ روز پرورش داده شدند. در اول و آخر دوره، زیست‌سنجی بچه‌ماهیان با اندازه‌گیری وزن از طریق بی‌هوش‌کردن بچه ماهیان صورت گرفت. اختلاف معنی‌داری در فراسنجه‌های رشد (وزن نهایی، افزایش وزن بدن، نرخ رشد روزانه، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و فاکتور وضعیت) در تراکم‌های مختلف مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). همچنین اختلافات معنی‌داری در مقادیر کدورت، آمونیاک، نیترات، سختی، پی‌اچ، پروتئین، چربی و منیزیم آب وجود داشت ($p<۰/۰۵$). برای مقادیر وزن خشک، رطوبت، دما، اکسیژن، هدایت الکتریکی، TDS، قلیائیت، کلسیم و سدیم پوست و فیله اختلافات معنی‌داری در تراکم‌های مختلف مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق و به منظور کاهش هزینه‌های جاری پرورش، تراکم ۱۶۶ قطعه بچه‌ماهی سفید به منظور ذخیره‌سازی در یک متر مکعب (۱۰ قطعه در مخزن ۶۰ لیتری) از استخر بتنی پیشنهاد می‌گردد.

کلمات کلیدی: ماهی سفید، تراکم، رشد، لاشه، فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب.

*عهده‌دار مکاتبات: khalesi46@gmail.com

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.2.7.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.2.103]

مقدمه

ماهیان دارای نیازمندی‌های فیزیکی و شیمیایی خاصی در ارتباط با محیط آبی هستند و درصورتی‌که این نیازها برآورده نشوند، سریعاً دچار استرس می‌شوند و سلامت و بقای آن‌ها به خطر می‌افتد (Conte, 2004). از طرفی در دو دهه اخیر، تحقیق بر روی تراکم ذخیره‌سازی بهینه در پرورش آبزیان در بین محققین از جایگاه ویژه‌ای برخوردار بوده است (Turnbull *et al*., 2005)، که دلیل این امر، اهمیت آن در بهبود مدیریت آبزی‌پروری در ارتباط با رفاه آبزی است. اگرچه تاکنون مطالعاتی در این زمینه صورت گرفته است، اما دستیابی به اطلاعاتی که دربردارنده بهترین تراکم ذخیره‌سازی برای تک‌تک گونه‌های پرورشی (خوراکی یا آکواریومی) باشد، دشوار یا تقریباً غیرممکن است، چرا که تراکم بهینه تحت تأثیر موارد بسیاری همچون سیستم‌های مختلف پرورش، گونه آبزی، سن آبزی، شرایط فیزیکوشیمیایی محیط پرورش و غیره قرار دارد (Ellis *et al*., 2002; Samad *et al*., 2014). همچنین با توجه به کاهش منابع آبی، استفاده بهینه از این منابع حائز اهمیت است و یکی از راه‌های رسیدن به این هدف، افزایش تولید در واحد سطح است، ولی تراکم بالا ممکن است باعث استرس و بیماری شود. تراکم و میزان زی‌توده ماهی معیارهای زیست‌شناختی بسیار مهمی برای سیستم‌های پروش متراکم ماهی هستند، زیرا معمولاً ملاحظات اقتصادی حکم می‌کند که حداکثر استفاده از آب و فضا به عمل آید. از طرفی، تراکم‌های پرورشی منجر به افت شرایط سلامتی و فیزیولوژی ماهی، کاهش تبدیل غذا به گوشت، کاهش رشد و درنهایت تلفات بیشتر می‌گردد؛ بنابراین تراکم به‌عنوان یک عامل استرس‌زای مزمن شناخته شده‌است (Trenzado *et al*., 2006; Rafatnezhad *et al*., 2008).

میزان رشد بدن ماهی، به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم فیزیولوژیکی، با روابط متقابل، برهم‌کنش‌های اجتماعی بین ماهیان و تراکم مرتبط است (Tawwab *et al*., 2005). مطالعات نشان دادند که میزان و سرعت رشد بدن ماهیان یک روند ثابت و پایداری را در طول مراحل مختلف زندگی ماهی ندارد و عوامل متعدد ازجمله پارامترهای محیطی و ژنتیکی روی رشد تأثیر دارند (Kaushik *et al*., 2004). ازآنجایی‌که امروزه توجه خاصی به سلامت ماهیان پرورشی می‌شود، تراکم به‌عنوان یک نگرانی عمومی موردتوجه قرار گرفته است، تا جایی که مطالعات بسیاری در زمینه‌ی اثرات تراکم بر رشد، تغذیه و رفتار در بسیاری از ماهیان ازجمله قزل‌آلا و آزادماهیان (Papoutsoglou *et al*., 1987; Brown *et al*., 1992)، باس دریایی (*Dicentrarchus labrax*) (Papoutsoglou *et al*., 1998)، کفشک‌ماهیان (*Paralichthys olivaceus*) (Duan *et al*., 2011)، تیلاپیا (*Oreochromis niloticus* L.) (Ridha, 2006)، گربه‌ماهیان (*Pangasius sutchi*) (Rahman *et al*., 2006)، کپورماهیان (Żarski *et al*., 2008) و ماهیان خاویاری (Rafatnezhad *et al*., 2008; Li *et al*., 2012) انجام شده است. اثر تراکم ذخیره‌سازی بر همه ماهی‌ها یکسان نیست، به نحوی‌که برخی از ماهی‌ها مانند کفشک ماهی (*Solea senegalensis*) (Andrade *et al*., 2015)، چار قطبی (*Salvelinus alpines*) (Jorgensen *et al*., 1993) و هالیبوت (*Hippoglossus hippoglossus*) (Bjornsson, 1994) نسبت به تراکم‌های بالا اثر مثبت و برخی دیگر

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.2.7.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.2.103]

مانند سیم سرطلایی (*Sparus auratus*) (Montero *et al.*, 1999) و باس دریایی (Gornati *et al.*, 2004) اثر منفی نشان دادند. تراکم ۸۷۲ قطعه در هکتار از استخرهای خاکی برای پرورش توأم بچه‌ماهی کپور سیاه با متوسط وزن ۹۲ گرم نتایج بهتری را نشان داد (صادقی‌نژاد ماسوله و همکاران، ۱۳۹۷).

انجام مطالعات تحقیقاتی نقش مهمی در ارتقای کمی و کیفی صنعت پرورش ماهی دارد (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۷). با توجه به اهمیت آگاهی از فناوری پرورش مصنوعی، لازم است تراکم مناسب پرورش و اثر آن روی بازماندگی و شاخص‌های رشد در ماهیان (ازجمله ماهی سفید) مشخص گردد تا در صورت امکان بتوان در فضای ثابت بیشترین ماهی را تولید و به مراکز پرورش ماهی معرفی نمود. بنابر موارد ذکرشده، این تحقیق با هدف تعیین تراکم بهینه بچه‌ماهی سفید در محیط مصنوعی صورت پذیرفته است تا تأثیر تراکم پرورش بر فراسنجه‌های رشد، آنالیز لاشه بچه ماهی سفید و پارامترهای فیزیکی-شیمیایی آب و همچنین معرفی تراکم مطلوب برای ایجاد شرایط بهینه پرورشی و سلامت این گونه بررسی شود، از اتلاف ماهی‌ها، وقت و هزینه جلوگیری گردد و ماهیان سالمی با شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیک مناسب پرورش داده شوند. بنابراین، تحقیق حاضر می‌تواند با تعیین تراکم مناسب ذخیره‌سازی به منظور دستیابی به حداکثر رشد، در جهت افزایش سطح کیفی پرورش این گونه مؤثر باشد.

مواد و روش‌ها

ابتدا تعداد ۳۰۰ قطعه بچه‌ماهی سفید دریای خزر (*R. frisii*) با میانگین وزن ۲ گرم از مرکز تکثیر و پرورش ماهی شهید رجایی ساری تهیه و به‌وسیله وانت حمل ماهی زنده به سالن آکواریوم واقع در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری منتقل شد. بچه‌ماهیان در آب با دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ماه عادت داده شدند و سپس در ۱۵ آکواریوم ۱۰۰ لیتری (با آبگیری ۶۰ لیتر) مجهز به سنگ هوا و بخاری قرار گرفتند. بچه‌ماهیان در پنج تیمار هر یک با سه تکرار با تراکم‌های ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ قطعه در هر آکواریوم توزیع شدند. این تراکم‌ها با توجه به پژوهش ولی‌پور و مقصودیه کهن (۱۳۹۷) روی بچه‌ماهیان سفید (حدود ۵۰ گرمی) با دو تراکم ۲۶ و ۴۰ عدد در متر مکعب (در حوضچه‌های بتونی) بدون بررسی کیفی آب و شرایط ایمنی ماهی تعیین شدند تا سطوح تراکم بیشتری روی بچه‌ماهیان ۲ گرمی با توجه به وضعیت کیفیت آب وشرایط ایمنی ماهی در تراکم‌های مختلف بررسی شوند. آب هر آکواریوم هر ۷ روز یک‌بار به‌اندازه ۵۰٪ تعویض و مواد دفعی هر آکواریوم به‌طور روزانه سیفون گردید. در طی دوره رشد، اکسیژن محلول آب، پی‌اچ، آمونیاک و نیترات به‌صورت هر ۳ روز یک‌بار اندازه‌گیری شدند (دستگاه HACH، ساخت امریکا). کدورت نیز طی ۵ روز متوالی پس از تعویض آب اندازه‌گیری شد (دستگاه Aqualytic، ساخت تایلند). در اول و آخر دوره، زیست‌سنجی بچه‌ماهیان با اندازه‌گیری وزن (با دقت ۰/۱ گرم) از طریق بی‌هوش کردن بچه ماهیان با پودر گل میخک با دوز ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر (فلاحتکار و همکاران، ۱۳۸۵) صورت گرفت. همچنین بچه‌ماهی‌ها با استفاده از خوراک دست‌ساز در جدول ۱ (محمودی و همکاران ۱۳۹۲) و میزان غذای روزانه (۸٪ وزن بدن) در حد سیری در ۴ نوبت (ساعات ۸، ۱۱، ۱۴، ۱۷) به مدت ۵۶

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.2.7.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.2.103]

روز (بحرکاظمی ۱۳۹۵) در تیمارهای تراکم به شرح زیر خوراک‌دهی شدند:

تیمار ۱: ۸۳ قطعه در هر مترمکعب یا ۵ قطعه در ۶۰ لیتر آب

تیمار ۲: ۱۶۶ قطعه در هر مترمکعب یا ۱۰ قطعه در ۶۰ لیتر آب

تیمار ۳: ۲۵۰ قطعه در هر مترمکعب یا ۱۵ قطعه در ۶۰ لیتر آب

تیمار ۴: ۳۳۳ قطعه در هر مترمکعب یا ۲۰ قطعه در ۶۰ لیتر آب

تیمار ۵: ۴۱۶ قطعه در هر مترمکعب یا ۲۵ قطعه در ۶۰ لیتر آب

جدول ۱: اجزای غذایی و ترکیب جیره دستی بچه‌ماهیان سفید طی دوره پرورش

ترکیبات جیره	(درصد)
پودر ماهی	۲۷
آرد سویا	۱۸
آرد گندم	۱۶
آرد ذرت	۱۷
ژلاتین ۱	۲/۰۴
روغتن آفتابگردان	۵
مکمل ویتامینه ۲	۲
مکمل معدنی ۳	۲
ویتامین C^4	/۲
دی کلسیم فسفات ۵	۰/۵
فیلر (ماسه)	۱۰/۲۶
پروتئین	۳۵
چربی	۱۴

۱ ژلاتین آریا، مشهد، ایران

۲ شرکت لابراتوارهای سیانس (قزوین، ایران). هر ۱۰۰۰ گرم پرمیکس ویتامینه حاوی ۱۶۰۰۰۰۰ IU ویتامین A، ۴۰۰۰۰۰ IU ویتامین D3، ۳۰ گرم ویتامین E، ۱۰ گرم تیامین، ۸ گرم ریبوفلاوین، ۴۰ گرم پیریدوکسین، ۲ گرم اسید-فولیک، ۰/۰۱ گرم سسیانوکوبالامین، ۱۰۰ گرم ویتامین C، ۱۰ گرم ویتامین K3، ۱۰ گرم بیوتین، ۲۰ گرم BHT و ۱۰۰ گرم ویتامین اینوزینول می‌باشد.

۳ شرکت لابراتوارهای سیانس (قزوین، ایران). هر ۱۰۰۰ گرم پرمیکس معدنی حاوی ۲۰ گرم آهن، ۶۰ گرم روی، ۴۰۰ میلی‌گرم سلنیوم، ۲۰۰ میلی‌گرم کبالت، ۲ گرم مس، ۴۰ گرم منگنز و ۴۰۰ میلی‌گرمی می‌باشد.

۴ شرکت لابراتوارهای سیانس (قزوین، ایران)

۵ شرکت ارس تابان، مازندران، ایران

محاسبه شاخص‌های رشد ماهیان

شاخص‌های رشد بچه‌ماهیان در ابتدا و انتهای آزمایش با روابط زیر سنجیده شد.

- افزایش وزن بدن: Body weight (Tacon, 1990) increase (BWI) = Wt2 – Wt1

Wt1: گرم وزن اولیه ماهی؛ Wt2: گرم وزن نهایی ماهی

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.2.7.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.2.103]

- نرخ رشد ویژه (درصد در روز):

Specific growth rate (SGR) (% /day) = [(LnWt2 – LnWt1) / t2- t1] ×100 (Hevroy *et al.*, 2005)

LnWt1: لگاریتم طبیعی وزن اولیه ماهی، LnWt2: لگاریتم طبیعی نهایی ماهی، و t2- t1: طول دوره آزمایش

- رشد روزانه (گرم در روز):

Growth rate (GR) (g/day) = [Wt2 – Wt1 / (t2- t1) (De Silva and Anderson, 1995)

Wt1: گرم وزن اولیه ماهی، Wt2: گرم وزن نهایی ماهی، و t2- t1: طول دوره آزمایش

Feed conversion ratio (FCR) = F/WG (Hevroy

- ضریب تبدیل غذایی: (2005 ,*et al.*

WG: افزایش وزن و F: مقدار غذای داده‌شده

- غذای خورده شده روزانه (درصد در روز): (Hevroy *et al.*, 2005)

Feed intake (%/day) = 100 × I / [(Wt2 + Wt1)/2× (t2- t1)] × 100 I کل غذای خورده شده برحسب گرم، Wt1 گرم وزن اولیه ماهی، Wt2 گرم وزن نهایی ماهی، و t2- t1 طول دوره آزمایش

Survival rate = (Nt – N0) ×100 (Ai *et al.*, 2006)

- درصد بقاء:

- فاکتور وضعیت (K) : (Hevroy *et al.*, 2005) وزن نهایی در انتهای پرورش/ (طول نهایی در انتهای پرورش) ^{3} × ۱۰۰

آنالیز لاشه

برای نمونه‌برداری از لاشه، ماهیان ۲۴ ساعت قبل از کشتار مورد تغذیه قرار نگرفتند. از هر تکرار، ۳ قطعه ماهی (هر تیمار ۹ ماهی) به‌صورت تصادفی نمونه‌برداری و آنالیز ترکیبات لاشه و جیره به روش AOAC (۱۹۹۵) انجام شد. پس از خارج کردن دستگاه گوارش ماهیان، پوست و لاشه از هم جدا شد و پس از خرد کردن و همگن‌سازی برای اندازه‌گیری عناصر معدنی (کلسیم، منیزیم و سدیم) مورد استفاده قرار گرفت تا اثر تراکم بر روی جذب عناصر از آب بررسی شود با فرض اینکه میزان جذب عناصردر پوست و لاشه ماهیان در تراکم‌های مختلف پرورش از هم متفاوت است. مقداری از لاشه در پلیت‌های شیشه‌ای قرار داده شد، در آون با دمای ۱۰۵ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک گردید و برای گرفتن خاکستر، از نمونه‌های خشک‌شده استفاده شد. این نمونه‌ها در بوته چینی قرار گرفتند و به مدت ۸ ساعت در کوره الکتریکی در دمای ۵۴۶ درجهٔ سانتی‌گراد حرارت داده شدند. پروتئین با استفاده از روش کلدال و چربی به روش سوکسله با استفاده از حلال اندازه‌گیری گردید. کلسیم و سدیم با استفاده از جذب فتومتری با دستگاه فلیم اتمی برآورد شدند (AOAC, ۱۹۹۵). تجزیه و تحلیل داده‌ها در نرم‌افزار SPSS (Inc، Chicago ، Il ، USA)ویرایش ۱۷ با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه (One-way ANOVA) و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ صورت گرفت.

نتایج

تأثیر تراکم بر فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب

میزان کدورت آب در تراکم‌های مختلف طی ۵ روز متوالی اندازه‌گیری گردید (جدول ۲). میزان کدورت آب در هر تراکم بین روزهای مختلف اختلاف معنی‌داری در طی ۵ روز نداشت (p>۰/۰۵)، اما با افزایش تراکم، کدورت بالا رفت و بیشترین کدورت آب در تراکم ۲۵ ماهی مشاهده شد (p<۰/۰۵؛ جدول ۲).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.2.7.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.2.103]

جدول ۲: بررسی میزان کدورت آب (FAU) در تراکم‌های مختلف پرورش بچه ماهی سفید (*Rutilus frisii*)

روز	تراکم (تعداد ماهی در حجم آب)				
	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵
اول	۳/۵±۰/۷^{Aa}	۳/۶±۱/۱^{Aa}	۶/۰±۱/۰^{ABa}	۷/۳±۲/۵^{ABa}	۱۱/۰±۶/۰^{Ba}
دوم	۳/۰±۱/۷^{Aa}	۴/۶±۰/۵^{ABa}	۷/۳±۱/۵^{ABa}	۸/۶±۳/۷^{BCa}	۱۳/۰±۳/۶^{Ca}
سوم	۲/۶±۰/۵^{Aa}	۶/۶±۱/۵^{ABa}	۱۰/۰±۲/۶^{BCa}	۱۲/۰±۵/۰^{BCa}	۱۴/۶±۵/۵^{Ca}
چهارم	۲/۰±۱/۴^{Aa}	۶/۶±۱/۵^{ABa}	۱۰/۰±۳/۶^{Ba}	۱۲/۳±۳/۰^{BCa}	۱۷/۰±۴/۰^{Ca}
پنجم	۳/۳±۰/۵^{Aa}	۶/۰±۳/۶^{Aa}	۸/۰±۳/۰^{Aa}	۹/۳±۱/۵^{Aa}	۱۶/۶±۶/۸^{Ba}

حروف کوچک و بزرگ به ترتیب معنی‌داری در ستون و سطر را نشان می‌دهند.

جدول ۳ نشان می‌دهد که با افزایش تراکم میزان آمونیاک افزایش یافت ($p<۰/۰۵$). همچنین با گذشت زمان، میزان آمونیاک افزایش معنی‌داری نشان داد ($p<۰/۰۵$). بالاترین میزان آمونیاک در شش روز پس از تعویض آب و تیمار با تراکم ۲۵ ماهی بود ($p<۰/۰۵$).

جدول ۳: بررسی میزان آمونیاک آب در تراکم‌های مختلف پرورش بچه ماهی سفید (*Rutilus frisii*) در روزهای پس از تعویض آب

تراکم	روز					
	۱	۲	۳	۴	۵	۶
۵	۰/۰۱۱۱±۰/۰^{Aa}	۰/۰۲۱۶±۰/۰^{Ba}	۰/۰۲۸۴±۰/۰^{Ca}	۰/۰۳۴۳±۰/۰^{Da}	۰/۰۳۹۷±۰/۰^{Ea}	۰/۰۴۱۱±۰/۰^{Fa}
۱۰	۰/۰۱۶۷±۰/۰^{Ab}	۰/۰۲۴۸±۰/۰^{Bb}	۰/۰۳۴۳±۰/۰^{Cb}	۰/۰۴۱۴±۰/۰^{Db}	۰/۰۴۶۵±۰/۰^{Eb}	۰/۰۴۸۷±۰/۰^{Fb}
۱۵	۰/۰۱۷±۰/۰^{Ab}	۰/۰۲۶۵±۰/۰^{Bc}	۰/۰۳۸۹±۰/۰^{Cc}	۰/۰۴۷۹±۰/۰^{Dc}	۰/۰۵۲۲±۰/۰^{Ec}	۰/۰۵۴۶±۰/۰^{Fc}
۲۰	۰/۰۱۸۱±۰/۰^{Ac}	۰/۰۲۸۹±۰/۰^{Bd}	۰/۰۴۱۴±۰/۰^{Cd}	۰/۰۴۸۷±۰/۰^{Dc}	۰/۰۵۵۴±۰/۰^{Ed}	۰/۰۵۸۷±۰/۰^{Fd}
۲۵	۰/۰۱۸۹±۰/۰^{Ad}	۰/۰۳۷۱±۰/۰^{Be}	۰/۰۴۹۵±۰/۰^{Ce}	۰/۰۵۸۷±۰/۰^{Dd}	۰/۰۶۴۴±۰/۰^{Ee}	۰/۰۶۶۸±۰/۰^{Fe}

حروف کوچک و بزرگ به ترتیب معنی‌داری در ستون و سطر را نشان می‌دهند.

جدول ۴ نشان می‌دهد که با افزایش تراکم، میزان نیترات موجود در آب افزایش یافت ($p<۰/۰۵$). البته در روز اول و روز دوم پس از تعویض آب اختلاف معنی‌داری بین تراکم ۲۰ و ۲۵ تایی مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). به‌طورکلی، میزان نیترات با گذشت زمان افزایش یافت و حداکثر میزان نیترات آب شش روز پس از تعویض آب و در تراکم ۲۵ ماهی مشاهده گردید ($p<۰/۰۵$).

جدول ۵ نشان می‌دهد که افزایش تراکم تأثیر معنی‌داری بر مقادیر کلسیم، سدیم و قلیائیت آب نداشت ($p>۰/۰۵$). میزان منیزیم موجود در آب با افزایش تراکم کاهش معنی‌داری یافت ($p<۰/۰۵$). کمترین میزان سختی در تیمارهای با تراکم ۲۰ و ۲۵ ماهی مشاهده شد و اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای ۵، ۱۰ و ۱۵ تایی وجود نداشت ($p>۰/۰۵$).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.2.7.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.2.103]

جدول ۴: بررسی میزان نیترات آب در تراکم‌های مختلف پرورش بچه ماهی سفید (*Rutilus frisii*) در روزهای پس از تعویض آب

تراکم	روز					
	۱	۲	۳	۴	۵	۶
۵	۰/۰۰۰۴±۰/۰^{Aa}	۰/۰۰۰۴۱±۰/۰^{Ba}	۰/۰۰۰۴۳±۰/۰^{Ca}	۰/۰۰۰۴۹±۰/۰^{Da}	۰/۰۰۰۴۹±۰/۰^{Ea}	۰/۰۰۰۵۳±۰/۰^{Fa}
۱۰	۰/۰۰۰۴۳±۰/۰^{Ab}	۰/۰۰۰۴۳±۰/۰^{ABb}	۰/۰۰۰۴۵±۰/۰^{Ba}	۰/۰۰۰۴۶±۰/۰^{Ca}	۰/۰۰۰۵۰±۰/۰^{Da}	۰/۰۰۰۵۶±۰/۰^{Eb}
۱۵	۰/۰۰۰۴۶±۰/۰^{Ac}	۰/۰۰۰۴۶±۰/۰^{Ac}	۰/۰۰۰۴۸±۰/۰^{Bb}	۰/۰۰۰۵±۰/۰^{Cb}	۰/۰۰۰۵۵±۰/۰^{Db}	۰/۰۰۰۵۹±۰/۰^{Ec}
۲۰	۰/۰۰۰۴۹±۰/۰^{Ad}	۰/۰۰۰۵۶±۰/۰^{Bd}	۰/۰۰۰۶±۰/۰^{Cc}	۰/۰۰۰۶۸±۰/۰^{Dc}	۰/۰۰۰۷۳±۰/۰^{Ec}	۰/۰۰۰۷۸±۰/۰^{Fd}
۲۵	۰/۰۰۰۵±۰/۰^{Ad}	۰/۰۰۰۵۷±۰/۰^{Bd}	۰/۰۰۰۶۳±۰/۰^{Cd}	۰/۰۰۰۷±۰/۰^{Dd}	۰/۰۰۰۷۵±۰/۰^{Ed}	۰/۰۰۰۸۳±۰/۰^{Fe}

حروف کوچک و بزرگ به ترتیب معنی‌داری در ستون و سطر را نشان می‌دهند.

جدول ۵) مقادیر کلسیم، سدیم، منیزیم، سختی و قلیاییت آب در تراکم‌های مختلف پرورش بچه ماهی سفید(*Rutilus frisii*)

تراکم	کلسیم (mg/dl)	سدیم (mg/dl)	منیزیم (mg/dl)	سختی کل (mg/l $Caco_3$)	قلیاییت (mg/l $Caco_3$)
۵	۱۴۵/۹۳±۵/۶۸^{a}	۴۹/۶۲±۰/۸۱^{a}	۴۶۸/۰۶±۲/۸۵^{b}	۶۱۴/۰۰±۲/۸۲^{ab}	۲۵۶/۰۰±۰/۰۰^{a}
۱۰	۱۴۹/۹۵±۰/۰۰^{a}	۴۹/۵۹±۱/۱۹^{a}	۴۷۲/۰۴±۲/۸۲^{bc}	۶۲۲/۰۰±۲/۸۲^{b}	۲۵۶/۰۰±۰/۰۰^{a}
۱۵	۱۴۷/۰۸±۰/۸۱^{a}	۵۰/۰۷±۰/۵۹^{a}	۴۷۸/۹۱±۲/۰۱^{c}	۶۲۶/۰۰±۲/۸۲^{b}	۲۵۶/۰۰±۰/۰۰^{a}
۲۰	۱۴۹/۳۸±۰/۸۱^{a}	۵۰/۴۳±۰/۰۸^{a}	۴۵۲/۶۱±۷/۶۷^{a}	۶۰۲/۰۰±۸۴/۸^{a}	۲۵۸/۰۰±۲/۸۲^{a}
۲۵	۱۴۸/۸۰±۱/۶۲^{a}	۴۹/۹۸±۰/۱۲^{a}	۴۵۳/۱۹±۱/۲۰^{a}	۶۰۲/۰۰±۲/۸۲^{a}	۲۵۸/۰۰±۲/۸۲^{a}

حروف کوچک معنی‌داری را در ستون نشان می‌دهند.

جدول ۶: مقادیر دما، اکسیژن، پی اچ، هدایت الکتریکی و TDS آب در تراکم‌های مختلف پرورش بچه ماهی سفید

تراکم	دما (درجه سانتی گراد)	اکسیژن (میلی گرم در لیتر)	پی اچ	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	TDS (میلی گرم در لیتر)
۵	۲۲/۰۱±۰/۷۵^{a}	۶/۸۸±۰/۰۷^{a}	۸/۷۰±۰/۰۱^{c}	۶۰۲/۰۰±۰/۸۶^{a}	۳۰۲/۰۰±۱/۷۳^{a}
۱۰	۲۱/۷۵±۰/۵۶^{a}	۶/۸۳±۰/۲۴^{a}	۸/۷۰±۰/۰۰^{c}	۵۹۹/۰۰±۸/۰۹^{a}	۳۰۱/۰۰±۵/۱۹^{a}
۱۵	۲۱/۷۳±۰/۶۳^{a}	۶/۹۳±۰/۰۵^{a}	۸/۶۰±۰/۰۲^{bc}	۶۰۰/۰۰±۸/۰۲^{a}	۳۰۲/۰۰±۴/۱۶^{a}
۲۰	۲۱/۵۸±۰/۵۲^{a}	۶/۹۵±۰/۰۵^{a}	۸/۶۳±۰/۰۵^{ab}	۶۰۲/۳۰±۴/۶۴^{a}	۳۰۲/۰۰±۴/۰۴^{a}
۲۵	۲۱/۷۳±۰/۴۶^{a}	۶/۹۰±۰/۱۰^{a}	۸/۶۴±۰/۰۲^{a}	۶۰۷/۱۰±۵/۹۶^{a}	۳۰۶/۶۰±۲/۵۱^{a}

حروف کوچک معنی‌داری را در هر ستون نشان می‌دهند.

جدول ۶ نشان می‌دهد که افزایش تراکم تأثیر معنی‌داری بر مقادیر دما، اکسیژن، EC و TDS آب نداشت ($p>۰/۰۵$) اما در تیمار با تراکم ۲۵ ماهی موجب کاهش pH گردید ($p<۰/۰۵$) که با تیمار ۲۰ ماهی اختلاف معنی‌داری نداشت ($p>۰/۰۵$).

تأثیر تراکم بر آنالیز لاشه

نتایج بررسی تأثیر تراکم‌های مختلف پرورش بر آنالیز لاشه ماهیان (جدول ۷) بیانگر عدم اختلافات

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.2.7.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.2.103]

معنی‌دار ازنظر مقادیر وزن خشک، رطوبت لاشه و خاکستر بین تیمارهای مختلف است ($p>۰/۰۵$). تراکم در میزان پروتئین لاشه اختلاف معنی‌داری را ایجاد کرد ($p<۰/۰۵$)و تیمارهای با تراکم ۵ و ۲۵ ماهی به ترتیب حاوی کمترین و بیشترین مقادیر پروتئین لاشه بودند ($p<۰/۰۵$). میزان چربی لاشه نیز در تیمار با تراکم ۵ ماهی بیشتر از سایر تیمارها بود ($p<۰/۰۵$)که فقط با تیمار با تراکم ۱۵ ماهی اختلاف معنی‌داری نداشت ($p>۰/۰۵$) و بین بقیه تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید ($p>۰/۰۵$).

جدول ۷: آنالیز لاشه (رطوبت، ماده خشک، چربی، پروتئین و خاکستر) در تراکم‌های مختلف پرورش بچه ماهی سفید (*Rutilus frisii*)

تراکم	وزن خشک (درصد)	وزن مرطوب (درصد)	پروتئین (درصد)	چربی (درصد)	خاکستر (درصد)
۵	۳۵/۵۷±۰/۱۳^{a}	۶۴/۴۲±۰/۱۳^{a}	۴۰/۶۰±۰/۴۹^{a}	۴۹/۱۹±۰/۰۸^{b}	۷/۵۵±۰/۰۰^{a}
۱۰	۳۴/۷۲±۰/۲۵^{a}	۶۵/۲۷±۰/۲۵^{a}	۴۳/۲۲±۰/۲۴^{cd}	۴۵/۲۶±۲/۳۹^{a}	۷/۵۳±۰/۱۴^{a}
۱۵	۳۴/۴۴±۰/۲۱^{a}	۶۵/۵۵±۰/۲۱^{a}	۴۱/۱۲±۰/۷۴^{ab}	۴۷/۰۸±۱/۲۲^{ab}	۷/۶۰±۰/۳۳^{a}
۲۰	۳۴/۴۲±۰/۸۰^{a}	۶۵/۵۷±۰/۸۰^{a}	۴۲/۳۵±۰/۴۹^{bc}	۴۴/۹۵±۰/۷۵^{a}	۷/۳۵±۰/۵۲^{a}
۲۵	۳۵/۰۶±۱/۳۵^{a}	۴۶/۹۴±۱/۳۵^{a}	۴۴/۲۷±۰/۷۴^{d}	۴۵/۱۲±۱/۶۹^{a}	۷/۷۹±۰/۰۵^{a}

حروف کوچک معنی‌داری را در ستون نشان می‌دهند.

نتایج آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه برای اثر میزان تراکم بر عناصر معدنی لاشه (جدول ۸) نشان داد که تراکم تأثیر معنی‌داری بر مقادیر سدیم و کلسیم پوست و فیله نداشت ($p>۰/۰۵$). میزان کلسیم پوست بیشتر از کلسیم فیله در تیمار با تراکم ۵ ماهی بود ($p<۰/۰۵$) ولی در بقیه تراکم‌ها اختلاف معنی‌داری بین مقادیر کلسیم در پوست و فیله مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). ماهیان در تراکم‌های ۵ و ۲۰ حاوی میزان سدیم پوست بیشتری از سدیم فیله بودند ($p<۰/۰۵$) ولی در بقیه تراکم‌ها اختلافات معنی‌داری بین مقادیر سدیم در پوست و فیله وجود نداشت ($p>۰/۰۵$).

جدول ۸ :آنالیز لاشه (عناصر معدنی سدیم و کلسیم در پوست و فیله) در تراکم‌های مختلف پرورش بچه‌ماهی سفید (*Rutilus frisii*)

تراکم	سدیم پوست (درصد)	سدیم فیله (درصد)	کلسیم پوست (درصد)	کلسیم فیله (درصد)
۵	۵/۹۹±۰/۰۰۹^{Ba}	۴/۲۹±۰/۰۴^{Aa}	۳۰/۹۱±۰/۵۸^{Ba}	۲۳/۴۷±۱/۸۵^{Aa}
۱۰	۶/۶۱±۰/۷۷^{Aa}	۴/۰۸±۱/۲۴^{Aa}	۲۵/۲۱±۲/۰۰^{Aa}	۲۴/۷۸±۵/۵۵^{Aa}
۱۵	۵/۴۹±۰/۸۳^{Aa}	۳/۹۳±۰/۷۵^{Aa}	۲۵/۲۱±۴/۲۱^{Aa}	۲۵/۶۵±۰/۷۵^{Aa}
۲۰	۵/۹۴±۰/۱۰^{Ba}	۳/۶۹±۰/۸۹^{Aa}	۲۷/۴۰±۳/۴۶^{Aa}	۲۳/۴۷±۱/۳۱^{Aa}
۲۵	۵/۲۰±۱/۴۶^{Aa}	۴/۲۰±۰/۳۶^{Aa}	۲۶/۹۶±۳/۲۹^{Aa}	۲۲/۵۹±۲/۰۵^{Aa}

تأثیر تراکم بر فاکتورهای رشد

در کلیه شاخص‌های رشد بچه‌ماهی سفید (وزن نهایی، افزایش وزن بدن، نرخ رشد روزانه، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی، فاکتور وضعیت و درصد بازماندگی) اختلافات معنی‌داری بین تیمارها طی دوره ۵۶ روزه پرورش مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). میزان افزایش وزن بدن، نرخ رشد روزانه، نرخ رشد ویژه و غذای

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.2.7.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.2.103]

خورده‌شده روزانه در تراکم ۵ ماهی بیشتر از سایر تیمارها بود (P <۰/۰۵) و با افزایش تراکم، میزان این پارامترهای رشد کاهش یافت که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای با تراکم ۱۰ تا ۲۵ ماهی مشاهده نشد (p>۰/۰۵). کمترین میزان ضریب تبدیل نیز در تیمار با تراکم ۵ ماهی وجود داشت (p<۰/۰۵) که با تیمار با تراکم ۱۰ ماهی اختلاف معنی‌داری نداشت (p>۰/۰۵). بالاترین ضریب چاقی یا فاکتور وضعیت در تیمار با تراکم ۱۵ ماهی (p<۰/۰۵) و کمترین میزان آن نیز در تیمار با تراکم ۵ ماهی مشاهده شد (p<۰/۰۵). همچنین درصد بقای بچه‌ماهیان سفید در تراکم‌های مختلف ۱۰۰ درصد بود و هیچ‌گونه تلفاتی طی دوره به ثبت نرسید (p<۰/۰۵؛ جدول ۹).

جدول ۹: شاخص‌های رشد در تراکم‌های مختلف پرورش بچه‌ماهی سفید (*Rutilus frisii*)

تراکم	وزن نهایی (گرم)	افزایش وزن بدن (گرم)	نرخ رشد ویژه (٪ در روز)	نرخ رشد روزانه (گرم در روز)	ضریب تبدیل غذایی	فاکتور وضعیت	غذای خورده شده روزانه (٪ در روز)	بازماندگی (درصد)
۵	۴/۲۴±۰/۵۴^{b}	۲/۱۹±۰/۴۱^{b}	۱/۲۹±۰/۱۳^{b}	۰/۰۳۹±۰/۰۰^{b}	۰/۹۰۲±۰/۱۳^{a}	۰/۸۱±۰/۱۰^{a}	۰/۸۰±۰/۰۶۲^{a}	۱۰۰±۰/۰۰^{a}
۱۰	۳/۸۱±۰/۱۹^{ab}	۱/۶۱±۰/۱۶^{a}	۰/۹۸±۰/۰۶^{a}	۰/۰۲۸±۰/۰۰^{a}	۱/۰۴±۰/۱۰^{ab}	۰/۹۶±۰/۱۳^{b}	۱/۱۵±۰/۰۵^{b}	۱۰۰±۰/۰۰^{a}
۱۵	۳/۵۹±۰/۲۵^{a}	۱/۵۴±۰/۲۲^{a}	۱/۰۰±۰/۰۹^{a}	۰/۰۲۷±۰/۰۰^{a}	۱/۱۹±۰/۰۷^{b}	۱/۰۷±۰/۱۵^{c}	۱/۲۶±۰/۰۶^{b}	۱۰۰±۰/۰۰^{a}
۲۰	۳/۴۰±۰/۲۴^{a}	۱/۴۴±۰/۱۳^{a}	۰/۹۸±۰/۰۳^{a}	۰/۰۲۵±۰/۰۰^{a}	۱/۱۷±۰/۰۸^{b}	۰/۹۷±۰/۰۱۴^{b}	۱/۲۴±۰/۰۲^{b}	۱۰۰±۰/۰۰^{a}
۲۵	۳/۵۷±۰/۰۸^{a}	۱/۵۹±۰/۰۷^{a}	۱/۰۵±۰/۰۳^{a}	۰/۰۲۸±۰/۰۰^{a}	۱/۱۹±۰/۱۱^{b}	۰/۹۲±۰/۱۴^{b}	۱/۲۳±۰/۰۰^{b}	۱۰۰±۰/۰۰^{a}

بحث

ماهی سفید جزو ماهیانی است که تکثیر و بازسازی ذخایر آن در کشور به‌منظور حفظ نسل این ماهیان صورت می‌گیرد. یکی از مراکز تکثیر و بازسازی ذخایر این ماهی در استان گلستان مرکز تکثیر و پرورش ماهیان استخوانی مرکز سیجوال در بندر ترکمن استان گلستان است. بر اساس اطلاعات حاصل از این مرکز (محمدنژاد شموشکی و همکاران، ۱۳۹۱) میزان تراکم ذخیره‌سازی بچه‌ماهیان سفید در این مرکز برابر ۷۰۰ هزار تا یک‌میلیون قطعه بچه‌ماهی در هر هکتار است و بچه‌ماهیان در یک دوره تقریباً دوماهه به وزن تقریبی یک گرم که وزن مناسب برای رهاسازی به دریا است، می‌رسند. در بررسی حاضر مشخص گردید که با تراکم ۱۶۶ قطعه در هر مترمکعب، بچه‌ماهیان ۲ گرمی در یک دوره دوماهه به بالای ۳/۵ گرم می‌رسند.

تراکم ذخیره‌سازی یک عامل مهم در آبزی‌پروری محسوب می‌شود زیرا به‌طور مستقیم بر سلامت ماهیان و همچنین میزان تولید و بازده اقتصادی مؤثر است. افزایش تراکم در مزارع پرورش ماهی راهی برای استفاده از حداکثر فضا به‌منظور تولید بیشترین میزان ماهی و همچنین غلبه بر مشکل کمبود زمین است (North *et al.*, 2006). مطالعات متعددی اثر تراکم ذخیره‌سازی را به عنوان مهم‌ترین عامل بر رشد، رفتار، سیستم ایمنی، متابولیسم و شاخص‌های بیوشیمیایی ماهیان مختلف در شرایط پرورشی نشان داده‌اند

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.2.7.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.2.103]

Vargas-Chacoff *et al.*, 2014; Ardiansyah and Fotedar, 2016; Liu *et al.*, 2016; Calabrese *et al.*, 2017). نرخ بازماندگی، معیارهای رشد و فاکتورهای شیمیایی آب تحت تأثیر تراکم ماهیان پرورشی قرار دارند. به‌علاوه، از آنجا که تراکم بهینه در استخرهای پرورش با توجه به سن، اندازه و عوامل خارجی نظیر میزان تعویض آب، درجه حرارت و نرخ غذادهی از گونه‌ای به گونه دیگر متفاوت است، این تراکم باید در پرورش هر ماهی به‌صورت جداگانه تعریف شود (Wang *et al.*, 2000; Boujard *et al.*, 2002).

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق، اختلاف معنی‌دار آماری از نظر تأثیر تراکم ماهی بر روی افزایش طول و وزن بدن بچه‌ماهیان سفید بین تراکم‌های مختلف وجود داشت به‌طوری‌که میزان رشد ماهی در تراکم‌های پایین بیشتر از تراکم‌های بالا بود. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تراکم ۱۶۶ قطعه در هر مترمکعب سبب ایجاد تأثیرات مثبتی بر عملکرد رشد بچه‌ماهیان سفید در مقایسه با سایر تیمارها گردید. در تحقیق ایمانپور و همکاران (۱۳۸۸) در مورد تأثیر تراکم‌های مختلف روی بازماندگی و شاخص‌های رشد ماهی کپور پرورشی (*Cyprinus carpio*) مشاهده شد که با افزایش تراکم میزان رشد کاهش یافت، که با نتایج حاصل از این پژوهش همخوانی دارد. Trenzado و همکاران (۲۰۰۶) با بررسی روی قزل‌آلای رنگین‌کمان نیز به همین نتیجه دست یافتند زیرا یکی از اثرات افزایش تراکم جلوگیری از رشد است (Rowland *et al.*, 2006). Papoutsoglou و همکاران (۱۹۸۷) دلیل آن را به کاهش مصرف غذا و افزایش تقاضای انرژی نسبت دادند. این نتایج با یافته‌های محسنی و همکاران (۱۳۸۵) روی بچه فیل‌ماهی همخوانی دارد. تأثیر منفی تراکم بر عملکرد رشد عمدتاً به دلیل بروز استرس ناشی از آن در ماهی و درنتیجه کاهش تغذیه و نرخ رشد است (Samad *et al.*, 2014). افزایش تراکم پرورش بچه‌ماهیان سفید منجر به افزایش میزان ضریب تبدیل غذایی و کاهش pH آب گردید و درنتیجه باعث کاهش وزن نهایی ماهیان شد، که این مسئله ازلحاظ اقتصادی هم مقرون به صرفه نیست، چون با افزایش ضریب تبدیل غذایی میزان هزینه غذا و درنتیجه با کاهش وزن طول دوره پرورش بالا می‌روند و ضرر اقتصادی به پرورش‌دهندگان را در پی دارند. درتیمار ۱ افزایش چشمگیر وزن ناشی از ذخیره بیش از حد چربی در مقایسه با سایر تیمارها و حدود ۱۰٪ بیشتر از تیمار ۲ است. لذا با توجه به اینکه افزایش پروتئین می‌تواند شاخص رشد در ماهی باشد لذا تراکم تیمار ۲ با داشتن رشد بالا به همراه نسبت پروتئین بالاتر به نظر می‌رسد برای پرورش ماهی سفید مناسب باشد. البته به نظر می‌آید وضعیت ایمنی هم در تیمار ۱ و ۲ اختلاف معنی‌داری نداشت.

نتایج مطالعات مختلف بیان می‌دارد که اثر افزایش تراکم و اثرات مثبت و منفی آن بر عملکرد زیستی ماهیان متفاوت است (Braun *et al.*, 2010). رقابت برای غذا عاملی محدودکننده و مهم در رشد ماهیان است و رفتارهای رقابتی و تجمعی ماهیان در شرایط کمبود غذا افزایش می‌یابند (Boujard *et al.*, 2002). رشد در گونه‌های پرورش‌یافته به‌طور وسیعی تحت تأثیر افزایش یا کاهش تراکم ذخیره‌سازی قرار داشت (Hosfeld *et al.*, 2009). افزایش یا کاهش فعالیت به‌منظور اکتساب غذا به‌عنوان مؤلفه‌هایی در ارتباط با استرس ناشی از تراکم در نظر گرفته می‌شوند و ماهیان

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.2.7.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.2.103]

به‌منظور دریافت غذا و فضای مورد نیاز خود، رفتار پرخاشگرایانه یا انزواطلبانه از خود نشان می‌دهند (Boujard *et al.*, 2002). میزان دستیابی به غذا در تراکم بالا نسبت به تراکم پایین کاهش می‌یابد [41] و حال آنکه هزینه انرژی در جهت به‌دست آوردن آن بالا می‌رود (Marchand and Boisclair, 1998). همه موارد فوق با نتایج حاصل از این تحقیق همخوانی دارند و افزایش تراکم ذخیره‌سازی در بچه‌ماهی سفید باعث کاهش رشد گردید ولی بر میزان بازماندگی بچه‌ماهیان تأثیر معنی‌داری نداشت. همچنین باید این نکته را در نظر گرفت که تراکم‌های بسیار پایین اثر منفی بر روی رشد برخی از گونه‌ها از قبیل ماهی چار قطب شمال (*Salvelinus alpinus*) (Jorgensen *et al.*, 1993) و ماهی باس دریایی (*Dicenterarchus labrax*) (Papoutsoglou *et al.*, 1998) داشت که با تحقیق حاضر مطابقت ندارند. نتایج بررسی حاضر نشان می‌دهد که افزایش و کاهش تراکم اثرات نامناسبی بر رشد ماهی سفید می‌گذارد و افزایش تراکم دارای اثرات منفی بیشتری بر رشد بچه‌ماهیان سفید است که یکی از دلایل اصلی استرس و کاهش کیفیت آب در اثر افزایش تراکم به شمار می‌رود. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که بیشترین میزان پروتئین در تیمار ۵ با تراکم ۴۱۶ قطعه در هر متر مکعب مشاهده شد. در این تیمار پروتئین لاشه افزایش و در عوض چربی آن کاهش یافت (جدول۷). تعیین تراکم مناسب فقط به افزایش وزن بدن ماهی وابسته نیست بلکه به سایر عوامل از جمله اثر تراکم بر ترکیب بدن، ایمنی بدن و ... بستگی دارد. لذا تراکم مناسب پرورش برای ماهی سفید ۲ گرمی با توجه به افزایش وزن بدن بهمراه ترکیب مناسب پروتئین به تعداد ۱۶۶ قطعه در متر مکعب است.

ترکیبات نیتروژن محلول در آب مانند آمونیاک و یون‌های آمونیوم، نیتریت و نیترات، از مهمترین عوامل شیمیایی موثر بر کیفیت آب مخازن پرورش ماهیان هستند. افزایش غلظت این ترکیبات در آب می‌تواند تاثیرات نامطلوبی را بر سلامت و میزان رشد و نمو ماهیان تحمیل نماید (Mylonas et al., 2010). هر چه یون نیترات در آب مخازن ماهی‌ها بالاتر رود، میزان رشد و وزن بچه‌ماهیان کاهش یافته و در غلظت‌های بالا باعث مرگ و میر ماهی‌ها می‌شود، ولی در ماهیان آب شیرین تاثیر بسیار کمی دارد، زیرا هر چه شوری افزایش یابد یون نیترات مسمومیت بیشتری دارد (Shuman et al., 2004). غلظت یون نیتریت بستگی به مقدار اکسیژن آب دارد و وقتی که غلظت اکسیژن محلول در آب مناسب باشد، نیتریت در حدی خواهد بود که تهدیدی برای ماهیان به شمار نمی‌آید. وقتی اکسیژن محلول شروع به کاهش می‌کند در این صورت فرآیند تبدیل نیترات به نیتریت شروع شده و میزان نیتریت بالا می‌رود، افزایش نیتریت از یک حد معین می‌تواند موجب سمی شدن و حتی مرگ ماهیان گردد (Dima *et al.*, 2009).

آلودگی می‌تواند بر روی آبشش ماهیان جوان آثار تخریبی داشته باشد (Luther King, 2009) اما کدورت ناشی از مواد مغذی و پلانکتونی تنها دید ماهی را در گرفتن غذا کاهش می‌دهد (Bruton, 1985). در مطالعه حاضر فقط در بالاترین تراکم میزان کدورت افزایش یافت. یکی از منابع مهم غذایی در داخل استخرهای پرورشی خاکی غذاهای طبیعی موجود در استخر هستند که علاوه بر غذای دستی مورد استفاده بچه‌ماهیان قرار می‌گیرند. ازآنجاکه تحقیق جاری به صورت آزمایشگاهی و فقط با غذای دستی صورت گرفت، در

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.2.7.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.2.103]

صورت محاسبه و در نظر گرفتن غذاهای طبیعی در داخل استخرهای پرورشی، میزان رشد ماهیان نیز بیشتر خواهد شد. لذا با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق و به‌منظور کاهش هزینه‌های جاری پرورش، تراکم ۱۰ قطعه بچه‌ماهی سفید در ۶۰ لیتر آب یا ۱۶۶ قطعه به‌منظور ذخیره‌سازی در یک مترمکعب استخر بتنی پیشنهاد می‌گردد.

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از آقایان دکتر خسرو جانی خلیلی و مهندس علی‌اکبر عبادی که همکاری ارزشمندی برای انجام این پژوهش داشتند، قدردانی نمایند.

منابع

۱. ایمانپور، م.ر.، احمدی، ا.ر.، کردجزی، م.، ۱۳۸۸. اثر تراکم‌های مختلف ذخیره‌سازی روی بازماندگی و شاخص‌های رشد ماهی کپور پرورشی (*Cyprinus carpio*). مجله علمی شیلات ایران، ۳(۱۸)، ۱۰-۱.

۲. بحرکاظمی، م.، ۱۳۹۵. بررسی تأثیر تراکم ذخیره‌سازی بر پارامترهای رشد، فاکتورهای ایمنی و میزان استرس در ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*). مجله پژوهش‌های جانوری (مجله زیست شناسی ایران)، ۲۹(۴)، ۵۲۰-۵۱۵.

۳. صادقی‌نژاد ماسوله، ا.، صیاد بورانی، م.، شریفیان، م.، حسین‌جانی ع.، احمدنژاد، م.، ۱۳۹۷. پرورش توأم کپور سیاه (*Mylopharyngodon piceus*) با کپور ماهیان چینی در ایران. نشریه توسعه آبزی-پروری، ۱۲(۲)، ۱۳-۱.

۴. مخلوق، آ.، پورغلام، ر.، نصراله‌زاده ساروی، ح.، سعیدی، ا.، ۱۳۹۷. بررسی اثرات استفاده از کود شیمیایی و شیرابه کودگاوی بر تراکم، زی‌توده و ترکیب ساختاری فیتوپللنکتون در آب استخرهای پرورش ماهیان گرمآبی. نشریه توسعه آبزی‌پروری، ۱(۷)، ۳۷-۱۱.

۵. محسنی، م.، پورعلی فشتمی، ح.، سجادی، م.، آق، ت.، ۱۳۸۵. تعیین مناسب‌ترین تراکم کشت در فیل‌ماهی پرورشی (*Huso huso*). آبزی‌پرور، ۱۵، ۱۳۸-۱۲۹.

۶. محمدنژاد شموشکی،م.، کاربخش راوری، ع.، مازینی، م.، ۱۳۹۱. بررسی تراکم‌های مختلف بر شاخص‌های رشد و بازماندگی بچه‌ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus frisii kutum*). مجله علمی-پژوهشی زیست‌شناسی دریا، ۱۶(۴)، ۱۲-۱.

۷. محمودی، ز.، علاف نویریان، ح.، فلاحتکار، ب.، خوش خلق، م.ر.، ۱۳۹۲. تأثیر سطوح مختلف پروتئین و چربی جیره بر عملکرد رشد بچه‌ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus frisii kutum*). مجله علمی شیلات ایران، ۱(۲۲)، ۱۱۶-۱۰۱.

۸. ولی پور، ع.ر.، مقصودیه کهن، ح.، ۱۳۹۷. بررسی تاثیر تراکم ذخیره سازی در رشد و زنده مانی بچه ماهی سفید *Rutilus kutum* (Kamensky, 1901) در پرورش با آب دریای خزر. پژوهش های ماهی شناسی کاربردی، ۶(۱)، ۱۴۴/۱۳۱.

9. Ai, Q.H., Xie, X.J., 2006. Effects of dietary soybean protein levels on metabolic response of the southern catfish, *Silurus meridionalis*, Comparative Biochemistry and Physiology, 144, 41–47.

10. Andrade, T., Afonso, A., Perez-Jimenez, A., Oliva-Teles, A., de las Heras, V., Mancera, J.M., Serradeiro, R., Costas, B. 2015. Evaluation of different stocking

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.2.7.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.2.103]

19. Conte, F.S., 2004. Stress and the welfare of cultured fish. Applied Animal Behavior Science, 86, 205–223.
20. De Silva S.S., Anderson, T.A., 1995. Fish nutrition in aquaculture, Chapman & Hall, London. 319 pp.
21. Dima, R.C., Patriche, N., Marilena T., Magdalena, T., Desimira M.D., 2009. Physico-hemical limitative factors for growth and development in sterlet (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758) in extensive systems. Lucrări ştiinţifice Zootehnie şi Biotehnologii, 42(2), Timisora.
22. Duan, Y., Dong, X., Zhang, X., Miao, Z., 2011. Effects of dissolved oxygen concentrations and stocking density on the growth, energy budget, and body composition of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel). Aquaculture Research, 42, 407-416.
23. Ellis, T., North, B., Scott, A.P., Bromage, N.R., Porter, M., Gadd, D., 2002. Relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout. Journal of Fish Biology, 61(3), 493–531.
24. Gornati, R., Papis, E., Rimoldi, S., Terova, G., Saroglia, M., Bernardini, G., 2004. Rearing density influences the expression of stress-related genes in sea bass (*Dicentrarchus labrax* L). Gene, 341, 111-118.
25. Hevroy, E.M., Espe, M., Waagbo, R., Sandnes, K., Ruud, M., Hemre, G.I., 2005. Nutrient utilization in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed increased levels of fish protein hydrolysate during a period of fast growth. Aquaculture Nutrition, 11, 301-313.
26. Hosfeld, C.D., Hammer, J., Handeland, S.O., Fivelstad, S., Stefansson, S.O., 2009. Effects of fish density on growth and smoltification in intensive production of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.), Aquaculture, 305, 95-101.
27. Jorgensen, E.H., Christiansen, J.S., Jobling, M., 1993. Effects of stocking density on food intake, growth performance, and oxygen consumption in densities in a Senegalese sole (*Solea senegalensis*) farm: Implications for growth, humoral immune parameters and oxidative status, Aquaculture, 438, 6-11.
11. AOAC (Association of Official Analytical Chemists) 1995. Official methods of analysis of the Association Official Analytical Chemists. 16th edition. AOAC, Inc., Arlington, Virginia, USA.
12. Ardiansyah, A., Fotedar, R., 2016. Water quality, growth and stress responses of juvenile barramundi (*Lates calcarifer* Bloch) reared at four different densities in integrated recirculating aquaculture systems. Aquaculture, 458, 113-120.
13. Bjornsson, B., 1994. Effects of stocking density on growth rate of halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L) reared in large circular tanks for three years, Aquaculture, 123, 259-270.
14. Braun, N., Lima de Lima, R., Baldisserotto, B., Dafre, A.L., Pires de Oliveira Nuñer, A., 2010. Growth, biochemical, and physiological responses of *Salminus brasiliensis* with different stocking densities and handling. Aquaculture, 301, 22–30.
15. Boujard, T., Labbe, L., Benoit, A., 2002. Feeding behavior, energy expenditure, and growth of rainbow trout in relation to stocking density and food accessibility. Aquaculture Research, 33, 1224-1333.
16. Brown, G.E., Brown, J.A., Srivastava, R.K., 1992. The effect of stocking density on the behavior of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.). Journal of Fish Biology, 41, 955–963.
17. Bruton, M.N., 1985. The effects of suspensions on fish. Hydrobiologia, 125, 221–241.
18. Calabrese, S., Nilsen, T.O., Kolarevic, J., Ebbesson, L.O.E., Pedrosa, C., Fivelstad, S., Hosfeld, C., Stefansson, S.O., Terjesen, B.F., Takle, H., Martins, C.I.M., Sveier, H., Mathisen, F., Imsland, A.K., Handeland, S.D., 2017. Stocking density limits for post-molt Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) with an emphasis on production performance and welfare. Aquaculture, 468, 363-370.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.2.7.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.2.103]

Effect of density on growth rate and production of rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.) over a full rearing period. Aquaculture, 66, 9–17.
37. Papoutsoglou, S.E., Tziha, G., Vrettos, X., Athanasiou, A., 1998. Effects of stocking density on behavior and growth rate of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles reared in a closed circulated system. Aquaculture Engineering, 37, 33–39.
38. Rafatnezhad, S., Falahatkar, B., Tolouei Gilani, M.H., 2008. Effects of stocking density on haematological parameters, growth, and fin erosion of great sturgeon (*Huso huso*) juveniles. Aquaculture Research, 39, 1506–1513.
39. Rahman, M.M., Islam, M.S., Halder, G.C., Tanaka, M., 2006. Cage culture of sutchi catfish, *Pangasius sutchi* (Fowler 1937): effects of stocking density on growth, survival, yield, and farm profitability. Aquaculture Research, 37, 33–39.
40. Ridha, M.T., 2006. Comparative study of growth performance of three strains of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L., at two stocking densities. Aquaculture Research, 37, 172–179.
41. Rowland, S.J., Mifsud, C.H., Nixon, M., Boyd, P., 2006. Effect of stocking density on the performance of the Australian freshwater silver perch in cages. Aquaculture, 253, 301-308.
42. Samad, A.P.A., Hua, N.F., Chou, L.M. 2014. Effects of stocking density on growth and feed utilization of grouper (*Epinephelus coioides*) reared in recirculation and flow-through water systems. African Journal of Agricultural Research, 9, 812-822.
43. Shuman, C.S., Hodgson, G., Ambrose, R.F., 2004. Managing the marine aquarium trade: Is ecocertification the answer? Environment conservation, 31, 339–348.
44. Tacon, A.G., 1990. Standard Methods for the Nutrition and Feeding of Farmed Fish and Shrimp. Nutrients Sources and Composition, 2. Argent Laboratories Press, Washington, pp. 129.
45. Tawwab, M.A., Mousa, M., Sharaf, S., Ahmad, M., 2005. Effects of crowding Arctic charr (*Salvelinus alpines*). Aquaculture, 110, 191-204.
28. Kaushik, S.J. Coves, D. Dutto, G. Blanc, D., 2004. Almost total replacement of fish meal by plant protein sources in the diet of a marine teleost, the European seabass *Dicentrarchus labrax*, Aquaculture, 230, 391-404.
29. Li, D., Liu, Z., Xie, C., 2012. Effect of stocking density on growth and serum concentrations of thyroid hormones and cortisol in Amur sturgeon, *Acipenser schrenckii*, Fish Physiology and biochemistry, 38, 511–520.
30. Liu, B., Jia, R., Han, C., Huang, B., Lei, J., 2016. Effects of stocking density on antioxidant status, metabolism, and immune response in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). Comparative Biochemistry and Physiology, 190, 1-8.
31. Luther King, M., 2009. In The Matter of the Proposed Rules of the Minnesota Pollution Control Agency (MPCA) Governing Air and Water Permit Fees, Minnesota Rules, Parts, pp. 144.
32. Marchand, F., Boisclair, D., 1998. The influence of fish density on the energy allocation pattern of juvenile brook trout (*Salvelinus fontinalis*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 55, 796-805.
33. Montero, D., Izquierdo, M.S., Tort, L., Robaina, L., Vergara, J.M., 1999. High stocking density produces crowding stress altering some physiological and biochemical parameters in gilthead seabream, *Sparus auratus*, juveniles, Fish Physiology and Biochemistry, 20, 53-60.
34. Mylonas, C.C., Fostier, A. Zanuy, S., 2010. Broodstock management and hormonal manipulations of fish reproduction. General and Comparative Endocrinology, 165, 516–534.
35. North, B.P., Turnbull, J.F., Ellis, T., Porter, M.J., Migaud, H., Bron, J., Bromage, N.R., 2006. The impact of stocking density on the welfare of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 255, 466-479.
36. Papoutsoglou, S.E., Papaparaskeva-Papoutsoglou, E., Alexis, M.N., 1987.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.2.7.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.2.103]

stress on some physiological functions of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), fed different dietary protein levels. International Journal of Zoological Research, 1, 41-47.

46. Trenzado, C.E., Morales, A.E., Higuera, M., 2006. Physiological effects of crowding in rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss*), selected for low and high stress responsiveness. Aquaculture, 258, 583-593.
47. Turnbull, J., Alisdair, B., Colin, A., James, B., Felicity, H., 2005. Stocking density and welfare of cage farmed Atlantic salmon: Application of multivariate analysis. Aquaculture, 243, 121-132.
48. Vargas-Chacoff, L., Martinez, D., Oyarzun, R., Nualart, D., Olavarria, V., Yanez, A., Bertran, C., Ruiz-Jarabo, I., Mancera, J.M., 2014. Combined effects of high stocking density and *Piscirickettsia salmonis* treatment on the immune system, metabolism, and osmoregulatory responses of the Sub-Antarctic Notothenioid fish *Eleginops maclovinus*. Fish and Shellfish Immunology, 40, 424-434.
49. Wang, N., Hayward, R.S., Noltie, D.B., 2000. Effects of social interaction on the growth of hybrid sunfish held at two densities. North American Journal of Aquaculture, 62, 161-167.
50. Żarski, D., Kucharczyk, D., Kwiatkowski, M., Targońska, K., Kupren, K., Krejszeff, S., Jamróz, M., Hakuć-Błażowska, A., Kujawa, R., Mamcarz, A., 2008. The effect of stocking density on the growth and survival of larval Asp, *Aspiusaspius* (L.) and European chub, *Leuciscus cephalus* (L.), during rearing under controlled conditions. Archives of Polish Fisheries, 16, 371–381.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.2.7.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.2.103]