



University of Guilan

University of Guilan with collaboration of Iranian
Aquaculture Society

Aquatic Animals Nutrition

Vol. 9, No. 3, 2023, pages: 81-95
DOI: 10.22124/janb.2023.25882.1224



RESEARCH PAPER

OPEN ACCESS

Investigating of density effect on the growth and survival of Caspian Kutum, *Rutilus frisii* (Kamensky, 1901) pre-fattening in freshwater concrete ponds

Alireza Valipour^{1*}, Danial Gorohi², Mohammad Sayad Bourani¹, Ali Hasanpour

1- Inland Waters Aquaculture Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Anzali, Guilan, Iran

2- Shahid Ansari Teleost Fish Restocking and Genetic Conservation Center, General Department of Guilan Province Fisheries, Rasht, Guilan, Iran

Received 19 May 2023

Revised 12 September 2023

Accepted 14 September 2023

KEYWORDS ABSTRACT

Kutum

Rutilus frisii

Density

Rearing

Freshwater

Growth

Survival

Introduction: The Caspian Kutum (*Rutilus frisii*) is a unique species of bony fish native to the Iranian coastal of the Caspian Sea, which can be a suitable fish for introduction to the aquaculture industry in Iran. Considering its marketability, commercial importance and high nutritional value, the Iranian Fisheries Research Institute, aimed to carry out an experimental study with the aim of increasing production and supplies, reducing fishing pressure and protecting its natural stocks in the Caspian Sea and finally, introducing as a new and strategic species to the country's aquaculture industries.

Materials and methods: In this study, the growth performance and survival rate of cultured Kutum fry, with an initial average weight of 1.78 ± 0.66 g, were evaluated in two different densities: 25 and 50 fish/m², for a period of 110 days in some concrete channel ponds with an approximate volume of 8 m³. The ponds received a constant water flow from an agricultural irrigation channel at the Restoration and Protection of Fish Genetic Resources of Shahid Ansari Center, Rasht, Iran.

Results and discussion: The growth rate showed a significant inverse relationship with density in the experimental treatments ($p < 0.05$), with average weight gain of 1364.84 ± 16.19 and 653.82 ± 44.29 g in the treatments 1 and 2, respectively. The food conversion ratio exhibited a direct relationship with density, displaying a significant difference with averages of 1.93 ± 0.13 in low- and 5.41 ± 0.56 in high-density treatments. Also, the results indicated that increased density led to a significant drop in body length gain indices, specific

growth rate, and daily growth rate ($p < 0.05$). There was a significant difference between treatments 1 and 2 in terms of survival rate at the end of the rearing period, with the values of $84.62 \pm 3.52\%$ and $77.95 \pm 1.35\%$, respectively.

Conclusions: In general, the results of this study confirmed that the rearing of Kutum fry at a density of 25 fish/m³ in concrete ponds with freshwater is more suitable to achieve better performance.

Conflicts of interest: Authors have no conflict of interest to declare for the publication of the present research.

Acknowledgments: We are very grateful to the colleagues of Aquaculture and Ecology Departments of Inland Water Aquaculture Research Center and also the colleagues of the Shahid Ansari Fish Genetic Resources Restoration and Protection Center in Rasht.

*Corresponding author: valipour40@gmail.com





"مقاله پژوهشی"

بررسی تأثیر تراکم در رشد و زنده مانی ماهی سفید (*Rutilus frisii* (Kamensky, 1901) پیش پرواری در استخرهای بتونی با آب شیرین

علیرضا ولی پور^{۱*}، دانیال گروهی^۲، محمد صیاد بورانی^۱، علی حسن پور^۱

۱- پژوهشکده آبی پروری آبهای داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندر

انزلی، گیلان

۲- مرکز بازسازی و حفاظت از ذخایر ژنتیکی ماهیان شهید انصاری رشت، اداره کل شیلات استان گیلان، گیلان

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۲۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۶/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۸

چکیده	کلمات کلیدی
<p>ماهی سفید (<i>Rutilus frisii</i>) گونه‌ای منحصربفرد از ماهیان استخوانی بومی در سواحل ایرانی دریای خزر بوده که می‌تواند یکی از ماهیان مناسب برای معرفی به صنعت آبی‌پروری در ایران باشد. در این تحقیق، عملکرد رشد و ماندگاری بچه ماهیان سفید پرورشی با میانگین وزن اولیه $0.166 \pm 1/78$ گرم در دو تراکم مختلف شامل ۲۵ و ۵۰ عدد در مترمکعب به مدت ۱۱۰ روز در استخرهای بتونی کانالی به حجم تقریبی ۸ مترمکعب با جریان آب ورودی دائمی منشعب از کانال آبیاری کشاورزی در مرکز بازسازی و حفاظت از ذخایر ژنتیکی ماهیان شهید انصاری رشت ارزیابی گردید. میزان رشد با افزایش تراکم در تیمارهای آزمایشی رابطه عکس و معنی داری داشته ($p < 0.05$) و میانگین درصد افزایش وزن در تیمارهای ۱ و ۲ به ترتیب $16/19 \pm$ و $13/64/84$ و $44/29 \pm 635/82$ گرم بود. ضریب تبدیل غذایی با افزایش تراکم رابطه مستقیم داشته و با میانگین $0.113 \pm 1/93$ و $0.56 \pm 5/41$ به ترتیب در تیمارهای با تراکم کم و زیاد اختلاف معنی داری را نشان داد. همچنین، نتایج نشان داد که با افزایش تراکم میزان شاخص‌های افزایش طول بدن، ضریب رشد ویژه و افزایش رشد روزانه نیز کاهش یافته و تفاوت آن‌ها در تیمارها معنی دار بود. اختلاف بین تیمارهای ۱ و ۲ در میزان ماندگاری بچه ماهیان پرورشی در پایان دوره پرورش معنی دار بوده و به ترتیب $3/52 \pm 84/62$ و $1/35 \pm 77/95$ درصد بدست آمد. به طور کلی نتایج ثابت کردند که پرورش بچه ماهی سفید با تراکم ۲۵ عدد در مترمکعب در استخرهای بتونی با آب شیرین برای دستیابی به عملکرد بهتر مناسب تر است.</p>	<p>ماهی سفید <i>Rutilus frisii</i> تراکم پرورش آب شیرین رشد زنده‌مانی</p>

می‌تواند اثرات مثبت یا منفی بر رشد ماهی داشته باشد که بسته به نوع گونه پرورشی متفاوت است (Merino et al. 2007). Valipour و Maghsoodi Kohan (۲۰۱۸) اثر منفی تراکم بر عملکرد ماهی سفید در پرورش با آب لب شور دریای خزر را مشاهده نمودند. همچنین، در برخی دیگر از گونه‌های آبزیان پرورشی تراکم بر رشد (Lefrancois et al. 2001)، ماندگاری و نرخ تغذیه ماهیان (Rowland et al. 2006) اثر منفی داشته و با افزایش تراکم ماهی جذب غذای روزانه و ضریب رشد در گونه‌هایی نظیر کاد اقیانوس اطلس (*Gadus morhua*) (Lambert and Dutil, 2001)، قزل آلائی جویباری (*Salvelinus fontinalis*) (Vijayan and Leatherland, 1988)، سیم سرطلایی (*Sparus auratus*) (Montero et al. 1999)، باس دریایی (*Dicentrarchus labrax*) (Gornati et al. 2004) و باس دهان بزرگ (*Micropterus salmoides*) (Sammouth et al. 2009; Petit et al. 2001) کاهش یافته، ولی در بعضی از گونه‌ها همچون کفشک ماهی (*Solea senegalensis*) (Andrade et al. 2015)، چار قطبی (*Salvelinus alpinus*) (Jorgensen et al. 1993) و هالیپوت (*Hippoglossus hippoglossus*) (Bjornsson, 1994) افزایش تراکم اثر مثبت بر عملکرد رشد و تولید نشان داد. تاثیر منفی تراکم بر عملکرد رشد، عمدتاً به دلیل بروز استرس ناشی از آن در ماهی و در نتیجه کاهش تغذیه و نرخ رشد بوده (Samad et al. 2014) و از مهم‌ترین دلایل بروز استرس در این رابطه می‌توان به روابط متقابل بین ماهیان، رقابت بر سر منابع غذایی و فضای مورد نیاز اشاره نمود (Kristiansen et al. 2014). ازدحام بیش از حد ممکن است به راحتی سبب اختلاف اندازه در ماهیان پرورشی شده و ماهیان بزرگ‌تر از تغذیه مناسب و کافی ماهیان کوچک‌تر در جمعیت جلوگیری کنند. همچنین، میزان و سرعت رشد بدن آبزی روند ثابت و پایداری در طول مراحل مختلف زندگی ماهی نداشته و عوامل متعددی از جمله پارامترهای محیطی و ژنتیکی در این رابطه تاثیرگذار می‌باشند (Sloman and Armstrong, 2002). بنابراین، تراکم بهینه تحت تاثیر عوامل زیادی شامل سیستم‌های مختلف پرورش، گونه آبزی، سن آبزی، شرایط فیزیکی و شیمیایی محیط پرورش و غیره می‌باشد (Ellis et al. 2002; Samad et al. 2014). تراکم مناسب بایستی در حدی

ماهی سفید (*Rutilus frisii*) علاوه بر داشتن ارزش تجاری و اقتصادی بالا در سواحل ایرانی دریای خزر، به عنوان یک بانک ژنی مهم و منحصر بفرد در دنیا از اهمیت ارزش بسزایی برخوردار است. این ماهی از خانواده کپور ماهیان (Cyprinidae) و گونه‌ای مهاجر بوده و دوران تغذیه و رشد خود را در دریای خزر سپری و برای تولید مثل به رودخانه‌های حوزه جنوبی مهاجرت می‌کند (Valipour and Khanipour, 2010). اگرچه ماهی سفید با ۵۰/۸ درصد بیشترین میزان از کل صید ماهیان استخوانی در دریای خزر را به خود اختصاص داده، اما با این وجود صید این ماهی در سالیان اخیر رو به کاهش محسوسی نهاده و در دهه اخیر از ۱۰۶۹۱ تن در سال صیادی ۹۱-۱۳۹۰ به حدود ۴۹۳۸ تن در سال ۰۱-۱۴۰۰ یعنی کمتر از ۵۰ درصد رسیده است (Daryanabard, 2023). بنابراین، با توجه به بازارپسندی، جایگاه اقتصادی و ارزش غذایی بالا، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور در صدد آن است که با انجام پژوهش‌های کاربردی با هدف افزایش تولید و عرضه و کاهش فشار صید و حفاظت از ذخایر طبیعی آن در دریای خزر، ماهی سفید را به عنوان یک گونه جدید و استراتژیک به صنعت آبزی‌پروری کشور معرفی کند (Valipour and Khanipour, 2010). برای تحقق این هدف یکی از مهمترین داده‌های مورد نیاز، تعیین تراکم ذخیره‌سازی مناسب پرورش در مراحل و سیستم‌های مختلف پرورشی می‌باشد.

تراکم ذخیره‌سازی تاثیر بسیار زیادی بر سوخت و ساز بدن، عملکرد رشد و استرس ناشی از اسارت در محیط پرورش (Braun et al. 2010)، رفتار ماهی، سلامتی، کیفیت آب، تغذیه و تولید، فیزیولوژی، عوامل هورمونی، فعالیت‌های ایمنولوژیک و زنده‌مانی داشته (Backiel and Lecren, 1987; Kebus et al. 1992; Yin et al. 1995; Rui et al. 2006; Gonçalves de Oliveira et al. 2014; Samad et al. 2012) و در تعیین بهره‌وری و سودآوری تولید سیستم‌های آبزی‌پروری عاملی کلیدی است (North et al. 2006). در شرایط طبیعی، رشد و بقای ماهی تا حدی به تراکم جمعیت بستگی دارد، اما زمانی که اثر محدود کننده فضا بر روی جمعیت اعمال می‌شود ممکن است هیچ ارتباطی بین فراوانی مواد غذایی و رشد وجود نداشته باشد (Backiel and Lecren, 1987). اثر تراکم ذخیره‌سازی در همه ماهی‌ها یکسان نبوده و

۲/۲۱ ± ۲۸/۲۶ سانتی‌گراد، pH به ترتیب ۸/۲، ۹/۴ و ۰/۴۱ ± ۸/۶ و اکسیژن به ترتیب ۶/۵، ۸/۷ و ۱/۲۴ ± ۷/۳۵ میلی‌گرم در لیتر بود.

تامین بچه ماهیان

بچه ماهیان سفید مورد تحقیق در این پژوهش حاصل تکثیر مولدین در مرکز شهید انصاری بوده و لاروهای حاصله ابتدا در استخر خاکی ۲/۵ هکتاری و پس از رسیدن به وزن میانگین ۰/۱۴ ± ۰/۳۵ گرم به استخر خاکی ۱۰۰۰ مترمربعی انتقال یافتند. ماهیان نوزاد در استخرهای خاکی از موجودات زنده غذایی پلانکتونی و کفزی و همچنین غذای دستی تغذیه شده و پس از حدود ۱ ماه به میانگین وزن ۰/۶۶ ± ۱/۷۸ گرم و میانگین طول ۰/۶۷ ± ۶/۱۶ سانتی‌متر رسیدند. بچه ماهیان روزانه در حد سیری با غذای آغازین ماهی کپور شرکت مهدانه (جدول ۱) مورد تغذیه قرار گرفتند.

تیمارهای آزمایشی و غذادهی

در این تحقیق ۲ تیمار آزمایشی شامل ۲ تراکم مختلف ذخیره سازی مورد مقایسه قرار گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل تراکم های ۲۵ (تیمار ۱) و ۵۰ (تیمار ۲) عدد ماهی در مترمکعب بوده (Valipour and Maghsoodi, 2018) که با توجه به ابعاد حوضچه‌های بتونی پرورشی (حدود ۸ مترمکعب) به ترتیب ۲۰۰ و ۴۰۰ عدد ماهی در هر استخر بتونی کانالی ذخیره شدند. برای هر تیمار نیز ۳ تکرار آزمایشی در نظر گرفته شد. برای تغذیه بچه ماهیان از غذای اکستروود ماهی قزل‌آلای رنگین کمان شرکت فرادانه استفاده شد. غذای مورد استفاده از نوع جیره غذایی SFT1 ماهی قزل‌آلای بوده که آنالیز تقریبی و مشخصات آن در جدول ۲ ارائه شده است. شایان ذکر است که برای تغذیه بچه ماهیان تا رسیدن به وزن حدود ۵ گرم با توجه به اندازه دهان و قطر خوراک مصرفی، غذا با آسیاب برقی خرد شد تا ماهیان قابلیت گرفتن و بلع غذا را داشته باشند. غذادهی ۲ بار در روز و در ساعات ۹ و ۱۳ انجام شد و میزان غذادهی در حد سیری بود.

باشد که ماهی نیازهای خود را تأمین نموده و تولید نیز مقرون به صرفه باشد (Holm et al. 1990; Kuipers and Summerfelt, 1994).

برای توسعه پرورش، تعیین تراکم مناسب ذخیره برای هر گونه از آبریان ضروری است تا با مدیریت کارآمد موجبات دستیابی به حداکثر تولید در واحد سطح استخرهای پرورشی فراهم گردد. به علاوه، استفاده از تراکم مناسب در پرورش ماهیان می‌تواند یک کار سودمند تجاری بوده و منجر به حداکثر بهره‌وری از سیستم پرورشی، آب و منابع مالی شود. از طرف دیگر، رشد و بقای ماهیان نوزاد و انگشت قد وابسته به تراکم ذخیره، نوع و مقدار مکمل‌های غذایی بوده و برای به دست آوردن حداکثر بازده اقتصادی، رسیدن به میزان تراکم مناسب در استخرهای پرورشی برای رشد، بقا و تولید بهینه ضروری است. بنابراین، آبری‌پروری موفق نه تنها به انتخاب دقیق گونه‌ها، تغذیه مناسب و مدیریت کیفیت آب، بلکه تا حد زیادی به تراکم مناسب ذخیره سازی ماهیان نیز وابسته خواهد بود (Barua, 1990). این تحقیق به منظور ارزیابی و تعیین تراکم مناسب پرورش بچه ماهیان سفید در مرحله پیش‌پروری در استخرهای بتونی کانالی با تغذیه از غذای شناور ماهی قزل‌آلای انجام گردید.

مواد و روش‌ها

مکان و سیستم پرورشی

تحقیق حاضر در استخرهای بتونی کانالی مرکز بازسازی و حفظ ذخایر ژنتیکی ماهیان شهید انصاری واقع در نزدیکی شهر صنعتی رشت به مدت ۱۱۰ روز به انجام رسید. منبع تامین آب برای پرورش از کانال آبیاری کشاورزی فومنات در مجاورت مرکز بوده که از طریق پمپاژ به حوضچه‌های ترسیب و برج نگهداری آب در ارتفاع حدود ۱۰ متری منتقل شده و پس از آن به صورت ثقلی با جریان آب دائمی به استخرهای بتونی کانالی هدایت گردید. حوضچه‌های بتونی به ابعاد ۱۰/۵ × ۱/۲ × ۰/۶۵ متر بود و حدود ۸ مترمکعب آب حجم داشتند. عوامل فیزیکی و شیمیایی آب شامل دمای آب با استفاده از دماسنج الکلی، اکسیژن و pH توسط دستگاه مولتی‌متر WTW اندازه‌گیری شدند. حداقل، حداکثر و میانگین دمای آب به ترتیب ۲۳/۵، ۳۲ و

جدول ۱ آنالیز تقریبی جیره غذایی مورد استفاده برای تغذیه لاروهای ماهی سفید (*Rutilus frisii*)
(شرکت مهدانه، <https://mahdaneco.ir/>)

Table 1 Proximate analysis of the diet used for feeding of Kutum larvae (*Rutilus frisii*) (Mahdane Company, <https://mahdaneco.ir/>).

Proximate analysis	Amount
Dry matter (%)	90 ± 2
Crud protein (%)	40 ± 2
Crud fat (%)	12>
Crud fiber (%)	5>
Ash (%)	13>
Carbohydrate (%)	30 ± 2
Gross energy (kcal/kg)	4200 ± 100

Source of food: Mahdane Animal and Poultry Feed Company, Karaj, Iran

جدول ۲ آنالیز تقریبی و نوع جیره غذایی مورد استفاده برای پرورش بچه ماهی سفید (*Rutilus frisii*)
(شرکت فرادانه <https://www.faradaneh.net>)

Table 2 Proximate analysis of diet used for feeding of Kutum fingerlings (*Rutilus frisii*) (Faradaneh Company, <https://www.faradaneh.net>).

Proximate analysis and characteristics	SFT2
Crud protein (%)	46-50
Crud fat (%)	11-15
Crud fiber (%)	1.5-3
Ash (%)	9-13
Wet (%)	5-11
Digestible phosphorus (%)	1-1.5
Food type	Semi-float
Food diameter (mm)	2 ± 1.6
Fish weight (g)	2-4

تعیین شاخص‌های رشد و ماندگاری
هر ۴۰ روز در میان ۲۵٪ ماهیان پرورشی زیست‌سنجی شده و وزن و طول کل آن‌ها اندازه‌گیری شد. برای سنجش رشد از شاخص‌های مختلف شامل افزایش طول بدن

(PLG)، افزایش وزن بدن (PWG)، نرخ رشد ویژه (SGR)، افزایش وزن روزانه (MDWG)، درصد مصرف غذای روزانه (DFC)، ضریب تبدیل غذایی (FCR) و همچنین درصد زنده‌ماهی (SR) به شرح زیر استفاده شد:

درصد افزایش طول بدن (Percent Length Gain) (Tacon, 1990):

$$PLG = 100 \times \frac{\text{طول اولیه بدن} - \text{طول نهایی بدن}}{\text{طول اولیه بدن}}$$
 درصد افزایش وزن بدن (Percent Weight Gain) (Tacon, 1990):

$$PWG = 100 \times \frac{\text{وزن اولیه بدن (گرم)} - \text{وزن نهایی بدن (گرم)}}{\text{وزن اولیه بدن (گرم)}}$$
 نرخ رشد ویژه (Specific Growth Rate) (Tacon, 1990):

$$SGR = 100 \times \frac{\text{تعداد روزهای پرورش (لگاریتم نپر وزن اولیه بدن (گرم) - لگاریتم نپر وزن نهایی بدن (گرم))}}{\text{میانگین افزایش وزن روزانه (Mean Daily Weight Gain) (Tacon, 1990)}}$$
 تعداد روزهای آزمایش / وزن اولیه بدن (گرم) - وزن نهایی بدن (گرم) =
 درصد مصرف غذای روزانه (Daily Food Consumption):

$$DFC (\%) = 100 \times \left(\frac{\text{روزهای آزمایش} \times (\text{وزن نهایی (گرم)} - \text{وزن نهایی (گرم)})}{\text{غذای مصرفی (گرم)}} \right)$$
 ضریب تبدیل غذا (Food Conversion Ratio) (Lin et al. 1997):

درصد افزایش طول بدن (Percent Length Gain) (Tacon, 1990):

$$PLG = 100 \times \frac{\text{طول اولیه بدن} - \text{طول نهایی بدن}}{\text{طول اولیه بدن}}$$

درصد افزایش وزن بدن (Percent Weight Gain) (Tacon, 1990):

$$PWG = 100 \times \frac{\text{وزن اولیه بدن (گرم)} - \text{وزن نهایی بدن (گرم)}}{\text{وزن اولیه بدن (گرم)}}$$

نرخ رشد ویژه (Specific Growth Rate) (Tacon, 1990):

$$SGR = 100 \times \frac{\text{تعداد روزهای پرورش (لگاریتم نپر وزن اولیه بدن (گرم) - لگاریتم نپر وزن نهایی بدن (گرم))}}{\text{میانگین افزایش وزن روزانه (Mean Daily Weight Gain) (Tacon, 1990)}}$$

میانگین افزایش وزن روزانه (Mean Daily Weight Gain) (Tacon, 1990):

$$MDWG = \frac{\text{تعداد روزهای آزمایش}}{\text{وزن اولیه بدن (گرم) - وزن نهایی بدن (گرم)}}$$

درصد مصرف غذای روزانه (Daily Food Consumption):

$$DFC (\%) = 100 \times \left(\frac{\text{روزهای آزمایش} \times (\text{وزن نهایی (گرم)} - \text{وزن نهایی (گرم)})}{\text{غذای مصرفی (گرم)}} \right)$$

ضریب تبدیل غذا (Food Conversion Ratio) (Lin et al. 1997):

FCR = میزان افزایش وزن (گرم) / میزان غذای مصرف شده (گرم)

درصد زنده‌مانی (Survival Rate) بچه‌ماهیان آزمایشی:

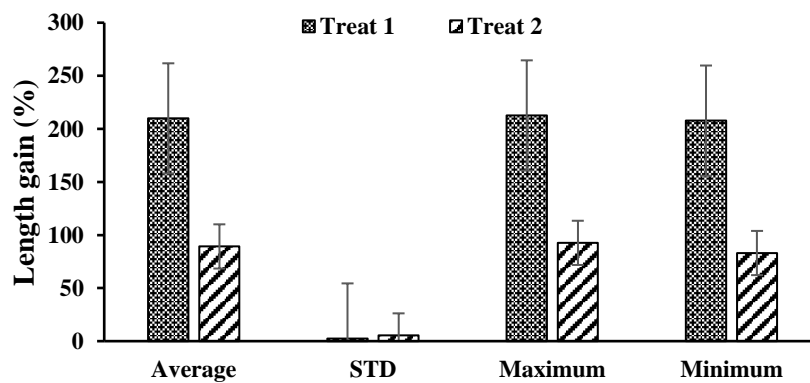
$$SR = \frac{\text{تعداد ماهیان در انتهای دوره پرورش}}{\text{تعداد ماهیان در ابتدای دوره پرورش}} \times 100$$

نتایج

تغییرات طول بدن نشان داد که با افزایش تراکم ذخیره-سازی درصد افزایش طول بدن کاهش یافته و اختلاف آن در تیمار ۱ با میانگین $2/51 \pm 209/83$ درصد و تیمار ۲ با $5/38 \pm 89/23$ درصد معنی‌دار بود ($p < 0/05$; شکل ۱). بررسی میزان افزایش طول در مراحل مختلف زیست‌سنجی بیانگر آن است که به تدریج بر طول بچه‌ماهیان افزوده شده و در تمامی مراحل تیمار ۱ بیشتر از تیمار ۲ و تفاوت آن‌ها با یکدیگر معنی‌دار ($p < 0/05$) نشان داد و در مرحله سوم زیست‌سنجی به حداکثر اختلاف رسید (شکل ۲).

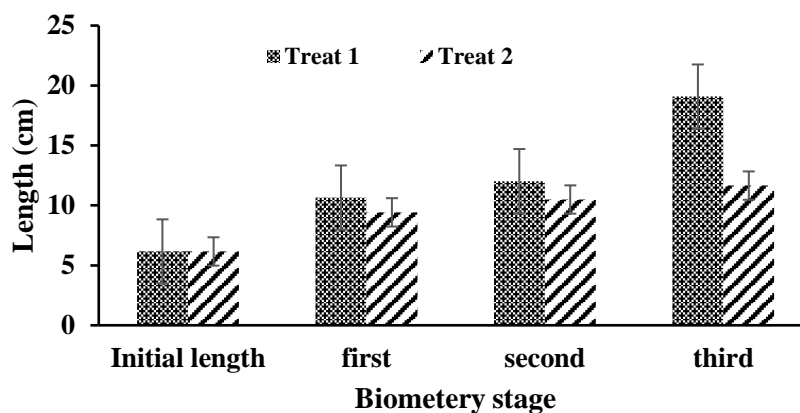
تجزیه و تحلیل آماری

جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها ابتدا نرمال بودن داده‌ها از طریق آزمون کولموگروف-اسمیرنوف مورد سنجش قرار گرفته و با توجه به نرمال بودن داده‌ها برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون پارامتریک استفاده گردید. از آزمون ANOVA یک طرفه برای بررسی معنی‌داری تفاوت بین تیمارها و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۵ درصد استفاده شد. نمودارها توسط EXCEL 2016 تهیه شده و تجزیه و تحلیل داده‌ها از طریق SPSS 26 انجام گردید.



شکل ۱ درصد افزایش طول بدن در تراکم‌های مختلف پرورش بچه‌ماهی سفید (*Rutilus frisii*) در آب شیرین

Figure 1. Percentage of body length increase at different densities of rearing Kutum (*Rutilus frisii*) fingerlings in freshwater



شکل ۲ تغییرات میانگین افزایش طول بدن (به سانتیمتر) در مراحل زیست‌سنجی بچه‌ماهی سفید (*Rutilus frisii*)

Figure 2 Changes of average body length increase at different densities of rearing Kutum (*Rutilus frisii*) fingerlings in freshwater

۳/۸۳۵ و $۰/۰۸۵ \pm ۲/۸۸۴$ محاسبه گردید و تفاوت بین تیمارهای آزمایشی معنی دار بود ($p < ۰/۰۵$). ضریب تبدیل غذایی و درصد مصرف غذای روزانه در تیمار با تراکم پایین-تر بچه ماهیان کمتر و اختلاف بین تیمارها معنی دار نشان داد ($p < ۰/۰۵$)، به طوری که ضریب تبدیل غذایی در تیمارهای ۱ و ۲ به ترتیب $۰/۱۳۲ \pm ۱/۹۳۲$ و $۰/۵۶ \pm ۵/۴۱۳$ و درصد مصرف غذای روزانه $۰/۳۴۷ \pm ۵/۱۴۳$ و $۱/۲۶۱ \pm ۱۳/۴۰۲$ به دست آمد.

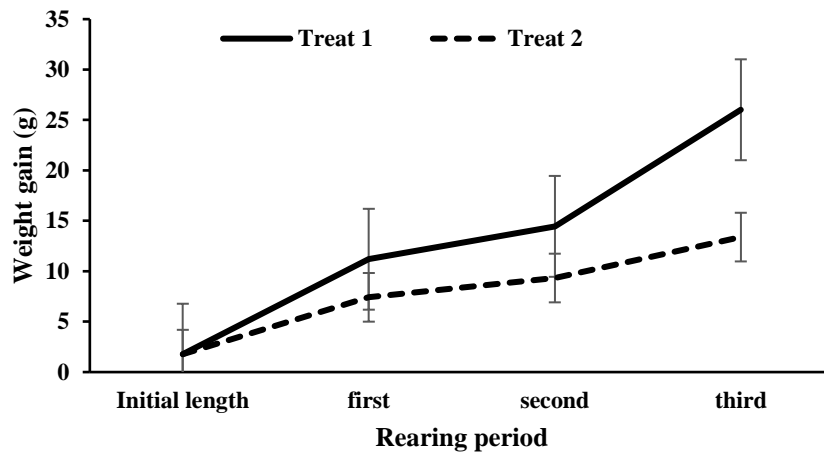
میزان محصول نهایی نیز بین تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی دار نشان داد به طوری که میانگین آن در تیمار ۱ با تراکم پایین تر بچه ماهیان سفید پرورشی با $۲۴/۱۱ \pm ۳۶۷۷/۰۳$ گرم در هر حوضچه بیشتر از تیمار ۲ با مقدار ۲۵۱ ± ۳۵۱۸ گرم بود (شکل ۴). تغییرات میزان درصد زنده مانده بچه ماهیان در تیمار ۱ با میانگین $۱/۵۷ \pm ۸۸/۳۳$ بیشتر از تیمار ۲ با میانگین $۱/۰۹ \pm ۸۲/۰۹$ بوده و تفاوت بین آنها با یکدیگر از نظر نظر آماری معنی دار بود ($p < ۰/۰۵$; جدول ۳) نشان داد.

شاخص‌های مربوط به وزن بدن نیز همانند طول در تیمار با تراکم پایین بیشتر از تراکم بالا بود و تفاوت بین تیمارهای آزمایشی ۱ و ۲ از نظر آماری معنی دار بود ($p < ۰/۰۵$; جدول ۳). درصد افزایش وزن در تیمار ۱ برابر $۱۶/۱۸ \pm ۱۳۶۴/۸۴$ و در تیمار ۲ معادل $۴۴/۲۹ \pm ۶۵۳/۸۱$ به دست آمد. تفاوت بین تیمارهای آزمایشی در مراحل مختلف زیست سنجی نیز در ۱۱۰ روز پرورش معنی دار بود ($p < ۰/۰۵$)؛ اگرچه از اولین تا آخرین مرحله زیست‌سنجی به تدریج بر میزان وزن افزوده شده (شکل ۳) ولی در ابتدای دوره در اولین مرحله نمونه برداری افزایش زیادی داشته، در اواسط دوره پرورش در دومین مرحله از نمونه برداری کاهش یافته و مجدداً در انتهای دوره در سومین مرحله از نمونه برداری به حداکثر رسید و همچنان ماهیان تیمار ۱ با اختلاف معنی داری از تیمار ۲ رشد بیشتری داشتند ($p < ۰/۰۵$).

تغییرات میانگین نرخ رشد ویژه مطابق با افزایش وزن و به ترتیب در تیمارهای آزمایشی ۱ و ۲ حدود $۰/۰۱۶ \pm$

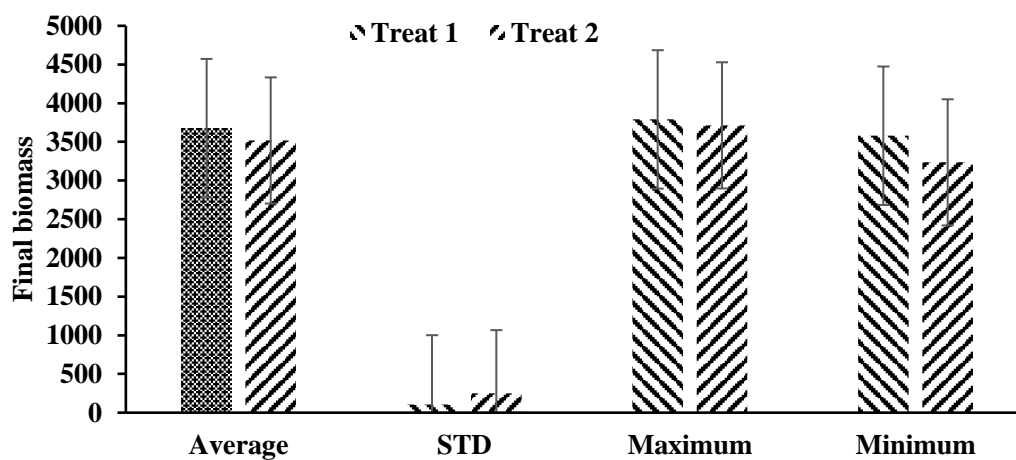
جدول ۳ شاخص‌های رشد و زنده مانده بچه ماهی سفید (*Rutilus frisii*) پرورش یافته در دو تراکم مختلف با آب شیرین
Table 3 Growth and survival indices of Kutum (*Rutilus frisii*) fingerlings reared at two different densities with freshwater

Growth indices	25 fish/m ³	50 fish/m ³	ANOVA
Final length (cm)	19.078 ± 0.155	11.652 ± 0.331	-
Final weight (g)	26.013 ± 0.287	13.387 ± 0.787	-
Weight gain (%)	1364.84 ± 16.18 ^a	653.81 ± 44.29 ^b	0.000
Weight gain (g)	24.238 ± 0.277 ^a	11.62 ± 0.764 ^b	0.000
SGR (%/day)	3.835 ± 0.016 ^a	2.884 ± 0.085 ^b	0.000
FCR	1.932 ± 0.132 ^b	5.413 ± 0.560 ^a	0.000
DFC (%)	5.143 ± 0.347 ^b	13.402 ± 1.261 ^a	0.005
MDWG (g/day)	0.342 ± 0.004 ^a	0.166 ± 0.011 ^b	0.000
Survival (%)	88.33 ± 1.57 ^a	82.09 ± 1.09 ^b	0.048



شکل ۳ تغییرات میانگین افزایش وزن بدن بچه ماهی سفید (*Rutilus frisii*) در دوره پرورش

Figure 3 Changes in average body weight gain of Kutum (*Rutilus frisii*) in the rearing period



شکل ۴ روند تغییرات میانگین محصول نهایی (گرم) بچه ماهی سفید (*Rutilus frisii*)

Figure 4 Changes in average final biomass (g) of Kutum (*Rutilus frisii*) fingerlings

مناسب بوده و داده‌های مورد بررسی در دامنه استاندارد برای پرورش کپور ماهیان قرار داشت (Boyd, 1982). نتایج این تحقیق نشان دادند که با افزایش تراکم از میزان شاخص‌های رشد بچه ماهیان سفید پرورشی در مرحله پیش‌پروری در حوضچه‌های بتونی کانالی با آب شیرین کاسته شده و بر میزان تلفات افزوده گردید و اختلاف بین میانگین داده‌های مورد بررسی بین تیمارهای آزمایشی معنی‌دار بود و ماهیانی که با تراکم پایین‌تر (۲۵ عدد در مترمربع) پرورش داده شدند، از عملکرد رشد، تولید محصول و ماندگاری بیشتری نسبت به ماهیان پرورشی با تراکم بالا (۵۰ عدد در مترمربع) برخوردار بودند. شاخص ضریب تبدیل غذایی عکس شاخص رشد بوده و با افزایش تراکم با وجود مصرف غذای بیشتر رشد کمتری حاصل شد. نتایج مشابهی با داده‌های حاصل از تحقیق حاضر توسط محققان دیگری گزارش شد (Valipour and

بحث

تراکم می‌تواند به‌عنوان عامل ایجاد استرس باعث اثرات ثانویه بر کاهش وزن بوده (Irwin et al. 1999; Rowland et al. 2006) و یا فاکتور بازدارنده رشد (Meloti et al. 2004) در ماهیان به‌ویژه گونه‌های گوشتخوار باشد. بدیهی است که با توجه به نیازهای فیزیولوژیک ماهیان، میزان تراکم بر شاخص‌های رشد، تغذیه، پارامترهای خونی، تولید محصول و ماندگاری تأثیرگذار خواهد بود (Abdelghany and Ahmad, 2002; Rahman et al. 2015). تراکم ذخیره یکی از مهم‌ترین عوامل پرورش ماهیان بوده و در آبی‌پروری متراکم شاخص کلیدی است که دوام و سود اقتصادی سیستم تولید را تعیین می‌کند (Rahman et al. 2015). در تحقیق حاضر، سیستم پرورشی در حوضچه‌های بتونی از نظر عوامل فیزیکی و شیمیایی آب شرایط یکسان و

همکاران (۲۰۱۷) نیز در تحقیق خود بر روی بچه ماهیان قزل آلی رنگین کمان با وزن میانگین $3/42 \pm 29/26$ گرم دریافتند که افزایش تراکم از ۱۴ به ۲۹ عدد در مترمربع سبب کاهش افزایش وزن و ضریب رشد ویژه شده و بر میزان ضریب تبدیل غذایی افزوده است. در تحقیق انجام شده بر روی فیل ماهی توسط پورعلی و محسنی (۲۰۱۰) مقدار وزن نهایی در تیمار با تراکم پایین در حداقل بود. علت این امر می‌تواند ناشی از استرس اجتماعی فیل ماهیان باشد که بین فیل ماهیان در تراکم‌های بالا بیشتر بود. Seyyed Hasani و همکاران (۲۰۱۸) دریافتند که به غیر از دوره پرورش اول (اوزان ۳ تا ۹ گرم)، گونه تاسماهی سبیری یک گونه وابسته به تراکم نیست. تاسماهی سبیری قادر به تحمل تراکم‌های بالا بوده و این گونه با رسیدن به وزن ۷۰ گرم تحمل بیشتری نسبت به تراکم از خود نشان داد. بنابراین، پرورش آن در اوزان ۳ تا ۹ و ۹ تا ۷۰ گرم به ترتیب در تراکم‌های ۰/۵ و ۱/۳ کیلوگرم در متر مربع توصیه گردید.

بیشترین میزان ماندگاری ($1/57 \pm 88/33$ درصد) نیز در کم‌ترین تراکم (۲۰ عدد در مترمربع) به دست آمد که همسوی تحقیقات انجام شده توسط محققان دیگر (Mirza, 2007; Mollah et al. 2015; Rahman et al. 2015) بود. Vazzana و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که میزان بقا در باس دریایی (*Dicentrarchus labrax*) نگهداری شده در تراکم کمتر در مقایسه با باس‌های دریایی که در شرایط متراکم نگهداری شده بودند افزایش معنی داری پیدا کرد. گزارشی نیز از کاهش درصد بقا در اثر نگهداری در تراکم بالا در ماهی هالیبوت کالیفرنیا (*Paralichthys californicus*) (German et al. 2007) ارائه شد. در تحقیقات انجام شده توسط Fazaei و همکاران (۲۰۱۲) درصد بقا در تیمار با تراکم ۵۰ عدد در مترمربع بیشتر از تراکم ۱۰۰ عدد در مترمربع بود و اختلاف بین تیمارها معنی‌دار نشان داد.

بر اساس نتایج تحقیق حاضر می‌توان بیان نمود که تراکم بالا به دلایلی از قبیل محدود نمودن دسترسی به غذا، رقابت بین ماهیان، مصرف غذا در جهت متابولیسم جمعیت‌های متراکم و نه در جهت رشد ماهی، مصرف زیاد انرژی جهت مقابله با شرایط تنش و استرس ناشی از تراکم بالا، بر شاخص‌های وزن به دست آمده و نرخ رشد ویژه تأثیر منفی دارد. به طور کلی، رشد کمتر در تراکم ذخیره بالاتر وابسته

(Maghsoodi Kohan, 2018). در تحقیقی دو تراکم مختلف بچه ماهی سفید شامل ۲۶ و ۵۰ عدد در مترمکعب را با آب لب شور دریای خزر مورد بررسی قرار دادند. پرورش بچه ماهیان با وزن اولیه $1/004 \pm 17/49$ گرم در حوضچه‌های مدور ۳ مترمکعبی بتونی در ۲/۵ ماه انجام گرفت. نتایج نشان دادند که با افزایش تراکم میزان شاخص‌های رشد شامل افزایش طول بدن، افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه کاهش یافته و بر ضریب تبدیل غذایی افزوده گردید و همچنین میزان ماندگاری در حوضچه‌های پرورشی با تراکم پایین تر ($8/88$) بیشتر از حوضچه‌های با تراکم بالاتر (77) بود. Mohammadnejad و همکاران (۲۰۱۳) اثر ۵ تراکم مختلف شامل ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ عدد در مترمربع را بر رشد و ماندگاری ماهی سفید با وزن میانگین $0/348 \pm 0/08$ گرم به انجام رساندند. نتایج نشان دادند که تراکم ۳۰ عدد در مترمربع تأثیر بهتری بر عملکرد رشد و شاخص‌های افزایش وزن (حدود 580)، ضریب رشد ویژه (حدود $3/5$ ٪ در روز) و ضریب تبدیل غذایی ($2/5$) داشته ولی بیشترین ماندگاری در تراکم ۱۰ عدد در مترمربع دیده شد. بر اساس تحقیق انجام شده توسط El-Sayed (۲۰۰۲) مشخص شد که افزایش وزن و نرخ رشد، همبستگی منفی با تراکم ذخیره بچه ماهی جوان تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) داشته و مقدار تولید آن با افزایش تراکم ذخیره کاهش یافت. در ماهی قزل آلی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) (Trenzado et al. 2006) و گونه دریایی *Barbodes gonionotus* (Faizul and Christianus, 2013) نیز نتایج مشابهی بدست آمد. Alameh (۲۰۱۰) گزارشی کرد که رشد ماهی قزل آلی رنگین کمان در تراکم بالا کاهش نشان می‌دهد. Fazaei و همکاران (۲۰۱۲) تأثیر تراکم را بر رشد و ضریب تبدیل غذایی ماهی قزل آلی رنگین کمان مورد بررسی قرار دادند و مشاهده کردند که با افزایش تراکم از ۵۰ به ۱۰۰ عدد در مترمربع از میزان عملکرد رشد کاسته شده و به ضریب تبدیل غذایی افزوده گردید. بررسی تراکم‌های مختلف ۱، ۱/۵ و ۲ کیلوگرم بر متر مربع ذخیره‌سازی فیل ماهی $1/5 \pm 25$ گرمی با نرخ تغذیه ۱، ۲ و ۳ درصد وزن بدن در روز غذادهی نتیجه شد که نرخ بهینه تغذیه و عملکرد رشد در تراکم ۱ کیلوگرم بر مترمربع و غذادهی ۳ درصد وزن بدن در روز بهتر بوده و تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارهای آزمایشی داشت (Momeni, Kharken Ghamsari, 2018).

می‌باشند. از آنجایی که در این تحقیق تمامی عوامل بجز تراکم ثابت بوده، علت اصلی تغییرات در ضریب تبدیل غذایی را می‌توان به تراکم ذخیره وابسته دانست. افزایش تراکم باعث کاهش بهره‌وری غذای مصرفی توسط ماهی و کاهش رشد شده و در نتیجه افزایش ضریب تبدیل غذایی را به دنبال داشته و همین امر باعث افزایش هزینه تولید خواهد شد (عالمه، ۱۳۸۹). همچنان که تراکم ذخیره خیلی بالا می‌تواند موجبات کاهش رشد و اتلاف هزینه تولید گردد تراکم‌های پایین نیز می‌تواند فاقد توجیه اقتصادی بوده و سبب کاهش سودآوری و ضرر و زیان به واحدهای تولیدی گردد. بنابراین تراکم ذخیره مطلوب برای گونه‌های مختلف آبزیان و مراحل تولید به‌منظور مدیریت بهینه، حداکثر تولید و سودبخشی نیاز به ارزیابی و تعیین دارد (Rowland et al. 2006).

به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که تراکم ذخیره بالا اثرات معنی‌داری بر رشد، بقا و تولید محصول ماهی سفید پیش‌پروری داشته و رابطه بین رشد ماهی و عملکرد تولید نهایی محصول ماهی خطی بود و با اینکه تعداد در واحد سطح پرورش تیمار ۱ با تراکم ۲۵ عدد در مترمربع بچه ماهیان نصف تیمار ۲ با تراکم بالای ۵۰ عدد در مترمربع بود ولی میزان تولید آن اختلاف معنی‌داری نشان داد.

تشکر و قدردانی

از همکاران بخش آبی‌پروری و بوم‌شناسی منابع آبی پژوهشکده آبی‌پروری آبهای داخلی و به ویژه همکاران مرکز بازسازی و حفاظت از ذخایر ژنتیکی ماهیان شهید انصاری رشت کمال تشکر و امتنان را داریم.

منابع

Abdelghany, A.E., Ahmad, H.M. 2002. Effects of feeding rate on growth and production of Nile tilapia, common carp and silver carp polyculture in fertilized ponds. *Aquaculture Research* 33: 415-423. doi: 10.1111/j.1749-7345.2002.tb00507.x .

Alam, T., Ishikawa, K., Yani, H. 2001. Methionine requirement of juvenile Japanese flounder *Paralichthys Olivaceus* estimated by the oxidation of radioactive methionine. *Aquaculture*

به کیفیت پایین آب، رقابت برای غذا، تعامل اجتماعی، رفتار تهاجمی و سوخت و ساز می‌باشد. تراکم‌های ذخیره بالا منجر به افت شرایط سلامتی و فیزیولوژی ماهی، کاهش تغذیه، کاهش تبدیل غذا به گوشت، کاهش رشد و در نهایت تلفات بیشتر می‌گردد. بنابراین، تراکم به عنوان عامل استرس‌زای مزمن شناخته شده است (Jorgensen et al. 1993; Trenzado et al. 2008). تمام عوامل استرس‌زای محیطی (از جمله تراکم) بر وضعیت سلامت ماهی اثر می‌گذارند و باعث انحراف ذخایر ریزمغذی‌های بدن (نظیر اسیدآسکوربیک، اسید دکوزاهگزانوئیک و فسفولیپید) از عملکرد اصلی خود شده و این ذخایر به جای اینکه صرف رشد شوند بیشتر صرف مقابله با شرایط موجود می‌شوند و به همین علت کاهش رشد را به دنبال دارد (Dabrowski et al. 1996). عوامل استرس‌زا دارای اثرات موقت می‌باشند به استثنای استرس ناشی از تراکم که در واقع استرس مزمن ایجاد می‌کند و همچنین تقاضا برای انرژی در ماهیان در تراکم‌های بالا افزایش می‌یابد، لذا ماهیان به تنظیمات متابولیک از قبیل تغییرات فعالیت‌های آنزیمی نیاز پیدا می‌کنند و در چنین شرایطی مصرف غذا کاهش می‌یابد و جهت تامین انرژی می‌بایست از ذخایر بدن استفاده شود که در نهایت سبب کاهش رشد می‌شود (Schreck et al. 1985; Vijayan et al. 1990). افزایش تراکم ذخیره ناشی از استرس (Leatherland and Cho, 1985) همراه با افزایش نیازهای انرژی سبب کاهش در رشد و بهره‌وری از غذا می‌گردد (Hengsatwat et al. 1997). عوامل متعددی نظیر میزان و دفعات غذایی، نوع خوراک مصرفی، شرایط اکولوژیک همچون عوامل فیزیکی و شیمیایی و همچنین تراکم ذخیره بر روی میزان ضریب تبدیل غذایی ماهیان پرورشی اثرگذار

Nutrition 7: 201-209. doi: 10.1046/j.1365-2095.2001.00171.x

Alameh, S.K. 2010. Investigation of density effects on the growth and feed conversion ratio of rainbow trout. *Pajouhesh and Sazandegi (in Animal and Fisheries Sciences)* 70: 23-27.

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 densities in a Senegalese sole (*Solea*

- senegalensis*) farm: Implications for growth, humoral immune parameters and oxidative status. *Aquaculture* 438: 6-11. doi: 10.1016/j.aquaculture.2014.12.034.
- AOAC. 2010. Official Method of Analysis of AOAC International, 19th edition. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Backiel, T., Le Cren, E.D. 1978. Some density relationship for fish population parameters. In: *The Ecology of Freshwater Fish Production*. In: Gerking, S.D. (ed.). Blackwell Scientific Publications, Oxford, 279-302.
- Barton, B.A., Iwama, G.K. 1991. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. *Aquaculture* 1: 3-26. doi: 10.1016/0959-8030(91)90019-G.
- Barua, G. 1990. Gonadal development and fry rearing of *Clarias batrachus*. PhD thesis, Department of Fisheries Biology and Limnology, Bangladesh Agricultural University, 310 p.
- Bolasina, S., Tagawa, M., Yamashita, Y., Tanaka, M. 2006. Effect of stocking density on growth, digestive enzyme activity and cortisol level in larvae and juveniles of Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture* 259: 432-443.
- Boyd, C.E. 1982. Water quality management for pond fish culture. Elsevier Science Ltd. 318 p.
- Braun, N., Lima de Lima, R., Baldisserotto, B., Dafre, A.L., Pires de Oliveira Nuñez, A. 2010. Growth, biochemical and physiological responses of *Salminus brasiliensis* with different stocking densities and handling. *Aquaculture* 301: 22-30. doi: 10.1016/j.aquaculture.2010.01.022.
- Canario, A.V.M., Condec, A.J., Power, D.M., Ingleton, P.M. 1998. The effect of stocking density on growth in the gilthead sea-bream, *Sparus aurata* (L.). *Aquaculture Research* 29: 177-181. doi: 10.1046/j.1365-2109.1998.00954.x.
- Dabrowski, K., Matusiewicz, M., Matusiewicz, K., Hoppe, P., Ebeling, J. 1996. Bioavailability of vitamin C from two ascorbyl monophosphate esters in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture* 2: 3-10. doi: 10.1111/j.1365-2095.1996.tb00002.x.
- Daryanabard, A. 2023. Stock Assessment and determination of the biological catch of economically important bony fishes in Iranian waters of the Caspian Sea. *Iranian Fisheries Science Research Institute*, 135 p.
- 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. doi: 10.1111/j.1095-8649.2002.tb00893.x.
- El-Sayed, A.F.M. 2002. Effects of stocking density and feeding levels on growth and feed efficiency of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fry. *Aquaculture Research* 33: 621-626. doi: 10.1046/j.1365-2109.2002.00700.x.
- Faizul, M.I.M., Christianus, A. 2013. Salinity and stocking density effect on growth and survival of *Barbodes gonionotus* (Bleeker, 1860) fry. *Journal of Fisheries and Aquatic Science* 8: 419.
- Fazaei, Z., Sajadi, M.M., Souri Nezhad, A., Asadi, R. 2012. The effects of rearing in different densities and supplementation of vitamin E in the diet on growth indices, survival, and carcass composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Aquatic Ecology*, 2, 44-55.
- Gonçalves de Oliveira, E., Pinheiro, A.B., Queiroz de Oliveira, V., Melo da Silva Júnior, A.L., Gazzineo de Moraes, M., Rocha, I.R.C.B., Rocha de Sousa, R., Farias Costa, F.H. 2012. Effects of stocking density on the performance of juvenile pirarucu (*Arapaima gigas*) in cages. *Aquaculture* 370: 96-101. doi: 10.1016/j.aquaculture.2012.09.027.
- 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. doi: 10.1016/j.gene.2004.06.020.

- Hengsawat, K., Ward, F.J., Jaruratjamorn, P. 1997. The effect of stocking density on yield, growth and mortality of African catfish (*Clarias gariepinus* Burchell 1822) cultured in cages. *Aquaculture* 152: 67-76. doi: 10.1016/S0044-8486(97)00008-2.
- Holm, J.C., Refstie, T., Bo, S. 1990. The effect of fish density and feeding regimes on individual growth rate and mortality on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 89: 225-232. doi: 10.1016/0044-8486(90)90128-A.
- Irwin, P.O., Halloran, J., FitzGerald, R.D. 1999. Stocking density, growth and growth variation in juvenile turbot, *Scophthalmus maximus* (Rafinesque). *Aquaculture* 178: 77-88. doi: 10.1016/S0044-8486(99)00122-2.
- Jorgensen, E.H., Christiansen, J.S., Jobling, M. 1993. Effects of stocking density on food intake, growth performance and oxygen consumption in Arctic charr (*Salvelinu salpinus*). *Aquaculture* 110: 191-204. doi: 10.1016/0044-8486(93)90272-Z.
- Kebus, M.J., Collins, M.T., Brownfield, M.S., Amundson, C.H., Kayes, T.B., Malison, J.A. 1992. Effects of rearing density on stress response and growth of rainbow trout. *Journal of Aquatic Animal Health* 4: 1-6. doi: 10.1577/1548-8667(1992).
- Kharken Ghamsari, M., Akrami, R., Ahmadi, Z. 2018. The interactive effect of density and feeding percentage on growth indices, blood factors, and some water quality parameters in juvenile cultured Beluga *Huso huso* (Linnaeus, 1758). *Journal of Applied Ichthyological Research* 6: 115-128.
- Kristiansen, T.S., Fernö, A., Holm, J.C., Privitera, L., Bakke, S., Fosseidengen, J. E. 2004. Swimming behavior as an indicator of low growth rate and impaired welfare in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) reared at three stocking densities. *Aquaculture* 230: 137-151. doi: 10.1016/S0044-8486(03)00436-8.
- Kuipers, K.L., Summerfelt, R.C. 1994. Converting pond-reared walleye fingerlings to formulated feeds: Effects of diet, temperature, and stocking density. *Journal of Applied Aquaculture* 4: 31-58. doi: 10.1300/J028v04n02_04.
- Lambert, Y., Dutil, J. D. 2001. Food intake and growth of adult Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) reared under different conditions of stocking density, feeding frequency and size-grading. *Aquaculture* 192: 233-247. doi: 10.1016/S0044-8486(00)00448-8.
- Leatherland, J.F., Cho, C.Y. 1985. Effect of rearing density on thyroid and interrenal gland activity and plasma hepatic metabolite levels in rainbow trout, *Salmo gairdneri*, Richardson. *Journal of Fish Biology* 27: 583-592. doi: 10.1111/j.1095-8649.1985.tb03203.x.
- Lefrancois, C., Claireaux, G., Mercier, C., Aubin, J. 2001. Effect of density on the routine metabolic expenditure of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 195: 269-277. doi: 10.1016/S0044-8486(00)00559-7.
- Lin, J.H., Gui, Y., Hung, S.S.O., Shiao S.Y. 1997. Effect of feeding strategy and carbohydrate source on carbohydrate utilization by white sturgeon and hybrid tilapia. *Aquaculture* 148: 201-211. doi: 10.1016/S0044-8486(96)01420-2.
- Meloti, P., Roncaratu, A., Angellotti, L., Dees, A., Magi, G.E., Mazzini C., Bianchi, C., Casciano, R. 2004. Effects of rearing density on rainbow trout welfare, determined by plasmatic and tissue parameters. *Italian Journal of Animal Science* 3: 393-400. doi: 10.4081/ijas.2004.393.
- Merino, G.E., Piedrahita, R.H., Conklin, D.E. 2007. The effect of fish stocking density on the growth of California halibut (*Paralichthys californicus*) juveniles. *Aquaculture* 176-186. doi: 10.1016/j.aquaculture.2007.01.028.
- Mohammadnejad Shemoushki, M., Karbakhsh Ravari, A., Mazini, M. 2013. Investigation of various densities on growth and survival indices of juvenile Kutum (*Rutilus frisii*) in the Caspian Sea. *Journal of Marine Biology* 4: 59-70.

- Mollah, M.F.A., Moniruzzaman, M., Rahman, M.M. 2015. Effects of stocking densities on growth and survival of Thai Sharpunti (*Barbonymus gonionotus*) in earthen ponds. *Journal of the Bangladesh Agricultural University* 9: 327-338.
- Momeni, V., Ghalichi, A., Jorjani, S. 2017. The role of density changes on some growth and hematological indices of rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*). *Journal of Aquaculture Development* 11: 111-122.
- 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. doi: 10.1023/A:1007719928905.
- North, B.P., Ellis, T., Turnbull, J.F., Davis, J., Bromage, N.R. 2006. Stocking density practices of commercial UK rainbow trout farms. *Aquaculture* 259: 260-267. doi: 10.1016/j.aquaculture.2006.05.043.
- Petit, G., Beauchaud, M., Buisson, B. 2001. Density effects on food intake and growth of largemouth bass (*Micropterus salmoides*). *Aquaculture Research* 32: 495-497. doi: 0.1046/j.1365-2109.2001.00589.x.
- Pourali, H.R., Mohseni, M. 2010. Composite biotechnology plan for *Huso huso* using Caspian Sea water (Phase I: Different densities and discharges). Organization for Research, Training and Promotion of Agriculture. Iranian Fisheries Research Institute, 106 p.
- 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. doi: 10.1111/j.1362109,2008,02020.x.
- Rahman, M., Ferdous, Z., Mondal, S., Amin, M.R. 2015. Stocking density effects on growth indices, survival and production of Thai Sharpunti, *Barbonymus gonionotus* (Cyprinidae: Cypriniformes) reared in earthen Ponds. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies* 2: 350-353. doi: 10.22271/fish.
- Rowland, S.J., Mifsud, C., Nixon, M., Boyd, P. 2006. Effects of stocking density on the performance of the Australian freshwater silver perch (*Bidyanus bidyanus*) in cages. *Aquaculture* 253: 301-308. doi: 10.1016/j.aquaculture.2005.04.049.
- Rui, L.I.A.O., Youjun, O.U., Xiaowei, G.O.U. 2006. A review: Influence of stocking density on fish welfare mortality, growth, feeding and stress response. *South China Fisheries Science* 2: 76-80. doi: 10.12131/20230159.
- 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 system. *African Journal of Agricultural Research* 9: 812-822. doi: 10.5897/AJAR2013.7888.
- Sammouth, S., Roque d'Orbcastel, E., Gasset, E., Lemarie', G., Breuil, G., Marino, G., Coeurdacier, J.L., Fivelstad, S., Blancheton, J.P. 2009. The effect of density on sea bass (*Dicentrarchus labrax*) performance in a tank-based recirculating system. *Aquacultural Engineering* 40: 72-78. doi: 10.1016/j.aquaeng.2008.11.004.
- Schreck, C.B., Patino, R., Pring, C.K., Winton, J.R., Holway, J.E. 1985. The effect of rearing density on indices of the smoltification and performance of coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. *Aquaculture* 45: 345-358. doi: 10.1016/0044-8486(85)90280-7.
- Seyyed Hasani, M.H., Alipour, A., Yousefi Jordehi, A., Yeganeh, H. 2018. Effect of stocking density on growth and stress indices of cultured Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) juveniles in fiberglass tanks. *Physiology and Animal Evolution Journal (Journal of Plasma and Biomarkers)* 11: 27-40.
- Sloman, K.A., Armstrong, J.D. 2002. Physiological effects of dominance hierarchies: Laboratory artifacts' or

- natural phenomena? *Journal of Fish Biology* 61: 1-23. doi: 10.1111/j.1095-8649.2002.tb01733.x.
- Tacon, A.G. 1990. Standard methods for the nutrition and feeding of farmed fish and shrimp. Vol. 3. Feeding methods. Argent Laboratories Press, Redmond, Washington, USA, 208 p.
- Trenzado, C.E., Morales, A.E., de la Higuera, M. 2006. Physiological effects of crowding in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, selected for low and high stress responsiveness. *Aquaculture* 258: 583-593. doi: 10.1016/j.aquaculture.2006.03.045.
- Valipour A.R., Khanipour A.A. 2010. Kutum, jewel of the Caspian Sea. Iranian Fisheries Research Organization, 95 p.
- Valipour, A., Maghsoudiyeh Kohen, H., 2018. The study of stocking density effect on growth and survival of juvenile kutum (*Rutilus frisii*) with Caspian Sea water. *Journal of Applied Ichthyological Research* 6: 131-144.
- Vazzana, M., Cammarata, M., Cooper E.L., Parrinello, N. 2002. Confinement stress in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) depresses peritoneal leukocyte cytotoxicity. *Aquaculture* 210: 231-243. doi: 10.1016/S00448486(01)3-00818.
- Vijayan, M.M., Leatherland, J.F. 1988. Effect of stocking density on the growth and stress-response in brook charr, *Salvelinus fontinalis*. *Aquaculture* 75: 159-170. doi: 10.1016/0044-8486(88)90029-4.
- Vijayan, M.M., Ballantyne, J.S., Leatherland, J.F. 1990. High stocking density alters the energy metabolism of brook charr, *Salvelinus fontinalis*. *Aquaculture* 88: 371-381. doi: 10.1016/0044-8486(90)90162-G.
- Yin, Z., Lam, T.J., Sin, Y.M. 1995. The effects of crowding stress on the non-specific immune response in Fancy carp (*Cyprinus carpio* L). *Fish and Shellfish Immunology* 5: 519-529. doi: 10.1016/S1050-4648(95)80052-2.