



University of Guilan with collaboration of Iranian
Aquaculture Society

Aquatic Animals Nutrition

Vol. 11, No. 1, 2025, pages: 89-104
DOI: 10.22124/janb.2025.29664.1274



RESEARCH PAPER

OPEN ACCESS

Effects of density on the survival rate and growth performance of grow-out Kutum, *Rutilus frisii* (Nordmann, 1840) in earthen pond

Alireza Valipour, Danial Goroohi, Mohammad Sayyad Bourani, Mahmoud Hafezieh³,
Homayoun Hosseinzadeh Sahafi³, Mansour Sharifian³

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

3- Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received 24 January 2025

Revised 11 March 2025

Accepted 12 March 2025

Published online 05 June 2025

KEYWORDS ABSTRACT

Kutum
Stocking
density
Growth
Survival

Introduction: The Kutum (*Rutilus frisii*), a member of the Cyprinidae family, is a unique species of bony fish native to the Iranian shores of the Caspian Sea. It has significant potential as a suitable candidate for introduction to aquaculture industry in Iran. Stocking density is a critical factor in fish pond management, as it often negatively impacts fish growth and welfare in aquatic environments. The negative impact of stocking density on growth performance is primarily due to the induction of stress in fish, leading to reduced feeding and growth rates. Among the most significant reasons for the occurrence of stress in this context are the interactions between fish, competition for food resources, and the habitat required. Therefore, determining the optimal stocking density for Kutum during the grow-out phase in earthen ponds is essential for enhancing productivity and maximizing economic profitability.

Materials and Methods: In this research, the growth performance and survival rate of Kutum were evaluated in the grow-out stage with an average weight of 60.89 ± 7.21 g in two densities of 5600 and 8000 fish per hectare in 700 m² earthen ponds during the 3-month period. The fish were fed to satiation with extruded feed twice daily at 9:00 AM and 1:00 PM. The physical and chemical parameters of the water, including temperature, dissolved oxygen, nitrite, nitrate, ammonia, phosphate, and bicarbonate were measured using the AOAC (2023)

method. Plankton and benthos sampling and identifying were conducted seasonally during summer and autumn from earthen ponds based on standard methods. To evaluate growth trends based on experimental treatments, Kutum were biometrically assessed. The length and weight of 50 fish were measured each time using a biometric board and a scale with an accuracy of 0.01 g. The growth indices and survival rate were calculated by reference formulas. For data analysis, One-way analysis of variance (ANOVA) was used. Additionally, Duncan's multiple range test was employed to examine the significance of mean differences among experimental treatments. Data evaluation was performed using SPSS software.

Results and Discussion: The results showed that the growth performance of Kutum decreased significantly by the elevation of density ($P \leq 0.01$). The average percentages of weight gain in the first and second treatments were 248.62 ± 102.04 and 115.58 ± 49.51 g and the average food conversion ratio were 2.15 ± 0.92 and 4.23 ± 1.64 , respectively, and the difference between the treatments was significant ($P \leq 0.01$). Also, the difference between the 1st and 2nd treatments in the retention rate of the reared fish at the end of the rearing period was not significant and it was 80.58 ± 2.43 and 76.07 ± 3.51 , respectively ($P > 0.01$). The amount of final fish crop in treatment 1 was higher than in treatment 2; 1646.51 ± 109.55 and 1589.91 ± 88.94 kg/ha, respectively, but the difference between the treatments was not significant. The results of our study showed that the average data for the earthen ponds during the farming period fell within the standard range for warm-water fish, and this indicates the suitable condition of the measured parameters during various stages of farming throughout the production period. Higher stocking density led to a reduction in the diversity and abundance of live food (benthos and zooplankton) in the pond due to faster consumption by the fish within a shorter period during the farming cycle. Our study has shown that fish at higher densities are exposed to increased competition for food and space, leading to physiological stress. This can result in reduced growth indices, feeding efficiency, feed conversion efficiency, product yield, and survival rates. The results of our study align with findings from other researchers regarding the effects of stocking density on the performance of other aquatic species.

Conclusion: In general, this study concluded that high stocking density has significant effects on the growth, survival, and production yield of Kutum during the grow-out stage. Therefore, it is recommended to stock 5,600 Kutum per hectare in 700-m² earthen ponds to achieve higher production with optimal performance.

*Corresponding author: valipour40@gmail.com





"مقاله پژوهشی"

تأثیر تراکم در رشد و زنده‌مانی ماهی سفید (*Rutilus frisii* (Nordmann, 1840) پروراری در استخر خاکی

علیرضا ولی پور^{۱*}، دانیال گروهی^۲، محمد صیاد بورانی^۱، محمود حافظیه^۳، همایون حسین زاده صحافی^۳، منصور

شریفیان^۳

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

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

۳- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، تهران، تهران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۰۵ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۲ تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۳/۱۵

کلمات کلیدی

چکیده

ماهی سفید (*Rutilus frisii*) گونه‌ای منحصربه‌فرد از ماهیان استخوانی بومی در سواحل ایرانی دریای خزر است که می‌تواند یکی از ماهیان مناسب برای معرفی به صنعت آبی پروری ایران باشد. در این تحقیق عملکرد رشد و ماندگاری ماهی سفید پرورشی در مرحله پروراری با میانگین وزنی $7/21 \pm 60/89$ گرمی در دو تراکم ۵۶۰۰ و ۸۰۰۰ عدد در هکتار در استخرهای خاکی ۷۰۰ مترمربعی در دوره پرورش ۳ ماهه ارزیابی شد. نتایج نشان داد که با افزایش تراکم، عملکرد رشد ماهی سفید کاهش معنی‌دار پیدا کرد ($P \leq 0/01$). میانگین درصد افزایش وزن در تیمارهای اول و دوم به ترتیب $102/04 \pm 248/62$ و $49/51 \pm 115/58$ و میانگین ضریب تبدیل غذایی به ترتیب $2/15 \pm 0/92$ و $4/23 \pm 1/64$ به‌دست آمد و اختلاف بین تیمارها معنی‌دار بود ($P \leq 0/01$)، ولی بین تیمارهای ۱ و ۲ در میزان ملندگاری بچه ماهیان پرورشی در پلایان دوره پرورش اختلاف معنی‌دار نبود و به ترتیب $2/43 \pm 80/58$ و $3/51 \pm 76/07$ درصد به‌دست آمد ($P \geq 0/01$). میزان تولید محصول نهایی در تیمار ۱ بیش از تیمار ۲ و به ترتیب $109/55 \pm 1646/51$ و $88/94 \pm 1589/91$ کیلوگرم/هکتار بود، ولی اختلاف بین تیمارها معنی‌دار نبود ($P \geq 0/01$). به طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که پرورش بچه ماهی سفید در استخرهای خاکی در مرحله پروراری با تراکم ۵۶۰۰ عدد در هکتار برای دستیابی به عملکرد بهتر ماهی سفید مناسب‌تر است.

مقدمه

در حال حاضر، آبی‌پروری یکی از مهم‌ترین منابع تولید پروتئین حیوانی در کشور محسوب می‌شود، به‌طوری‌که از کل تولید آبزیان در کشور (۱۳۵۲ هزار تن) بیش از ۴۴٪ آن از طریق آبی‌پروری (بیش از ۶۰۱ هزار تن) تأمین می‌شود (Shilat Statistical Yearbook, 2023).

ماهی سفید از خانواده کپور ماهیان (Cyprinidae) و گونه‌ای مهاجر است و دوران تغذیه و رشد خود را در دریای خزر سپری و برای تولیدمثل به رودخانه‌های حوزه جنوبی مهاجرت می‌کند (Valipour and Khanipour, 2009). ماهی سفید بیش از ۵۰/۸٪ از کل صید ماهیان استخوانی در دریای خزر را به خود اختصاص می‌دهد، اما با وجود این، صید آن در سال‌های اخیر کاهش محسوسی یافته و در ده سال اخیر از ۱۰۶۹۱ تن در ۹۱-۱۳۹۰ به حدود ۴۹۳۸ تن در ۰۱-۱۴۰۰ یعنی کمتر از ۵۰٪ رسیده است (Daryanabard, 2023). این ماهی با توجه به ارزش غذایی بالا، کیفیت عالی گوشت و لذیذ بودن، مورد توجه ساحل‌نشینان، مردم کشور ما و حتی مردم دیگر کشورهای حاشیه این دریاست. بنابراین، با توجه به ارزش و اهمیت ماهی سفید، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور به دنبال آن است که با انجام تحقیقات کاربردی آن را به عنوان یک گونه جدید و راهبردی به صنعت آبی‌پروری کشور برای پرورش در استخرهای خاکی، قفس‌های پرورشی و اراضی ساحلی دریای کاسپین معرفی کند (Valipour et al. 2023). تاکنون در زمینه پرورش ماهی سفید تحقیقات اندکی در مرحله بچه ماهی ۱ تا ۵ گرمی انجام شده است.

در پژوهشی وزن ماهی سفید در پرورش چندگونه‌ای آن با کپورماهیان چینی به حدود ۲۰۰ گرم رسید (Danesh, 1997). 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 میانگین وزن ۰/۸ ± ۳۴۸ گرم بررسی کردند که نتایج نشان داد تراکم ۳۰ عدد در مترمربع تأثیر بهتری بر عملکرد رشد و شاخص‌های افزایش وزن، نرخ رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی دارد، ولی بیشترین ماندگاری در تراکم ۱۰ عدد در مترمربع دیده شد. در تحقیقاتی دیگر اثر منفی تراکم بر عملکرد رشد و ماندگاری

بچه‌ماهی سفید در حوضچه‌های بتونی با آب لب شور دریای کاسپین (Valipour and Maghsoodi Kohan, 2018) و ماهی سفید پیش‌پروری در حوضچه‌های بتونی با آب شیرین مشاهده شد (Valipour et al. 2023).

تراکم ذخیره ماهی، عاملی کلیدی در تعیین مدیریت استخر ماهی است و به طور معمول اثرات منفی بر رشد و رفاه ماهی در محیط آب دارد (Quan et al. 2020). محققان علت کاهش رشد در تراکم‌های بالا را به عواملی از قبیل کاهش مصرف غذا و کنش‌های متقابل اجتماعی نسبت داده و مشاهده کردند که تراکم ذخیره‌سازی تأثیر بسیار زیادی بر سوخت و ساز بدن، عملکرد رشد و تنش ناشی از اسارت در محیط پرورش رفتار ماهی، سلامتی، کیفیت آب، تغذیه و بازده خوراک مصرفی، رقابت برای غذا، تولیدمثل، فیزیولوژی، عوامل هورمونی، فعالیت‌های ایمنی، زنده‌مانی، کیفیت گوشت و بهره‌وری و سودآوری تولید در کارگاه‌های آبی‌پروری دارد (Gonçalves de Oliveira et al. 2012; Samad et al. 2014; Lin et al. 2018; Refaey et al. 2018; Anand et al. 2019; Manduca et al. 2021). به طور کلی، تراکم ممکن است عامل ایجاد تنش و باعث کاهش وزن (Irwin et al. 1999; Rowland et al. 2006) و یا فاکتور بازدارنده رشد (Meloti et al. 2004) در ماهیان به‌خصوص گونه‌های گوشت‌خوار باشد. تأثیر منفی تراکم بر عملکرد رشد، عمدتاً به دلیل بروز تنش ناشی از آن در ماهی و در نتیجه، کاهش تغذیه و نرخ رشد است (Samad et al. 2014) و از مهم‌ترین دلایل بروز تنش در این رابطه می‌توان به روابط متقابل بین ماهیان، رقابت بر سر منابع غذایی و فضای مورد نیاز اشاره کرد (Kristiansen et al. 2004). به طور کلی، با افزایش تولید ماهی سفید از طریق پرورش مصنوعی امکان عرضه بیشتر آن در کشور و بالا رفتن مصرف سرانه این آبی با ارزش فراهم خواهد شد و طیف وسیعی از مردم کشورمان امکان مصرف آن را خواهند داشت. ضمن اینکه پرورش‌دهندگان نیز با توجه به قیمت قابل ملاحظه آن نسبت به دیگر آبزیان پرورشی، از سود و منفعت مناسب‌تری برخوردار شده و موجبات افزایش تنوع آبزیان پرورشی فراهم خواهد شد. بنابراین، هدف از انجام این تحقیق، دستیابی به تراکم ذخیره‌سازی مناسب پرورش ماهی سفید در مرحله

پروراری در استخرهای خاکی برای بهبود و دستیابی به بیشینه سود اقتصادی بوده است.

مواد و روش‌ها

ماهیان آزمایشی

ماهیان سفید با میانگین درازا و وزن اولیه $0.59 \pm 19/33$ سانتی‌متر و $7/21 \pm 60/89$ گرم، حاصل پرورش در مرحله بچه ماهی در استخرهای خاکی مرکز بازسازی و حفاظت از ذخایر ژنتیکی ماهیان شهید انصاری رشت و مرحله پیش-پروراری در استخرهای خاکی ایستگاه تحقیقاتی تکثیر و پرورش آبزیان شولم (فومن، گیلان) بودند.

آماده‌سازی استخرهای خاکی برای پرورش ماهیان

این تحقیق در مرحله پرورش ماهیان پروراری در استخرهای خاکی ۷۰۰ مترمربعی ایستگاه تحقیقاتی تکثیر و پرورش آبزیان شولم انجام شد. ابتدا استخرهای خاکی پرورشی کاملاً تخلیه شدند تا در معرض اکسایش کف بستر قرار گرفته، خشک شده تا موجبات از بین رفتن موجودات زنده مزاحم در استخرها فراهم شود. پس از آن، برداشت علوفه و تمیزکاری کف و آماده‌سازی استخرها شامل مراحل زیر انجام شد: استفاده از کود آلی (گاوی) قبل از

آبگیری و پس از آبگیری استخرها در طی دوره پرورش برای غنی‌سازی و تولید موجودات زنده غذایی پلانکتونی و کفزیان به میزان ۱/۵ تن در هکتار (Valipour and Khanipour, 2009)، آهک‌پاشی برای ضدعفونی کردن استخرها و ایجاد شرایط تامپونی مناسب و تعدیل pH به میزان یک تن در هکتار (Valipour and Khanipour, 2009)، آبگیری استخرها از آب‌های سطحی و آب چاه ذخیره شده در استخر مادر و فنس‌کشی دورتادور استخر و نخ‌کشی با نخ ابریشمی روی استخرها برای جلوگیری از ورود موجودات شکارچی و مزاحم.

تیمارهای آزمایشی و غذای ماهیان

تیمارهای آزمایشی شامل تراکم‌های ذخیره‌سازی ۵۶۰۰ عدد و ۸۰۰۰ عدد در هکتار ماهی سفید بودند. برای هر تیمار سه تکرار آزمایشی در نظر گرفته شد. برای تغذیه ماهیان بر اساس موجود بودن در بازار و قیمت مناسب، از غذای اکستروود ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان شرکت دردانه (برای بچه‌ماهیان تا ۵۰ گرم) و شرکت فرادانه (برای ماهیان بزرگ‌تر در مراحل بعدی پرورش؛ جدول ۱) در دو وعده در ساعات ۹ صبح و ۱۳ ظهر هر روز در حد سیری استفاده شد (Valipour et al. 2023).

جدول ۱ سنجش تقریبی جیره غذایی مورد استفاده برای تغذیه ماهی سفید (*Rutilus frisii*) در مرحله پروراری

Table 1 Proximate analysis of diet used to feed Kutum (*Rutilus frisii*) in the growing stage

Proximate analysis	Dordaneh Co. ¹	Faradaneh Co. ²	
	FFT ₁	GFT ₁	GFT ₂
Crude protein (%)	42	38-42	40-44
Crude fat (%)	12	13-17	12-16
Crude fiber (%)	2.5	2-4	2-4
Ash (%)	12	7-11	7-11
Moisture (%)	10	5-11	5-11
Phosphorus (%)	1.7	1-1.5	1-1.5
Food shape	float	float	float
Food size (mm)	3 ± 0.3	5 ± 0.4	6 ± 0.5
Fish weight (g)	12-50	50-100	100-250
Feeding (times/day)	2	2	2

^۱ شرکت دردانه، چهارمحال و بختیاری؛ ^۲ شرکت فرادانه، شهرکرد

¹ Dordaneh Co., Chahar Mahal and Bakhtiari Province, Iran; ² Faradaneh Co., Shahrkord, Iran

اندازه گیری عوامل فیزیکی و شیمیایی آب

عوامل فیزیکوشیمیایی آب شامل دما (با دماسنج شیشه-ای الکلی با دقت ۰/۱ درجه سانتی گراد)، اکسیژن محلول، نیتريت، نیترات، آمونیاک، فسفات، بی کربنات به روش AOAC (۲۰۲۳) و هدایت الکتریکی آب (EC) و pH با استفاده از دستگاه مولتی متر اندازه گیری شد.

شناسایی و تعیین فراوانی موجودات زنده پلانکتونی در استخرهای پرورشی

شناسایی و تعیین فراوانی پلانکتون

نمونه برداری پلانکتونی به صورت فصلی در تابستان و پاییز در هر مرحله از پرورش ماهیان از استخرهای خاکی به روش پیمانه ای (برداشت مستقیم توسط سطل مدرج) و شناسایی پلانکتون ها با استفاده از منابع مختلف انجام شد (Presscot, 1970; Pontin, 1978; Sourina, 1978; Maosen, 1983; Krovchinsky and Smirnov, 1994; Bellinger and Sige, 2010).

شناسایی و تعیین فراوانی کفزیان

نمونه برداری کفزیان از بستر استخرهای خاکی پرورشی توسط بنتوزگیر اکمان با سطح مقطع ۲۲۵ سانتی متر مربع یا ۴۰۰ سانتی متر و با ۳ تکرار انجام شد. در آزمایشگاه، گروه های کفزیان پس از جداسازی با استفاده از کلیدهای موجود (Pennak, 1953; Needham and Needham, 1962; Mellenby, 1963; Meritt et al. 2008) شناسایی و شمارش، و پراکنش آنها در استخرها بر اساس واحد تعداد در مترمربع و درصد تعیین شد.

تعیین شاخص های رشد و ماندگاری

برای بررسی روند رشد بر اساس تیمارهای آزمایشی ماهیان سفید در ۳ نوبت شامل زمان شروع و معرفی ماهیان به استخرهای خاکی، میان دوره و انتهای دوره پرورش، زیست سنجی و درازا (به سانتی متر) و وزن (به گرم) ۵۰ عدد از آنها در هر نوبت به ترتیب با تخته زیست سنجی و ترازوی AND با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه گیری و شاخص های زیر محاسبه شد:

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

$$PLG (\%) = (Lf - Li) / Li \times 100$$

Li = درازای نهایی (سانتیمتر)، Lf = طول اولیه (سانتیمتر)

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

$$PWG (\%) = (Wf - Wi) / Wi \times 100$$

Wi = وزن نهایی (گرم)، Wf = وزن اولیه (گرم)

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

$$SGR (\%) = ((\ln Wf - \ln Wi) / d) \times 100$$

LnWf = لگاریتم وزن نهایی بدن (گرم)، LnWi = لگاریتم وزن اولیه بدن (گرم)، d = تعداد روزهای پرورش

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

$$MDWG = (Wf - Wi) / d$$

ضریب چاقی یا شاخص وضعیت (Condition Factor) (Austreng, 1978)

$$CF = Wf / Lf^3 \times 100$$

درصد مصرف غذای روزانه (Daily Food Consumption):

$$DFC (\%) = ((FC / Wf) \times d) / 2 \times 100$$

FC = غذای مصرفی (گرم)

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

$$FCR = FC/WG$$

WG = وزن اولیه (گرم) - وزن نهایی (گرم)

درصد زنده‌مانی (Survival Rate) بچه ماهیان آزمایشی

$$SVR (\%) = Nf/Ni \times 100$$

Nf = تعداد ماهیان در انتهای دوره پرورش، Ni = تعداد ماهیان در ابتدای دوره پرورش

تجزیه و تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها ابتدا نرمالیت آنها از طریق آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شده و با توجه به نرمال بودن آنها از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (ANOVA) استفاده شد. همچنین، برای بررسی معنی‌دار بودن میانگین‌ها در تیمارهای آزمایشی از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. ارزیابی داده‌ها در نرم‌افزار SPSS 26 و تهیه شکل‌ها در نرم‌افزار Excel 2016 انجام شد.

نتایج

وضعیت عوامل فیزیکوشیمیایی آب استخرهای

پرورشی

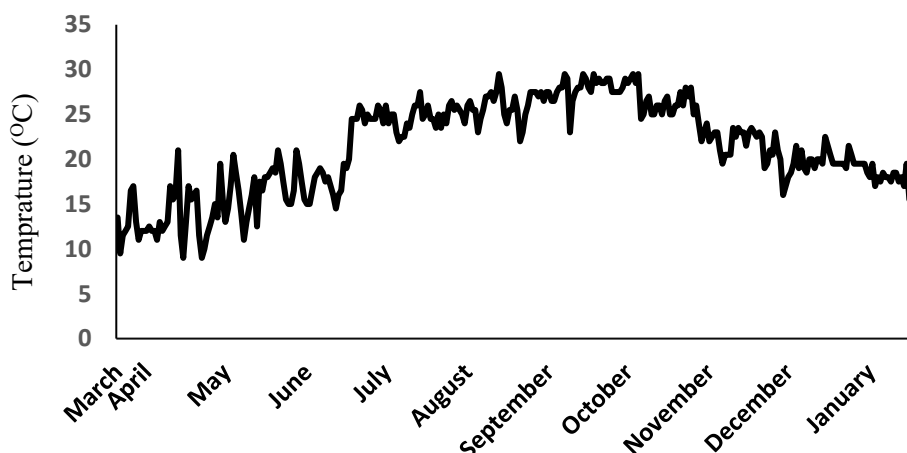
بر اساس داده‌های جدول ۲، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی از نظر عوامل فیزیکی و شیمیایی وجود نداشت ($P > 0.05$). میزان اکسیژن محلول به میزان ۷/۳ میلی‌گرم در لیتر بود. میانگین، کمینه و بیشینه دمای هوا در دوره پرورش به ترتیب $1/85 \pm 21/31$ ، ۶ و ۳۴ و دمای آب استخرها $5/24 \pm 22/23$ ، ۱۲ و ۳۲ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد (شکل ۱).

تغییرات عوامل زیستی

از نظر جمعیت پلانکتونی تفاوتی بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد ($P > 0.05$). در مجموع، از نظر کیفی ۵ شاخه و ۴۱ جنس فیتوپلانکتون به ترتیب با غالبیت شاخه Chlorophyta ۱۵ جنس، شاخه Ochrophyta ۸ جنس، شاخه Cyanobacteria ۷ جنس، شاخه Euglenozoa ۳ جنس و شاخه Myzozoa ۲ جنس در هر دو تیمار شناسایی شد. از زئوپلانکتون نیز ۳ شاخه و ۱۵ جنس زئوپلانکتون به ترتیب با غالبیت تنوع گونه‌ای شاخه Rotifera ۸ جنس، شاخه Arthropoda ۴ جنس و شاخه Rhizopoda ۳ جنس شناسایی شدند. از کفزیان در تیمار اول ۳ راسته و ۳ خانواده و در تیمار دوم ۴ راسته و ۴ خانواده شناسایی شدند که از نظر فراوانی خانواده Chironomidae و خانواده Macrobrachidae به ترتیب بیشترین تعداد در مترمربع را داشتند و تفاوت معنی‌دار بین تیمارها مشاهده نشد ($P > 0.05$).

جدول ۲ عوامل فیزیکی و شیمیایی آب استخرهای خاکی پرورش ماهی سفید (*Rutilus frisii*)Table 2 Physical and chemical factors of water in Kutum (*Rutilus frisii*) rearing in earthen ponds

Parameters	Treatment 1		Treatment 2	
	Mean	std	Mean	std
EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	285	24.749	277	19.092
pH	7.650	0.007	7.620	0.057
N-NO ₂ (mg/L)	0.034	0.015	0.028	0.008
N-NO ₃ (mg/L)	0.048	0.002	0.033	0.001
N-NH ₄ (mg/L)	0.313	0.027	0.230	0.002
N-NH ₃ (mg/L)	0.003	0.001	0.002	0.000
P-PO ₄ (mg/L)	0.014	0.002	0.019	0.000
HCO ₃ (mg/L)	312.63	2.16	280.60	25.88
CO ₂ (mg/L)	2.0	0.354	1.75	0.707
DO (mg/L)	7.28	0.035	7.38	0.318
Fe ⁺² (mg/L)	Trace	Trace	Trace	Trace

شکل ۱ تغییرات درجه حرارت آب (سانتی گراد) استخرهای خاکی پرورش ماهی سفید (*Rutilus frisii*) در ۱۴۰۲Figure 1 Alterations in water temperature (°C) of earthen ponds of rearing Kutum (*Rutilus frisii*) in 2023

شاخص‌های رشد

شاخص‌های رشد و ماندگاری ماهیان سفید پرورشی در تراکم‌های مختلف در مرحله پرورشی در جدول ۳ ارائه شده است. میانگین، بیشترین و کمترین میزان درازای نهایی در تیمار ۱ به ترتیب $1/573 \pm 29/69$ ، $33/31$ و $29/18$ سانتی‌متر بود و در تیمار ۲ معادل $1/467 \pm 24/13$ ، $28/65$ و $23/74$ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. همچنین، تغییرات درازای بدن نشان داد که با افزایش تراکم ذخیره‌سازی درصد افزایش درازای بدن کاهش یافته و اختلاف آن در تیمار ۱ با

میانگین $21/54 \pm 55/02\%$ و تیمار ۲ با $11/37 \pm 27/30\%$ معنی‌دار بود ($P < 0/01$). شاخص‌های وزن بدن نشان داد که تیمار با تراکم پایین، افزایش وزن بیشتری نسبت به تراکم بالا داشت و تفاوت بین تیمارهای آزمایشی ۱ و ۲ معنی‌دار بود ($P < 0/01$). میانگین، بیشترین و کمترین میزان وزن نهایی در تیمار ۱ به ترتیب $27/13 \pm 12/62$ ، 369 و 125 گرم بود و در تیمار ۲ معادل $30/15 \pm 131/27$ ، 205 و 93 گرم اندازه‌گیری شد. درصد افزایش وزن در تیمار ۱ برابر $102/04 \pm 248/62\%$ و در تیمار ۲ معادل $49/51 \pm 115/58\%$ به دست

۱۲/۰۹ اندازه‌گیری شد و اختلاف آن‌ها با یکدیگر معنی‌دار بود ($P < 0/01$). میانگین تغییرات میزان درصد ماندگاری بچه ماهیان پروراری در تیمار ۱ به میزان $80/58 \pm 2/43$ درصد و تیمار ۲ معادل $7/51 \pm 76/3$ درصد بود ولی تفاوت آماری معنی‌دار بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد ($P > 0/01$). میزان محصول نهایی در مرحله پروراری در تیمار ۱ ماهیان سفید پرورشی $109/55 \pm 1646/5$ کیلوگرم در هکتار و بیش از تیمار ۲ با مقدار $88/94 \pm 1589/91$ کیلوگرم در هکتار بود، ولی تفاوت بین تیمارها معنی‌دار نبود ($P > 0/01$).

آمد و تفاوت بین تیمارها معنی‌دار بود ($P < 0/01$). میانگین نرخ رشد ویژه در تیمارهای آزمایشی ۱ و ۲ به ترتیب $0/42 \pm 1/72$ و $0/31 \pm 1/06$ محاسبه شد و تفاوت بین تیمارهای آزمایشی معنی‌دار بود ($P < 0/01$). ضریب تبدیل غذا در تیمار ۱ با تراکم پایین‌تر $2/15 \pm 0/92$ و در تیمار ۲ معادل $1/64 \pm 4/23$ به‌دست آمد و تفاوت بین تیمارها معنی‌دار نشان داد ($P < 0/01$). از نظر فاکتور چاقی نیز اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی دیده شد ($P < 0/01$). درصد مصرف غذای روزانه در مرحله پروراری در تیمار با تراکم بیشتر بالاتر از تیمار با تراکم پایین‌تر بود و به ترتیب $2/62 \pm 6/15$ و $4/69 \pm$

جدول ۳ تغییرات شاخص‌های رشد و ماندگاری ماهی سفید (*Rutilus frisii*) در مرحله پروراری

Table 3 Changes in the growth indices and survival of Kutum (*Rutilus frisii*) in the growing stage

	Treatment 1			Treatment 2			ANOVA
	Mean	min	max	Mean	min	max	
Initial length (g)	19.33 $\pm$ 0.59	18.6	20.3	19.33 $\pm$ 0.59	18.6	20.3	-
Final length (g)	29.97 $\pm$ 4.16	29.18	33.310	24.61 $\pm$ 2.20	23.74	28.650	0.000
Initial weight (g)	60.89 $\pm$ 7.21	51.49	69	60.89 $\pm$ 7.21	51.49	69	-
Final weight (g)	212.27 $\pm$ 62.13 ^a	125	369	131.27 $\pm$ 30.15 ^b	93	205	0.000
LG (%)	55.02 $\pm$ 21.54 ^a	24.16	101.24	27.30 $\pm$ 11.37 ^b	11.23	52.61	0.000
WG (%)	248.6 $\pm$ 102.04 ^a	105.29	506.01	115.6 $\pm$ 49.51 ^b	52.73	236.67	0.000
WG (g)	151.38 $\pm$ 62.13 ^a	64.11	308.11	70.73 $\pm$ 30.17 ^b	32.11	144.11	0.000
SGR (%/day)	1.72 $\pm$ 0.42 ^a	1.03	2.57	1.06 $\pm$ 0.31 ^b	0.61	1.73	0.000
FCR	2.15 $\pm$ 0.92 ^b	0.89	4.27	4.23 $\pm$ 1.64 ^a	1.75	7.85	0.000
CF	0.78 $\pm$ 0.11 ^b	0.58	0.96	0.87 $\pm$ 0.09 ^a	0.70	1.16	0.021
DFC (%)	6.15 $\pm$ 2.62 ^b	2.54	12.21	12.09 $\pm$ 4.69 ^a	5.00	22.42	0.000
MDWG (g/day)	2.16 $\pm$ 0.89 ^a	0.92	4.40	1.00 $\pm$ 0.43 ^b	0.46	2.06	0.000
SVR (%)	80.58 $\pm$ 2.428	78.50	83.25	76.07 $\pm$ 3.511	72.86	79.82	0.222
FinBioss/ha	1646.5 $\pm$ 109.55	1558.7	1769.3	1589.9 $\pm$ 88.94	1488.6	1654.9	0.525

میانگین و انحراف معیار (Mean $\pm$ SD) با حروف متفاوت در ردیف‌های یکسان نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار آماری است ($P \leq 0/01$).

بحث

متراکم شاخص کلیدی است که دوام و سود اقتصادی سیستم تولید را تعیین می‌کند (Rahman et al. 2015). در مقابل، برخی از ماهیان همچون کفشک (*Solea senegalensis*) (Andrade et al. 2015) و چار قطبی (*Salvelinus alpinus*) (Jørgensen et al. 1993) افزایش تراکم اثر مثبت بر عملکرد رشد و تولید داشته و این ماهیان می‌توانند شلوغی و تراکم شدید، رقابت برای غذا و محدودیت اکسیژن محلول را تحمل کنند.

از مهم‌ترین عناصر مؤثر بر رشد و بهره‌وری ماهی در استخرهای آبی‌پروری اندازه و تراکم ذخایر ماهی است (Mazlum, 2007; Garr et al. 2011; Kunda et al. 2021). تراکم می‌تواند به‌عنوان عامل ایجاد تنش باعث اثرات ثانویه بر کاهش وزن بوده (Irwin et al. 2006; Rowland et al. 1999) و یا فاکتور بازدارنده رشد (Meloti et al. 2004) در ماهیان به‌خصوص گونه‌های گوشت‌خوار باشد. تراکم ذخیره در آبی‌پروری

بر اساس نتایج تحقیق حاضر کفزیانی از خانواده شیرونومیده در مرحله پروراری هم از نظر فراوانی و هم زی توده در استخرهای خاکی پرورشی که ماحصل پایش کوددهی مناسب در ابتدای دوره پرورش در زمان آبگیری استخرها و طی دوره پرورش بیشترین غالبیت را داشته و از منابع غذایی مهمی برای تغذیه ماهیان همه چیزخوار کفزی خوار نظیر ماهی سفید در کنار تغذیه با غذای دستی است و می تواند در کاهش مصرف غذای فرموله و اقتصاد تولید مؤثر باشد. در مزارع پرورش ماهی سفید برای بازسازی ذخایر آن در دریای کاسپین که هر ساله توسط سازمان شیلات ایران انجام می شود، غالب جمعیت کفزیان را خانواده Chironomidae به عنوان غذای ترجیحی تشکیل می دهد (Valipour and Khanipour, 2010; Abbasi et al. 2015).

تحقیقات انجام شده نشان داده اند که اغلب ماهیان با تراکم بالاتر در معرض رقابت نسبتاً بیشتر برای غذا و فضا قرار گرفته و موجبات تنش فیزیولوژیک برایشان فراهم می شود و می تواند سبب کاهش شاخص های رشد، تغذیه، فراسنجه های خونی، کاهش تبدیل غذا به گوشت، تولید محصول و ماندگاری شود (Mohanty et al. 2004; Sorphea et al. 2010; Mridha et al. 2014; Rahman et al. 2015; Haque et al. 2023; Valipour et al. 2023). تمام عوامل تنش زای محیطی (از جمله تراکم) بر وضعیت سلامت ماهی اثر می گذارند و باعث انحراف ذخایر ریزمغذی های بدن (نظیر اسیدآسکوربیک، اسید دکوزاهگزائوئیک و فسفولیپید) از عملکرد اصلی خود شده و این ذخایر به جای اینکه صرف رشد شوند، بیشتر صرف مقابله با شرایط موجود می شوند و به همین علت کاهش رشد را به دنبال دارد (Dabrowski et al. 1995). افزایش تراکم باعث کاهش بهره وری غذای مصرفی توسط ماهی و در نتیجه افزایش ضریب تبدیل غذایی شده و همین امر باعث افزایش هزینه تولید خواهد شد (Alemeh, 2010).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که با افزایش تراکم از میزان شاخص های رشد بچه ماهیان سفید پرورشی در مرحله پروراری در استخرهای خاکی کاسته شده و اختلاف بین

کیفیت آب عامل مهمی در موفقیت آبی پروری است. کیفیت آب ضعیف می تواند منجر به افزایش تنش در آبزیان شود و در نتیجه نرخ بقا و رشد را کاهش دهد (Lima et al. 2021). مطالعات نشان داده اند که تراکم ذخیره سازی تأثیر بسزایی بر سطح کیفیت آب دارد و سطوح فراسنجه های کیفی آب به تدریج با افزایش تراکم ذخیره در استخرهای پرورشی افزایش می یابند، به طوری که در تحقیقات انجام شده در ماهی کپور علفخوار (*Ctenopharyngodon idella*) (با میانگین وزن $102/96 \pm 2570$ گرم، در بیشینه تراکم ۱۵ کیلوگرم در متر مکعب در ۱۲۰ روز) و ماهی سیم (*Megalobrama amblycephala*) ($95/47 \pm 6/3$) (در بیشینه تراکم ۱۰ کیلوگرم در متر مکعب در ۱۲۰ روز) توانسته است عامل محدود کننده رشد در استخرهای خاکی پرورشی باشد (Lu et al. 2022). همچنین، در تحقیق Diao و همکاران (۲۰۲۳) فراسنجه های کیفیت آب از جمله نیترژن کل، نیتریت، نیترات و آمونیوم در تیمارهای آزمایشی با تراکم بالا احتمالاً به سبب انحلال فضولات و خوراک مصرف نشده در آب به طور معنی دار بالاتر از تراکم های پایین بود. نتایج تحقیق ما نشان داد که میانگین داده های مربوطه در استخرهای خاکی در دوره پرورش در اندازه استاندارد ماهیان گرمابی (Valipour et al. 2022) قرار دارد و تفاوت معنی داری بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد که بیانگر وضعیت مناسب فراسنجه های مورد نظر در مراحل مختلف پرورشی در طی دوره پرورش بود.

بررسی موجودات زنده در استخرهای خاکی در تحقیق حاضر نشان داد که آماده سازی بستر استخر خاکی قبل از آبگیری و افزایش مواد مغذی به آب استخر برای بهبود تولید غذای زنده (کفزیان و زئوپلانکتون) مؤثر بود. در این بررسی گروه زئوپلانکتونی روتیفرها بیشترین درصد فراوانی را در دوره پرورش ماهی سفید در مراحل مختلف پرورشی در استخرهای خاکی دارا بودند که برای تغذیه بسیار مهم است. Farabi و همکاران (۲۰۲۲) نیز به نتایج مشابهی در پرورش لارو و بچه ماهیان در اندازه یک گرمی رسیدند که همسو با نتایج تحقیق حاضر بود.

میانگین داده‌های مورد بررسی بین تیمارهای آزمایشی معنی‌دار بود. ماهیانی که با تراکم پایین‌تر پرورش داده شدند، از عملکرد رشد و تولید محصول بیشتری نسبت به ماهیان پرورشی با تراکم بالا برخوردار بودند. به طوری که در استخرهای خاکی تراکم ۵/۶ هزار عدد ماهی پروری نسبت به تراکم ۸ هزار عدد در هکتار مناسب‌تر بود. شاخص ضریب تبدیل غذایی عکس شاخص رشد بوده و با افزایش تراکم با وجود مصرف غذای بیشتر رشد کمتری حاصل شد، ولی تراکم بر میزان ماندگاری ماهیان تأثیر معنی‌داری نداشته و با اختلاف کمی میزان ماندگاری در تراکم پایین‌تر بیش از تراکم بالاتر بود.

نتایج حاصل از تحقیق ما با نتایج به دست آمده توسط بسیاری از محققان دیگر در زمینه اثر تراکم بر عملکرد سایر آبیان مطابقت داشته و همسو بوده است. در تحقیقی نتایج پرورش بچه ماهی سفید با وزن اولیه $1/004 \pm$ گرم دو تراکم مختلف شامل ۲۶ و ۵۰ عدد در مترمکعب در حوضچه‌های مدور ۳ مترمکعبی بتونی با آب لب شور دریای کاسپین در ۲/۵ ماه نشان داد که با افزایش تراکم میزان شاخص‌های رشد شامل افزایش درازای بدن، افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه کاهش یافته و بر ضریب تبدیل غذایی افزوده شد و همچنین، میزان ماندگاری در حوضچه‌های پرورشی با تراکم پایین‌تر (۸۸٪/۸) بیش از حوضچه‌های با تراکم بالاتر (۷۷٪) بود (Valipour and Maghsoodi Kohan, 2018). همچنین، و همکاران (۲۰۲۳) نشان دادند که میزان رشد و ماندگاری بچه ماهیان سفید پرورش یافته در حوضچه‌های بتونی با آب شیرین، با افزایش تراکم کاهش معنی‌دار پیدا می‌کند. نتایج تحقیق Haque و همکاران (۲۰۲۳) در بررسی چگونگی تأثیر سه تراکم مختلف شامل ۲۰، ۳۰ و ۴۰ هزار عدد ماهی در هکتار با غذای تجاری به اضافه غذای طبیعی تا زمان برداشت بر رشد و بقای برگ‌ماهی گنگی (*Nandus nandus*) در استخرهای خاکی در بنگلادش نشان دادند که با افزایش تراکم از میزان رشد ماهی کاسته و بر میزان ضریب تبدیل غذایی افزوده شد. تیمار ۲ بالاترین میزان تولید را داشته و پس از آن به ترتیب تیمار ۳ و تیمار ۱ قرار داشتند. بررسی‌های انجام شده بر روی

ماهی باس خال‌دار (*Labeo bata*) نشان داد که نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و نسبت کارایی پروتئین به طور منفی با افزایش تراکم ذخیره‌سازی (۶۱۸ گرم بر متر مکعب در ۱۴ روز) و در نتیجه کاهش عملکرد رشد مرتبط بود (Lu, Karnatak et al. 2021). و همکاران (۲۰۲۲) نتیجه گرفتند که تراکم بالا بر عملکرد رشد و کیفیت عضله ماهی کپور علفخوار تأثیر منفی داشت و پرورش آن در تراکم بالا نتوانست مزایای اقتصادی بالایی ایجاد کند. نتایج بررسی معیارهای رشد و فاکتور شرایط برای ماهی کپور علفخوار در مرحله پروری با دامنه وزن ابتدایی ۱۹ تا ۲۰۳ گرم در سه تراکم مختلف ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ ماهی در شش استخر خاکی به مساحت ۶۰۰ متر مربع نشان داد که بهترین رشد و کمترین ضریب تبدیل غذایی به دست آمده توسط ماهیان پرورش یافته در تیمار با تراکم ۲۵۰ عدد در مترمربع و تفاوت آن با دیگر تیمارها معنی‌دار بود (Taher, 2020). همچنین، با افزایش تراکم، ضریب چاقی نیز افزایش یافته، ولی بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد که مشابه یافته‌های ما بود. نتایج مشابهی نیز در ارزیابی رشد ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) با تغذیه از غذای طبیعی در سه تراکم مختلف شامل ۰/۷، ۱/۴ و ۲/۱ عدد ماهی در هر متر مربع در استخرهای خاکی به دست آمد (Taher and Al-Dubakel., 2020). نتایج این تحقیق نشان دادند که تیمار اول به طور معنی‌داری وزن نهایی بالاتری در پایان آزمایش نسبت به دو تیمار دیگر (به ترتیب ۳۱/۶۳ و ۲۱/۳ گرم) دارد. به علاوه، افزایش وزن، نرخ رشد روزانه و نرخ رشد ویژه با افزایش تراکم به طور معنی‌داری کاهش یافت. با وجود این، میزان محصول نهایی با افزایش تراکم افزایش یافت و تفاوت آن در تیمار با تراکم کمتر نسبت به دو تیمار دیگر معنی‌دار بود. Diao و همکاران (۲۰۲۳) نتایج مشابهی در میزان وزن و درازای بدن، نرخ رشد ویژه و درصد افزایش وزن ماهیان *Pelteobagrus fulvidraco* پرورش داده شده در تراکم کمتر نسبت به تراکم بالاتر در ۹۰ روز را مشاهده کرده و نشان دادند که تراکم بالا از رشد جلوگیری می‌کند. نتایج تحقیق Rafatnezhad و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که تراکم

به طور کلی، در این تحقیق مشخص شد که تراکم ذخیره اثرات معنی‌داری بر رشد، بقا و تولید محصول ماهی سفید پروراری دارد و با افزایش تراکم، عملکرد رشد و ماندگاری کاهش می‌یابد. علاوه بر آن، رابطه بین رشد ماهی و عملکرد تولید محصول نهایی ماهی سفید در مرحله پروراری عکس هم بوده و میزان تولید در واحد هکتار با وجود افزایش تعداد ماهیان پرورشی در استخرهای خاکی کاهش یافت، هرچند که اختلاف معنی‌داری ایجاد نکرد. بنابراین، بر اساس نتایج این تحقیق توصیه می‌شود تا برای دستیابی به تولید بیشتر با عملکرد بهینه، ۵۶۰۰ عدد در هکتار ماهی سفید پروراری در استخرهای خاکی پرورش داده شود.

تشکر و قدردانی

به این وسیله از همکاران ایستگاه تحقیقاتی تکثیر و پرورش آبزیان فومن-شولم و مرکز بازسازی و حفاظت از ذخایر ژنتیکی ماهیان شهید انصاری رشت تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

Abbasi, K., Abdolmaleki, Sh., Kiram, F., Parafkandeh, F., Moradi, M., Fadaei, B., Sarpanah, A., Sabkara, J., Makaremi, M., Khatib, S., Ghane, A., Zahmatkesh, Y., Mahisefat, F., Sayadrahim, M., Nikpour, M. 2015. Final Report of the Project on the Biological Status of Released Caspian kutum Fingerlings in the Sefidrud River (Gilan Province). Publications of the Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). Tehran, 152 p.

Alameh, S.K. 2010. Investigation of density effects on the growth and feed conversion ratio of rainbow trout. Pajouhesh and

ذخیره اثر منفی معنی‌داری بر رشد فیل ماهی (*Huso huso*) جوان طی مدت ۵۶ روز پرورش داشته است. همچنین، احتمالاً به علت تنش حاصل از تراکم، وزن ماهیان تیمار تراکم بالا نسبت به تیمار تراکم پایین کمتر بود. مطابق با نتایج ما، تحقیق Enache و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی تأثیر دو تراکم ذخیره‌سازی شامل ۶۴ و ۳۲ کیلوگرم در متر مکعب بر روی رشد ماهی کپور معمولی در یک کارگاه آبی‌پروری با آب چرخشی در یک دوره آزمایش ۳۰ روزه نشان داد که نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و میانگین افزایش زی‌توده به‌طور معنی‌دار در تیمار ۲ با تراکم کمتر بیشتر بود. بررسی تراکم‌های مختلف ۱، ۱/۵ و ۲ کیلوگرم در متر مربع ذخیره‌سازی فیل ماهی ۱/۵ $\pm$ ۲۵ گرمی با نرخ تغذیه ۱، ۲ و ۳٪ وزن بدن در روز غذادهی نتیجه شد که نرخ بهینه تغذیه و عملکرد رشد در تراکم ۱ کیلوگرم در مترمربع و غذادهی ۳٪ وزن بدن در روز بهتر بود و تفاوت معنی‌دار با دیگر تیمارهای آزمایشی داشت (Momeni و همکاران (۲۰۱۷) نیز در تحقیقات خود بر روی بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان با وزن میانگین ۳/۴۲ $\pm$ ۲۹/۲۶ گرم دریافتند که افزایش تراکم از ۱۴ به ۲۹ عدد در مترمربع سبب کاهش افزایش وزن و نرخ رشد ویژه شده و بر میزان ضریب تبدیل غذایی افزوده است.

Sazandegi (in Animal and Fisheries Sciences) 70: 23-27.

Anand, P.S., Balasubramanian, C.P., Christina, L., Kumar, S., Biswas, G., De, D., Ghoshal, T.K., Vijayan, K.K. 2019. Substrate based black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) culture: Stocking density, aeration and their effect on growth performance, water quality and periphyton development. Aquaculture, 507: 411-418. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2019.04.031.

Andrade, T., Afonso, A., Pérez-Jiménez, 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. 2023. Official Method of Analysis of AOAC International, 23th edition. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists. DOI: 10.1093/9780197610145.002.001.
- Austreng, E. 1978. Digestibility determination in fish using chromic oxide marking and analysis of contents from different segments of the gastrointestinal tract. *Aquaculture* 13: 265-272. DOI: 10.1016/0044-8486(78)90008-X.
- Bellinger, E.G., Sigee, D.D. 2010. Freshwater Algae Identification and Use as Bioindicators. John Wiley and Sons, Ltd, Publication. 285 p. DOI: 10.1002/9780470689554.
- Dabrowski, K., Matusiewicz, K., Matusiewicz, M., Hoppe, P.P., Ebeling, J. 1996. Bioavailability of vitamin C from two ascorbyl monophosphate esters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) (Walbaum). *Aquaculture Nutrition* 2: 3-10. DOI: 10.1111/j.13652095.1996.tb00002.x.
- Danesh Khosh Asl, A. 1997. Rearing of Caspian Sea kutum (*Rutilus frisii kutum*) in Market size. Fisheries Science Research Institute of Iran, 58 p.
- 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.
- Diao, W., Jia, R., Hou, Y., Dong, Y., Li, B., Zhu, J. 2023. Effects of stocking density on the growth performance, physiological parameters, antioxidant status and lipid metabolism of *Pelteobagrus fulvidraco* in the integrated rice-fish farming system. *Animals* 13: p.1721. DOI: 10.3390/ani13111721.
- Enache, I., Cristea, V., Ionescu, T., Ion, S. 2011. The influence of stocking density on the growth of common carp (*Cyprinus carpio*) in a recirculating aquaculture system. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation* 4: 146-153.
- Farabi, S.M.W., Ghiasi, M., Safari, R., Sharifian, M., Rahmati, R., Golaghaei Darzi, M., Ebrahimzadeh, M., Jafari, A., Ramezani, H., Azari, A., Behrozi, Sh., Habibi Kotnaei, F., Vahedi, F., Khodavar, N., Khodavar Sarai, N., Panahi Sahebi, H., Salehi, A.A., Hafezieh, M., Nasrollahzadeh Saravi, H., Makrami Rostami, A., Rajabi Sasi, I., Kardar Rostami, M., Alavi, I., Ahmadnejad, A. 2022. Feasibility of increasing the physiological capacity of kutum fry with saline diet in fresh water, in order to release directly into the Caspian Sea. Iranian Fisheries Research Institute Organization. Caspian Sea Research Institute. Final report of the project. 149 p.
- Garr, A.L., Lopez, H., Pierce, R., Davis, M. 2011. The effect of stocking density and diet on the growth and survival of cultured Florida apple snails (*Pomacea paludosa*). *Aquaculture* 311: 139-145. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2010.11.017.
- 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.
- Haque, R., Das, D.R., Sarkar, R., Begum, N., Pandit, D., Jaman, A. 2023. Effect of stocking densities on growth and production performance of Bheda (*Nandus nandus*) in pond aquaculture.

- Aquatic Sciences and Engineering 38: 97-105. DOI: 10.26650/ASE20231247849.
- Irwin, S., 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.
- Jørgensen, E.H., Christiansen, J.S., Jobling, M. 1993. Effects of stocking density on food intake, growth performance and oxygen consumption in Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). Aquaculture 110: 191-204. DOI: 10.1016/0044-8486(93)90272-Z.
- Karnatak, G., Das, B.K., Mishal, P., Tayung, T., Kumari, S., Sarkar, U.K., Das, A.K., Ali, Y. 2021. Impact of stocking density on growth, feed utilization and survival of cage reared minor carp (*Labeo bata*) (Hamilton, 1822) in Maithon reservoir, India. Aquaculture, 532: 736078. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2020.736078.
- Kharkanqomsari, M., Akrami, R., Ahmadi, Z. 2018. The interaction effect of density and feeding percentage on growth indices, blood factors and some water quality parameters in juvenile Beluga (*Huso huso*) (Linnaeus, 1758). Journal of Applied Fisheries Research 6: 115-128. DOI: 10.22092/ijfs.2021.125140.
- 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*) reared at three stocking densities. Aquaculture 230: 137-151. DOI:10.1016/S0044-8486(03)00436-8.
- Krovchinsky, N., Smirnov, N. 1994. Introduction of cladocera. The Instituion of Water and Environmental Management, London, 129 p.
- Kunda, M., Pandit, D., Harun-Al-Rashid, A. 2021. Optimization of stocking density for mono-sex Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) production in riverine cage culture in Bangladesh. Heliyon, 7: e08334 DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e08334.
- Lima, P.C.M., Silva, A.E.M., Silva, D.A., Silva, S.M.B.C., Brito, L.O., Gálvez, A.O. 2021. Effect of stocking density of *Crassostrea* sp. in a multitrophic biofloc system with *Litopenaeus vannamei* in nursery. Aquaculture 530, p.735913. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2020.735913.
- Lin, J.H., Cui, Y., Hung, S.S., Shiau, S.Y. 1997. Effect of feeding strategy and carbohydrate source on carbohydrate utilization by white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) and hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*). Aquaculture 148: 201-211. DOI: 10.22092/ISFJ.2020.123103.
- Lin, W., Li, L., Chen, J., Li, D., Hou, J., Guo, H., Shen, J. 2018. Long-term crowding stress causes compromised nonspecific immunity and increases apoptosis of spleen in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). Fish and Shellfish Immunology, 80: 540-545. DOI: 10.1016/j.fsi.2018.06.050.
- Lu, J., Li, S., He, X., Tang, R., Li, D. 2022. An in-pond tank culture system for high-intensive fish production: Effect of stocking density on growth of grass carp (*Ctenopharyngodon idella* Valenciennes, 1844) and blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala* Yih, 1955). Aquaculture, 549, 737808. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2021.737808.
- Manduca, L.G., da Silva, M.A., de Alvarenga, É.R., de Oliveira Alves, G.F., Ferreira, N.H., de Alencar Teixeira, E., Fernandes, A.F.A., Silva, M.D.A., Turra, E.M. 2021. Effects of different stocking densities on Nile tilapia performance and profitability of a biofloc system with a minimum water exchange. Aquaculture, 530, 735814. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2020.735814.

- Maosen, H. 1983. Fresh Water Plankton Illustration. Agriculture Publishing House, 85 p.
- Mazlum, Y. 2007. Stocking density affects the growth, survival, and cheliped injuries of third instars of narrow-clawed crayfish (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) juveniles. *Crustaceana* 80: 803-815. DOI: 10.1163/156854007781363114.
- Mellenby, H. 1963. Animal Life in Freshwater. Great Britain, Cox & Wyman Ltd., Fakenham, 308 p.
- 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.
- Meritt R.W., Cummins, K.W., Berg, M.B. 2008. A introduction aquatic insect of north America. Fourth Edition. Kendall/Hunt Publication Company, 1003 p.
- 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.
- Mohanty, R.K., Jena, S.K., Thakur, A.K., Patil, D.U. 2009. Impact of high-density stocking and selective harvesting on yield and water productivity of deepwater rice-fish systems. *Agricultural Water Management* 96: 1844-1850. DOI: 10.1016/j.agwat.2009.08.006.
- Momeni, V., Ghalichi, A., Jorjani, S. 2017. The role of density changes on some growth and hematological indices of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Aquaculture Development* 11: 111-122.
- Mridha, M.A.R., Hossain, M.A., Azad Shah, A.K.M., Uddin, M.S., Nahiduzzaman, M. 2014. Effects of stocking density on production and economics of all-Male tilapia (*Oreochromis niloticus*) culture in a rain fed rice-fish ecosystem. *Journal of Applied Aquaculture* 26: 60-70. DOI: 10.1080/10454438.2014.877744.
- Needham, J., Needham, N. 1962. A Guide to the Freshwater Biology. Fifth edition revised and enlarged, Constable & Co, LTD, London, 115 p.
- Pennak, R.W. 1953. Freshwater Invertebrate of the United States. The Ronald Press Company, New York, 953 p.
- Pontin, R.M. 1978. Freshwater planktonic and semi-planktonic Rotifera of the British Isles. Ambleside: Freshwater Biological Association, Scientific Publication, 178 p.
- Presscot, G.W. 1970. The Freshwater Algae. W.M.C. Brown Company Publishing, Iowa, USA. 348 p.
- Quan, Y., Liang, G., Bao-Suo, L., Hua, Y., Guo, K.C.Z., Nan, Z., Shi, G., Jiang, D., Chang, Z. 2019. Effects of stocking density on the growth performance, serum biochemistry, muscle composition and HSP70 gene expression of juvenile golden pompano *Trachinotus ovatus* (Linnaeus, 1758). *Aquaculture* 518: 1-8. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2019.734841.
- 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.
- Refaey, M.M., Li, D., Tian, X., Zhang, Z., Zhang, X., Li, L., Tang, R. 2018. High stocking density alters growth performance, blood biochemistry, intestinal histology, and muscle quality of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Aquaculture 492: 73-81. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2018.04.003.
- 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
- 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.
- Shilat Statistical Yearbook. 2023. Statistical Yearbook of Iran Fisheries Organization. Ghorbanzadeh, R., Sadghpour, S. (Eds.). Deputy of Planning and Resource Management, Planning and Budget Office, Planning and Statistics Group, 64 p.
- Sorphea, S., Lundh, T., Preston, T.R., Borin, K. 2010. Effect of stocking densities and feed supplements on the growth performance of tilapia (*Oreochromis* spp.) raised in ponds and in the paddy field. Livestock Research for Rural Development 22: 1-12 p.
- Sourina, A. 1978. Phytoplankton Manual. United Nations Educational, Scientific and Culture Organization, UNESCO. 337p.
- 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.
- Taher, M.M. 2020. Effects of fish density on growth and condition factor of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) cultivated in earthen ponds. Marsh Bulletin 15: 62-72.
- Taher, M.M., Al-Dubakel, A.Y. 2020. Growth performance of common carp (*Cyprinus carpio*) in earthen ponds in Basrah Province, Iraq by using different stocking densities. Biological and Applied Environmental Research 4: 71-79.
- Valipour, A.R., Khanipour, A.A. 2009. Kutum: jewel of the Caspian Sea. Iranian Fisheries Research Organization, Tehran, 84 p.
- Valipour, A., Gorouhi, D., Sayad Bourani, M., Hasanpour, A. 2023. Investigating of density effect on the growth and survival of Caspian Kutum, *Rutilus frisii* (Kamensky, 1901) pre-fattening in freshwater concrete ponds. Aquatic Animals Nutrition 9: 81-90. DOI: 10.22124/janb.2023.25882.1224.
- 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.
- Valipour, A., Mirzajani, A., Babaei, H., Sabkara, J., Abbasi, K., Saberi, H., Zahmatkesh, A. 2022. Investigating the aquaculture capacities of downstream Yamchi Dam River, Ardabil. Journal of Aquaculture Development 15: 95-115. DOI: 10.52547/aquadev.15.4.95.