University of Guilan with collaboration of Iranian Aquaculture Society

Aquatic Animals Nutrition

Vol. 10, No. 2, 2024, pages: 81-98
DOI: 10.22124/janb.2024.27924.1250

RESEARCH PAPER **OPEN ACCESS**

Alterations in physicochemical parameters of water and the growth performance of juvenile beluga *Huso huso* in earthen ponds

Hashem Noferesti[1], Hojatollah Jafaryan[*2], Rahman Patimar[2], Hossein Adineh[2], Mohammad Gholizadeh[2]

Department of Fisheries, Faculty of Agriculture Sciences and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Golestan, Iran

Received 24 March 2024 Revised 15 June 2024 Accepted 16 June 2024

KEYWORDS
Water quality
Earthen pond
Growth pattern
Condition factor
Huso huso

Introduction: Sturgeon, renowned for its prized caviar, plays a vital role in aquatic ecosystems and holds significant economic value. Breeding sturgeon is a delicate process that necessitates specific conditions for success. Factors such as temperature, dissolved oxygen levels, pH, and ammonia concentration in water quality substantially impact sturgeon breeding outcomes. Ensuring the ideal water quality is critical for sturgeon populations' health and successful breeding. Understanding and efficiently controlling these factors is crucial to guaranteeing the long-term viability of sturgeon populations and the preservation of this symbolic animal. This study investigates the growth indices and physicochemical water parameters in earthen ponds to raise juvenile beluga, *Huso huso*.

Materials and Methods: Four earthen ponds, each covering an area of 2 hectares with an average depth of 2 meters and a rectangular shape, were utilized for rearing beluga at the Shahid Marjani Breeding Center, Northeastern Iran. The test period lasted 45 days. The growth performance and water physicochemical parameters were measured during six weekly treatments from mid-March 2013 to mid-April 2014. Fish sampling was carried out using a trawl net at specific time intervals of the experiment. The length and weight of the fry were recorded, followed by the dissection of the fish. The length and weight of the digestive tract were measured in both full and empty states. Water samples were collected weekly, and physicochemical parameters were analyzed using standard methods.

Results and Discussion: Temperature (12.5 to 16.6°C), turbidity (0.50 to 50.92 NTU), dissolved oxygen (10.90 to 6.25 mg/L), pH (7.62 to 8.92), alkalinity (160 to 223 mg/L), phosphate (0.17 to 0.73 mg/L), nitrate (0.24 to

1.67 mg/L), and electrical conductivity (1240 to 1342 µmhos/cm) levels for the growth of beluga were within the optimal ranges. Additionally, the growth pattern of the sturgeon juveniles was characterized by negative allometry, indicating that as the fish grew, their weight increased at a slower rate compared to their length. There was a significant elevation in total length and weight over time, demonstrating effective growth conditions during the study period. The total length and weight of the fingerlings showed significant upraise over time ($p<0.05$). The highest total length (36.70 ± 7.47 mm), weight (2674.54 ± 678.04 mg) and gastrosomatic weight (431.35 ± 75.97 mg) of fingerlings were recorded during the sixth sampling period. However, the highest condition factor (0.94 ± 1.11) was measured during the second sampling period ($p<0.05$).

Conclusion: The results indicated that precise water quality management and continuous monitoring of its parameters, especially in sturgeon farming, are essential and can help improve growth conditions and reduce mortality rates. Ensuring optimal environmental conditions, particularly in earthen ponds, can increase productivity in the sturgeon fish farming industry.

Funding: This research did not receive a specific grant from any funding agency in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Conflicts of interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Acknowledgments: The authors would like to express gratitude for the valuable assistance provided by the officials and employees of the Shahid Marjani Sturgeon Propagation Centre.

*Corresponding author: hojat.jafaryan@gmail.com

دانشگاه گیلان با مشارکت انجمن آبزی‌پروری ایران

تغذیه آبزیان

سال دهم، شماره دوم، تیر ۱۴۰۳، صفحات ۹۸-۸۱

DOI: 10.22124/janb.2024.27924.1250

"مقاله پژوهشی"

تغییرات رشد در بچه ماهیان پرورشی بلوگا (*Huso huso*) تحت تأثیر فراسنجه‌های فیزیکوشیمیایی آب در استخرهای خاکی

هاشم نوفرستی، حجت الله جعفریان*، رحمان پاتیمار، حسین آدینه

گروه شیلات، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، گلستان

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۰۵ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۳/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۷

چکیده

مدیریت کیفیت آب در استخرهای پرورش ماهیان خاویاری از اهمیت بالایی برخوردار است. پایش دقیق فراسنجه‌های کیفی آب مانند pH، اکسیژن محلول، دما و آمونیاک ضروری است تا شرایط مناسب برای رشد بهینه ماهیان فراهم شود. در مطالعه حاضر، وضعیت رشد بچه‌ماهیان بلوگا (*Huso huso*) و فراسنجه‌های فیزیکوشیمیایی آب در ۴ استخر خاکی مرکز تکثیر و پرورش شهید مرجانی بررسی شد. استخرهای منتخب دارای وسعت ۲ هکتاری با عمق متوسط ۲ متر و شکل مستطیلی بودند. دوره آزمایش ۴۵ روز بود و نمونه‌برداری‌ها به صورت هفتگی در ۶ دوره زمانی مختلف از اواسط اسفند ۱۳۹۱ تا اواسط فروردین ۱۳۹۲ انجام شد. بر اساس نتایج تحقیق، سطوح دما (۱۶/۶۰-۱۲/۵۰ درجه سانتی‌گراد)، کدورت (۹۲/۵ NTU-۵۰)، اکسیژن محلول (۱۰/۹ mg/L-۶/۲۵)، pH (۷/۹۲-۸/۶۲)، قلیائیت (۲۲۳ mg/L-۱۶۰/۵)، فسفات (mg/L ۰/۷۳-۰/۱۷)، نیترات (۱/۶۷ mg/L-۰/۲۴) و هدایت الکتریکی (۱۳۴۲ µmhos/cm-۱۲۴۰) در محدوده بهینه پرورش بچه‌ماهیان بلوگا قرار داشت. علاوه بر این، الگوی رشد بچه‌ماهیان با آلومتری منفی مشخص شد، که نشان می‌دهد با رشد ماهی‌ها، وزن آن‌ها با سرعت کمتری نسبت به درازای‌شان افزایش می‌یابد. درازا و وزن کل بچه ماهیان نیز با گذشت زمان افزایش معنی‌دار نشان داد ($p<0/05$). بیشترین میانگین درازا (۷/۴۷ mm ± ۷۰/۳۶ میلی‌متر)، وزن کل (۶۷۸/۰۴ mg ± ۲۶۷۴/۵۴) و وزن دستگاه گوارش (۷۵/۹۷ mg ± ۴۳۱/۳۵) در هفته ششم نمونه‌برداری ثبت شد ($p<0/05$). بیشترین ضریب چاقی (۰/۱۱± ۰/۹۴) در هفته دوم نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد ($p<0/05$). نتایج تحقیق نشان داد که مدیریت دقیق کیفیت آب و پایش مستمر فراسنجه‌های آن، به‌خصوص در پرورش ماهیان خاویاری، از اهمیت بالایی برخوردار است و می‌تواند به بهبود شرایط رشد و کاهش تلفات کمک کند.

کلمات کلیدی

کیفیت آب

استخر خاکی

الگوی رشد

فاکتور وضعیت

Huso huso

نویسنده مسئول: hojat.jafaryan@gmail.com

مقدمه

فراوانی ماهیان خاویاری از نیمه دوم قرن بیستم به‌سرعت کاهش یافت. امروزه این گونه‌های نادر، به شدت در خطر انقراض و ناپدیدشدن قرار دارند (Assylbekova et al. 2022). تخریب زیستگاه‌های طبیعی و تجارت سنگین بین‌المللی برای خاویار و محصولات مشتق شده از این گونه‌ها باعث شده تا ماهیان بلوگا (*Huso huso*) همواره در خطر انقراض باشند. برای نمونه، از سال ۲۰۰۹ ماهی بلوگا در کشورهای روسیه و قزاقستان به دلیل کاهش مکان‌های تخم‌ریزی طبیعی قادر به تولید مثل نیستند (Bokova et al. 2019). همچنین، از سال ۲۰۱۰ نمونه‌های اندکی از ماهی بلوگا سالیانه وارد رودخانه اورال می‌شوند (Bokova et al. 2019).

رهاسازی بچه‌ماهیان به زیستگاه‌های طبیعی یکی از راه حل‌های اساسی برای حفظ جمعیت ماهیان بلوگا در طبیعت از طریق پرورش مصنوعی در هچری‌ها و مراکز تکثیر و پرورش است (Assylbekova et al. 2020). توجه مسئولان به بازسازی ذخایر به خصوص گونه‌های در معرض انقراض باعث شده تا ماهی بلوگا به دلیل برخورداری از سرعت رشد بالا و ارزش تجاری مطلوب در چند کشور برای رها سازی و بازسازی ذخایر طبیعی به طور مصنوعی تکثیر و پرورش یابد (Falahatkar et al. 2019). بر اساس گزارش های موجود، غذای اصلی این گونه سخت‌پوستان، نرم‌تنان، کرم‌ها و ماهیان مختلف هستند (Coad, 2019). مصرف غذای طبیعی ممکن است تحت تأثیر عوامل محیطی مختلف از جمله کیفیت آب در محیط پرورش قرار گیرد (Abdel-Tawwab, 2012). بنابراین یکی از جنبه‌های مهم مدیریت آبزی‌پروری در کارگاه‌های پرورش نیمه متراکم در استخرهای خاکی بررسی فراسنجه‌های فیزیکوشیمیایی آب است.

رشد ماهیان علاوه بر کیفیت خوراک (Slawski et al. 2012)، تراکم (Ma et al. 2006) و عوامل زیستی از جمله سن، جنسیت و شرایط ژنتیکی (Imsland and Jonassen 2003)، به وضعیت عوامل غیرزیستی مانند دما، اکسیژن محلول، pH محیط، مواد مغذی و بخش آلی آب نیز وابسته است (Gyamfi et al. 2022). این عوامل مستقیماً روی رشد و میزان تولید اثرگذار هستند (Bryan et al. 2011). زمانی که پرورش ماهیان با تراکم مطلوب و جیره‌های غذایی متعادل انجام شود، باز هم کیفیت پایین آب می‌تواند به طور مستقیم یا غیرمستقیم باعث ایجاد محدودیت در رشد ماهیان شود (Gyamfi et al. 2022). حتی در غیاب ماهیان نیز با گذر زمان شاهد تغییرات گسترده‌ای در کیفیت آب استخرهای پرورشی تحت تأثیر عوامل محیطی و زیستی خواهیم بود. درک این پویایی اصل مهمی است که زمینه را برای کنترل و مدیریت مناسب شرایط پرورش فراهم می‌کند (Boyd and Tucker 1998). درک هر دو بخش غیر زنده و زنده در محیط آب در هر دو بعد مکان و زمان (روز، مراحل مختلف زندگی و فصل) برای مدیریت مزارع پرورش ماهی بسیار مهم است (Makori et al. 2017; Bhatnagar and Devi 2019).

با توجه به اینکه پرورش بچه‌ماهیان بلوگا بیشتر در حوضچه‌های خاکی کم عمق (<۲ متر) انجام می‌شود، بنابراین، فعل و انفعالات بین خاک و آب تا حد زیادی بر پویایی کیفیت آب حوضچه‌های پرورشی اثرگذار خواهد بود. در همین رابطه، پژوهش حاضر با هدف بررسی تغییرات فراسنجه‌های کیفی آب و رشد بچه‌ماهیان بلوگا طی یک دوره ۶ هفته‌ای در استخرهای خاکی مرکز تکثیر و پرورش ماهیان خاویاری شهید مرجانی انجام شد.

مواد و روش‌ها

محل انجام آزمایش

پژوهش حاضر طی یک دوره‌ی نمونه‌برداری ۶ هفته‌ای از اواسط اسفند ۱۳۹۱ تا اواسط فروردین ۱۳۹۲ با هدف بررسی وضعیت رشد و کیفیت شاخص‌های فیزیکوشیمیایی آب در استخرهای خاکی مرکز تکثیر و پرورش ماهیان خاویاری شهید مرجانی انجام شد. برای انجام پژوهش، ۴ استخر با مساحت ۲ هکتاری و متوسط عمق ۲ متری انتخاب شد. شرایط استخرهای پرورشی از نظر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مشابه بود.

وضعیت رشد بچه‌ماهیان نیز به صورت هفتگی از طریق نمونه‌برداری توسط تور ترال با دهانه‌ی ۵۴۰ سانتی‌متر مربعی و چشمه تور ۳ میلی‌متری بررسی شد. در مجموع، ۳۰۰ عدد بچه‌ماهی در اوزان مختلف صید شد. سپس وزن و درازای بچه‌ماهیان به ترتیب توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم و تخته زیست‌سنجی با دقت ۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

پس از تشریح نمونه‌ها، ابتدا لوله گوارش (معده و روده) از بدن خارج و وزن دستگاه گوارش ثبت شد. محتویات لوله گوارش به آرامی خارج و وارد پتری‌دیش شد. مجدداً لوله گوارش خالی توزین شد. از این طریق وزن کلی محتویات دستگاه گوارش به دست آمد. درازای دستگاه گوارش نیز توسط کولیس با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. فراوانی پلانکتون‌های موجود در دستگاه گوارش با استفاده از لوپ با بزرگنمایی ۱۰ تا ۷۰ برابر و در مواردی با استفاده از میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی ۴۰ و ۱۰۰ برابری انجام شد (Froese and Pauly, 2020). محاسبه شاخص معدی[1]، پس از توزین دقیق معده همراه با محتویات از رابطه زیر انجام شد (Biswas, 1993):

$$\text{شاخص معدی} = \frac{\text{وزن معده (گرم)}}{\text{وزن کل بدن (گرم)}}$$

از شاخص وضعیت برای تعیین وزن بدن در یک درازای مشخص استفاده می‌شود. در تحقیق حاضر برای تعیین ضریب چاقی ماهی از رابطه زیر استفاده شد (Biswas, 1993):

$$\text{شاخص وضعیت} = \frac{\text{وزن نهایی ماهی (گرم)}}{\text{درازای کل ماهی (میلی‌متر)}^{3}}$$

سنجش فراسنجه‌های فیزیکوشیمیایی آب

وضعیت فراسنجه‌های فیزیکی و شیمیایی آب (دما، اکسیژن محلول، اسیدیته، قلیائیت و هدایت الکتریکی) به صورت هفتگی با استفاده از دستگاه مولتی‌متر Hack (مدل D40، ساخت کشور آمریکا) اندازه‌گیری شد. سنجش میزان قلیائیت به روش تیتراسیون با استفاده از اسیدکلریدریک، سنجش نیترات به روش اولتراویوله و میزان جذب در طول موج ۲۲۰ نانومتر و سنجش فسفات به روش رنگ‌سنجی در طول موج ۶۹۰ نانومتر اندازه‌گیری شد.

سنجش آماری

برای انجام سنجش‌های آماری، ابتدا داده‌های جمع آوری شده در طی دوره آزمایش توسط نرم‌افزار Microsoft Excel نسخه ۲۰۱۶ مرتب‌سازی و دسته‌بندی شدند. سپس در مسیرهای تحلیلی مشخص توسط نرم افزار SPSS نسخه ۲۳ سنجش شدند. برای انجام آزمون‌های آماری ابتدا نرمال بودن داده‌ها از طریق آزمون کولموگروف-اسمیرنوف[2] بررسی شد. پس از اطمینان از نرمال بودن، وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های آزمایشی با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه[3] بررسی شد. مقایسه میانگین بین گروه‌های آزمایشی نیز با استفاده از آزمون دانکن[4] بررسی شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار Microsoft Excel نسخه ۲۰۱۶ استفاده شد. تمامی داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار بیان شدند. داده‌ها در $p<۰/۰۵$ معنی‌دار در نظر گرفته شد.

نتایج

نتایج سنجش فراسنجه‌های فیزیکوشیمیایی آب در جدول ۱ ارائه شده است. بر اساس آماره F (نسبت واریانس بین گروه‌ها به واریانس درون گروه‌ها) و درجه آزادی (df) محاسباتی اختلاف آماری معنی‌دار بین تیمارهای زمانی در استخرهای پرورشی از لحاظ کدورت (۱/۳۹ = F؛ ۵ = df)، هدایت الکتریکی (۰/۸۳= F؛ ۵ = df) و فسفات (۱/۰۴= F؛ ۵ = df) وجود نداشت ($p>۰/۰۵$)؛ درحالی‌که از لحاظ دما (۱/۰۰۱ = F؛ ۵ = df)، pH (۱۳/۳۱ =F؛ ۵ = df)، قلیائیت (۲/۱۱ = F؛ ۵ = df)، اکسیژن محلول (۸/۸۰ = F؛ ۵ = df)

[1] Gastrosomatic Index

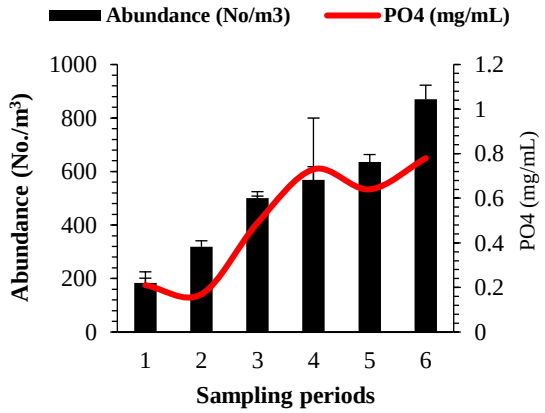
[2] Kolmogorov–Smirnov test

[3] One-way ANOVA

[4] Duncan test

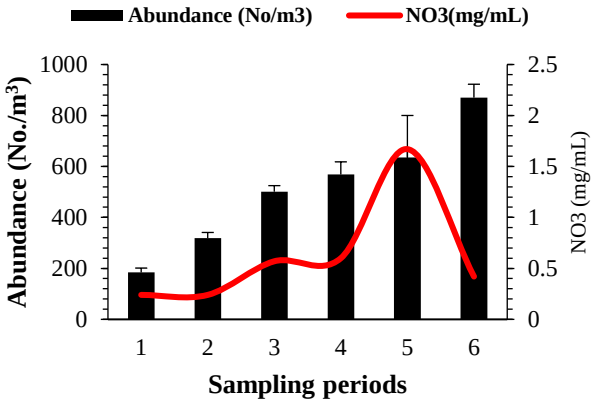
و نیترات (۹/۴۵=F؛ ۵ = df) اختلاف آماری بین تیمارها مشاهده شد (p<۰/۰۱).

مقایسه فراوانی بنتوز و پلانکتون‌های جانوری در دوره‌های مختلف نمونه برداری و غلظت یون ارتوفسفات نیز نشان داد که با افزایش زی‌توده بنتوزها و پلانکتون‌های جانوری در محیط پرورش میزان یون ارتوفسفات روندی افزایشی داشت (شکل ۱). ارتباط بین زی‌توده بنتوزها و پلانکتون‌های جانوری در محیط و غلظت یون نیترات نیز نشان داد که با افزایش فراونی بنتوزها و پلانکتون‌های جانوری، غلظت یون نیترات تا دوره پنجم نمونه برداری افزایش داشت، اما در دور ششم با وجود افزایش فراوانی نسبت به دور قبل غلظت یون نیترات به طور معنی‌دار کاهش یافت (شکل ۲). مقایسه تغییرات زی‌توده بنتوزها و پلانکتون‌های جانوری محیط و میزان pH محیط نیز نشان داد تا دور سوم با افزایش فراوانی میزان pH تغییر محسوسی نداشت، اما از دوره سوم تا ششم با افزایش فراوانی در محیط میزان pH روندی نزولی داشت و کمترین میزان آن در دور ششم نمونه برداری ثبت شد (شکل ۳). رابطه بین تغییرات pH و یون اورتوفسفات در محیط در شکل ۴ نشان داده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده، همسو با افزایش و یا کاهش یون ارتوفسفات تا دور پنجم نمونه‌برداری، میزان pH نیز تغییر می‌یافت، اما در دوره ششم با افزایش یون ارتوفسفات در محیط، کاهش شدید pH در محیط مشاهده شد.



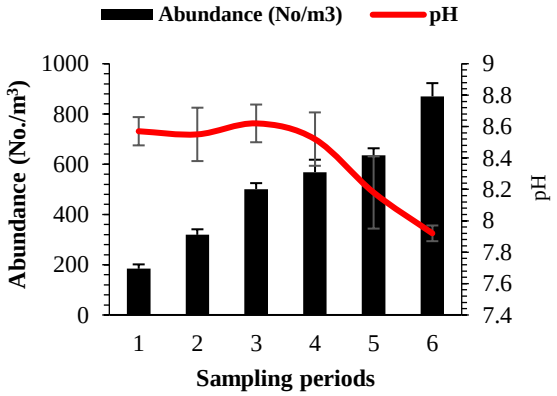
شکل ۱ ارتباط فراوانی بنتوز و پلانکتون‌های جانوری با یون اورتوفسفات

Figure 1 Relationship between the abundance of benthos and zooplanktons with PO_4



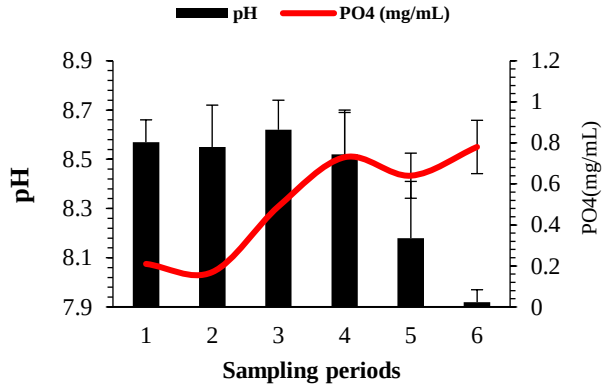
شکل ۲ ارتباط فراوانی بنتوز و پلانکتون‌های جانوری با یون نیترات

Figure 2 Relationship between the abundance of benthos and zooplanktons with NO_3



شکل ۳ ارتباط فراوانی بنتوز و پلانکتون‌های جانوری با pH

Figure 3 Relationship between the abundance of benthos and zooplanktons with pH

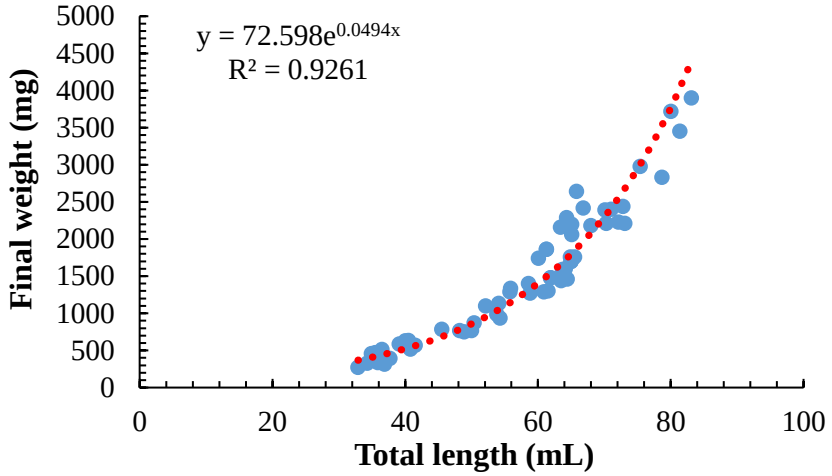


شکل ۴ ارتباط pH با یون اورتوفسفات

Figure 4 Relationship between pH and orthophosphate ion

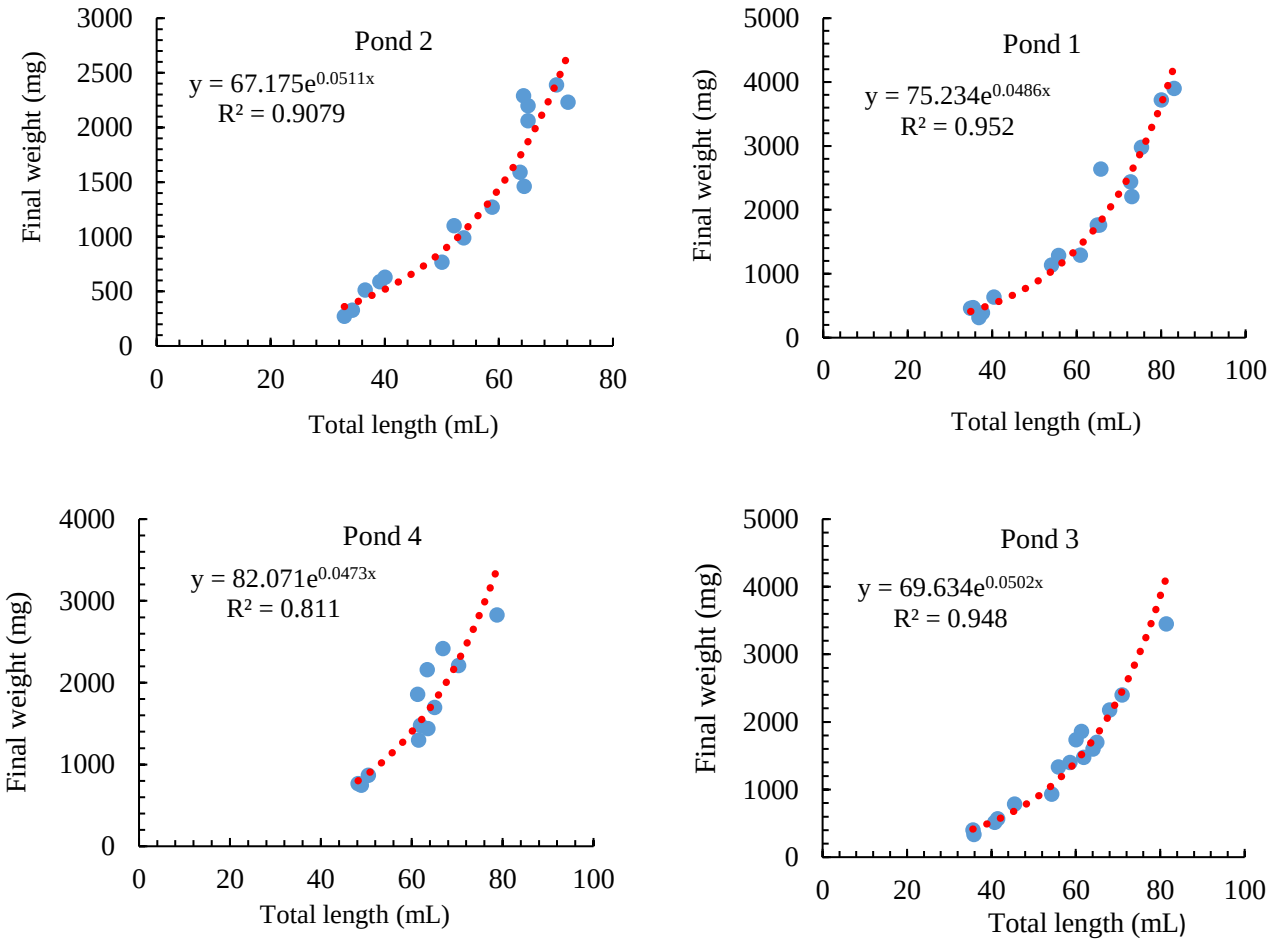
در جدول ۲ نتایج زیست‌سنجی بچه‌ماهیان در دوره‌های مختلف نمونه‌برداری‌ها ارائه شده است. بر اساس نتایج به دست آمده، میانگین وزن نهایی و درازای کل بچه‌ماهیان در هر دوره از نمونه‌برداری‌ها افزایش معنی‌دار نسبت به دوره قبل داشت ($p<۰/۰۵$). وزن بچه‌ماهیان بین ۲۷۲/۲ میلی‌گرم تا ۳۹۰۰ میلی‌گرم و درازای کل آن‌ها بین ۳۲/۹ تا ۸۳/۱ میلی‌متر بود. بیشترین وزن نهایی (۲۷۰۰ میلی‌گرم) و درازای کل (۷۲/۲۷ میلی‌متر) در آخرین نمونه‌برداری (مرحله‌ی ششم) ثبت شد ($p<۰/۰۵$). با گذشت زمان، وزن معده بچه‌ماهیان نیز به طور معنی‌دار افزایش یافت ($p<۰/۰۵$). بیشترین و کمترین وزن معده به ترتیب در دوره اول (۶۴/۱۱ میلی‌گرم) و ششم (۴۳۱/۳۵ میلی‌گرم) نمونه‌برداری ثبت شد. محاسبه ضریب چاقی نیز اختلاف آماری معنی‌دار بین دوره‌های مختلف نمونه‌برداری نشان داد ($p<۰/۰۵$). بیشترین و کمترین ضریب چاقی به ترتیب در دوره‌های دوم (۰/۹۴) و پنجم (۰/۶۳) نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد.

نتایج بررسی الگوی رشد درازا-وزنی بچه‌ماهیان با ضریب همبستگی (R^2) ۰/۹۲و b محاسباتی فولتون ۰/۰۴۹ در قالب معادله توانی $W=۷۲/۵۹۸\ TL^{۰/۰۴۹۴x}$ مشخص شد. با توجه به مقدار b محاسباتی، الگوی رشد بچه‌ماهیان آلومتری منفی به دست آمد (شکل ۱). میزان b محاسباتی برای ماهیان زیست‌سنجی شده در استخرهای ۱، ۲، ۳ و ۴ نیز به ترتیب ۰/۰۳۱، ۰/۰۳۲، ۰/۰۳۶ و ۰/۰۴۱ و ضریب همبستگی آن‌ها بین ۰/۸۱ تا ۰/۹۵ بود (شکل ۲).



شکل ۵ رگرسیون درازا–وزنی بچه‌ماهیان بلوگا در استخرهای خاکی

Figure 5 Length-weight regression of beluga fingerlings in earthen ponds



شکل ۶ رگرسیون درازا–وزنی بچه‌ماهیان بلوگا به صورت تفکیک شده در هر استخر خاکی

Figure 6 Regression of length-weight of beluga fingerlings separately in each earthen pond

جدول ۱ تغییرات فراسنجه‌های کیفی آب بین دوره‌های مختلف نمونه‌برداری

Table 1 Alterations in water quality parameters between different sampling periods

Parameters	Sampling periods					
	1	2	3	4	5	6
Temperature (°C)	14.60 ± 0.96^{c}	14.00 ± 1.29^{e}	12.50 ± 1.47^{f}	14.50 ± 0.96^{d}	15.20 ± 1.29^{b}	16.60 ± 1.47^{a}
Depth (cm)	142.50 ± 3.49^{a}	160.00 ± 5.46^{a}	161.25 ± 9.05^{a}	172.50 ± 3.04^{a}	172.50 ± 5.00^{a}	177.50 ± 7.07^{a}
Turbidity (NTU)	92.50 ± 15.00^{a}	50.00 ± 9.64^{a}	65.00 ± 12.90^{a}	75.00 ± 11.09^{a}	85.00 ± 16.96^{a}	82.50 ± 12.58^{a}
Dissolved oxygen (mg/L)	10.90 ± 1.58^{a}	9.25 ± 0.74^{ab}	8.92 ± 0.79^{ab}	7.45 ± 0.66^{cd}	6.95 ± 1.43^{d}	6.25 ± 01.26^{d}
pH	8.57 ± 0.09^{a}	8.55 ± 0.17^{a}	8.62 ± 0.12^{a}	8.52 ± 0.17^{a}	8.18 ± 0.23^{b}	7.92 ± 0.05^{c}
Alkalinity (mg/L)	223.00 ± 12.05^{a}	173.50 ± 34.34^{ab}	162.75 ± 47.52^{b}	160.50 ± 35.67^{b}	166.00 ± 36.91^{b}	160.75 ± 21.56^{b}
PO_4 (mg/L)	0.21 ± 0.06^{a}	0.17 ± 0.06^{a}	0.49 ± 0.12^{a}	0.73 ± 0.21^{a}	0.62 ± 0.11^{a}	0.78 ± 0.13^{a}
NO_4 (mg/L)	0.24 ± 0.07^{b}	0.24 ± 0.11^{b}	0.57 ± 0.09^{b}	0.60 ± 0.17^{b}	1.67 ± 0.33^{a}	0.42 ± 0.09^{b}
Electrical conductivity (µmhos/cm)	1240 ± 21.34^{a}	1269 ± 25.16^{a}	1277 ± 25.16^{a}	1330 ± 27.85^{a}	1318 ± 24^{a}	1342 ± 25.06^{a}

جدول ۲ تغییرات شاخص‌های رشد در طی دوران نمونه برداری

Table 2 Alterations in growth indices during the sampling period

Parameters	Sampling periods					
	1	2	3	4	5	6
Final weight (mg)	341.50 ± 49.31^{e}	573.97 ± 101.87^{d}	1052.25 ± 239.60^{c}	1696.66 ± 294.99^{b}	1696.66 ± 294.99a^{b}	2674.54 ± 678.04^{a}
Final length (mm)	35.55 ± 1.74^{e}	39.36 ± 3.33^{d}	53.56 ± 3.83^{c}	63.87 ± 3.47^{b}	63.87 ± 3.47^{a}	70.36 ± 7.47^{a}
Gastrosomatic weight (mg)	64.11 ± 6.45^{d}	106.95 ± 28.49^{d}	207.25 ± 53.36^{c}	299.09 ± 122.56^{b}	346.27 ± 80.48^{b}	431.35 ± 75.97^{a}
Gastrosomatic Index (%)	0.19 ± 0.02^{a}	0.18 ± 0.03^{a}	0.19 ± 0.01^{a}	0.17 ± 0.06^{a}	0.17 ± 0.06^{a}	0.16 ± 0.03^{a}
Condition factor	0.76 ± 0.09^{b}	0.94 ± 0.11^{a}	0.67 ± 0.06^{c}	0.64 ± 0.07^{c}	0.64 ± 0.07^{b}	0.76 ± 0.09^{a}

بحث

بر اساس نتایج تحقیق حاضر در طی دوره آزمایش، شکل بدن بچه ماهیان بزرگتر شده و از نظر درازا نیز کشیده‌تر شدند، یا اینکه نمونه‌های کوچکتر در زمان نمونه‌برداری از شرایط تغذیه‌ای مناسبتری برخوردار بودند. در تأیید نتایج به دست آمده، Froese و همکاران (۲۰۰۶) مقدار b را برای بیشتر ماهیان بین ۲/۵ تا ۳/۵ گزارش کردند. بنابر گزارش آنها، مقادیر b برای گونه‌های مختلف ممکن است تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله جنسیت، تفاوت در دامنه درازا، مراحل تکامل گنادی و رسیدگی جنسی، تغییرات فصلی، زیستگاه، میزان مواد غذایی دریافتی، وضعیت سلامت و درجه پر بودن معده برای نمونه‌های صید شده و عوامل محیطی مانند دما، شوری و موقعیت جغرافیایی باشد (Froese, 2006). در دیگر مطالعات که در مناطق مختلف دنیا انجام شده است نیز نتایج مشابهی به دست آمده است (Abu talib et al. 2003; Abdurahiman et al. 2004; Hosseini et al. 2009; Dewiyanti et al. 2020; Carbonara et al. 2020; Liu et al. 2021; Chang et al. 2022).

بررسی ضریب چاقی در پژوهش حاضر نشان داد که این شاخص در دوره‌های مختلف نمونه برداری بین ۰/۶۴ تا ۰/۹۴ بود که نشان می‌دهد استخرهای خاکی محیط مناسبی را برای پرورش بچه‌ماهیان بلوگا فراهم کرده بودند. در تأیید این نتایج، Fazil و همکاران (۲۰۲۰) ضریب چاقی اندازه گیری شده برای ماهی بلوگا را نزدیک ۱ و کمتر از آن گزارش کردند. ضریب چاقی بیانگر شرایط کلی یا فیزیولوژیک بدن ماهی است. هر چه این شاخص در سطح بالاتر باشد، نشان‌دهنده رشد بهتر ماهی است (Teubner et al. 2015). بر اساس مطالعه Bolger و Connolly (۱۹۸۹)، هنگامی که ضریب چاقی ماهی در طی زمان ثابت باقی می‌ماند، نشان دهنده آن است که درازا و وزن ماهی با یک نسبت افزایش یافته است و فقط زمانی که میزان وزن ماهی بیش از درازای آن فزایش یابد، ضریب چاقی افزایش می‌یابد.

فراسنجه‌های فیزیکوشیمیایی آب در یک زیستگاه کلید توزیع و فراوانی موجودات آبزی است (Muazu et al. 2021). طبق نتایج، از خصوصیات بارز استخرهای پرورش بچه‌ماهیان بلوگا دمای پایین آب و pH قلیایی محیط بود. به گفته Roberts و همکاران (۱۹۹۷)، بیشینه محدوده دمایی برای آبزیان ۲۰ تا ۳۳ درجه سانتی‌گراد بود. در تحقیق حاضر محدوده دمایی ثبت شده برای مدت زمان آزمایش ۱۲/۵۰ تا ۱۶/۶۰ درجه سانتی‌گراد بود. با توجه به محدوده زمانی انجام آزمایش و روند رشد بچه‌ماهیان به نظر می‌رسد که این محدوده برای رشد بچه فیل‌ماهیان مناسب بود. Erondi (۱۹۹۱) گزارش کرد که اکسیژن محلول بیش از ۵ میلی‌گرم در لیتر برای بقای ماهی و هر آبزی ضروری است. اکسیژن محلول برای دوره‌های زمانی تحقیق حاضر بین ۱۰/۹-۶/۲۵ میلی‌گرم در لیتر بود که در محدوده مناسب (۵-۳ mg/L) توصیه شده توسط آژانس فدرال حفاظت از محیط زیست[1] بود (Anetekhai et al. 2018).

احتمالاً این شرایط و آماده بودن محیط از نظر موجودات زنده مورد استفاده توسط بچه‌ماهیان باعث بهبود فراسنجه‌های رشد درازا-وزنی بچه‌ماهیان در طول دوره نمونه برداری بود. در تأیید نتایج به دست آمده، فارابی و قانعی (۱۳۹۸) با بررسی دوره‌های مختلف پرورش بچه ماهیان خاویاری با تراکم‌های مختلف در استخرهای خاکی میزان اکسیژن محلول و pH را به ترتیب برای میان و پایان دوره ۸/۷ و ۶/۴ میلی‌گرم در لیتر و ۸/۴ و ۷/۹ گزارش کردند. در این تحقیق میزان فسفات، ۰/۱۳ و ۰/۱۹ میلی‌گرم در لیتر، نیترات ۰/۱۳ و ۰/۰۰۱ میلی‌گرم در لیتر و نیتریت ۰/۰۱ و ۰/۰۲ میلی‌گرم در لیتر گزارش شد. Alizadeh Roodposhti و همکاران (۲۰۱۸) نیز با بررسی فراسنجه‌های فیزیکوشیمیایی آب در استخرهای خاکی پرورش تاس‌ماهی ایرانی، میزان اکسیژن محلول را ۴/۷۶ میلی‌گرم بر لیتر، و pH را ۸/۰۵، نیتریت را ۰/۰۶ میلی گرم در لیتر، فسفات را ۰/۱۷ میلی‌گرم در لیتر و هدایت الکتریکی را ۱۲۸۱ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و شفافیت را ۶۶ سانتی‌متر گزارش کردند. قمری و همکاران (۱۳۹۲) میزان اکسیژن محلول و pH را در استخرهای خاکی پرورش فیل‌ماهی در استان آذربایجان غربی را به ترتیب ۷/۰۵

[1] The Federal Environmental Protection Agency

میلی‌گرم لیتر و ۸ گزارش کردند. در این تحقیق ضریب چاقی فیل‌ماهیان پرورشی نیز ۰/۴۲ گزارش شد که کمتر از نتایج تحقیق حاضر بود. در تحقیق دیگر، عقیلی و صالحی (۲۰۰۷) پس از ۳۰ ماه پرورش پرورش فیل‌ماهی در استخرهای خاکی ایستگاه تحقیقاتی قره‌سو، به وزن ۱۳۷۵ گرم و ضریب چاقی ۰/۵۳ و پس از ۴۲ ماه به وزن ۵۲۸۰ گرم و ضریب چاقی ۰/۴۴ رسیدند.

باکتری‌ها، پلانکتون‌های جانوری و پروتوزوآها همگی نقش‌های مهمی در بوم سازگان آبی دارند. مطالعات قبلی نشان داده‌اند که ویژگی‌های لیمنولوژیک و وضعیت تروفیک به‌عنوان عواملی که بر فراوانی و تنوع پلانکتون‌های گیاهی و جانوری و ترکیب جامعه باکتریوپلانکتون در آب‌های شیرین طبیعی تأثیر می‌گذارند، مطرح شده‌اند (Lefranc et al. 2005; Lepère et al. 2006; Niu et al. 2011; Dong et al. 2016). عوامل زیستی و غیر زیستی از جمله دما، اکسیژن محلول و نور می‌تواند رشد آبزیان را تحت تأثیر قرار داده و بر توزیع گونه‌های پلانکتونی در استخرهای خاکی مؤثر باشد (SK and Shinde, 2012). طبق گزارش‌ها، شرایط محیطی مهم‌ترین عامل برای تعیین ساختار جامعه پلانکتون در استخرهای خاکی است (Tulsankar et al. 2021). در واقع، تولیدات پلانکتونی در استخرهای خاکی به برقراری تعادل بوم شناختی در بین عوامل فیزیکوشیمیایی آب وابسته است (Honggang et al. 2012). در همین باره، Anetekhai و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که فراسنجه‌های فیزیکوشیمیایی آب بر توزیع و تنوع پلانکتون‌ها در استخرهای خاکی پرورش ماهی تأثیر به‌سزایی دارد.

در بین شاخص‌های مورد مطالعه اکسیژن محلول به دلیل تأثیر بر فرآیندهای فیزیکی و زیستی آبزیان، اولین فراسنجه مهم کیفیت آب در پرورش آبزیان شناخته می‌شود. در تحقیق حاضر میانگین اکسیژن محلول اندازه‌گیری شده در هر دوره نمونه‌برداری نسبت به دوره قبل کاهش معنی‌دار داشت. بیشترین مقدار اکسیژن محلول (۱/۵۸ ± ۱۰/۹۰ میلی‌گرم در لیتر) و کمترین (۱/۲۶ ± ۶/۲۵ میلی‌گرم در لیتر) به ترتیب در اولین و آخرین دوره نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد. در حوضچه‌ها، اکسیژن محلول از طریق فتوسنتز توسط پلانکتون گیاهی در طی روز تولید می شود (Datta, 2012). به غیر از تنفس باکتریایی در ستون آب، جذب اکسیژن توسط رسوب و تنفس موجودات پرورشی نیز به طور معنی‌دار به کاهش سطح اکسیژن محلول در آب کمک می‌کند (Teichert-Coddington and Green 1993; Datta, 2012).

طبق گزارش Steeby و همکاران (۲۰۰۴)، آبزیان پرورشی حدود ۱۵٪ از کل اکسیژن محلول تولید شده در استخر را مصرف می‌کنند. به دلیل مشاهده میزان بالای قلیائیت در استخرهای پرورشی (بیشتر از ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) مشاهده تغییرات معنی‌دار در میزان pH توجیه‌پذیر است. میزان دمای اندازه‌گیری شده در استخرهای خاکی نیز در طی دوره نمونه‌برداری تغییرات معنی‌دار نشان داد. کمترین دمای اندازه‌گیری شده (۰/۹۶ ± ۱۴/۶۰ سانتی‌گراد) و بیشترین آن (۱/۴۷ ± ۱۶/۶۰ سانتی‌گراد) به ترتیب در دوره اول و آخر نمونه‌برداری ثبت شد. تغییرات دما بین دوره‌های مختلف نمونه‌برداری احتمالاً تحت تأثیر زمان نمونه‌برداری و شرایط آب و هوایی منطقه بود. در پژوهش حاضر، نمونه‌برداری‌ها در فصل مرطوب و سرد (اواسط اسفند تا اواسط فروردین ماه) انجام شد.

فسفر یکی از عناصر محدود کننده در سازگان‌های آبی شناخته می‌شود. افزودن آن به محیط اغلب ارتقای بهره‌وری اولیه در کارگاه‌های تولیدی را در پی دارد (Boyd 1990; Diana et al. 1991). اندازه‌گیری غلظت یون ارتوفسفات در تحقیق حاضر فاقد هر گونه اختلاف آماری بین استخرهای مورد مطالعه بود. فعالیت‌های جلبکی در حوضچه‌ها بیشترین مصرف ارتوفسفات در آب را به خود اختصاص می‌دهند (Elnady et al. 2017). کاهش سطح ارتوفسفات احتمالاً به دلیل حضور سطوح بالای پلانکتون‌های گیاهی در استخرهاست که محتوای فسفر را مصرف می‌کنند. ارتوفسفات زمانی تشکیل می‌شود که کودهای فسفره با اضافه کردن ترکیبات آلی مانند مدفوع و تجزیه یاخته‌های پلانکتونی گیاهی مرده در آب استخرها حل شوند. همان طور که در نتایج نیز مشاهده می‌شود، افزایش سطح ارتوفسفات هم‌سو با افزایش بنتوز و پلانکتون‌های جانوری آب بود. این نتایج می‌تواند به دلیل

مرگ طبیعی پلانکتون‌های گیاهی محیط با تجزیه یاخته‌های مرده مرتبط باشد. به طور کلی، آب مناسب برای پرورش ماهیان خاویاری فاقد آمونیاک، نیتریت کمتر از ۰/۲۵ میلی‌گرم در لیتر، نیترات کمتر از ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر، pH بین ۹-۷، اکسیژن محلول بیش از ۶ میلی‌گرم در لیتر و دمای آب کمتر از ۲۸ درجه سانتی‌گراد است (Quick and White, 2007). طبق موارد مذکور در تحقیق حاضر، فراسنجه‌های فیزیکوشیمیایی آب در محدوده استاندارد و مطلوب برای پرورش بچه‌ماهیان بلوگا قرار داشت. نتایج به دست آمده هم‌سو با داده های ذکر شده Chebanov و Galich (۲۰۱۳) بود.

بررسی روابط بین عوامل فیزیکوشیمیایی آب نیز وجود یک رابطه مستقیم بین فراوانی زی‌توده بنتوز و پلانکتون‌های جانوری محیط با یون‌های نیترات و اورتوفسفات و رابطه‌ای معکوس بین یون ارتوفسفات و میزان pH محیط را نشان داد. در تأیید این نتایج Ebadi Abkenar و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی عوامل فیزیکوشیمیایی آب در استخرهای خاکی پرورش ماهیان خاویاری شاهد رابطه‌ای مستقیم بین تراکم پلانکتون‌های جانوری محیط (*Cladosera* sp.) با میزان نیترات و اورتوفسفات محیط بودند. همچنین، رابطه‌ی معکوس بین میزان pH و یون اورتوفسفات توسط این محققان گزارش شد که هم‌سو با نتایج حاضر بود. در مطالعه Chowdhury و همکاران (۲۰۰۷) نیز وجود رابطه معکوس بین دمای آب، غلظت نیترات و فسفات با سرعت رشد موجودات پلانکتونی در استخرهای پرورش ماهی گزارش شد.

در مطالعه‌ی Ramzanpour و همکاران (۲۰۱۰) نیز ثابت شد غلظت اورتوفسفات در محیط با میزان اسیدیته و غلظت یون کلسیم رابطه‌ی معکوس دارد. بر این اساس افزایش میزان اسیدیته و غلظت بالای یون کلسیم در محیط سبب خارج شدن اورتوفسفات از آب می‌شود (Boyd, 1982). طبق گزارش Upreti و همکاران (۲۰۱۵) مشخص شد که افزایش میزان اسیدیته از ۷/۴ به ۹ باعث تخلیه‌ی ۶۰-۳۰٪ فسفر تبادلی از رسوبات می‌شود. تغییرات شرایط هیدرولیک اعم از سرعت جریان و یا عمق آب می‌تواند سبب تغییر در شرایط سطح مشترک بین آب سطحی و رسوبات شود که باعث تحت تأثیر قرار دادن فسفر تبادلی می‌شود (Wu et al. 2011). معمولاً این بخش از فسفر قادر به تأمین کوتاه مدت فسفر مورد نیاز جلبک است (Liu et al. 2016).

معمولاً غلظت نیترات در استخرهای پرورش آبزیان کم است. از لحاظ سمیت نیز کمترین تأثیر را بین ترکیبات نیتروژنی روی حیوانات آبزی دارد (Boyd and Tucker 1998). برای جلوگیری از یوتروفیکاسیون (فراغنی شدن آب)، غلظت این شاخص باید در استخرهای پرورشی به طور منظم نظارت شود (Sajitha and Smitha, 2016). غلظت نیترات اندازه‌گیری شده در این مطالعه تا دوره پنج نمونه برداری روندی افزایشی داشت، درحالی که در دوره ششم کاهش معنی‌دار نسبت به دوره قبل (دوره پنجم) داشت. بیشترین میزان نیتریت (۱/۶۷ ± ۰/۳۳ mg/L) در دوره پنجم نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد. غلظت نیترات در این مطالعه در دوره‌های اول و دوم در محدوده محدوده مناسب برای پرورش ماهیان خاویاری (۰/۲۵ میلی‌گرم بر لیتر) قرار داشت، اما در دوره‌های بعد فراتر از مقدار گزارش شده بود.

افزایش بار مواد مغذی در محیط به آسانی به جامعه پلانکتونی و زی‌توده ماهی منتقل می شود. چندین مطالعه تراکم بالاتری از پلانکتون‌ها را در طی فصل بارندگی گزارش کرده‌اند، زیرا باران باعث حمل مواد مغذی آلوکتون[1] از طریق زه‌کشی می‌شود (Naz and Turkemen, 2005; Arimoro et al. 2008). همچنین، اختلاط مواد اتوکتون[2] تولیدات اولیه و در نتیجه، فراوانی پلانکتونی در محیط را تسریع می‌کند (Basualto et al. 2006; Arimoro et al. 2008). از طرفی، نتایج مطالعات مختلف نشان می‌دهد که مدیریت کیفیت آب در استخر پرورش ماهی به دلیل کم عمق بودن محیط، تخلیه زیاد مواد مغذی از طریق خوراک، کوددهی و ضایعات ماهی، تأثیر مستقیم بر جمعیت پلانکتون داشته است. در واقع، آنها به ظهور موجودات پلانکتونی نامطلوب کمک می‌کنند (Sipaúba-Tavares et al. 2011). در مجموع، نتایج تحقیق حاضر نشان داد که افزایش زی‌توده بنتوز و پلانکتون جانوری در محیط پرورش، موجب تغییرات معنی‌دار در

[1] Allochthonous
[2] Autochthonous

فراسنجه‌های فیزیکوشیمیایی آب از جمله افزایش فسفات و کاهش pH شده است. با توجه به زمان نمونه‌برداری، وضعیت کیفیت آب در استخرهای خاکی مرکز تکثیر و پرورش شهید مرجانی در محدوده‌ی قابل قبول برای پرورش بچه‌ماهیان بلوگا بود. همچنین، رشد درازا و وزن بچه‌ماهیان با گذشت زمان افزایش یافته و الگوی رشد آنها آلومتری منفی بوده است.

منابع

Abdel-Tawwab, M. 2011. Natural food selectivity changes with weights of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus), reared in fertilized earthen ponds. Journal of Applied Aquaculture, 23: 58-66. doi: 10.1080/10454438.2011.549785.

Abdel-Tawwab, M. 2012. Interactive effects of dietary protein and live bakery yeast, Saccharomyces cerevisiae on growth performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) fry and their challenge against *Aeromonas hydrophila* infection. Aquaculture International 20: 317-331. doi: 10.1007/s10499-011-9462-8.

Abdurahiman, K.P., Nayak, T.H., Zacharia, P.U., Mohamed, K.S. 2004. Length-weight relationship of commercially important marine fishes and shellfishes of the southern coast of Karnataka, India. NAGA, World Fish Centre Quarterly 27: 9-14.

Abu Talib, A., M. Mohammad Isa, I. Mohamad Saupi and Y. Sharum. 2003. Status of demersal fishery resources of Malaysia. p. 83 - 136. In G. Silvestre, L. Garces, I. Stobutzki, M. Ahmed, R.A. Valmonte-Santos, C. Luna, L. Lachica-Aliño, P. Munro, V. Christensen and D. Pauly (eds.) Assessment, Management and Future Directions for Coastal Fisheries in Asian Countries. WorldFish Center Conference Proceedings 67, 1 120 p.

Agh, N., Noori, F., Makhdom, N.M. 2012. First feeding strategy for hatchery produced Beluga sturgeon, *Huso huso* larvae. Iranian Journal of Fisheries Sciences 11: 713-723.

Aghili, K., Salehi, A. 2007. Great sturgeon cultivation in the earthen ponds using concentrate foodtill commercial size. International Workshop on Advanced Techniques in Sturgeon Fish Larviculture-12-14 March, p 102.

Alizadeh Roodposhti, M., Sattari, M., Khara, H., Shenavar Masouleh, A.R. 2018. Comparative study on bacterial flora of the intestine in Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) fingerlings reared in fiberglass tanks and earthen ponds. Iranian Journal of Fisheries Sciences 17: 629-640. doi: 10.22092/ijfs.2018.116796

Anetekhai, M.A., Clarke, E.O., Osodein, O.A., Dairo, M.T. 2018. Physical, chemical parameters and plankton in a tropical earthen pond catfish farm in Badagry, Nigeria. International Journal of Fisheries and Aquaculture 10: 71-76. doi: 10.5897/IJFA2017.0632.

Arimoro, F.O., Edema, N.E., Amaka, R.O. 2008. Phytoplankton community responses in a perturbed tropical stream in the Niger Delta, Nigeria. Tropical Freshwater Biology 17: 37-52. doi: 10.4314/tfb.v17i1.20916.

Artyukhin, E.N. 2008. Osetrovye: ecokologiya, geograficheskoe rasprostraneniye i filogeniya (Sturgeons: ecology, geographical distribution and phylogeny). St. Petersburg University Press, Moscow, 137p.

Assylbekova, S., Isbekov, K., Zharkenov, D., Kulikov, Y., Kadimov, Y., Sharipova, O.

2020. Evaluation of the habitat state of the Zhaiyk River Ichthyofauna in modern conditions and its influence on the impacts of anthropogenic factors. Eurasian Journal of Biosciences 14: 467-473.

Assylbekova, S.Z., Mikodina, E.V., Isbekov, K.B., Shalgimbayeva, G.M. 2022. Experience, principles and parameters in the sturgeon quality assessment by anomalies in early ontogenesis (a review). Biology 11: 12-40. doi: 10.3390/biology11081240.

Basualto, S., Tapia, J., Cruces, F., Peña-cortés, F., Hauenstein, E., Bertrán, C., Schlatter, R. 2006. The effect of physical and chemical parameters on the structure and composition of the phytoplankton community of Lake Budi (IX Region, Chile). Journal of the Chilean Chemical Society 51: 993-999. doi: 993-999. 10.4067/S0717-97072006000300015.

Bhatnagar, A., Devi, P. 2019. Water quality guidelines for the management of pond fish culture. International Journal of Environmental Sciences 5: 1-30. doi: 10.6088/ijes.2013030600019.

Biswas, S.P. 1993. Manual of Methods in Fish Biology. South Asian Publishers, New Delhi, India, 157 p.

Bolger, T., Connolly, P.L. 1989. The selection of suitable indices for the measurement and analysis of fish condition. Journal of Fish Biology 34: 171-182. doi: 10.1111/j.1095-8649.1989.tb03300.x.

Boyd, C.E. 1982. Water Quality Management for Pond Fish Culture. Springer New York, NY, 700p.

Boyd, C.E. 1990. Water quality in ponds for aquaculture. Agricultural experiment station, Auburn University Auburn, Alabama, USA. 482p.

Boyd, C.E., Tucker, C.S., Boyd, C.E., Tucker, C.S. 1998. Ecology of aquaculture ponds. Pond aquaculture water quality management, 8-86. doi: 10.1007/978-1-4615-5407-3.

Bryan, R., Soderberg, W., Blanchet, H., Sharpe, W.E. 2011. Management of fish ponds in Pennsylvania. 32p.

Carbonara, P., Bellodi, A., Palmisano, M., Mulas, A., Porcu, C., Zupa, W., Donnaloia, M., Carlucci, R., Sion, L., Follesa, M.C. 2020. Growth and age validation of the thornback ray (*Raja clavata* Linnaeus, 1758) in the south Adriatic Sea (central Mediterranean). Frontiers in Marine Science 7: 586-594. doi: 10.3389/fmars.2020.586094.

Çelikkale, M.S., Okumus, I., Memis, D., 2004. Contemporary status of Turkish sturgeon (*Acipenseridae*) stocks, conservation measures and recent studies. Symposium on Aquaculture Development–Partnership between Science and Producer Associations, European Inland Fisheries Advisory Commission (EIFAC), Wierzba, Poland, 26-29.

Chang, S.K., Yuan, T.L., Hoyle, S.D., Farley, J.H., Shiao, J.C. 2022. Growth parameters and spawning season estimation of four important flying fishes in the Kuroshio Current off Taiwan and implications from comparisons with global studies. Frontiers in Marine Science, 8: 747382. doi:10.3389/fmars.2021.747382.

Chebanov, M.S., Galich, E.V. 2013. Sturgeon hatchery manual, FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 558. Ankara, FAO, 297 p.

Chowdhury, M.M.R., Mondol, M.R.K., Sarker, C. 2007. Seasonal variation of plankton population of *Borobila beel* in Rangpur district. University Journal of Zoology, Rajshahi University 26: 49-54. doi: 10.3329/ujzru.v26i0.698.

Coad, B.W. 1995. Freshwater fishes of Iran. Acta Scientiarum Naturalium

Academiae Scientiarum Bohemicae, Brno 29: 1-64.

Datta, S. 2012. Management of water quality in intensive aquaculture. Respiration 6: 1-18.

Dewiyanti, I., Aminah, S., Helmahera, A., Nurfadillah, N., Defira, C.N. 2020. Growth patterns and condition factor of fish live in Kuala Gigieng waters of Aceh Besar as the basic for sustainable fisheries development. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 493: 12-20. doi: 10.1088/1755-1315/493/1/012020.

Diana, J.S., Lin, C.K., Schneeberger, P.J. 1991. Relationships among nutrient inputs, water nutrient concentrations, primary production, and yield of Oreochromis niloticus in ponds. Aquaculture 92: 323-341. doi: 10.1016/0044-8486(91)90038-9.

Dong, X., Zhao, W., Lv, L., Zhang, H., Lv, F., Qi, Z., Huang, J., Liu, Q. 2016. Diversity of eukaryotic plankton of aquaculture ponds with *Carassius auratus gibelio*, using denaturing gradient gel electrophoresis. 15: 1540-155. doi: 10.22034/jifro.2016.15.4.1.

Ebadi Abkenar, Z., Bahri, A.M., Ramzanpour, Z., Mohammadizadeh, F., Masouleh, A. 2018. Identification of zooplanktons in the ponds of the reproduction and restoration complex of aquatic reserves of Shahid Dr. Beheshti in Rasht and their relationship with the physical and chemical factors of water. Journal of Aquaculture Development 13: 81-91. (In Persian).

Elnady, M.A., Abd Elwahed, R.K., Gad, G.H. 2017. Evaluating oxygen dynamics, water quality parameters and growth performance of Nile tilapia by applying different dietary nitrogen levels. Journal of American Science 13:107- 115. doi: 10.7537/marsjas130117.15.

Erondu, E.S. 1991. Pond Management. In: proceedings of the fish seed propagation course. Conducted by ARAC, AIUU-Portharcourt of the NIOMR. O.A. Ayinla (ed). GEMS Water Operational Guide: Inter regional review meeting on the UNE/WHO/UNESCO/WMO project on Global Water Quality Monitoring, Geneva (WHO doc. ETS/ 78.3) pp. 44-49.

Falahatkar, B., Safarpour Amlashi, A., Kabir, M. 2019. Ventilation frequency in juvenile beluga sturgeon *Huso huso* L. exposed to clay turbidity. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 513: 10-12 doi: 10.1016/j.jembe.2019.01.001.

Farabi, S.M.V., Ghanei Tehrani, M. 2019. Sturgeon fish culture from the larval stage to a weight of more than 20 g by feeding live food in the earth ponds. Sturgeon Fish Scientific & Extensional Journal 1: 17-27. (In Persian).

Fazli, H., Tavakoli, M., Khoshghalb, M.R.B., Moghim, M. 2020. Biological parameters and fisheries indices of Beluga sturgeon in the southern Caspian Sea. Croatian Journal of Fisheries 78: 1-10. doi: 10.2478/cjf-2020-0001.

Froese R., Pauly D. 2020. FishBase. Available from http://www.fishbase.org/. International Center for Living Aquatic Resources Management.

Froese, R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. Journal of Applied Ichthyology 22: 241-253. doi: 10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x.

Ghamari, M., Azarvandi, A., Yahyazadeh, M., Razaghzadeh, S. 2013. Study on the feasibility of farming the sturgeon fish *Huso huso* in earthen ponds of West Azerbaijan province. The Second National Conference on Development

of Cold-Water Fish Papers, Chahar Mahal o Bakhtiari, 30 April, 379-384. (In Persian).

Gyamfi, S., Edziyie, R.E., Obirikorang, K.A., Adjei-Boateng, D., Skov, P.V. 2022. Water quality dynamics in earthen ponds with and without fish. International Aquatic Research 14: 169-180. doi: 10.22034/IAR.2022.1962583.1297.

Honggang, Z., Baoshan, C., Xiaoyun, F. 2012. Species diversity and distribution for zooplankton in the inter-tidal wetlands of the Pearl River estuary, China. Procedia Environmental Sciences 13: 2383-2393. doi: /10.1016/j.proenv.2012.01.227.

Hosseini, A., Kochanian, P., Marammazi, J., Yavari, V., Savari, A., Salari-Aliabadi, M.A. 2009. Length-weight relationship and spawning season of *Sphyraena jello* C., from Persian Gulf. Pakistan Journal of Biological Sciences 12: 296-300. doi: 10.3923/pjbs.2009.296.300.

Imsland, A.K., Jonassen, T.M. 2003. Growth and age at first maturity in turbot and halibut reared under different photoperiods. Aquaculture International 11: 463-475. doi: 10.1023/B:AQUI. 0000004191.43885.B2.

IUCN. 2022. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-3. Available online: https://www.iucnredlist.org (accessed on 19 February 2022).

Ivanov, V.P., Vlasenko, A.D., Khodorevskaya, R.P. 2001. Status of Caspian sturgeon stocks and their conservation. CITES World, 8: 2-3. doi: 10.1111/j.1439-0426.1999.tb00217.x.

Lefranc, M., Thénot, A., Lepere, C., Debroas, D. 2005. Genetic diversity of small eukaryotes in lakes differing by their trophic status. Applied and Environmental Microbiology 71: 5935-5942. doi: 10.1128/AEM.71.10.5935-5942.2005.

Lepere, C., Boucher, D., Jardillier, L., Domaizon, I., Debroas, D. 2006. Succession and regulation factors of small eukaryote community composition in a lacustrine ecosystem (Lake Pavin). Applied and Environmental Microbiology 72: 2971-2981. doi: 10. 1128/AEM.72.4.2971-2981.2006.

Liu, J., Luo, X., Zhang, N., Wu, Y. 2016. Phosphorus released from sediment of Dianchi Lake and its effect on growth of Microcystis aeruginosa. Environmental Science and Pollution Research 23: 16321-16328. doi: 10.1007/s11356-016-7344-5.

Liu, K.M., Wu, C.B., Joung, S.J., Tsai, W.P., Su, K.Y. 2021. Multi-model approach on growth estimation and association with life history trait for elasmobranchs. Frontiers in Marine Science 8: 591692. doi: 0.3389/fmars.2021.591692.

Ma, B., Simala-Grant, J.L., Taylor, D.E. 2006. Fucosylation in prokaryotes and eukaryotes. Glycobiology 16:158R-184R. doi: 10.1093/glycob/cwl040.

Makori, A.J., Abuom, P.O., Kapiyo, R., Anyona, D.N., Dida, G.O. 2017. Effects of water physico-chemical parameters on tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth in earthen ponds in Teso North Sub-County, Busia County. Fisheries and Aquatic Sciences 20: 1-10. doi: 10.1186/s41240-017-0075-7.

Muazu, M.M., Atiribom, R.Y., Richard, B., Ajayi, O. 2021. Phytoplankton abundance and species diversity in selected catfish ponds in Monai cluster fish farm, southern basin of Kainji lake, Nigeria. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies 20: 13-17.

Naz, M., Türkmen, M. 2005. Phytoplankton biomass and species composition of Lake Gölbaşı (Hatay-Turkey). Turkish Journal of Biology 29: 49-56. doi: 10.12714/egejfas.2006.23.1.5000156798.

Niu, Y., Shen, H., Chen, J., Xie, P., Yang, X., Tao, M., Qi, M. 2011. Phytoplankton community succession shaping bacterioplankton community composition in Lake Taihu, China. Water Research 45: 4169-4182. doi: 10. 1016/j.watres.2011.05.022.

Phillips, J. 1864. A Guide to Geology. Longman, Rees, Orme, Brown, Green, and Longman. 161p.

Quick, G., White, T. 2007. The Good Sturgeon Guide in association with Sturgeon for Garden Ponds.

Ramzanpour, Z., Imanpour, J., Nizami, Sh., Bahmani, M., Sadeghi Rad, M., Arshad, A., Parand Avar, H. 2010. Determining and introducing the most suitable hydrological and hydrobiological conditions for breeding ponds for young sturgeons. Iran Fisheries Research Institute, 126p. (In Persian).

Roberts, R., Kawamura, T., Nicholson, C. 1998. Overview of larval settlement and post-larval growth/survival in abalone. Proceedings of the 5th Annual Abalone Aquaculture Workshop. Institute for Marine and Antarctic Studies 1-8.

Sajitha, V., Vijayamma, S.A. 2016. Study of physico-chemical parameters and pond water quality assessment by using water quality index at Athiyannoor Panchayath, Kerala, India. Emergent Life Sciences Research 2: 46-51. doi: 10.1016/j.emerg.2020.02.001.

Sipaúba-Tavares, L.H., Donadon, A.R.V., Milan, R.N. 2011. Water quality and plankton populations in an earthen polyculture pond. Brazilian Journal of Biology 71: 845-855. doi: 10.1590/S1519-69842011000400012.

SK, T., Shinde, S.S. 2012. Report on correlation of zooplankton with physico-chemical factors from freshwater temple pond. Journal of Experimental Sciences, 3: 13-16.

Slawski, H., Adem, H., Tressel, R.P., Wysujack, K., Koops, U., Kotzamanis, Y., Wuertz, S., Schulz, C. 2012. Total fish meal replacement with rapeseed protein concentrate in diets fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). Aquaculture International 20: 443-453. doi: 10.1007/s10499-011-9476-2.

Sorokhtin, O.G., Ushakov, S.A. 2002. Evolution of Earth. Moscow Government University, Moscow, 560 p.

Steeby, J.A., Hargreaves, J.A., Tucker, C.S., Kingsbury, S. 2004. Accumulation, organic carbon and dry matter concentration of sediment in commercial channel catfish ponds. Aquacultural Engineering 30: 115-126. doi: 10.1016/j.aquaeng.2003.10.001.

Teichert-Coddington, D., Green, B.W., 1993. Tilapia yield improvement through maintenance of minimal oxygen concentrations in experimental grow-out ponds in Honduras. Aquaculture 118: 63-71. doi: 10.1016/0044-8486(93)90281-3.

Teubner, D., Paulus, M., Veith, M., Klein, R. 2015. Biometric parameters of the bream (*Abramis brama*) as indicators for long-term changes in fish health and environmental quality-data from the German ESB. Environmental Science and Pollution Research 22: 1620-1627. doi: 10.1007/s11356-014-2926-4.

Tucker, C.S., van der Ploeg, M. 1993. Seasonal changes in water quality in commercial channel catfish ponds in Mississippi. Journal of the World Aquaculture Society 24: 473-481. doi: 10.1111/j.1749-7345.1993.tb00831.x.

Tulsankar, S.S., Cole, A.J., Gagnon, M.M., Fotedar, R. 2021. Temporal variations and pond age effect on plankton communities in semi-intensive freshwater marron (*Cherax cainii*, Austin and Ryan, 2002) earthen aquaculture ponds in Western Australia. Saudi Journal of Biological Sciences,

28: 1392-1400. doi: 10.1016/j.sjbs.2020.11. 040.

Upreti, K., Joshi, S.R., McGrath, J., Jaisi, D.P. 2015. Factors controlling phosphorus mobilization in a coastal plain tributary to the Chesapeake Bay. Soil Science Society of America Journal, 79: 826-837. doi: 10.2136/sssaj2014.09.0376.

Wu, M., Huang, S., Wen, W., Sun, X., Tang, X., Scholz, M. 2011. Nutrient distribution within and release from the contaminated sediment of Haihe River. Journal of Environmental Sciences 23: 1086-1094. doi: 10.1016/S1001-0742 (10)60543-X.